

Épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc

Mohammed Boutayeb^a, Abdelhamid Bouzidi^a

Université Hassan I^{ère}, Faculté des Sciences et techniques de Settat, laboratoire de Science de l'environnement et du développement,

B.P : 577 Settat, Maroc.

Résumé

La disponibilité du foncier et les conditions climatiques encouragés par la situation géographique du Maroc, ont poussé ce pays à adopter depuis les années 90 le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique, ainsi, de nombreuses stations de traitement des eaux usées ont été déjà réalisées. Le présent travail a pour objectif d'effectuer un suivi et une analyse des performances épuratoires de cinq stations d'épuration (STEP) par lagunage naturel traitant les eaux usées des villes de Settat, de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel, et d'examiner la fiabilité de cette filière d'épuration dans la zone d'étude. Les rendements épuratoires observés pour l'ensemble des stations d'épuration varient de 74 à 92% comme abattement pour la DBO₅. Ce rendement moyen varie entre 63 et 83% pour la DCO, et entre 54 et 87% pour les Matières en suspension (MES). Les performances épuratoires sont faibles et variables et demeurent dépendants de la saison pour l'azote et le phosphore pour lesquels les abattements moyens observés varient entre 14 et 59% pour l'azote et entre 11 et 43% pour le phosphore

Mots clés : Maroc, Région Chaouia Ouardigha, eaux usées, lagunage naturel, rendement épuratoire

1. Introduction

Le système d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi-arides. Depuis la fin des années 90, le Maroc a adopté pour le traitement des eaux usées des centres ruraux et urbains le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique.

La particularité de ce procédé c'est qu'il nécessite un faible coût d'investissement et d'exploitation avec peu d'expertise technique. Par ailleurs, l'utilisation de grandes superficies demeure une contrainte majeure de ce procédé particulièrement dans les zones urbaines où le foncier est coûteux et parfois non disponible.

En comparaison avec les filières de traitement des eaux usées déjà expérimentées au Maroc, le lagunage reste le plus répandu. En effet, le nombre important de stations réalisées ou en cours de réalisation (villes d'Essaouira, Ouarzazat, Skhirat, Déroua...etc) confirme ce constat. Malgré ces nombreuses réalisations, très peu d'études ont été réalisées pour l'évaluation de l'amélioration des

performances épuratoires au niveau des différentes régions.

Le présent travail a pour objectif l'étude de la nature des effluents des eaux usées et la comparative des performances épuratoires de cinq stations d'épuration (STEP) par lagunage naturel traitent les eaux usées domestiques des villes de Settat, de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel relevant de la région Chaouia-Ouardigha, et le suivi de la fiabilité de la filière de traitement par lagunage naturel dans la zone d'étude.

2. Présentation des stations d'épuration

Les cinq stations d'épuration, objet de la présente étude, sont situées dans la région Chaouia-Ouardigha, caractérisée par un climat de type subhumide à semi-aride, et influencé par l'océan atlantique, avec des hivers humides tempérés et des étés secs et chauds, et des températures moyennes variant entre 11 et 25°C et des précipitations moyenne annuelle de 350 mm. Les données démographiques des villes et les caractéristiques des STEP sont présentées dans les tableaux I et II.

