

ÉTUDE ET SUIVI DES PERFORMANCES DES TRAITEMENTS PRIMAIRE ET SECONDAIRE DES EAUX USEES DE LA STATION D'EPURATION DE MARRAKECH

Merieme Tahri
Majdouline Larif
Hajar Quabli
Mohamed Taky
Mahacine Elamrani
Azzedine El Midaoui

Laboratoire des Procédés de Séparation, Faculté des Sciences,
Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

Karima Benazouz
M'hamed Khimani

Laboratoire de contrôle des eaux usées, Département Qualité, Sécurité et
Environnement, Régie Autonome de distribution d'Eau et d'Électricité de
Marrakech

Abstract

The activated sludge technology is an innovative intensive method for treating wastewater. It is well suited to discharges from communities large sizes and very effective for the treatment of carbon, nitrogen and phosphorus.

The raw effluent of the WWTP of Marrakech and secondly evaluate the performance of primary processing (TP) which eliminates almost 50% of suspended solids and reduced by about 40% BOD and COD. Finally we will evaluate the purifying efficiency of secondary treatment (TS), the monitoring results show that it is 95% for BOD₅, 80% for COD, 70% for TSS, 85% NTK and 55 % for Pt. The obtained results show that except the Pt qui exceeds the standard set at 2 mg/L, the concentration of all the performance indicators at the outlet of biological treatment (secondary) complies with Moroccan and European standards for direct discharges.

Keywords: WWTP Marrakech, activated sludge, primary treatment, secondary treatment, purifying performance

Résumé:

La technologie des boues activées est un procédé intensif innovant pour le traitement des eaux usées. Elle est bien adaptée aux rejets des collectivités de grandes tailles et très efficace pour le traitement du carbone, de l'azote et du phosphore. Le présent travail a pour objectif de caractériser dans un premier temps la qualité physico-chimique de l'effluent brut de la STEP de Marrakech et d'évaluer dans un deuxième temps les performances du traitement primaire (TP) qui élimine presque 50 % des matières en suspension et réduit d'environ 40 % la DBO et la DCO. Enfin nous évaluerons les rendements épuratoires du traitement secondaire (TS), les résultats du suivi montrent que ce dernier est de 95 % pour la DBO₅, de 80% pour la DCO, de 70% pour les MES, de 85% NTK et de 55% pour le Pt. Les résultats obtenus montrent qu'excepté le Pt qui dépasse la norme fixée à 2 mg/L, la concentration de tous les indicateurs de performance à la sortie du traitement biologique (secondaire) est conforme aux normes marocaines et européennes de rejets directs.

Mots clés: Station d'épuration Marrakech, boues activées, traitement primaire, traitement secondaire, performance épuratoire

Introduction

De nos jours la production des eaux usées urbaines générées par les villes augmente avec la croissance démographique et les activités socio-économiques qui en découlent.

L'épuration des eaux 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. 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, 2013).

En effet, le Maroc a plus de 100 usines 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 (Makhokh, 2011) dont celle de la ville de Marrakech. Cette STEP à faible charge est située à 2 km du point de collecte Elazouzia et juste en amont de l'oued Tensift. La STEP reçoit la quasi-totalité des eaux usées de la ville de Marrakech.

Son but est de collecter les eaux usées et de les traiter et de le rejeter dans le milieu naturel. Environ 33 millions de m³ passent par la filière de traitement, dont une bonne partie est réutilisée pour l'irrigation des golfs après un traitement complémentaire (traitement tertiaire). La station est conçue également pour produire du biogaz à partir de la boue traitée (CDM-PDD, 2006).

Cette étude a pour objectif d'évaluer les performances de la STEP de Marrakech principalement les filières de traitement primaire (TP) et secondaire (TS) des eaux usées. Les résultats seront confrontés aux normes nationales et européennes.

Matériel et méthodes

Site d'étude

La ville de Marrakech se trouve au centre du pays, c'est une métropole au climat elle compte une population de 1330468 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 17°C. L'économie régionale repose sur le tourisme, l'artisanat, l'industrie, l'agroalimentaire, l'agriculture, l'élevage et les mines Haut (Commissariat au Plan, 2010).

Marrakech dispose d'une STEP d'une capacité de 1,3 millions d'équivalents habitants. Cette station est située au nord de la ville, elle s'étend sur une superficie globale de 17 ha sur la rive gauche de l'oued Tensift qui longe la RN7 à destination de Safi (RADEEMA, 2012).

La ville de Marrakech est dotée d'un réseau d'assainissement collectif (2284 km) à majorité unitaire, une petite partie de ce réseau est de type pseudo-séparatif et elle se situe dans la zone industrielle Sidi Ghanem, la zone M'hamid et les zones nouvellement constituées.



