

Étude de la Performance du Dispositif de Traitement des Eaux Usées par Boues Activées de la ville d'Al-Hoceima, Maroc

Fouad Dimane, Prof
Khadija Haboubi, Prof
Issam Hanafi, Prof
Abdelouahad El Himri, Prof

Laboratoire Sciences de l'Ingénieur et Application;
Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Al Hoceima,
Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

doi: 10.19044/esj.2016.v12n17p272 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n17p272](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n17p272)

Abstract

Morocco has taken over the desire to ensure sustainable development and to promote the treatment of domestic and industrial wastewater. In this context, several sewage treatment plants were created, in order to protect the environment from direct discharges of wastewater, and to hope for the reuse of treated wastewater. The use of Activated sludge process in treating the wastewater has been the solution to many problems. In order to evaluate the performance of wastewater treatment plant of the city of Al-Hoceima (North of Morocco). We studied the physico-chemical and bacteriological parameters; we carried out a series of measures such as: temperature, pH and conductivity, the biochemical oxygen demand BOD₅, the chemical oxygen demands COD, fecal coliforms (FC) and total coliforms (TC). Measurement of the BOD₅, COD and TSS yields values give respectively 96%, 95% and 85%. The tests showed that the treated water can be obtained with a quality complying with the agricultural reuse.

Keywords: Raw water station, activated sludge, TSS, COD, BOD₅, bacteriological parameters, Al-Hoceima

Résumé

Le Maroc a pris en main le souci de garantir un développement durable et de promouvoir l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles. Dans ce contexte, plusieurs stations d'épuration ont vu le jour, et ce dans le but de protéger le milieu récepteur des rejets directs des eaux

usées et d'espérer une réutilisation des eaux épurées. Dans le but d'évaluer le rendement de la station d'épuration de la ville d'Al-Hoceima type boue activée, nous avons étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et épurées de la station. Pour cela, nous avons réalisé un ensemble de mesures tels que: la température, le pH et la conductivité (paramètres sur places), la demande biochimique en oxygène DBO₅, la demande chimique en oxygène DCO et les matières en suspension MES (paramètres physico-chimiques), les coliformes fécaux (CF) et les coliformes totaux (CT) (paramètres bactériologiques). Les rendements mesurés à partir de la DBO₅, DCO et MES donnent des valeurs respectivement de 96%, 95% et 85%. D'autre part la qualité bactériologique des eaux épurées est conforme à une réutilisation agricole.

Mots clés: Station d'épuration, boues activées, MES, DCO, DBO₅, paramètres bactériologiques, Al-Hoceima

Introduction

La protection de l'environnement est depuis longtemps devenue un enjeu économique et politique majeur. Parmi les priorités figure la sauvegarde des ressources en eau. L'eau est nécessaire à la vie et à l'activité humaine mais la demande en eau n'est pas uniforme d'une région du globe à l'autre et la disponibilité des ressources en eau encore moins. De nos jours la production des eaux usées urbaines générées par les villes augmentent avec la croissance démographique et les activités socio-économiques qui en découlent. L'épuration des eaux usées a pour objectif soit de rejeter dans le milieu naturel soit de réutiliser des eaux qui doivent répondre à des normes fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau (Jacquet, 1999).

Actuellement, le volume total réel des eaux usées rejetées au Maroc est estimé à environ 750 millions de m³ ; 48% de ces eaux sont rejetées dans les rivières et le milieu naturel ; le reste est rejeté dans la mer sans aucun traitement préalable. La charge polluante des eaux usées est estimée à environ 131715 tonnes de charge organique, 42131 tonnes d'azote et 6230 tonnes de phosphore (Mandi et Ouazani, 2013).

Au Maroc, comme dans tous les pays en développement, l'assainissement et le traitement des eaux usées constituent certainement l'un des plus grands problèmes environnementaux. L'absence de réseau public, le manque de stations d'épuration, l'absence de contrôle et de sensibilisation à l'environnement contribuent à la propagation des maladies, à la dégradation du paysage et à la contamination des eaux superficielles et souterraines. Les eaux usées sont considérées comme les principales sources de pollution pour les eaux souterraines et de surface. En effet, le Maroc a plus de 60 stations de

traitement des eaux usées dont 77% sont des lagunes naturelles, 15% utilisent d'autres techniques (lagunes aérées, des filtres bactériens et 8% des boues activées (Makhoukh et Bourziza, 2011) dont celle de la ville d'Al-Hoceima.