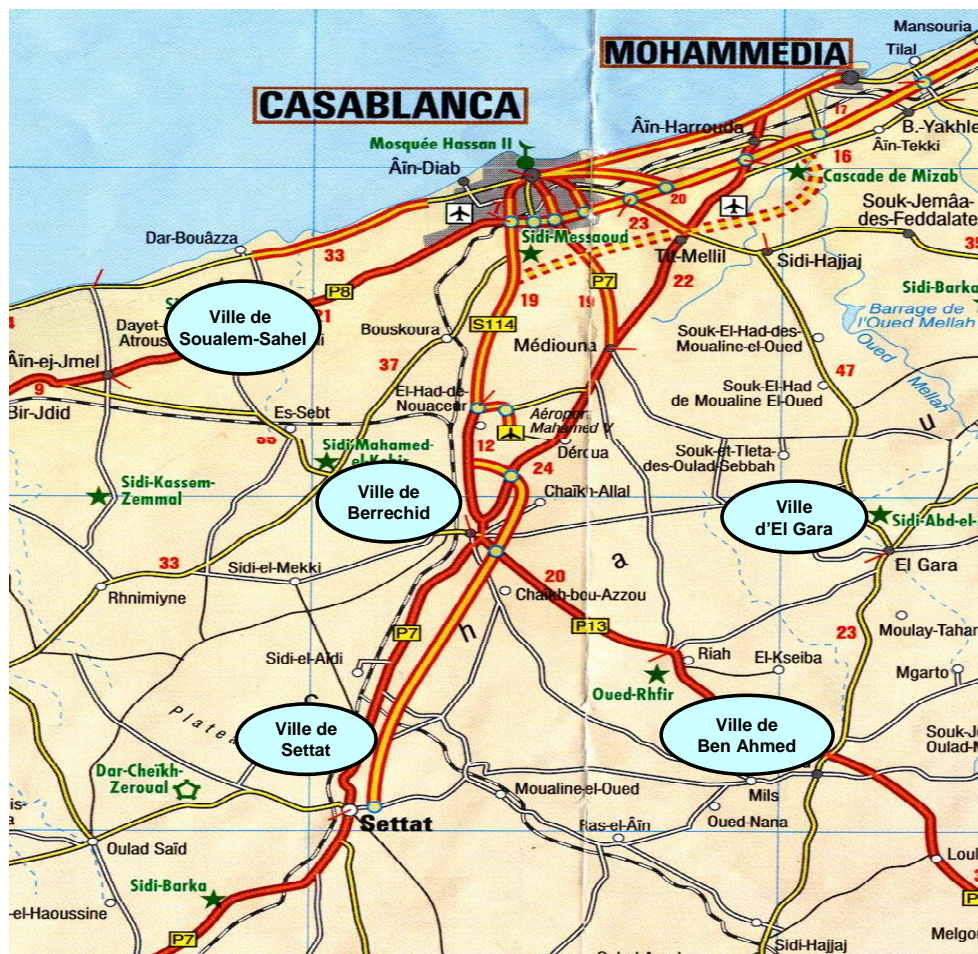


Fig. 1 .Carte de situation des cinq stations d'épuration des eaux usées étudiées

Tableau I : Données démographiques des villes étudiées selon le recensement général de la population de l'année 2004.

	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel
Population 2004	116 600	89 800	18 100	21 400	10 300

Tableau II : Caractéristiques des stations d'épurations des villes étudiées.

	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem
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

BA : Bassin Anaérobie, BF : Bassin Facultatif, BM : Bassin de Maturation

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, Aout 2009, Février 2010, Avril 2010, Août 2010, Octobre 2010, Février 2011 et Mai 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 de Settât (P1), de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel qui collecte la totalité des eaux usées.

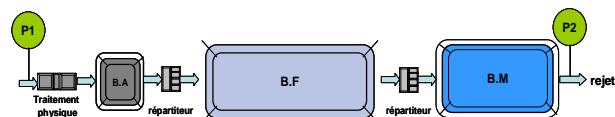


Fig. 2 : points de prélèvement des eaux usées pour les stations d'épuration de Settât, de Berrechid et de Soualem-Sahel (P1 = entrée, P2 = sortie).

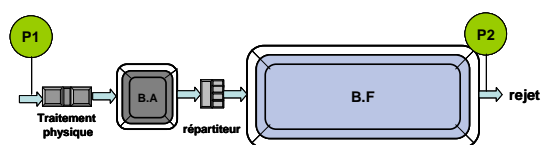


Figure 3 : points de prélèvement des eaux usées pour les stations d'épuration de Ben Ahmed et d'El Gara (P1 = entrée, P2 = sortie).