Figure1 : Localisation de la STEP de Marrakech (www.google.com/maps/place/STEP)

- **Description de la Step (Figure 2)**
 - **Filière d'épuration des eaux usées**
 - Un prétraitement conventionnel constitue d'une succession d'opération de dégrillage, dessablage et déshuilage.
 - Un traitement primaire (TP) constitué de trois décanteurs classiques.
 - Un traitement biologique secondaire (TS) composé de quatre bassins d'aération et quatre bassins de clarification. Le traitement biologique est de type boue activée faible charge.
 - Le traitement tertiaire de finalisation constitué d'une succession d'opération de coagulation, une floculation, filtration sur sable et une désinfection par UV et le chlore.
 - **Filière boue**

L'ensemble des boues produites dans la filière d'eau sont récupérées et épaissies par gravitation pour les boues primaires et par flottation pour les boues secondaires.
 - **Filière biogaz**

Les boues épaissies sont renvoyées vers quatre digesteurs pour la production de biogaz par biométhanisation.

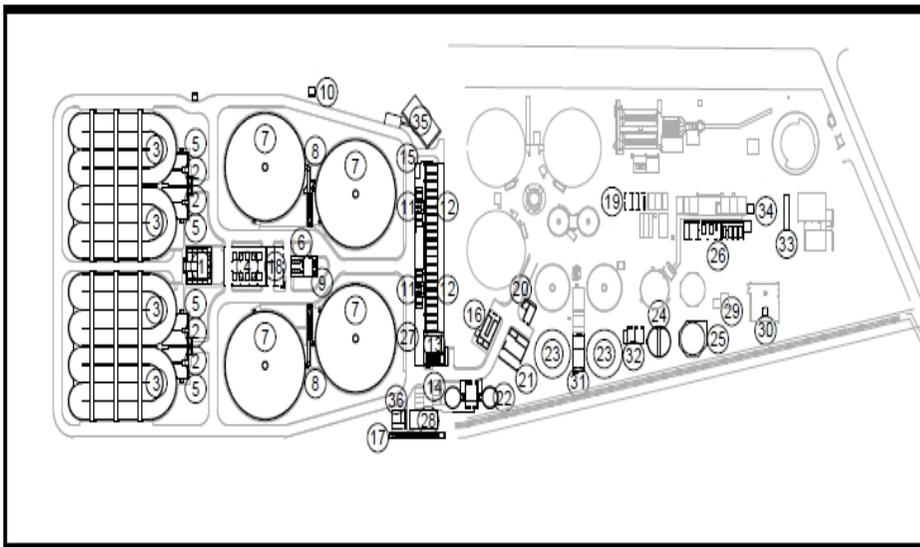


Figure. 2 : Schéma général de la STEP

<u>N° DE ZONE</u>	
1. Répartiteur	18. Sous station électrique SS2
2. Sélecteur – Zone de contact	19. Sous station électrique SS1
3. Bassin boues activées	20. Désodorisation biologique
4. Local surpresseurs	21. Désodorisation physico-chimique
5. Dégazage	22. Flottateurs
6. Recirculation & extraction des boues	23. Digesteur
7. Clarificateur	24. Stockage des boues digérées
8. Venturi – Canal de comptage	25. Gazomètre
9. Relevage des eaux clarifiées	26. Déshydratation des boues
10. Surverse des eaux clarifiées vers l'oued	27. Poste eau industrielle
11. Bassin de coagulation & floculation	28. Atelier magasin
12. Filtration sur sable	29. Extension désulfuration
13. Canal désinfection UV	30. Torchère
14. Canal désinfection chlore	31. Bâtiment digesteurs
15. Stokage FeCl3 & polymère	32. Chaudière + pompes boues
16. Local chloration	33. Pont peseur
17. Sortie des eaux filtrées vers pompage	34. Fosse eaux de retour (boues)
	35. Locaux sociaux
	36. Stockage eau incendie & eau potable

• **Analyse physico-chimique**

Les analyses sont effectuées quotidiennement sur des échantillons composites de 24 heures prélevés automatiquement toutes les heures. Les échantillons sont prélevés au niveau de trois points : à l'entrée de la STEP, à la sortie du traitement primaire et à la sortie du traitement secondaire.

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

Résultats et discussions

Les performances de la STEP ont été suivies durant l'année 2013.

• **Caractérisation de l'effluent brut**

▪ **Débit**

La figure 3 donne les variations du débit à l'entrée de la STEP et également le débit nominal à temps sec.