A l'instar des autres pays, les collectivités locales marocaines doivent chercher les meilleures solutions pour faire face aux quantités énormes des eaux usées déversées dans la nature sans aucun traitement. En effet, la croissance démographique et l'évolution des modes de vie et de consommation génèrent des quantités importantes des eaux usées. La composition de ces eaux usées dépend essentiellement de l'eau d'alimentation et de l'usage qu'on en a fait. Les eaux usées domestiques restent dangereuses par leur forte teneur en germes pathogènes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires (Chapman et Kimstach, 1996), (Lukasik et al. 2004).

Dans ce cadre, on s'intéresse à la station de traitement des eaux usées d'Al-Hoceima. L'objectif de ce travail est le suivi des valeurs moyennes des paramètres physico-chimique et bactériologique de l'effluent à l'entrée et à la sortie afin d'évaluer les performances épuratoires de ce système de traitement.

Matériels et méthodes

Milieu d'étude

Al-Hoceima est une ville marocaine côtière située sur le littoral méditerranéen au nord du pays. Elle comporte une population de 55357 habitants (Haut-commissariat au Plan, 2014). Elle bénéficie d'un ensoleillement moyen annuel supérieur à 8 heures par jour et une température moyenne annuelle qui dépasse les 12°C. L'économie régionale repose sur la pêche et le tourisme (Haut-commissariat au Plan, 2010).

Le site d'étude choisi, la STEP de la ville d'Al-Hoceima (Fig.1), conçu par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) est située au nord-ouest de la ville, elle s'étale sur un terrain de 4ha sur la rive sud de la mer méditerranée, opérationnelle depuis 1996, réhabilitée et restructurée en 2011 pour passer d'un débit nominal de 4800m³/j à 9600m³/j avec une capacité de 127.000Eq/hab. Elle est dotée d'un réseau d'assainissement collectif (100km) à majorité unitaire, une petite partie de ce réseau est de type pseudo-séparatif et elle se situe dans la zone nouvellement construite.

Le système de traitement proposé est le traitement biologique par boues activées à faible charge. La capacité nominale dépolluante est de 3800 kgDBO₅/j comme charge organique en période de pointe estivale. Ceci correspond à une concentration moyenne en DBO₅ de 400mg/l. Cette station d'épuration des eaux usées permet de rejeter, après traitement, une eau conforme aux normes marocaines et européennes.



Figure 1. Localisation de la STEP d’Al-Hoceima

Description de la STEP (Figure 2) :

1. Filière d’épuration des eaux usées : un prétraitement conventionnel constitué d’une succession d’opération de dégrillage, dessablage et déshuilage.
2. Un traitement primaire (TP) constitué de décanteurs classiques.
3. Un traitement biologique secondaire (TS) composé de bassins d’aération et de bassins de clarification. Le traitement biologique est de type boue activée faible charge.
4. Le traitement tertiaire de finalisation constitué d’une succession d’opérations et une désinfection par UV.
5. Filière boue.

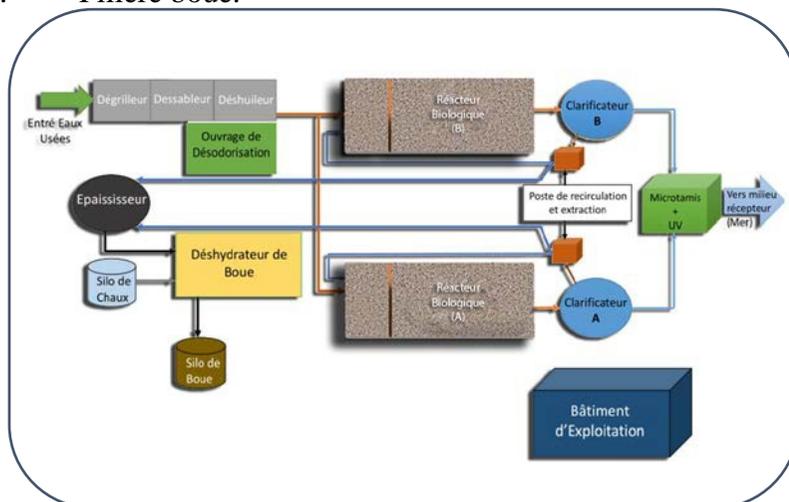


Figure 2. Schéma synoptique de la station d’épuration des eaux usées de la ville d’Al-Hoceima