Les analyses des eaux des rejets de toutes les stations d'épuration des villes de Settât, de Berrechid, de Ben Ahmed, d'El Gara et de Soualem-Sahel ont été réalisées sur la base d'un échantillon composite proportionnel au débit mesuré sur 24 heures à l'entrée (à l'état brut et avant traitement) et à la sortie des stations d'épuration (après traitement). L'échantillonneur automatique placé à l'entrée de la STEP assure les mesures du débit et le prélèvement d'un échantillon d'eau toutes les heures, à la fin de la journée un calcul automatique permet de constituer un échantillon composite par la constitution des 24 échantillons proportionnellement au débit mesuré.

La quantification des polluants est faite selon les normes Marocaines [2] qui sont similaires aux normes AFNOR. Les techniques d'analyses préconisées par Rodier [3] sont aussi utilisées comme compléments. Les paramètres mesurés in-situ sont le pH, la Température et la Conductivité électrique. Ces paramètres sont

déterminés à l'aide d'un Analyseur multi-paramètres de type HORIBA Modèle U 22.

Les paramètres tels que la DBO₅, la DCO, les MES, le NTK et le PT sont analysés au laboratoire et déterminés par la méthode instrumentale à l'aide d'une enceinte DBO mètre adapté aux conditions de l'incubation et muni 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 permanganate de potassium (K₂Cr₂O₇) 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 (diamètre des pores égal à 0,45 µm), l'analyse de l'Azote Kjeldahl (NTK) a été réalisée après distillation et dosage de l'ammonium par minéralisation de l'azote et enfin l'analyse du phosphore total a été réalisée par dosage au persulfate de sodium après minéralisation.

4. Résultats et discussion

Les tableaux III et IV présentent les coefficients de biodégradabilité des effluents et les rendements épuratoires moyens observés pour les différentes stations d'épuration de la zone d'étude.

Tableau III.

Coefficient de biodégradabilité des effluents bruts dans les villes étudiées.

Ville	Rapport DCO/DBO5
Settât	2,37
Berrechid	2,27
Ben Ahmed	2,49
El Gara	2,29
Soualem-Sahel	2,33

Tableau IV.

Rendements épuratoires des matières organiques et des indicateurs de pollution (%).

Paramètre	Rendement d'épuration					Rendement moyen de la zone
	Settât	Berrechid	Ben Ahmed	El Gara	Soualem-Sahel	
DBO ₅	92	78	74	79	88	82%
DCO	84	72	65	68	77	73%
MES	88	65	70	69	80	74%
NTK	52	53	20	38	46	42%
PT	45	46	18	25	40	35%

DBO₅: Demande Biochimique en Oxygène, DCO : Demande Chimique en Oxygène, MES : les Matières En Suspension, NTK : l'Azote Total Kjeldahl et PT : Phosphore Total

4.1. Nature des effluents des eaux usées

Selon Metcalf & Eddy [4]. Les coefficients de biodégradabilités sont calculés par le rapport DCO/DBO₅, et dépend de la nature et l'origine des eaux usées qui peut être domestique ou industrielle, le ratio DCO/ DBO₅ pour les eaux usées domestiques brutes est généralement compris entre 1,25 et 2,5 et peut être plus de 10 pour les eaux industrielles ce qui nécessite des traitements différents.

On peut clairement observer que les eaux usées sont biodégradables pour l'ensemble des eaux usées entrant aux différentes stations d'épuration étudiées, ils se situent en moyenne entre 2,27 et 2,49. Ce résultat confirme l'absence de rejet industriel raccordé au réseau d'assainissement domestique. Le diagnostic sur le terrain a montré que les zones industrielles des villes de Settât, Berrechid et Soulam-Sahel ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement urbain.

Les résultats obtenus sont similaires à ceux rencontrés dans les eaux usées d'Oujda [5-6] où le rapport est inférieur à 2,5. En revanche, ils sont en désaccord avec ceux trouvés par Gebrati *et al.* [7] à Marrakech, et des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia (province de Kénitra) observé par EL Gouamri [8] où ce rapport a été évalué à 3,4 en raison des rejets de textile raccordé au réseau.