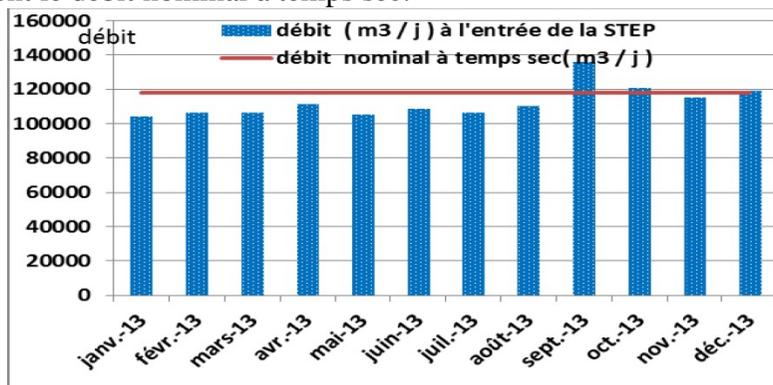


Figure 3: Débit moyen mensuel à l'entrée de la STEP

Le débit à l'entrée de la STEP reste pratiquement stable durant toute l'année et inférieur à la capacité nominale à temps sec de la station avec un

pic enregistré le mois de septembre qui peut être attribué aux premières pluies automnales de l'année d'étude. Cependant il est important de signaler que la station est équipée de déversoir d'orage pour délester les changements de débit pendant les périodes de fortes pluies.

Le débit moyen annuel de la STEP est de l'ordre de 112630 m³/j correspondant à une dotation moyenne d'environ 113 l/hab/j, caractérisé par une évolution de 9% par rapport à l'année 2012 (108887 m³/j) (RADEEMA, 2012).

▪ **Conductivité**

La figure 4 représente l'évolution des valeurs moyennes mensuelles de la conductivité de l'eau brute.

La conductivité de l'effluent brut reste pratiquement constante durant toute l'année avec une moyenne annuelle de l'ordre de 2700 µS/cm. Une diminution exceptionnelle a été enregistrée le mois d'août et qui est attribué à la minéralisation naturelle de l'eau potable et de celle à usage domestique. Les moyennes obtenues restent proche des valeurs limites marocaines de rejets directs et indirects (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002 ; Arrêté, 2012).

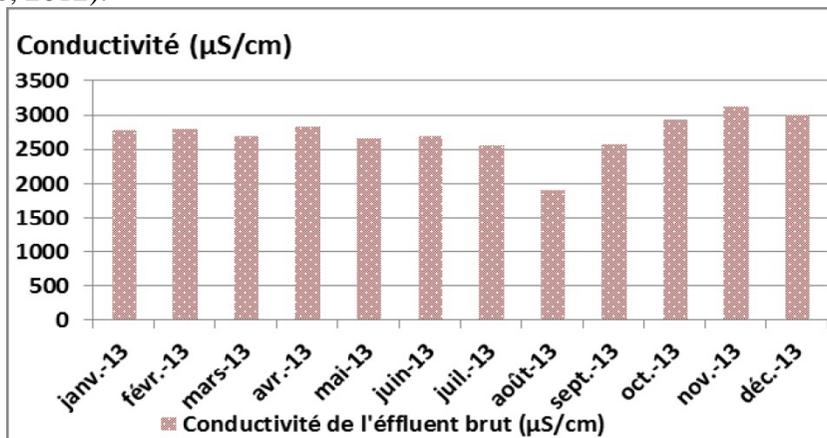


Figure 4 : Moyennes mensuelles de la conductivité de l'eau brute de la STEP de Marrakech

• **Potentiel d'hydrogène pH et Température**

La figure 5 présente les variations du pH et de la température de l'eau brute durant l'année 2013. Il est important de rappeler que le pH donne une idée sur l'alcalinité du milieu qui doit se situer dans la plage de 6,5 - 8,5 qui représente la limite de rejet direct (Arrêté, 2012).

Le pH de l'eau brute reste pratiquement stable durant toute l'année avec une valeur moyenne de l'ordre de 8 indiquant une faible alcalinité de l'eau, cette moyenne se situe dans l'intervalle des normes marocaines

(Arrêté, 2012). Puisque la dénitrification de l’azote dans les eaux usées ralentit avec la baisse de la température (Adouani, 2015).

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, 2015) ; Ministère de l’Environnement du Maroc, 2002).

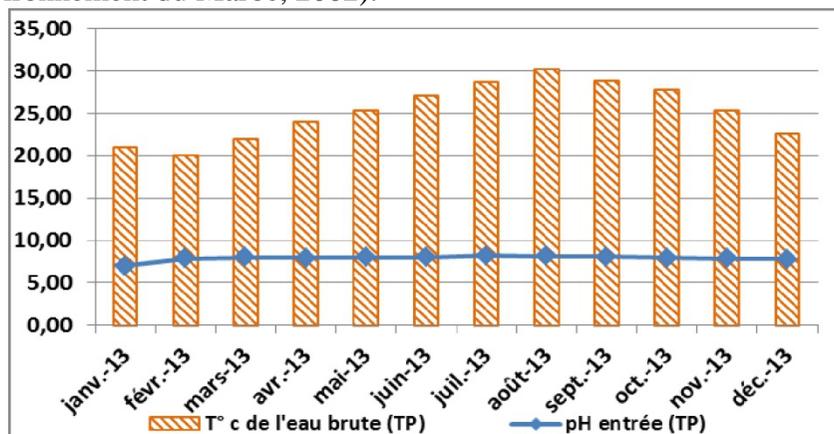


Figure 5 : Évolution de pH et de la Température de l’eau brute au niveau STEP de Marrakech

▪ **DCO, DBO₅ et MES**

La figure 6 donne les valeurs moyennes mensuelles de la DCO, de la DBO₅ et de la MES de l’eau usée à l’entrée de la STEP.