Paramètres et méthodes d'analyse

Les analyses sont effectuées quotidiennement sur des échantillons composites de 24 heures prélevés automatiquement toutes les heures. Les échantillons sont prélevés au niveau de deux points : à l'entrée de la STEP et à la sortie du traitement. Les échantillons des effluents de la station sont prélevés durant l'année 2014. Cette étude vise à mieux connaître le procédé pour le rendre plus compétitif dans le but de la protection de l'environnement ce qui favorise le développement durable au niveau de la région.

Les paramètres suivis lors de cette étude sont: pH, Température, Conductivité, DBO₅, DCO, MES, NTK et Pt. L'analyse des échantillons se fait selon les méthodes standards internationales.

Résultats et discussion

Température

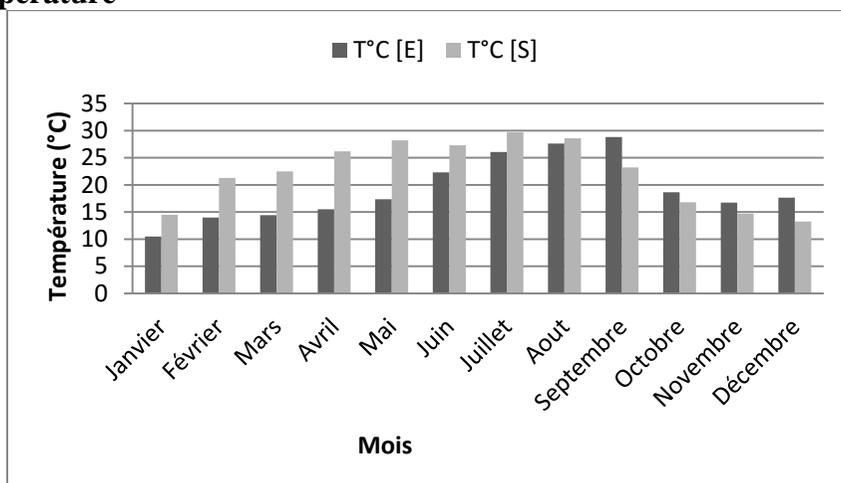


Figure 3. Évolution de la température mensuelle moyenne

La température d'eau est un facteur important dans le milieu aquatique, a une influence sur les réactions physico-chimiques et biologiques (Chapman et Kimstach, 1996). C'est un facteur clé dans l'activité biologique avec des répercussions écologiques (Leynaud, 1968).

À l'entrée de la STEP de la ville d'Al-Hoceima, la température des eaux usées est comprise entre 10,5°C et 28,7°C avec une moyenne de 19,3°C. Le suivi de cette dernière à l'entrée de la STEP, montre que la température de l'eau suit celle de la saison, oscillant entre 21°C (période hivernale) et 30°C qui correspond au pic de la période estivale. Ce sont des valeurs favorables pour le fonctionnement des bioréacteurs et acceptables par les valeurs limites des rejets indirects (Adouani et al. 2015). Celles des eaux usées épurées à la sortie sont comprises entre 13,25°C et 29,03°C avec une moyenne de 22°C. Ces températures enregistrées sont incluses dans la

fourchette des valeurs limites des rejets directs dans le milieu récepteur (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002), et dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Comité Normes Standards, 1994).

Potentiel d'hydrogène: pH

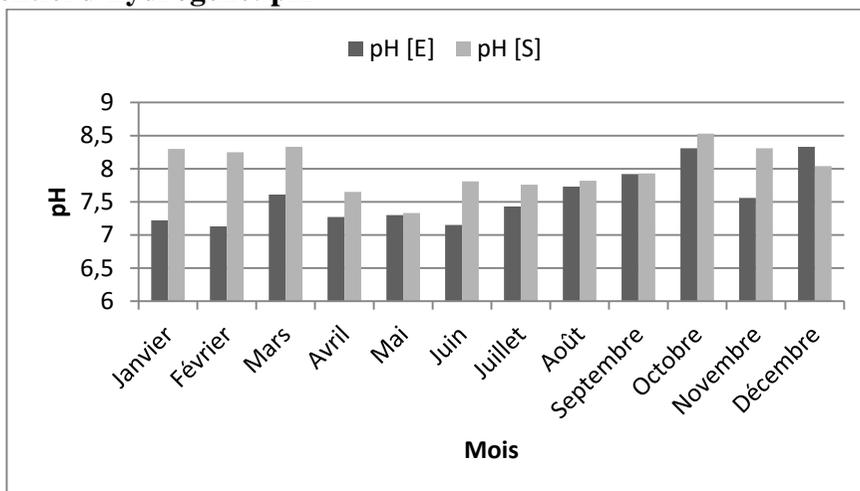


Figure 4. Variation des valeurs moyennes mensuelles du pH

Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques ou acides. Le pH de l'eau brute reste pratiquement stable durant toute l'année avec une valeur moyenne de l'ordre de 8,05 indiquant une faible alcalinité de l'eau, cette moyenne se situe dans l'intervalle des normes marocaines (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2012). Un faible pH favorise la croissance de champignons filamenteux et les autres organismes qui causent des boues flottantes (Arcand et al., 1989). Le pH des eaux usées brutes à l'entrée de la station varie entre 7,13 et 8,33. Ces valeurs se situent dans la fourchette des limites des rejets directs (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2012). Cependant, l'épuration nous a conduits à des valeurs de pH relativement stables entre avril et septembre, comprises entre 7,33 et 8,53, et restent dans l'intervalle limite des rejets directs (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002); et se situent dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Comité Normes Standards, 1994).

La conductivité électrique (C.E)

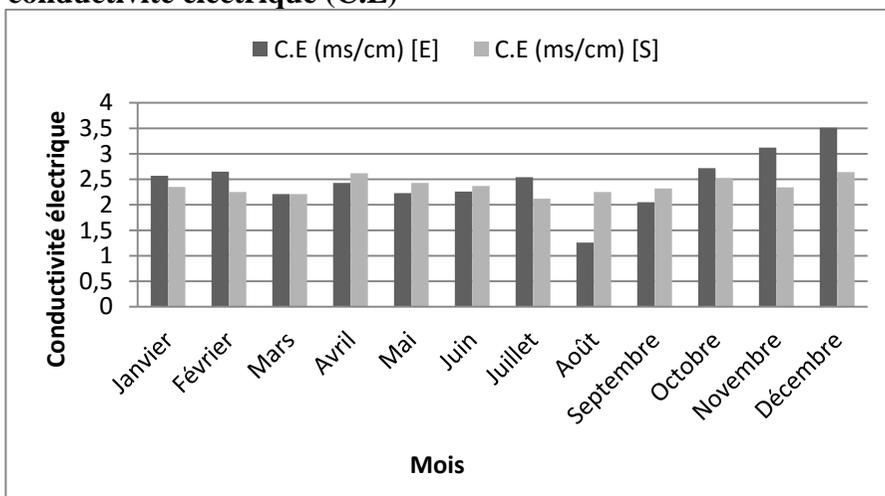


Figure 5. Evolution de la moyenne mensuelle de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. Les valeurs de la conductivité enregistrées au niveau des eaux usées brutes de la ville d'Al-Hoceima varient entre $1260\mu\text{s/cm}$ et $3500\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de $2463\mu\text{s/cm}$. Une diminution exceptionnelle a été enregistrée le mois d'août et qui est attribuée à la minéralisation naturelle de l'eau potable et de celle à usage domestique. Ces valeurs de conductivité sont un peu élevées, ceci pourrait être expliqué par le rejet des eaux usées résiduelles des petites unités industrielles connectées au réseau d'assainissement, mais cette moyenne de conductivité reste proche des valeurs limites des rejets directs (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002), et inférieure à la valeur maximale $3000\mu\text{s/cm}$ des eaux destinées à l'irrigation (Comité Normes Standards, 1994). Les eaux épurées présentent des valeurs de conductivité stables par rapport à celles d'entrée, elles sont comprises entre $2120\mu\text{s/cm}$ et $2640\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de $2368\mu\text{s/cm}$. Les moyennes obtenues restent proches des valeurs limites marocaines de rejets directs et indirects (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2012).