4.2. Abatement de la pollution organique

Les rendements épuratoires observés dépassent 70% en terme de DBO₅ pour l'ensemble des stations d'épuration. Le rendement moyen le plus élevé est celui de la ville de Settât avec 92% qui dispose de bassins de maturation qui poussent davantage le traitement, la plus faible valeur est celle notée pour les rejets de la ville de Ben Ahmed avec 74% où le taux d'abattement moyen de la zone d'étude qui est de 82% reste un rendement épuratoire satisfaisant. Le rendement épuratoire en terme de DBO₅ est plus important pour les stations de niveau de traitement tertiaire. Ces résultats sont comparables avec les rendements observés par Mara et Pearson [9] qui ont observé une réduction de la DBO₅ variant entre 73 et 85% dans les pays méditerranéens, de même Maiga *et al.* [10] ont observé des rendements qui atteignent 85% sous climat Sahélien. Le même constat a été observé par Papadopoulos *et al.* [11] en Grèce où les rendements ont dépassé 90%. Dans son ouvrage « Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean countries » Mara *et al.* [9] ont rapporté que les rendements observés dans les STEP faisant partie de la même région Chaouia Ourdigha de Bouznika de Boujaâd et de Benslimane sont respectivement de l'ordre de 80%, de 85% et de 84%.

Tableau V.

Rendement épuratoire du lagunage naturel dans quelques eaux usées des pays méditerranéens [9].

Région	Pays	Taux d'abattement en DBO ₅ (%)
Europe du nord	Portugal	85
	Espagne	75 en hiver et 84 en été
	France	85
Europe de l'est	Chypre	95
	Jordanie	85
Afrique du Nord	Egypte	90
	Tunisie	82 à 85
	Algérie	90 à 97
	Maroc	80 à 85

Le rendement épuratoire moyen en terme de DCO varie entre 65 et 84%. Les rendements en DBO₅ sont plus importants que ceux de la DCO, puisque le système d'épuration par lagunage naturel réduit considérablement la partie biodégradable de l'effluent, le rendement moyen le plus important est observé pour la STEP de Settât avec un abattement de 84%.

Les rendements épuratoires moyens en terme de MES varient entre 65 et 88%, les MES sont réduites par sédimentation dans le système de lagunage principalement dans le bassin anaérobie. Le rendement moyen le plus important est observé pour la STEP de Settât avec un abattement de 88%.

D'une manière générale, les rendements épuratoires par lagunage naturel dans la zone d'étude ressemblent à ceux observés dans les systèmes similaires dans la région méditerranéenne [9].

4.3. Abatement de la pollution azotée et phosphorée

Pour l'azote, les performances épuratoires s'avèrent très instables et dépendent de la saison. Les abattements moyens observés varient entre 20 et 53%, le rendement moyen le plus important est observé pour la STEP de Berrechid avec un abattement de 53% et le rendement moyen de la zone d'étude est de 42%.

En effet, au stade final de traitement notamment dans les bassins de maturation, c'est la forme nitrate qui est la prédomine et les teneurs en azote change faiblement.

De même pour le phosphore, le niveau d'élimination est faible et instable avec un rendement moyen d'élimination qui varie entre 18 et 46% avec un rendement moyen de la zone d'étude de 35%. Ces rendements notamment pour la ville de Settât sont similaires aux résultats observés par Huang et Gloyna [12] et Maiga *et al.* [10]. Ces auteurs ont indiqué que lorsque le rabattement de la DBO₅ atteint 90%, l'abattement du phosphore est autour de 45%.

Il est à signaler que des rendements négatifs en phosphore ont été parfois observés. En effet, le phosphore dissous n'est pas absorbé par les micro-organismes vivants et sa teneur reste plus au moins inchangée dans les milieux faiblement oxygénés. Par contre, au stade final de traitement une production supplémentaire du phosphore peut être observée suite à la transformation de la matière organique et le largage des micro-organismes.

5. Conclusion

Le coefficient de biodégradabilité des effluents montre que les eaux des villes étudiées sont purement domestiques et favorable pour un traitement de type lagunage naturel.