Les trois paramètres restent pratiquement stables durant toute l’année avec une diminution exceptionnelle enregistrée en août. La valeur moyenne annuelle de la DCO est de l’ordre de 1100mg/L, elle dépasse de 100 mg/L la valeur limite marocaine de rejet indirect (Ministère de l’Environnement du Maroc, 2002).

Ce paramètre mesure la concentration en matières oxydables en suspension ou dissoutes quelle que soit leur origine organique ou minérale (Rodier, 2009). En ce qui concerne la DBO₅, elle est de l’ordre de 520 mg/L elle dépasse de 20 mg la valeur limite marocaine de rejet indirect (Ministère de l’Environnement du Maroc, 2002). Cet indicateur permet d’apprécier la Demande Biochimique en Oxygène pour la destruction naturelle de la matière organique présente dans l’eau (Rodier, 2009).

Enfin la MES représente les matières solides (petites particules de polluants solides) contenues dans une eau usée (Hamid, 2014). Elles peuvent être retenues par filtration ou centrifugation (Rodier, 2009). Sa concentration moyenne annuelle au niveau de l’effluent brut est de l’ordre de 400 mg/L qui

est inférieure à 600mg/L considérée comme la valeur marocaine seuil de rejet indirect (Ministère de l’Environnement du Maroc, 2002).

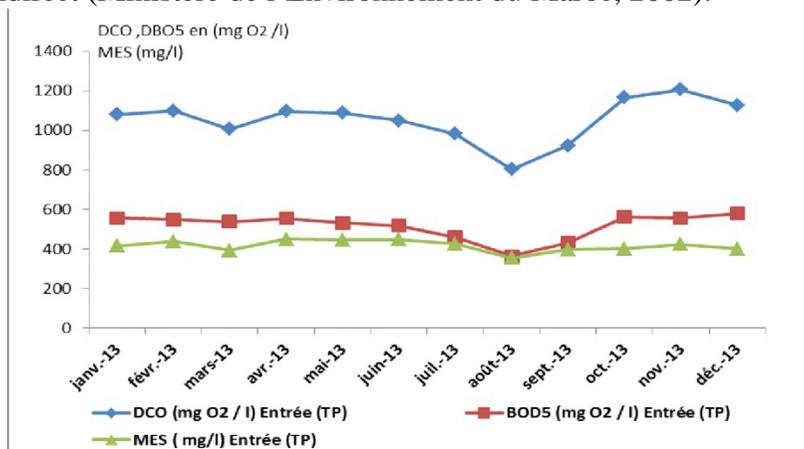


Figure 6 : Variations de DCO, DBO₅ et MES dans de l’effluent brut

▪ **Comparaison de la concentration des indicateurs de pollution DCO, DBO₅, MES)**

Le tableau suivant donne une comparaison de la concentration des indicateurs de pollution (DCO, DBO₅, MES) au niveau de la STEP de Marrakech par rapport à la moyenne nationale (Hamid, 2014) et d’autres villes à travers le monde (ONEP, 1998 ; (DGE) ,2013). Il apparait que la charge polluante que reçoit la STEP de Marrakech est beaucoup plus importante par rapport que d’autres stations de capacité similaire. Toutefois cette charge reste largement inférieure à celle de Sanaa au Yémen (Jean-R-Marcotte, 2010).

Tableau 1 : Concentration des principaux indicateurs de pollution (DCO, DBO₅, MES) à l’entrée de la STEP de Marrakech par rapport à d’autres stations

Paramètre (mg/l)	Grandes villes (>100.000 hab)	Moyenne nationale	Marrakech	Yverdon-les Bains (Suisse)	Ependes (Suisse)	Montréal (Canada)	Sanaa (Yémen)
DBO ₅	300	350	517	168	408	71	1137
DCO	850	900	1052	518	816	156	1888
MES	300	400	417	—	—	97,4	813

• **DCO /DBO₅**

Le tableau 2 représente le suivi au cours de l’année 2013 du rapport DCO /DBO₅ de l’effluent brut dans le but d’évaluer sa biodégradable. Durant toute l’année, ce rapport reste inférieur à 3. Cela montre que les eaux usées entrants à la STEP de Marrakech sont facilement biodégradables (ONEP, 1998), (Yapo, 2009).

Tableau 2 : Coefficient de biodégradabilité de l’effluent brut

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
DCO/DBO₅	1,94	2,00	1,87	1,98	2,05	2,03	2,13	2,21	2,13	2,07	2,17	1,95

• **NTK et Pt**

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

Le Pt de l’eau usée est pratiquement stable durant toute l’année et se maintient aux alentours de 10 mg/L. Le NTK, représente la somme de l’azote organique et de l’azote ammoniacal, il varie légèrement autour de 90 mg/L durant toute l’année avec une diminution remarquée le mois d’août, qui peut être également attribuée à la baisse de la charge polluante caractéristique de cette période.

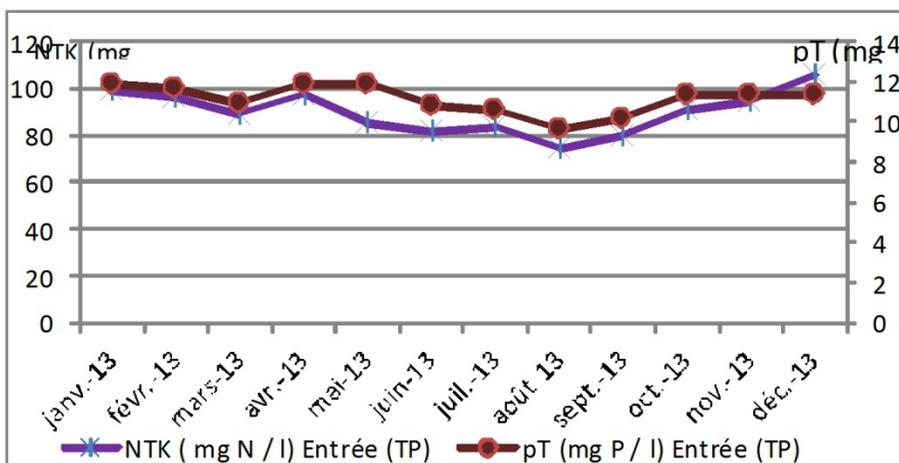


Figure 7 : .Évolution du NTK et du Pt à l’entrée de la STEP

▪ **Évaluation des suivis des traitements primaire et secondaire**

• **Débit**

En ce qui concerne le traitement primaire, le débit reste le même à la sortie des décanteurs primaires continuant leur cheminement vers le traitement biologique.

La figure 10 indique l’évolution du débit moyen mensuel de l’eau épurée à la sortie du traitement biologique. Les valeurs varient entre 79437 m³/j le mois de février et 110289m³/j le mois de septembre avec une moyenne annuelle de 97607 m³/j. Les valeurs restent toujours inférieures à la capacité nominale à temps sec de la STEP. La différence de débit entre le traitement primaire et secondaire est expliquée par le volume occupé par les ouvrages de ce dernier.

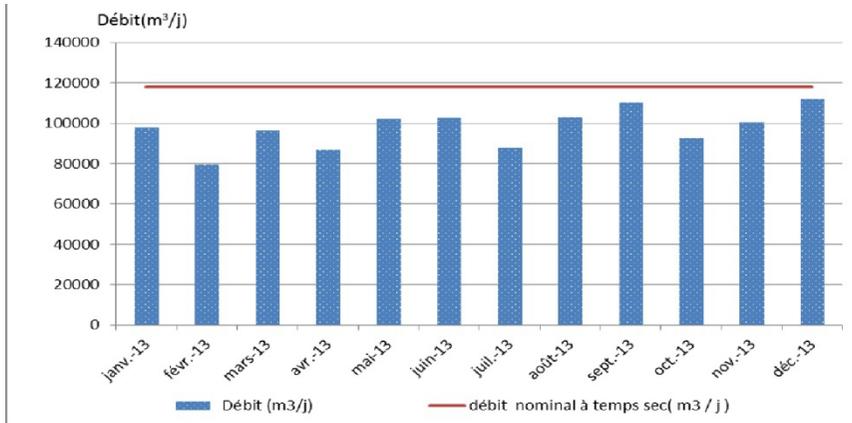


Figure 8 : Évolution du débit à la sortie de traitement biologique

- **DCO**

La figure 9 représente la variation de la DCO à la sortie du traitement primaire et secondaire. Pour le premier traitement, la DCO varie entre 521 mg d'O₂/L pendant le mois août et 888 mg d'O₂/L pendant le mois de novembre dont une moyenne annuelle de 732 mg d'O₂/L avec un rendement d'élimination qui varie entre 25% le mois de février et 41% le mois d'octobre. A la sortie du traitement secondaire les valeurs de DCO gravitent autour 38.4 mg d'O₂/L le mois juin et 193 mg 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 , 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%.

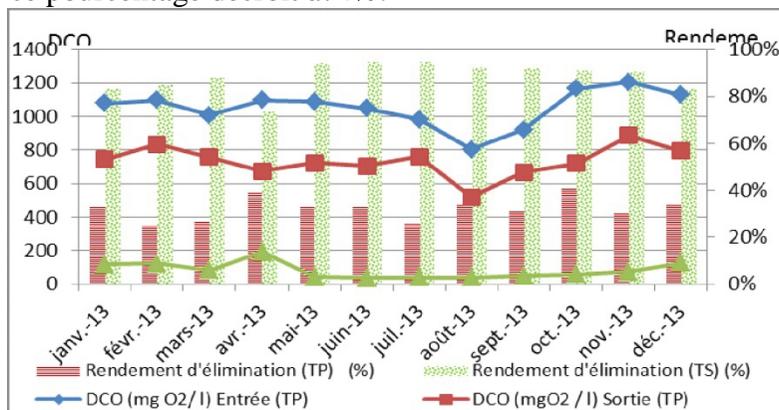


Figure 9 : Évolution de la DCO et de son rendement d'élimination à la sortie du traitement primaire et secondaire

▪ **DBO₅**

La figure 10 montre l'évolution de la DBO₅ à la sortie de traitement primaire et secondaire. En première étape de traitement, la teneur de la matière organique exprimée par la DBO₅, varie entre 229 mg d'O₂/L en août et 424 mg/L pendant le mois de novembre, caractérisée par une valeur moyenne annuelle de 340 mg/L, le rendement d'élimination de la DBO₅ oscille entre 24 % le mois de novembre et 50% le mois octobre. En effet, les moyennes enregistrées de cet indicateur à la sortie de traitement secondaire fluctuent entre 3 et 20 mg d'O₂/L respectivement les mois de mai et d'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 mgd'O₂/L (Arrêté, 2013) et 25 mg d'O₂/L (Arrêté du 22 juin 2007).

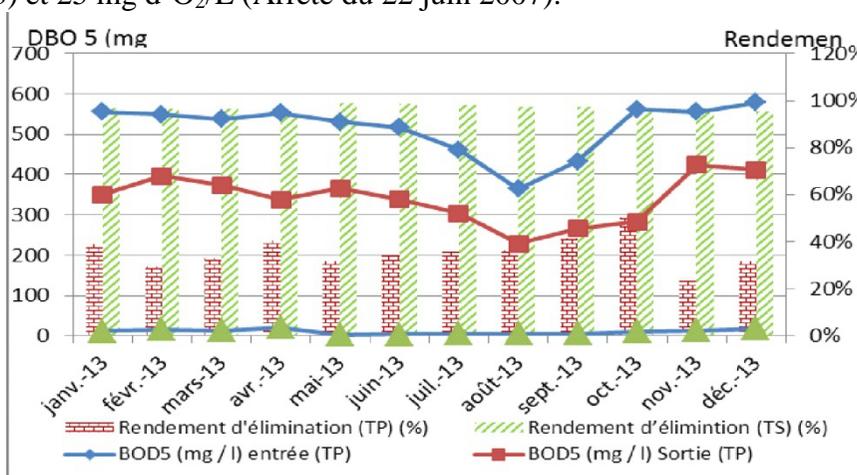


Figure 10 : Évolution de la DBO₅ et de son rendement d'élimination à la sortie de traitement (TP) primaire et secondaire (TS)

▪ **MES**

La figure 11 donne les variations de la MES à la sortie du traitement primaire et secondaire. La valeur moyenne de la MES à la sortie du TP est de l'ordre 258 mg/L. Sa valeur minimale est de 196 mg/L relevée pendant le mois d'août et sa valeur maximale est de 329 mg/L relevée pendant le mois de février.

Le rendement d'élimination oscille entre 20 % en février et 50 % en octobre. Les valeurs les plus élevées des trois paramètres ont été enregistrées pendant la période hivernale, cela s'explique par les fortes précipitations durant cette période qui entraînent le transport de matière en suspension associée aux molécules organiques vers la station (N'diaye, 2013 ; Marechal, 2000).

Le suivi de ce paramètre à la sortie du TS montre que la MES varie entre 8,5 mg/L pendant le mois de juillet et 131 mg/L pendant le mois d’avril. La valeur moyenne annuelle est 39 mg/L.

Excepté les mois entre janvier et avril, la MES reste aux alentours des limites marocaine et européenne des rejets directs fixées respectivement à 30 mg/L (Arrêté, 2013) et 35 mg/L (Arrêté du 22 juin 2007). À 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 élevée en MES, son élimination se fait de façon efficace et avec un bon rendement.