Les matières en suspension (MES)

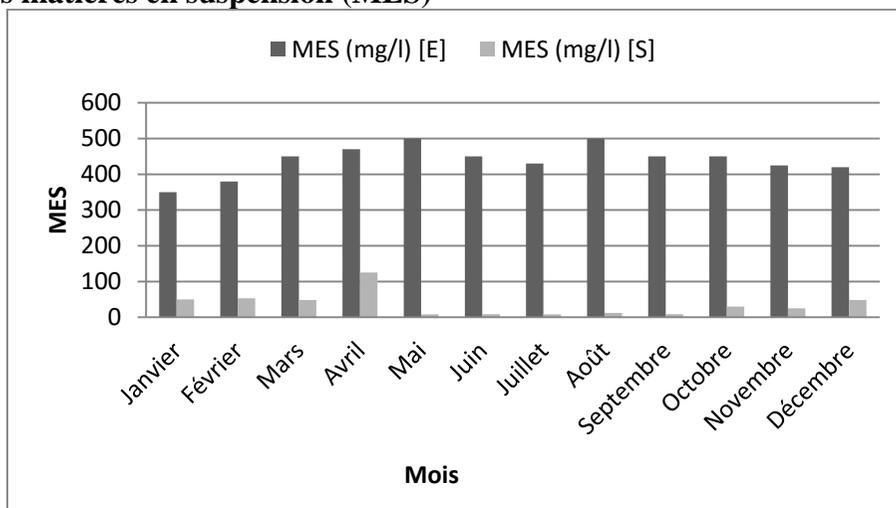


Figure 6. Evolution de la moyenne mensuelle de matières en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées (Hamid et al., 2015). Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière donc de la photosynthèse). La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 350mg/l et 500mg/l avec une moyenne assez élevée de 439,58mg/l. Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population des quartiers drainés par les collecteurs d'assainissement branchés avec la station. Le suivi de ce paramètre à la sortie montre que la MES varie entre un minimum de 8,3mg/l pendant le mois de juillet et un maximum 125mg/l pendant le mois d'avril. La valeur moyenne annuelle est de 39mg/l. Excepté les mois entre janvier et avril, la MES reste aux alentours des limites marocaine et européenne des rejets directs fixées respectivement à 30mg/l (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013) et 35mg/l (Arrêté du 22 juin 2007). A l'exception du mois d'avril (49%), les rendements épuratoires de la MES sont importants et dépassent 80%. Ces résultats montrent que malgré la charge en MES, son élimination se fait de façon efficace et avec un bon rendement.

La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

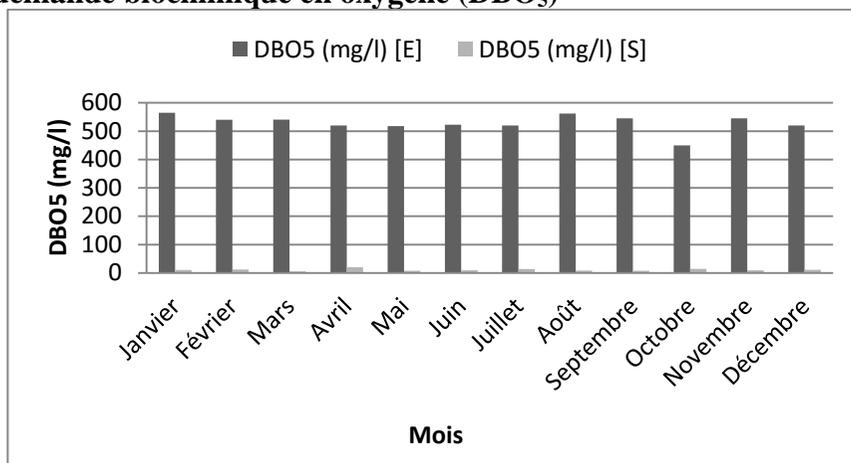


Figure 7. Evolution moyenne mensuelle de DBO₅ en mg d'O₂/L

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques (Arcand et al., 1989). Les concentrations de la DBO₅ à l'entrée varient entre 450mg/l et 565,0mg/ l avec une moyenne de 529,08mg/l. La valeur élevée de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables. En effet, les moyennes enregistrées à la sortie de traitement fluctuent entre 3 et 20 mg d'O₂/l respectivement les mois de mai et avril avec une moyenne annuelle de 10,3 mg d'O₂/l, ce qui correspond à un rendement annuel dépassant les 95 %. Ces résultats sont conformes aux normes marocaines et européennes qui réglementent les rejets des eaux usées dans la nature et qui sont respectivement fixées à 40 mg d'O₂/l (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013), et 25 mg d'O₂/l (Arrêté du 22 juin 2007). La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la STEP, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très significatif, surtout si on considère que la norme exige une DBO₅ inférieure à 25mg/ l. Ces valeurs enregistrées de la DBO₅ à la sortie sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejets domestiques (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002).