La performance épuratoire sous climat semi aride de la filière de lagunage à 2 ou à 3 étages de bassins est satisfaisante pour la pollution organique avec un rendement dépassant 70% pour l'ensemble des STEP.

On remarque bien que globalement la filière d'épuration par lagunage naturel est très bien adaptée au contexte de la zone d'étude, et peut être recommandé pour d'autres centres urbains et ruraux similaires. Cette filière d'épuration est capable de produire une bonne qualité de rejet, excepté pour les paramètres de l'azote (42% d'abattement en moyenne) et du phosphore (35% d'abattement en moyenne), où les niveaux d'abattement restent faibles. Les concentrations résiduelles de ces effluents en terme d'azote et du phosphore, restent intéressantes pour une réutilisation en agriculture. Toutefois, des analyses complémentaires des coliformes fécaux et des œufs d'helminthe sont nécessaires pour évaluer la conformité de des eaux épurées aux normes de réutilisation [13].

D'une manière générale, la station d'épuration de la ville de Settat est la plus performante avec des concentrations de l'effluent à la sortie très faible et d'abattement organique dépassant 90%.

Par ailleurs, il faut noter que le système d'épuration par lagunage naturel montre bien l'adaptation de ce type de traitement pour une vaste gamme de population variable entre 20.000 et 120.000.

Références bibliographiques

- [1] Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons, Norme ISO 5667/3 (1994). Qualité de l'eau - échantillonnage -.
- [2] La norme Marocaines : NM 03.7.054-1996 Eaux usées domestiques et industrielles - Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) -08p. NM 03.7.052-1996 Eaux usées domestiques et industrielles - Détermination des matières en suspension -05p. NM 03.7.056-1997 Essais des eaux - Détermination de la demande biologique en oxygène après 5 jours (DBO5). NM ISO 5663-2000 Qualité de l'eau - Dosage de l'azote Kjeldhal - -04p. NM ISO 15681-2-2007 Qualité de l'eau - Dosage du phosphore Total.
- [3] RODIER J. (2005), l'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Dénod, Paris.
- [4] Metcalf Et Eddy, Inc (2003). Wastewater engineering: Treatment and Reuse. 4ème Edition Mc Graw-Hill New York.
- [5] Aboueloufa M., Traitement et réutilisation des eaux usées en agriculture au Maroc Oriental (Oujda): Etude physico-chimique, agronomique et sanitaire. Thèse de Doctorat. Fac. Sci. Oujda. 141p (2002).
- [6] Aboueloufa M., El Halouani H., Kharboua M., Berrichi A. 2002. Caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : Canal principal et Oued Bounaïm. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc), 22 (3) (2002) 143-150.
- [7] Gebrati L. Et Nejmedine A. Traitement photocatalytique et biodégradabilité des effluents textiles de la ville de Marrakech. (330-334 p). Actes du Colloque International sur l'eau dans le bassin Méditerranéen: Ressources et Développement Durable. Monastir (Tunisie), 1(2002). 80-85.
- [8] El Guamri Y. et D. BELGHYTI, Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc), Journal Africain des Sciences de l'Environnement, (décembre 2006), Numéro 1, 53-60
- [9] 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.
- [10] MAIGA. A H, Y. KONATE, J.WETHE, K. DENYIGBA, D. ZOUNGRANA (2007). Epuration des eaux usées domestiques par lagunage : performance d'une filière à trois bassins à microphytes en série étudié à Ouagadougou, laboratoire de contrôle des pollutions et des procédés de traitement des eaux, LCP-Eau, 2iE.
- [11] PAPAPOPOULOS A., G. PARISSOPOULOS, F. PAPAPOPOULOS, A. KARTERIS (2001) variation of COD/BOD5 ratio at different units of a wastewater stabilisation pond pilote treatment facility, 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros island, Greece.
- [12] HUANG, H.J.S. and GLOYN, E.F. (1984). Phosphorus models for waste stabilization ponds. Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 110, 550-561.
- [13] Arrêté n° 1276-01 du 17 octobre 2002, portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation