

DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'ÉPURATION DE TYPE LAGUNAGE NATUREL AU CENTRE D'AIN CHEGGAG, FÈS, MAROC.

Lamyae BOUGHANZAI^a,
Mohammed MERZOUKI^a,
Ahmed OUZINA^b

^a Département de Biologie,
Laboratoire de
Biotechnologie, Faculté
des Sciences Dhar El
Mahraz, Fès, Maroc

^b Service des Etudes
d'Assainissement,
Direction Régionale de
l'Office Nationale de l'Eau
Potable, Fès, Maroc

Résumé

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration biologique des eaux usées domestiques. C'est un procédé rustique, moins onéreux et bien adapté au climat du Maroc.

Notre étude avait comme objectif le dimensionnement d'une station d'épuration de type lagunage naturel au centre d'Ain Cheggag à Fès au Maroc.

Pour cela, nous avons essayé en premier temps d'étudier le principe de l'épuration par lagunage et de mettre en œuvre le processus de la dégradation de la pollution dans les différents bassins de stabilisation.

Pour dimensionner les ouvrages de la future station, nous nous sommes basés sur des formules de base en génie civil et des données concernant le centre d'Ain Cheggag.

Mots clés : *eaux usées, épuration, dimensionnement, lagunage naturel.*

1. Introduction

Le Maroc est confronté depuis plusieurs années à une limitation de ses ressources hydriques qu'elles soient superficielles ou profondes, ceci devant l'augmentation galopante dans l'utilisation de ces ressources, les longues périodes de sécheresse mais aussi devant le problème majeur de la dégradation de la qualité des eaux.

L'épuration des eaux usées est perçue donc comme alternative par sa préservation du milieu récepteur et par son apport d'une nouvelle ressource réutilisable à plusieurs fins.

Dans ce cadre, s'inscrit le système du lagunage naturel qui trouve son application au Maroc vu son climat adéquat, la simplicité du système, sa fiabilité et son faible coût d'investissement. Ce qui facilite son intégration dans le contexte socio-économique des moyennes et petites collectivités.

Le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées de type extensif qui permet par actions com-

plémentaires, équilibrées et efficaces d'éliminer les matières organiques par un système ouvert de bassins successifs appelés bassins de stabilisation.

Cette technique consiste à faire circuler lentement et par gravité les effluents prétraités dans la succession de bassins peu profonds. L'épuration se fait alors naturellement grâce au développement de micro-organismes et d'algues microscopiques.

Au cours de ce travail, nous avons traité ce système d'épuration de point de vue dimensionnement comme premier objectif. Les effluents traités par lagunage seront réutilisés à l'irrigation des terres agricoles comme deuxième objectif. Pour la commune rurale d'Ain Cheggag choisie comme site d'étude compte tenu de ses ressources limitées et de ses faibles moyens humains, nous avons abouti à des résultats pouvant être exploités et appliqués pour l'installation d'une station d'épuration de type lagunage naturel.

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

Le centre d'Ain Cheggag est situé à environ 20 kilomètres au sud de la ville de Fès et à 5 kilomètres à l'ouest de la route principale RPN° 24.

Le territoire de la commune se caractérise par un relief relativement plat. L'altitude à l'intérieur du plan d'aménagement varie entre les côtes 600 et 650 m, soit un dénivellement de 50 m. La pente générale du terrain de la commune est orientée sud/nord, elle est en moyenne de l'ordre de 1% [1].

Le climat au niveau du centre d'Ain Cheggag est de type semi-aride avec un régime semi-continental.

La température est caractérisée par des écarts mensuels importants. La valeur minimale observée est de 4,5°C en janvier. La valeur maximale observée est de 35,7 °C en juillet et août.

De point de vue hydrogéologique, il existe deux formations aquifères : la première est une nappe phréatique et la seconde est une nappe profonde captive [1].

L'occupation principale de la population active du centre d'Ain Cheggag est l'agriculture basée essentiellement sur les céréales, les légumes, l'arboriculture (oliviers, amandiers, pommiers, pruniers, etc.), le maraîchage et les cultures industrielles (Tabac).

Les projections futures de la population du centre d'Ain Cheggag sont estimées sur la base d'un taux d'accroissement croissant de 1,26% à 2% en 2015 pour tenir compte de l'attraction du centre avec la création d'un parc industriel de cuir. La population totale du centre Ain Cheggag sera de 8405 habitants en 2030 [1].

Production d'eaux usées :

Le calcul des débits d'eaux usées pour le dimensionnement relatif aux différents horizons de l'étude est basé sur le calcul d'eaux consommées par les différents constituants de la typologie urbanistique.

La production d'eaux usées est déterminée comme suit [2]:

$$Q_{EU} = C_{EP} * Tr * (1 + T_{ECPP})$$

Q_{EU} : production d'eaux usées.

