

---



---

Soumis le : 25 Novembre 2012

Forme révisée acceptée le : 19 Juin 2013

Email de l'auteur correspondant :

*m.boutayeb@yahoo.fr*

---



---

# Optimisation du dimensionnement des bassins d'épuration par lagunage naturel dans la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc

Mohammed Boutayeb<sup>\*</sup>, Abdelhamid Bouzidi<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Université Hassan 1<sup>er</sup>, Faculté des sciences et techniques de Settat, Laboratoire des sciences de l'environnement et du développement, Maroc.

---

## Résumé

Le traitement par lagunage naturel est considéré comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique. Par ailleurs, plusieurs méthodes de dimensionnement de ce type de stations d'épuration (STEP) sont actuellement utilisées au Maroc et il n'existe finalement aucun dimensionnement qui soit officiellement adopté. Le présent travail a pour objectif de proposer un modèle simple de dimensionnement adapté au contexte local sur la base de l'évaluation des performances épuratoires de cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha. Le modèle de dimensionnement de la STEP de Settat permet d'avoir des rendements épuratoires très importants dans les différents étages de traitement. Le ratio de surface des bassins évalué à 3,1 m<sup>2</sup>/habitant est généralement suffisant pour obtenir un niveau de traitement conforme aux normes de rejet. Le traitement primaire en anaérobie, reste une solution technique très avantageuse et permet un abattement important de la charge polluante dépassant 50% avec une faible emprise au sol. Le traitement secondaire dans les bassins facultatifs permet un abattement important de la charge polluante dépassant 60%, les stations d'épuration tertiaires permettent de réduire significativement la pollution bactériologique et participent d'avantage au traitement des matières organiques.

*Mots clés* : Région Chaouia-Ouardigha, Lagunage naturel, bassin anaérobie, bassin facultatif.

## Abstract

The purification system using waste stabilization pond is considered as the important technical solution according to the economic and climatic context. Several design methods of this type of wastewater treatment plants (WSP) are currently used in Morocco but there is no one officially adopted. The aim of this work is to propose a simple design model adapted to the local context based on the evaluation of treatment performance for five WSP in Chaouia Ouardigha region. The design model for the WSP of Settat city allows very important purifying efficiency in the various stages of treatment. The ratio of surface basins 3.1 m<sup>2</sup>/habitant is usually sufficient to achieve a high level of treatment and conformity with discharge standards. The primary anaerobic treatment remains a very advantageous technical solution and allows a significant reduction of the pollution exceeding 50% with a small space. Secondary treatment in facultative ponds allows an important reduction of the pollution exceeding 60%, the tertiary treatment can significantly reduce bacterial pollution and participate of treating organic mater.

*Keywords* : Chaouia-Ouardigha Region, Waste stabilization pond, anaerobic pond, facultatif pond.

---

## 1. Introduction

L'expérience du Maroc dans le domaine de traitement des eaux usées reste très limitée; les plus importantes réalisations datent de la fin des années 1990. La technique de traitement par lagunage naturel a été largement utilisée depuis les années 2000 dans l'ensemble du territoire du Royaume. Par ailleurs, l'inconvénient

majeur de ce procédé est la nécessité de superficies importantes.

Plusieurs méthodes de dimensionnement des stations d'épuration (STEP) par lagunage naturel sont utilisées, elles se basent généralement sur les modèles empiriques ou cinétiques. De plus, les conditions d'établissement et d'utilisation de ces modèles peuvent conduire à des dimensionnements parfois erronés et très différents d'un auteur à l'autre.

Le présent travail tend à proposer un modèle simple de dimensionnement des stations d'épuration par lagunage

naturel qui répond au contexte local de la zone d'étude sur la base d'un suivi des performances épuratoires de cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha à savoir les STEP de Settat, de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel.

## 2. Présentation des stations d'épuration étudiées

Les cinq stations d'épuration, objet de la présente étude, sont situées dans la région Chaouia-Ouardigha, Tableau 1 :

Données démographiques et caractéristiques des stations d'épuration des villes étudiées.

	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel
Population 2010	133 797	117 858	20 049	23 372	14 398
Date de mise en service	2006	2009	2007	2007	2007
Niveau de traitement	Tertiaire BA+BF+BM	Tertiaire BA+BF+BM	Secondaire BA+BF	Secondaire BA+BF	Tertiaire BA+BF+BM
Gestionnaire	RADEEC	ONEP	ONEP	ONEP	RADEEC

BA : Bassin Anaérobie, BF : Bassin Facultatif, BM : Bassin de Maturation  
ONEP : Office National de l'Eau Potable.  
RADEEC : Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la Chaouia.

caractérisée par un climat de type subhumide à semi-aride, et influencé par l'océan atlantique, avec des hivers tempérés et des étés assez chauds, et des températures moyennes variant entre 11 et 25°C et des précipitations moyennes annuelles de 350 mm. Les données démographiques et les caractéristiques des stations sont présentées dans le tableau 1.

Les stations d'épuration étudiées sont présentées dans la figure 1.



Figure 1. Carte de situation des cinq stations d'épuration des eaux usées étudiées

### 3. Matériel et méthodes

Dans le cadre de ce travail nous avons procédé à la réalisation des prélèvements pendant les périodes de Février 2009, Avril 2009, Août 2009, Février 2010, Avril 2010, Août 2010, Octobre 2010, Février 2011 et Mai 2011, Août 2011 et Octobre 2011. La conservation des échantillons d'eaux usées a été réalisée dans une glacière gardée à 4°C conformément au guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons ISO 5667/3 [1]. Il est à signaler que les prélèvements d'octobre 2009 n'ont pas été faits en raison des fortes précipitations qui ont duré tout au long de la période pluvieuse et ceci a dilué fortement les eaux de l'effluent car les réseaux d'assainissement des villes étudiées sont unitaires.

La réalisation des prélèvements a été faite au niveau du collecteur principal des effluents bruts à l'entrée de chaque station d'épuration des eaux usées des villes, après chaque étage d'épuration et à la sortie des stations d'épuration (après traitement) pour les STEP de Settat, de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel qui collecte la totalité des eaux usées.



Figure 2 : points de prélèvement des eaux usées pour les stations d'épuration

P1, P2, P3 et P4 pour les stations d'épuration de Settat, de Berrechid et de Soualem-Sahel.

P1, P2 et P3 pour les stations d'épuration de Ben Ahmed et d'El Gara

Les analyses ont été réalisées sur la base d'un échantillon composite proportionnel au débit mesuré sur 24 heures à l'entrée et à la sortie. L'échantillonneur automatique placé à l'entrée et à la sortie de la STEP

Tableau 2 :

Rendements épuratoires des paramètres de pollution organiques.

	Rendement d'épuration (%)				
	Settat	Berrechid	Ben Ahmed	El Gara	Soualem-Sahel
Concentration moyenne des eaux usées de la DBO5 (mg d'O2 /litre)	384	355	360	582	387
Rendement DBO5 (%)	92	80	75	78	89
Rendement DCO (%)	87	73	66	69	77
Rendement MES (%)	89	70	70	73	80

assure les mesures du débit et le prélèvement d'un échantillon d'eau toutes les heures. A la fin de la journée, un calcul automatique permet de constituer un échantillon composite par la constitution des 24 échantillons proportionnellement au débit mesuré. Pour les analyses des coliformes fécaux, il a été procédé à un prélèvement ponctuel à l'entrée et à la sortie des stations d'épuration sur sept échantillons.

La quantification des polluants est faite selon les techniques d'analyses préconisées par Rodier [2].

Les paramètres de pollution DBO<sub>5</sub>, DCO, et MES sont analysés au laboratoire. La DBO<sub>5</sub> est déterminée par la méthode instrumentale à l'aide d'une enceinte DBO mètre adaptée aux conditions de l'incubation et munie d'un agitateur de marque WTW, Type TS606/3. La DCO est déterminée par l'oxydation en milieu acide par ajout d'un excès de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en présence du sulfate de fer et d'ammonium à la température de 120°C. Les matières en suspension (MES) sont déterminées par filtration d'un volume d'eaux usées sur filtre cellulosique (vide de la maille égal à 0,45 µm). Le dénombrement des Coliformes Fécaux (CF) indicateurs de la contamination bactériologique a été réalisé en milieu lactosé et à la température d'incubation de 37°C.

### 4. Résultats et discussion

Le tableau 2 décrit les concentrations des effluents et les rendements épuratoires globaux moyens observés pour les différentes stations d'épuration de la zone d'étude, Boutayeb M. et Bouzidi A. [3].

Le tableau 3 présente la surface du bassin anaérobie, facultatif et de maturation ainsi que les rendements épuratoires moyens observés pour les différents étages des stations d'épuration de la zone d'étude, Boutayeb M. [4].