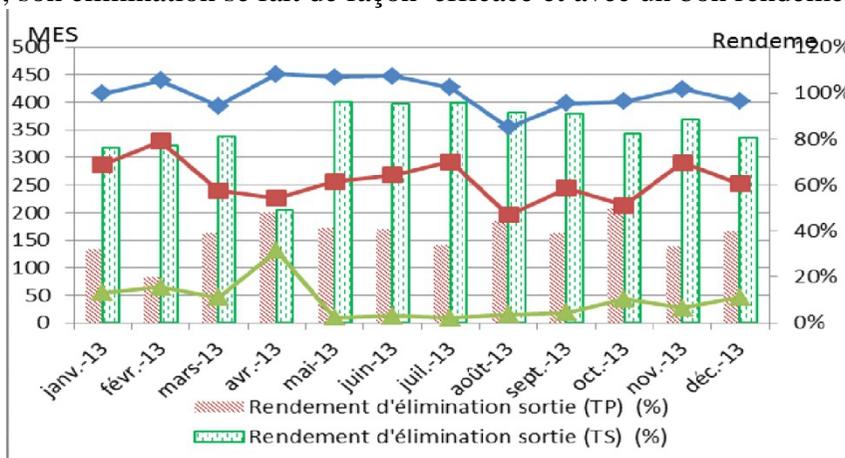


Figure11 : Variations de la MES et son rendement d’élimination à la sortie du traitement primaire et secondaire

▪ **NTK et Pt**

Le suivi des variations des indicateurs de pollution NTK et Pt au niveau de l’effluent décanté montre que leurs teneurs obtenues restent pratiquement les mêmes que celles dans l’eau brute. Cela est dû au fait que les deux éléments (NTK et Pt) ne sont pas concernés par le traitement primaire, leur traitement et par conséquent le changement de leurs teneurs se fera dans les bassins biologiques (TS).

▪ **NTK**

La figure 12 indique l’évolution de la teneur de NTK après le traitement biologique. La moyenne mensuelle minimale (3,5 mg N/L) est obtenue le mois de juin et celle maximale (19.7 mg N/L) est obtenue en avril. La valeur moyenne sur l’année est de 9.3 mg N/L. Excepté les mois de janvier et d’avril, ces résultats sont largement inférieurs aux valeurs guides marocaine et européennes respectivement fixées à 40 mg et 15 mg N/L (Arrêté, 2013; Arrêté du 22 juin 2007). Les rendements d’élimination de NTK dépassent les 80% hormis le mois septembre où ce rendement décroît à 60%.

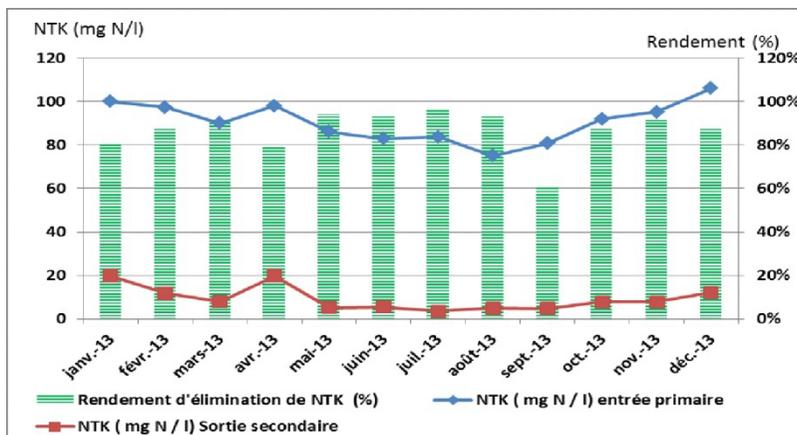


Figure 12 : Évolution de la teneur de NTK et de son rendement d'élimination à la sortie de traitement primaire et secondaire

▪ **Pt**

La figure 13 représente le suivi de Pt et son rendement d'élimination à la sortie du traitement secondaire. Pour les moyennes mensuelles du Pt, elles fluctuent entre 2,3 mg P/L en novembre et 8 mg P/L en avril. La moyenne annuelle de l'ordre de 5,2 mg P/L de cet indicateur.

La figure 13 montre aussi que 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 d'août (40%). Ces valeurs observées dépassent 2 mg de Pt (Arrêté, 2013 ; Arrêté du 22 juin 2007) considérée comme étant la valeur seuil pour les normes marocaine et européenne des rejets directs dans le milieu récepteur.