C_{EP} : consommation en eau potable de la population raccordée, de l'administration, de la petite industrie et éventuellement des bornes fontaines raccordées au réseau d'assainissement.

Tr : taux de retour à l'égout.

T_{ECPP} : taux des eaux claires parasites permanentes.

La difficulté du calcul des débits d'eaux usées réside dans les prévisions sur l'évolution des besoins en eau de la population.

2. CHOIX DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT :

Vu l'aspect rural du centre et les faibles capacités financières de la collectivité, il devient évident que le choix du système d'assainissement doit porter sur les techniques d'épuration à faibles coûts d'investissement et de fonctionnement. Pour cela, le recours au lagunage naturel semble être la solution la mieux adaptée à ce contexte. En plus, l'aridité du climat, la disponibilité du terrain, les faibles ressources en eau pour l'irrigation, ainsi que l'aspect domestique des rejets appuient ce choix.

3. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE STABILISATION :

Le dimensionnement des bassins de lagunage fait l'objet de nombreuses méthodes ou formules conduisant en général à des résultats différents pour les mêmes hypothèses.

Il s'appuie sur les données de population, consommation d'eau potable, rejets d'eaux usées et charges de pollution spécifique.

Une étude conduite par l'ONEP (1994) et réalisée par le CEREMHER a permis d'arriver à un consensus à partir d'une capitalisation de l'expérience marocaine et internationale dans le domaine de l'épuration, et a montré qu'il n'existe pas de « recette miracle » pour dimensionner les ouvrages de type lagunage et intégrer tous les paramètres [3].

La future station d'épuration par lagunage sera composée, en plus des bassins de stabilisation, d'un dégrilleur et un dessableur comme ouvrages de prétraitement.

3.1. Dégrilleur :

Pour le cas de notre station d'épuration, nous avons choisi une grille à barreau rectangulaire, en acier galvanisé de 10 millimètres d'épaisseur, d'un écartement de 12 millimètres avec un raclage manuel des refus. L'inclinaison de la grille sera de 45° par rapport à la verticale dans le sens d'écoulement.

La perte de charge à travers la grille sera de [2] :

$$\Delta H = k V^2 / 2g \quad \text{Avec : } k = 2,4 * (10/12)^{4/3} \sin 45$$

$$\text{D'où, } \Delta H = 1,32 * 1,20^2 / 2 * 9,8$$

$$\Delta H = 0,096 \text{ m}$$

Il serait souhaitable de le surdimensionner pour diminuer la fréquence de son nettoyage (une fois par semaine).

3.2. Dessableur :

Sachant que le débit d'entrée à la station sera de 549 m³/j (0,0063 m³/s) et à partir de la formule du débit :

$$Q = 0,3 H^2$$

On déduit H, la hauteur de l'eau dans le dessableur :

$$H = \sqrt{Q/0,3} = \sqrt{0,0063/0,3} = 0,1455 \text{ m}$$

$$H = 14,55 \text{ cm}$$

La largeur peut donc être calculée à partir de la hauteur par la relation suivante :

$$B = 1,5 H = 1,5 * 14,55 = 21,82 \text{ cm}$$

$$B = 21,82 \text{ cm}$$

La longueur du dessableur est donnée par la formule :

$$L = V_h * H / V_d$$

Avec : V_h : vitesse de l'eau dans le dessableur ($V_h = 0,3 \text{ m/s}$),

V_d : vitesse de décantation des particules de 0.15 mm ($V_d = 0,015 \text{ m/s}$),

H : hauteur de l'eau dans le dessableur

$$\text{D'où, } L = 0,3 * 0,1455 / 0,015$$

$$L = 2,91 \text{ m}$$

Le chenal du dessableur aura donc une longueur de 2,91 m.

3.3. Bassins anaérobies :

Ces bassins servent au piégeage et la séparation gravitaire des matières à décanter des eaux usées brutes et à la décomposition des boues décantées par digestion anaérobie au fond des bassins.

Le dimensionnement des bassins anaérobies se base principalement sur la charge volumique, alors que la charge surfacique n'est qu'un critère de vérification. Une valeur

minimale de 1000 kg/ha/j est fixée pour que les conditions d'anaérobiose soient prépondérantes [4].