Tableau 3 :

Rendements et surfaces des bassins anaérobies et facultatifs dans les STEP étudiées

STEP		Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel
Bassin anaérobie	Rendement moyen (%)	57	51	58	50	47
	Surface du bassin anaérobie en m <sup>2</sup> par hab.	0,11	0,11	0,08	0,08	0,11
Bassin facultatif	Rendement moyen (%)	68	52	44	50	56
	Surface du bassin facultatif en m <sup>2</sup> par hab.	1,20	0,78	0,67	0,66	0,86
Station d'épuration	Rendement moyen CF (unités Log)	3,8	3,3	1,5	1,1	3,5
	Surface du bassin facultatif en m <sup>2</sup> par hab.	1,20	0,78	-	-	0,61

Le dimensionnement des bassins de lagunage naturel adopté diffère d'un opérateur d'assainissement à un autre. Par ailleurs, la méthode de dimensionnement la plus couramment utilisée à l'échelle nationale se base sur la méthode développée dans le manuel « Design Manual for Waste Stabilisation Ponds in Mediterranean Countries » [5] tout en se conformant aux orientations nationales arrêtées dans le cadre de l'étude du Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL) établi par la DGCL [6].

#### 4.1. Bassin Anaérobie

Les rendements observés des bassins anaérobies dans les différentes stations d'épuration varient entre 47 et 58% avec un rendement maximal observé pour les STEP d'El Gara et Settat. La surface du bassin anaérobie pour l'ensemble des stations d'épuration varie très faiblement entre 0,08 à 0,11 m<sup>2</sup>/habitant. Il est à signaler que le ratio de surface du bassin anaérobie relatif à la STEP d'El Gara a permis d'améliorer le rendement par la profondeur du bassin plus importante. D'une façon générale, une surface variant entre 0,08 à 1,1m<sup>2</sup>/habitant présente le meilleur rendement.

Une méthode utilisant les ratios de surface par habitant a été appliquée par D. Mara [7] dans son ouvrage « Design Manual for Waste Stabilization Ponds in India » pour le dimensionnement des STEP en inde. Cette méthode conduit à une surface du bassin anaérobie évaluée à 0,075 pour une température de dimensionnement de 15°C. Cette valeur reste très comparable aux valeurs observées dans la zone d'étude caractérisée par une température moyenne mensuelle minimale ne dépassant pas 11°C.

Par ailleurs, et afin d'avoir un rendement plus important et réduire davantage l'emprise au sol, il est recommandé d'augmenter la profondeur des bassins anaérobies à 4 m, au lieu de 3 ou 3,5m utilisé dans la zone

d'étude. Cette disposition permettra d'améliorer le rendement épuratoire par l'allongement du temps de séjour dans le bassin anaérobie et l'augmentation de la période de vidange des boues.

La superficie des bassins anaérobies reste très faible comparativement aux autres étages de traitement dans une station d'épuration par lagunage naturel mais présente des abattements très importants en terme de pollution organique. Le bassin anaérobie constitue une solution très avantageuse malgré les nuisances olfactives qui peuvent être constatées dans certaines stations d'épuration.

#### 4.2. Bassin facultatif

Les rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub> dans le bassin facultatif sont compris entre 44 et 68%. La surface des bassins facultatifs varie de 0,66 et 1,2 m<sup>2</sup>/habitant pour les stations d'épuration étudiées. Le rendement maximal observé pour la STEP de Settat correspond à une surface du bassin facultatif d'environ 1,2 m<sup>2</sup>/habitant.

Plusieurs modèles de dimensionnement de bassins facultatif sont proposés dans la littérature pour différentes régions du monde McGarry et Pescod [8] Mara [9], Mara et Pearson [10] Mara et al. [11]. Toutes ces méthodes se basent sur deux principaux paramètres à savoir, la température et la charge surfacique.

La méthode basée sur les ratios de surface par habitant utilisée par Mara [7] pour le dimensionnement des bassins facultatifs en inde conduit à des surfaces du bassin facultatif similaires à ceux observées dans la zone d'étude avec 1,345 m<sup>2</sup>/hab. Une grande superficie des bassins facultatifs ne signifie pas forcément un bon rendement épuratoire, un temps de séjour plus important peut contribuer à l'augmentation de la charge organique algale.