La demande chimique en oxygène (DCO)

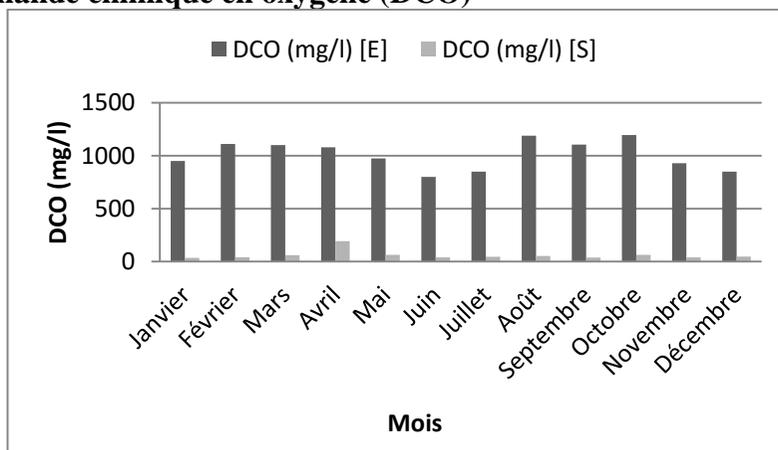


Figure 8. Evolution de la moyenne mensuelle de la DCO en mg d'O₂/L

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Rodier, 2009). Les valeurs de la DCO à l'entrée varient entre 800 et 1195,00mg/l avec une moyenne de 1010,4mg d'O₂/l. À la sortie du traitement les valeurs de DCO gravitent autour 38.4 mg d'O₂/L le mois juin et 193mg d'O₂/l, le mois d'avril avec une valeur moyenne annuelle de 82,4 mg d'O₂/l. À l'exception du mois d'avril, les valeurs obtenues sont plus ou moins inférieures à 120 mg d'O₂/l (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013), et 125 mg d'O₂/l (Arrêté du 22 juin 2007) qui sont respectivement les limites marocaine et européenne autorisées des rejets dans le milieu naturel avec des rendements supérieurs à 85% excepté le mois d'avril où ce pourcentage décroît à 74%. Ces valeurs enregistrées de la DCO à la sortie sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejets domestiques (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002).

Interprétation des résultats de NTK/Pt

L'abattement de l'azote et du phosphore est une nécessité pour réduire les phénomènes d'eutrophisation (Eau, Environnements, OGM, Coordination Rurale, 2014).