La surface S (A) des bassins anaérobies est donnée par :

$$S(A) = \text{charge brute DBO}_5 / (\text{charge volumique } (C_v) * P)$$

Avec : Charge brute DBO₅ = 228 kg/j
Charge volumique ($C_v = 100 \text{ g/m}^2/\text{j}$) (liée à la température de l'air T)

T : température du mois le plus froid = 4,5°C ($T < 10^\circ\text{C}$)

P : profondeur d'eau en m, prise égale à 4 m ($2,5 \leq P \leq 4,5$).

$$\text{Ainsi : } S(A) = 228 * 1000 / (100 * 4)$$

$$S(A) = 570 \text{ m}^2$$

Si on prévoit deux bassins anaérobies en parallèle, la surface de chaque bassin ou surface unitaire $S_i(A)$ sera égale à :

$$S_i(A) = S(A) / 2 = 570 / 2$$

$$S_i(A) = 285 \text{ m}^2$$

Le volume V (A) des bassins anaérobies sera égal à :

$$V(A) = S(A) * P = 570 * 4$$

$$V(A) = 2280 \text{ m}^3$$

La production annuelle moyenne de boues dans les bassins anaérobies est de 40 l/hab/an, ainsi pour une fréquence de curage de deux ans, le volume de boues (V_b) est :

$V_b = \text{population} * \text{production annuelle moyenne} * \text{fréquence de curage}$

$$V_b = 9120 * 0,04 * 2$$

$$V_b = 729,6 \text{ m}^3$$

Le volume total (V_t) des bassins anaérobies en tenant compte du volume des boues :

$$V_t = V(A) + V_b = 2280 + 729,6$$

$$V_t = 3009,6 \text{ m}^3$$

Le temps de séjour hydraulique (T_a)

dans les bassins anaérobies est déduit à partir de la relation :

$$T_a = V_t / \text{débit} = 3009,6 / 549$$

$$T_a = 5,48 \text{ jours}$$

Si on ne tient pas compte du volume des boues, le temps de séjour (T_a') sera égal à :

$$T_a' = V(A) / \text{débit}$$

$$T_a' = 2280 / 549$$

$$T_a' = 4,15 \text{ jours}$$

Pour une température de 4,5°C ($T < 10^\circ\text{C}$), l'abattement de la DBO₅ est d'environ 40%, soit une concentration en DBO₅ à la sortie des bassins anaérobies de :

$$[DBO_5]_a = (1 - 0,40) * 415$$

$$[DBO_5]_a = 249 \text{ mg/l}$$

En terme de charge, la charge DBO₅ à la sortie des bassins anaérobies est égale :

$$DBO_5 = (1 - 0,40) * 228$$

$$DBO_5 = 136,8 \text{ kg/j}$$

Ce processus d'anaérobiose est particulièrement actif pour des températures supérieures à 15°C et a l'avantage de réduire près de 50% de la charge en matière organique initiale [5]. En plus, ce type de bassin, placé en tête du traitement, permet d'économiser la surface totale requise pour l'épuration.

3.4. Bassins facultatifs :

En aval des bassins anaérobies, se trouvent des bassins de grandes dimensions, dits bassins facultatifs. Dans ces derniers, se déroule l'essentiel de la bio-épuration grâce à une synergie algo-bactérienne [6].

La charge surfacique constitue dans le cas des bassins facultatifs le critère de base pour le dimensionnement [4] :

La surface des bassins facultatifs S (F) est donnée par la formule suivante

$S(F)$ = charge DBO_5 à la sortie des bassins anaérobies / charge surfacique C_s

Avec C_s : charge surfacique de conception prise égale à 100 kg/ha.j (liée à la température de l'air).

Ainsi : $S(F) = 136,8 / 100$

$$S(F) = 1,37 \text{ ha}$$

Dans le cas de deux bassins facultatifs, la surface de chacun d'entre eux sera égale à :

$$S_i(F) = S(F) / 2 = 1,37 / 2$$

$$S_i(F) = 0,658 \text{ ha}$$

Si on prend une profondeur égale à 1,5 mètre, le volume des bassins facultatifs $V(F)$ sera :

$$V(F) = S(F) * P$$

$$V(F) = 1,37 * 1,5 * 10^4$$

$$V(F) = 20600 \text{ m}^3$$

Temps de séjour T_f :

$$T_f = V(F) / \text{débit}$$

$$T_f = 20600 / 549$$

$$T_f = 37,52 \text{ jours}$$

Rendement DBO_5 :

Selon MARA, le rendement est donné par :

$$R_f = 1 / (1 + K \cdot T_f)$$

Avec K : cinétique de disparition de la matière organique, donnée par le modèle de MARA comme suit :

$$K = 0,1 (1,05)^{T-20} \text{ avec } T = 4,5^\circ\text{C}$$

$$K = 0,04$$

Donc :

$$R_f = 36,38\%$$

$$[DBO_5]_f = 0,36 * 249$$

$$[DBO_5]_f = 90,60 \text{ mg/l}$$

Sur la base de ce rendement (R_f), la concentration en DBO_5 diminuera de 249 à 90,60 mg/l en sortie des bassins facultatifs.

3.5. Bassins de maturation :

Le dimensionnement des bassins de maturation est basé surtout sur l'élimination des germes pathogènes.