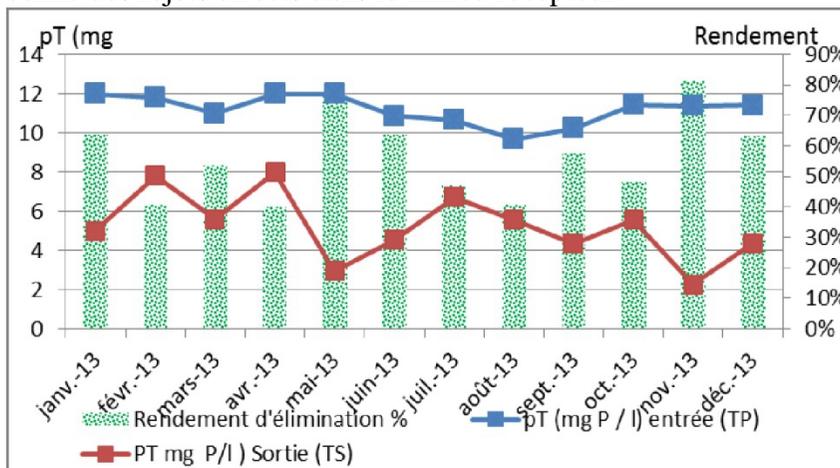


Figure 13 : Évolution de traitement et de son rendement d'élimination du Pt à la sortie de traitement secondaire

Conclusion

Le suivi de la performance de la STEP de Marrakech a été réalisé dans le but de déterminer le degré de pollution physico-chimique de l'eau brute d'une part et d'évaluer l'efficacité du traitement primaire et secondaire d'autre part. La station reçoit une pollution organique et inorganique importante qui reste inférieure à la capacité nominale de la STEP. Les valeurs de pH de la température et de la conductivité restent dans les gammes de rejets indirects et ne perturbent pas le traitement biologique.

Le suivi de la performance de la STEP a permis de conclure :

- Le traitement primaire élimine 30 à 50 % des matières en suspension et réduit d'environ 40 % la DBO5 et la DCO.

- Le traitement secondaire de la STEP révèle que les rendements d'élimination de la pollution de la DCO, la DBO₅, la MES, le NTK et le Pt sont respectivement de 90%,95%, 80%, 85% et de 55%. Les valeurs maximales des concentrations des indicateurs de pollution à la sortie du traitement biologique sont enregistrées le mois d'avril. Il semblerait que cette baisse des rendements est due d'une part à la présence des métaux (Cu, Cr_{VI}, Ni...) provenant des activités industrielles dans la ville de Marrakech (Mounaam, 2011), et d'autre part à la présence du phénol en forte concentration pendant la saison oléicole. Il a été clairement établi que les teneurs élevées de ces éléments provoquent un effet néfaste sur l'activité biologique (Vaipouloua, 2012 ; KimaKi, 2006).

- Les eaux épurées à la sortie du traitement secondaire hormis le Pt, possèdent une qualité conforme aux normes requise pour les rejets dans le milieu récepteur.

References :

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

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

CDM-PDD, Clean Development Mechanism Project Design Document Form, Version 03 - in effect as of: 28 July 2006.

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

Haut-Commissariat au Plan, Maroc des régions, Région Marrakech - Tensift - al haouz I, 2010.

RADEEMA, Régie Autonome de Distribution d'Eau et D'Electricité de Marrakech, Rapport d'activité, premier semestre, 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.

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 1er hijja 1434 fixant les valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles ou souterraines. B.O. n° 6202 du 7 novembre 2013.

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.

Rodier (J.) - L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, 9ème édition, Dunod, Paris, 1 (1959), 2009.

Hamid C., Elwatik L., Ramchoun Y., Fath-allah R, Ayyach A., Fathallah Z., Elmidaoui 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.

ONEP. Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc. ONEP et GTZ.Rabat (Biodégradabilité), 1998.

Direction Générale de l'Environnement (DGE) Division Protection des eaux Bilans 2012 de l'épuration vaudoise (Présentés à Bex et Yvonand) en mai 2013.

Jean-R-Marcotte, Division Ingénierie d'Usine et de Procédé, Analyse de la qualité des eaux brutes et de l'eau traitée à la Station d'épuration et évaluation du rendement des installations ;Rapport Station d'épuration des eaux usées, 2010.

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 (Yemen), International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol 5, N° 1. 2011.

Yapo B. O., MamboV., Séka A., Yapi A. D.,Houenou P., Caractérisation par fractionnement gravimétrique de la matière organique contenue dans les eaux usées : application à l'étude de la biodégradabilité, 2009.

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

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.

N'diaye A D., Thiam O., OuldKankou M. et IbnoNamr K., Turbidité et matières en suspension dans l'eau : application a l'évaluation des métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. juin 2013.

Marechal A., Relations Entre Caractéristiques de la Pollution Particulaire et Paramètres Optiques dans les Eaux Résiduaires Urbaines, 2000.

Mounaam A., Problématique des rejets liquides au niveau de la région de Tensift : diagnostic, impact sur les ressources en eau et proposition de plans d'action, 2011.

Vaiopoulou E. Gikas P., Effects of chromium on activated sludge and on the performance of wastewater treatment plants: A review. Volume 46, issue 3, pages (549-570) March 2012.

KimaKi T., KimaIn S., HwangbSeok H., KimSang D., Estimating the combined effects of copper and phenol to nitrifying bacteria in wastewater treatment plants, Volume 40, Issue 3, Pages 561-568, February 2006.