#### 4.3. Bassin de maturation

Les rendements d'élimination des coliformes fécaux dans le bassin facultatif sont compris en moyenne entre 3,8 et 3,3 unités Log avec un maximum enregistré au niveau de la STEP de Settat avec plus de 70% des échantillons analysés conformément aux normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation [12] avec des valeurs des CF inférieures à 1000 CF/100mL. La surface des bassins de maturation varie entre 1,57 et 0,78 m<sup>2</sup>/habitant pour les stations d'épuration étudiées. Le Tableau 4 :

Surfaces totale des STEPs dans la zone d'étude

STEP	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel
Surface du bassin anaérobie en m <sup>2</sup> /hab	0,11	0,11	0,08	0,08	0,11
Surface du bassin facultatif en m <sup>2</sup> /hab	1,20	0,78	0,67	0,66	0,86
Surface du bassin maturation en m <sup>2</sup> /hab	1,20	0,78	-	-	0,61
Surface totale des bassins en m <sup>2</sup> /hab	2,5	1,67	0,75	0,74	1,58
Surface totale de la STEP en m <sup>2</sup> /hab	3,12	2,08	0,93	0,92	1,97

La méthode utilisant le ratio permet de calculer facilement la surface de la STEP, en se basant sur le nombre de la population. Cette méthode est largement utilisée en France et se base sur un retour d'expérience sur le traitement des eaux usées par lagunage naturel, Y. Racault et C. Boutin [13], ont adopté pour le dimensionnement des lagunes une surface de 11 m<sup>2</sup>/hab avec trois bassins aérobie en série. Mara D. [14] a précisé que la surface requise pour une station d'épuration par lagunage naturel de type secondaire est d'environ 6 m<sup>2</sup>/Eq.hab et peut être de 5 m<sup>2</sup>/Eq.hab au sud de l'Europe. Ces valeurs sont largement plus importantes que celles observées dans la zone d'étude.

Par ailleurs, la surface requise par habitant en Inde d'après Mara D. [7] pour un traitement partiel dans un bassin anaérobie et facultatif montre un ratio de 1,42 m<sup>2</sup> par habitant pour des températures de 15°C. De même, l'étude d'élaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non conventionnelle réalisée par le Ministère de l'Énergie, de l'eau et de l'environnement du Maroc avec l'appui de la coopération Internationale Allemande [15] a précisé que la surface totale pour un lagunage naturel de 6.000 habitants correspond à 3 m<sup>2</sup>/habitant et que la surface d'un lagunage aéré peut être réduite à 1,3 m<sup>2</sup>/habitant. Mushi, M. M. [16] a indiqué qu'une surface comprise entre 2,5 et 5 m<sup>2</sup>/habitant est nécessaire comparée à 0,5 m<sup>2</sup>/habitant pour une station d'épuration à boues activées. Ces résultats sont comparables à ceux observés dans la zone d'étude.

rendement maximal est observé pour la STEP de Settat correspond à une surface du bassin facultatif d'environ 1,2 m<sup>2</sup>/habitant.

#### 4.4. Surface totale de la station d'épuration

La surface totale de la STEP est égale à la surface totale des bassins anaérobies, facultatifs et de maturation majorée de 25% pour tenir compte des servitudes et des zones d'accès de la STEP [7].

Le ratio de la surface du bassin anaérobie reste généralement similaire pour les différentes stations, alors que les superficies des bassins facultatifs sont très différentes. Une superficie d'environ 1,2 m<sup>2</sup> par habitant, comme c'est le cas pour la ville de Settat paraît la plus adéquate. Le modèle de dimensionnement de la STEP de Settat paraît le plus adapté au contexte local de la zone d'étude, il permet d'avoir des rendements épuratoires très importants dans les différents étages de traitement.

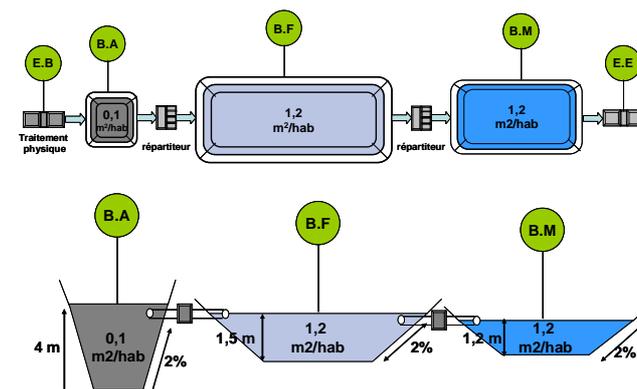


Figure 3 : Dimensions adoptées des bassins de lagunage naturel dans la zone d'étude

#### 4.5. Conformité des rejets

Les rendements épuratoires observés dépassent 75% en terme de DBO5 pour l'ensemble des stations d'épuration. Le rendement moyen le plus élevé est celui de la ville de

Settat avec un abattement de 92%, alors que le rendement au niveau des STEP d'El Gara et de Ben Ahmed enregistre souvent des dépassements par rapport aux normes de rejet. Le modèle de dimensionnement proposé permettra d'atteindre facilement la conformité aux Valeurs Limites de Rejet Spécifique des eaux usées domestiques [17] fixées à 120 mgd'O<sub>2</sub>/litre en DBO<sub>5</sub>, 250 mgd'O<sub>2</sub>/litre, et 150 mg/litre en MES. Il est à signaler, que le bassin de maturation des stations d'épuration des villes de Settat, de Berrechid et de Soualem-Sahel a pour objectif principal de réduire la pollution bactériologique mais il permet aussi d'affiner davantage le traitement des matières organiques.