Le volume des bassins de maturation est calculé à partir de la formule :

$$V(M) = \text{débit} * T_m$$

Avec T_m : temps de séjour de l'influent dans les bassins de maturation, il est pris égale à 5 jours.

$$\text{Donc : } V(M) = 549 * 5$$

$$V(M) = 2745 \text{ m}^3$$

Ainsi, la surface des bassins de maturation sera égale à :

$$S(M) = V(M) / P$$

La profondeur est prise égale à 1m, d'où : $S(M) = 2745 / 1$

$$S(M) = 2745 \text{ m}^2$$

La surface unitaire de chaque bassin de maturation si on en prévoit deux bassins sera égale à :

$$S_i(M) = S(M) / 2$$

$$S_i(M) = 2745 / 2$$

$$S_i(M) = 1372,5 \text{ m}^2$$

Elimination des coliformes :

Selon le modèle de Marais de dégradation des coliformes :

$$N/N_0 = 1 / (1 + K_T * T_a) (1 + K_T * T_f) (1 + K_T * T_m)^n$$

$$\text{Avec : } K_T = 2,6 * 1,19^{T-20} \text{ et } T = 4,5^\circ\text{C},$$

$$K_T = 2,6 * 1,19^{4,5-20} = 0,175$$

$$\text{Donc : } N/N_0 = 1 / (1 + 0,175 * 5,48) (1 + 0,175 * 37,52) (1 + 0,175 * 5)^2$$

$$N/N_0 = 0,0359$$

La taille et le nombre des bassins de maturation sont déterminés principalement par la qualité bactériologique requise des eaux épurées. L'usage de ces bassins est en général

réservé aux applications de réutilisation agricole.

3.6. Dimensionnement des lits de séchage :

Ils sont destinés au ressuage de l'eau interstitielle contenue dans les boues extraites des bassins de stabilisation (bassins anaérobies surtout). La durée de séchage dépend des conditions climatiques et des caractéristiques de la boue à déshydrater.

Les conditions climatiques qui règnent au centre d'Ain Cheggag très favorable à la déshydratation naturelle des boues, nous ont poussés à adopter la technique des lits de séchage pour le traitement des boues vu sa simplicité et son très faible coût d'investissement.

La production des boues dans les bassins anaérobies est déjà calculée, elle est de :

$$V_b = 729,6 \text{ m}^3$$

En supposant que le curage sera rotatif, c-à-d chaque année on procédera au curage d'une partie des bassins anaérobies et l'autre partie pour la deuxième année, alors le volume nécessaire des lits devient :

$$729,6 * 0,5 = 364,8 \text{ m}^3$$

Soit environ 2 lits de séchage au total, chacun d'une superficie de $(25 * 10) \text{ m}^2$.

CONCLUSION :

Actuellement, aucun traitement même primaire n'est opéré sur les eaux usées de la commune rurale d'Ain Cheggag choisie comme site d'étude. Ces eaux sont déversées directement dans le milieu naturel (Oued Chekkou) causant ainsi des nuisances à la population adjacente et aval qui utilise ces eaux parfois aux fins agricoles.

Compte tenu de ses faibles moyens humains et l'adaptation de son climat avec le procédé étudié, les résultats de dimensionnement obtenus peuvent être exploités et appliqués pour l'installation d'une station d'épuration de type lagunage naturel.

L'agriculture étant parmi les occupations principales de la population de la commune, les produits d'épuration dont les eaux épurées et les boues extraites par curage des bassins de la future station, pourraient être réutilisés dans ce domaine d'agriculture en tant qu'une eau d'irrigation et fertilisant pour les terres agricoles de la commune.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[1] : ONEP, (2007)
Etude d'assainissement liquide du

centre d'Ain Cheggag : Mission B3, phasage des travaux, Fès

[2]: ONEP, (2006)

Etude d'assainissement liquide du centre d'Ain Cheggag : Mission B2, Etude approfondie de la variante retenue, Fès

[3]: RADEEF, (1996)

Plan directeur d'assainissement liquide de Fès, Mission I.1, Tome 2, Fès

[4]: ONEP, (2008)

Etude d'assainissement liquide du centre de Sidi Bouafif : Mission B, Fès

[5]: MEZRIOUI N. (1987)

Etude expérimentale des effets du pH, du rayonnement et de la

température sur la disparition des bactéries d'intérêt sanitaire et évaluation de la résistance aux antibiotiques d'E. coli lors de l'épuration des eaux usées.

Thèse de 3ème cycle. Univ. Sci. et Tech. du Languedoc. Montpellier

[6] : MERZOUKI M. (1992)

Épuration des eaux usées de la ville de Ouarzazate dans des bassins de stabilisation et leur réutilisation en irrigation - aspects bactériologiques -.Thèse de 3ème cycle. Fac. Sci. Meknès