NTK

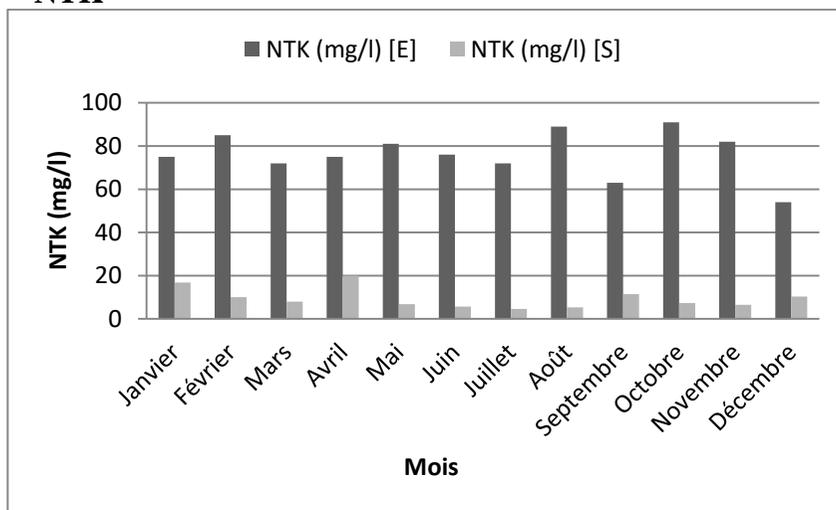


Figure 9. Variation des valeurs moyennes de NTK

La teneur de NTK des eaux usées brutes est de l'ordre de 76,5mg/l, avec une valeur minimale de l'ordre de 54,0mg/l enregistrée en décembre et la valeur maximale de 91,00 mg/l trouvée en octobre. Cette valeur est légèrement supérieure à la norme marocaine des rejets directs (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002). A la sortie, la moyenne mensuelle minimale (3,5 mg d'N/l) est obtenue le mois de juin et la maximale (19.7mg d'N/l) est obtenue en avril. La valeur moyenne sur l'année est de 9.3 mg d'N/l. Excepté les mois de janvier et d'avril, ces résultats sont largement inférieurs aux valeurs guides marocaine et européenne respectivement fixées à 40 mg et 15 mg d'N/l (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013); (Arrêté du 22 juin 2007). Ces valeurs sont extrêmement supérieures à celles trouvées à Kénitra au Maroc (El Guamri et Belghyti, 2007). Les rendements d'élimination de NTK dépassent les 80% hormis les mois de janvier et d'avril où ce rendement décroît à 60%. Les rendements d'élimination de NTK sont significatifs.

■ Pt

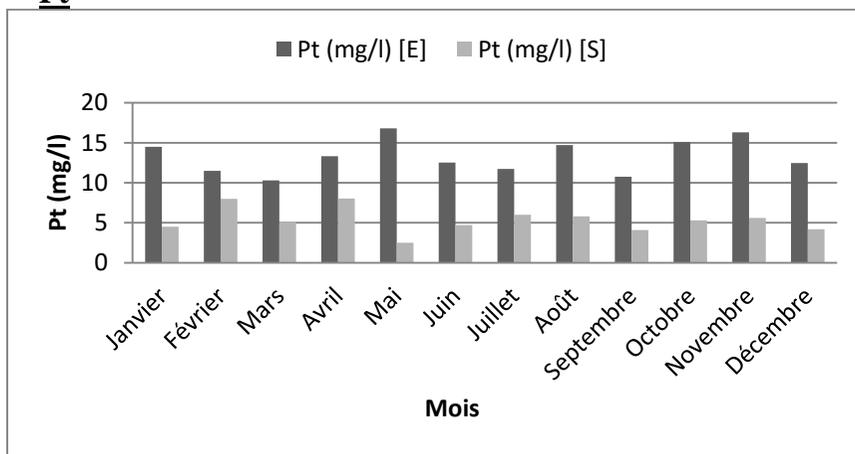


Figure 10. Evolution des valeurs moyennes mensuelles de Pt

L'évolution mensuelle des teneurs en phosphate total dans les effluents d'Al-Hoceïma a montré que ces dernières sont plus concentrées avec une moyenne de 13,3 mg/l, et des valeurs extrêmes de 10,3mg/l et 16,8mg/l. Ces valeurs dépassent la norme marocaine des rejets directs dans le milieu récepteur (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013). Cette augmentation des teneurs des phosphates est due à une minéralisation très poussée de la matière organique, tandis qu'à la sortie la moyenne mensuelle de cet indicateur varie entre 2,5 et 8,03mg/l en avril. La moyenne annuelle de l'ordre de 5,2mg P/l. Le rendement d'élimination du Pt reste plus au moins stable et affiche une moyenne annuelle de 55% avec une baisse nette les mois de février, d'avril et juillet (40%). Ces valeurs dépassent la limite acceptable de 2mg/l d'un rejet direct dans le milieu récepteur (Arrêté conjoint du 7 novembre 2013), (Arrêté du 22 juin 2007). Considérée comme étant la valeur seuil pour les normes marocaines et européennes des rejets directs dans le milieu récepteur, mais restent en deçà des valeurs rencontrées au Yémen (Raweh et al., 2011).

Suivi de la qualité bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques à l'entrée de la station d'épuration révèlent la présence des germes indicateurs de contamination fécale ainsi que certains germes pathogènes. La charge moyenne en coliformes totaux (CT) est de l'ordre de $2,3 \cdot 10^6$ germes/100ml. Pour les coliformes fécaux (CF) les valeurs moyennes sont de $2,7 \cdot 10^6$ germes/100ml.

A la sortie de la station, les concentrations moyennes des (CT), et des (CF) sont de 230 germes/100. Ces valeurs ne dépassent pas la norme marocaine des eaux desservies à l'irrigation. Le rendement épuratoire est donc proche de 100%, mais ceci ne doit pas faire illusion car il suffit de

quelques germes pour contaminer une eau. Ce qui nous permet de déduire que le traitement adopté honore des rendements largement inférieurs aux valeurs exigées par les normes (1000 UFC/100 ml).

Conclusion

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la fiabilité de traitement des eaux usées de la ville d'Al-Hoceima, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de d'épuration. Du degré de pollution physico-chimique et bactériologique, on retient que l'ensemble des paramètres étudiés, en particulier les paramètres de la pollution organique (DBO₅, DCO et MES) situent les eaux usées de la ville d'Al-Hoceima dans la tranche de concentration moyenne à importante (Metcalf et Eddy, 1991). Ceci est lié à la faible dilution de la matière organique en raison de la consommation plus ou moins limitée d'eau par habitant en comparaison avec les pays développés.

Le suivi des paramètres physico chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration d'Al-Hoceima nous a permis de déduire que :

- Le rendement épuratoire a connu une fiabilité significative. En effet, ces rendements ont atteint des valeurs de 96%, 95% et 85% respectivement pour la DBO₅, DCO et MES ;
- Les rendements épuratoires bactériologiques de coliformes totaux et fécaux sont conformes aux valeurs exigées par la norme marocaine, leur abattement est proche de 100%. Ces valeurs montrent une bonne performance épuratoire de la station, due au bon dimensionnement des bassins, des systèmes d'aération et à l'adaptation des microorganismes bio-dégradeurs de la matière organique;
- Grâce à l'efficacité de la technique, la qualité des eaux épurées permet leur réutilisation en agriculture (Catégorie A selon le tableau de classement des eaux épurées destinées à l'irrigation) (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002).

References:

- Adouani, N. Limousy, L. Lendormi, T and Sire, O, N₂O and NO emissions during wastewater denitrification step: Influence of temperature on the biological process, January 2015.
- Arcand, Y., Paris, J., Rouleau, D., Mayer R. Effet de paramètres d'opération sur la décantation de boues biologiques d'une unité de traitement d'eaux usées de raffinerie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2: 43 – 69, 1989.
- Arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, du ministre de l'industrie, du commerce et des

nouvelles technologies et du ministre de l'artisanat n° 2942-13 du 1^{er} hijja 1434 fixant les valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles ou souterraines. B.O. n° 6202 du 7 novembre 2013.

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO₅, juin 2007.

Chapman, D., Kimstach, V. Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126, 1996.

Comité Normes Standards, (CNS), Ministère de l'environnement du Maroc. Rabat, 1994.

Eau, Environnements, OGM, Coordination Rurale: Nitrates, phosphates et eutrophisation: le débat est ouvert, 2014.

El Guamri Y. and Belghyti D. 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, 2007.

Hamid C., Elwatik L., Ramchoun Y., Fathallah R, Ayyach A., Fathallah Z., El midaoui A. et Hbaiz, E, Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia–Maroc, 2014.

Haut-commissariat au Plan, Maroc des régions, Région d'Al-Hoceima 2010.

Haut-commissariat au Plan, Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014.

Jacquet, Y. Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexe appliquant au lactosérum. Thèse de doctorat d'Université de Toulouse : Institut National Polytechnique, 1999.

Leynaud, G. Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881, 1968.

Lukasik J., Menendez P., Scolt T., Process Werf Final report, London. 2004.

Makhokh, M. and Bourziza, Ms. Country Report for Expert Consultation on Wastewater Management-MOROCCO-SEEE-ONEP. 22-24 May 2011, Dubai, UAE, 2011.

Mandi, L. and Ouazani, N. Water and Wastewater Management in Morocco Biotechnologies Application, 2013.

Metcalf L. and Eddy H.P. INC wastewater engineering: Treatment, disposal and Reuse. 3^{ème} ED., Library cataloging in publication data TD. 645p.T34, 1991.

Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002 ; (Arrêté, 2012).

Ministère de l'Environnement du Maroc, Valeurs limites marocaines de rejet direct et indirect du Maroc ; « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat, 2002.

Raweh S., Belghyti D., Al Zaemey A., El Guamri Y. et El Kharrim K. Qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de S'Anaa (Yémen), International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol 5, N° 1. 2011.

Rodier. J. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9^{ème} Edition Dunod Paris 1, 2009.