## 5. Conclusion

Le modèle proposé dans le cadre de ce travail permet de dimensionner facilement des stations d'épuration en se basant sur un retour d'expérience suite à trois ans de suivi des performances épuratoires de cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha. Ce modèle simple se base uniquement sur le nombre de population.

L'examen des performances épuratoires des stations d'épuration de la zone d'étude montre que le modèle de dimensionnement adopté pour la ville de Settat est le plus adéquat avec des surfaces du bassin anaérobie, facultatif et de maturation respectivement égale à 0,1, 1,2 et 1,2 m<sup>2</sup>/habitant, et une surface totale des bassins d'une station de lagunage naturel évaluée à 3,1 m<sup>2</sup>/habitant. Une telle superficie permet de répondre aux Valeurs Limites de Rejet Spécifique des eaux usées domestiques et permet aussi d'avoir une eau usée épurée répondant aux normes de réutilisation.

## 6. Références bibliographiques

- [1] Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons, Norme ISO 5667/3 (1994). Qualité de l'eau - échantillonnage.
  - [2] RODIER J. (2005), l'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Dunod, Paris.
  - [3] Boutayeb M. Bouzidi A. Epuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc Revue « Nature & Technologie ». C-Sciences de l'Environnement, n° 08/Janvier 2013.
  - [4] Boutayeb M. 2013, Etude des performances épuratoires du traitement des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans la région de la Chaouia Ouardigha " Cas des STEPs de Settat, Berrechid, Ben Ahmed, El Gara et Soualem-Sahel ". Thèse Doct., FST de Settat, Maroc.
  - [5] MARA D. and PEARSON H. W. (1998), Design Manual for Waste stabilization ponds in mediterranean countries. Lagoon Technology International Leeds, England. First published in 1998 by Lagoon Technology International Ltd., Newton House, Newton Road, Leeds LS7 4DN, England.
  - [6] Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (1998), Direction Générale des Collectivités Locales (DGCL) Ministère de l'Intérieur, Maroc.
  - [7] Mara D. (1997), Design Manual for Waste Stabilization Ponds in India, First published in 1997 by Lagoon Technology International Ltd., Newton House, Newton Road, Leeds LS7 4DN, England. Lagoon Technology International Ltd., 1997
  - [8] McGarry, M.G. and Pescod, M.B.(1970). Stabilization pond design criteria for tropical Asia. In Proceedings of the Second International Symposium on Waste Treatment Lagoons (ed. R.E. McKinney), pp. 114-132. Lawrence, KS: University of Kansas.
  - [9] Mara, D.D. (1976). Sewage Treatment in Hot Climates. Chichester, England: John Wiley and Sons.
  - [10] Mara, D.D. and Pearson, H.W. (1987). Waste Stabilization Ponds: Design Manual for Mediterranean Europe. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe.
  - [11] Mara, D.D., Pearson, H.W., Oragui, J.I., Arridge, H. and Silva, S.A. (1997). Development of a New Approach to Waste Stabilization Pond Design. TPHE Research Monograph No. 5. Leeds, England: University of Leeds, Department of Civil Engineering.
  - [12] Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n° 1276-01 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.
  - [13] Racault Y. et Boutin C., le lagunage naturel en France – État de l'art et tendances, Ingénieries, n° spécial 2004.
  - [14] D. Mara (2006), Septic tanks, baffled facultative ponds and aerated rock filters: a high-efficiency low-cost wastewater treatment system for small communities up to ~500 p.e., E-Water, Official Publication of the European Water Association (EWA), EWA 2006
  - [15] Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau et de l'Environnement, Coopération Internationale Allemande, 2012, Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non conventionnelles.
  - [16] Modester Michael Mushi, (2006), Master of Science Thesis, Nitrogen Mass Balances in Laboratory-Scale Wastewater Stabilization Ponds, MSc Thesis ES 06.23, April 2006, Delft, the Netherlands.
- Arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement et du ministre de l'industrie, du commerce et de la mise à niveau de l'économie n° 1607-06 du 29 jourmada II 1427 (25 juillet 2006) portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique