

Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia - Maroc

Chaouki HAMID^{1*}, Lahcen ELWATIK¹, Youssef RAMCHOUN², Rachid FATH-ALLAH³, Abdelrhafour AYYACH³, Zhor FATHALLAH⁴, Azzeddine EL MIDAOU³ et El Mahdi HBAIZ⁵

¹*Equipe des substances naturelles, synthèse et dynamique moléculaire, Faculté des Sciences et techniques, Université Moulay Ismaïl, BP 509, 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc*

²*Chef d'agence de service de l'office national de l'électricité et de l'eau potable - branche Eau, Errachidia*

³*Laboratoire des procédés de séparation, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc*

⁴*Laboratoire d'environnement et des énergies renouvelables, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc*

⁵*Laboratoire de Synthèse Organique et Procédés d'Extraction, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc*

* Correspondance, courriel : hamidchaouki1@gmail.com

Résumé

Dans le but d'évaluer le rendement de la nouvelle station d'épuration de la ville d'Errachidia type lagunage aéré, 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 résultats d'analyses ont montré une évolution des rendements épuratoires de la nouvelle station par rapport à l'ancienne de type lagunage naturel. Ces rendements mesurés à partir de la DBO₅, DCO et MES donnent des valeurs respectivement de 82%, 83% et 88%. D'autre part la qualité bactériologique des eaux épurées est conforme à une réutilisation agricole.

Mots-clés : *station d'épuration, MES, DCO, DBO₅, paramètres bactériologiques.*

Abstract

Study of the treatment performance of the technique of aerated lagoons applied of the wastewater treatment plant of the city of Errachidia- Morocco

In order to evaluate the performance of the new wastewater treatment plant of the city of Errachidia kind aerated lagoons, we studied the physico-chemical and bacteriological parameters of raw and treated water station. For this we carried out a series of measures such as: temperature, pH and conductivity (On-the-spot parameters), the biochemical oxygen demand BOD₅, the chemical oxygen demands COD and suspended

solids SS (Physico-chemical parameters), fecal coliforms (FC) and total coliforms (TC) (bacteriological parameters). Test results showed an evolution of treatment efficiency of the new station compared to the former lagoon-type natural. These yields measured from the BOD₅, COD and SS give values respectively 82%, 83% and 88%. On the other hand the bacteriological quality of treated water complies with agricultural reuse.

Keywords : *raw sewage, SS, COD, BOD₅, bacteriological parameters.*

1. Introduction

Les accroissements démographique, économique et urbain sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, surtout dans les pays en voie développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées qui sont souvent rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Cette pollution génère de nombreuses maladies hydriques qui peuvent être à l'origine de certaines épidémies. La ville d'Errachidia n'échappe pas à cette règle. En effet, cette ville a connu pendant les dernières années un grand développement démographique ce qui a poussé la municipalité de la ville à entreprendre des travaux de réhabilitation de l'ancien réseau ainsi que son élargissement. Ce qui a permis l'augmentation du taux de branchement au réseau existant et par conséquent l'élévation du débit des eaux usées. D'où la nécessité de la réalisation d'une station d'épuration.

En effet, durant 2006 la ville s'est dotée d'une station d'épuration du type lagunage naturel. Et dans le but de s'appliquer aux normes marocaines, d'augmenter le degré d'épuration et de valoriser les eaux épurées, la station a connu au cours de l'année 2011 des travaux de réhabilitation qui consistent à la conversion de la station d'un lagunage naturel à un lagunage aéré. Après avoir réalisé l'étude de la caractérisation des eaux brutes de la ville d'Errachidia et qui nous a conduit à cerner la nature des eaux usées domestiques [1], le présent travail s'inscrit dans la même optique à savoir l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées ce qui nous permettra d'évaluer la performance de la nouvelle station d'épuration qui vient d'être réalisée et la comparer avec l'ancienne STEP type lagunage naturel [2].

2. Matériel et Méthodes

2-1. Milieu d'étude

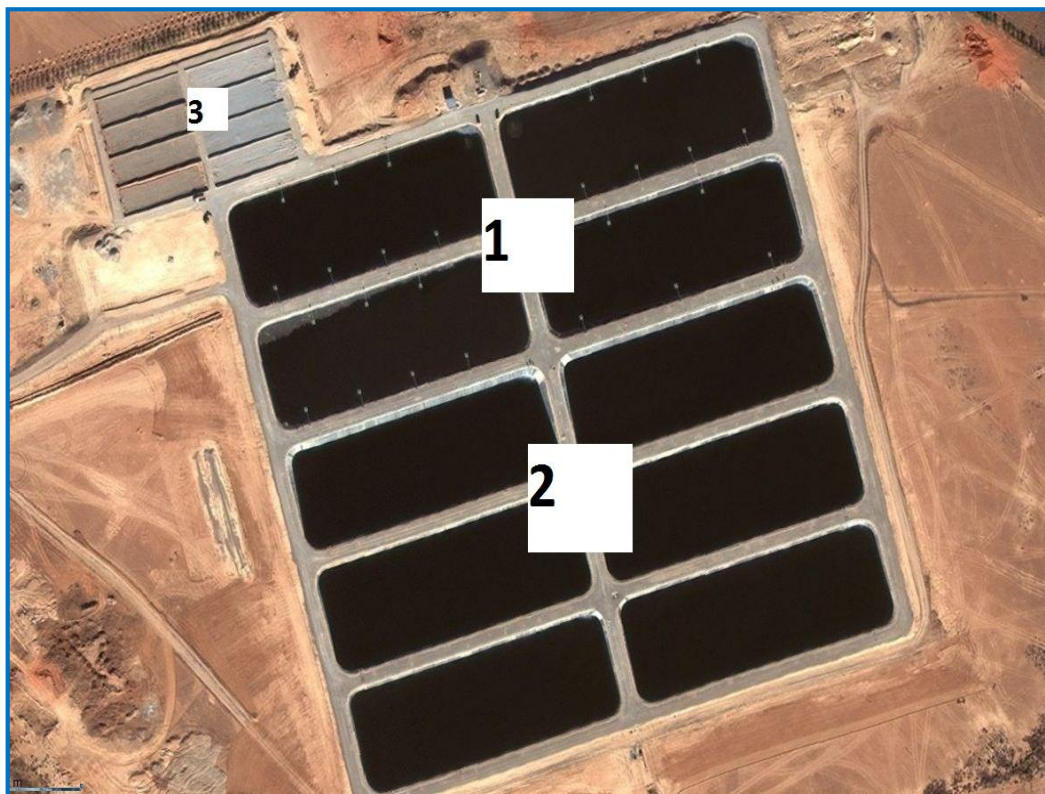
La ville d'Errachidia est située au sud d'Est du Maroc, à 320 Km au Sud de Meknès, elle compte environ 91 745 habitants en année 2013, caractérisée par un climat sec. La nouvelle station d'épuration des eaux usées de la ville d'Errachidia est destinée à l'assainissement collectif des eaux usées de la ville. Elle est située à trois kilomètres au Sud-Est de la ville, ses coordonnées GPS sont N 32° 1' 57.099" W 4° 2' 14.912", ses coordonnées Lambert moyennes sont : X=594000 m ; Y=147000 m. La station est dimensionnée pour recevoir un débit nominal de 7520 m³/j à l'horizon de l'année 2020 et traiter une charge polluante de l'ordre de 3460 kg de DBO₅/j. Elle comporte au total 10 bassins :

- 4 bassins aérés, dont 3 fonctionnent en 1^{er} étage, et le quatrième en 2^{ème} étage. Les dimensions de ces bassins sont identiques et ont 150 m de longueur, 50 m de largeur et 4,5 m de profondeur avec un volume utile de 23000 m³ chacun. A part le deuxième étage qui comporte 5 aérateurs, tous les autres

sont équipés de 7 aérateurs de surface avec une puissance de 11 kW. Le mode d'aération appliqué dans la station est 11 heures/24heures dans le premier étage par bassin, et 7 heures/24 heures dans le deuxième étage ;

- 6 bassins de maturation se composent de 3 étages dont chacun est constitué de 2 bassins parallèles ;
Les lagunes de maturation présentent les caractéristiques suivantes : 150 m de longueur, 50 m de largeur, 2 m de profondeur avec un volume utile de 11 325 m³ chacun ;

Figure 1 : Schéma synoptique de la station d'épuration des eaux usées d'Errachidia



- 1 : bassins aérés*
- 2 : bassins de maturation*
- 3 : lits de séchage*

2-2. Protocole expérimental

Les prélèvements d'échantillons se font à l'entrée de la station (eaux brutes) et à la sortie de la station (eaux épurées), avec une fréquence quotidienne pour les paramètres physico-chimiques et hebdomadaire pour ceux bactériologiques. Les mesures du débit sont relevées à l'entrée et à la sortie de la station par l'intermédiaire des canaux venturi modèle ISMA installés juste à l'entrée et à la sortie. Les mesures effectuées sont:

- Les paramètres sur place à savoir la température, la conductivité et le pH.
- Les paramètres physico-chimiques (DCO, DBO₅, MES).

Les mesures du pH, la conductivité et la DBO₅ sont effectués respectivement par un pH-mètre de type HACH modèle Sension 2, un conductivimètre de type HACH modèle Sension 5, et un Oxymètre de type HACH modèle HQ10.

Pour les mesures de la DCO et la MES elles sont effectuées respectivement par la méthode colorimétrique [3] et la méthode gravimétrie [4] avec une balance type BAXTRANE de précision 5 µg. Pour l'étude des paramètres bactériologiques à savoir les coliformes fécaux (CF) et les Coliformes totaux (CT), elle a été effectuée selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé, le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable [5].

3. Résultats et discussion

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Errachidia sont effectués pendant les mois d'avril à octobre 2013 et sont présentés comme suit:

- Valeurs moyennes des débits à l'entrée et à la sortie de la station (*Tableau 1 et Figure 1*);
- Valeurs moyennes de pH, T°, conductivité, oxygène dissous, MES, DBO₅, et DCO à l'entrée et à la sortie de la station (*Tableau 2 et Figures 2 à 8*);
- Valeurs moyennes des coliformes fécaux et totaux à la sortie de la station (*Tableau 3 et Figure 9*);

Tableau 1 : Valeurs moyennes des débits à l'entrée et à la sortie de la station

Mois	Débit à l'entrée (m ³ /j)	Débit à la sortie (m ³ /j)
Avril	4824	4503
Mai	3803	3403
Juin	5842	5423
Juillet	5561	4781
Août	5364	4746
Septembre	5922	5507
Octobre	5800	5220

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la station

Mois		pH	T °C	Conductivité (µS/cm)	O ₂ (mg/L)	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)
Avril	Entrée	7,60	18,80	2890	0,09	415,00	950,4	419,03
	Sortie	8,39	18,60	2930	5,82	37,00	97,0	41,50
Mai	Entrée	7,52	18,70	3040	0,15	815,00	950,4	614,00
	Sortie	8,45	18,60	2880	6,13	75,00	96,0	57,60
Juin	Entrée	7,53	23,40	2840	0,17	663,00	720,0	484,00
	Sortie	8,33	22,00	2790	4,83	34,00	144,0	141,50
Juillet	Entrée	7,53	28,60	2590	0,09	416,00	576,0	428,00
	Sortie	8,24	28,80	2770	7,53	41,00	144,0	96,00
Août	Entrée	7,70	30,40	2860	0,10	366,00	960,0	472,00
	Sortie	8,42	30,20	2810	4,46	50,00	192,0	86,00
Septembre	Entrée	7,76	24,80	2850	0,09	412,37	915,2	472,60
	Sortie	8,28	24,75	2900	4,86	55,32	139,0	79,40
Octobre	Entrée	7,50	20,00	2830	0,09	400,00	845,0	500,00
	Sortie	8,10	19,00	2840	7,40	83,00	182,0	95,00

Tableau 3 : *valeurs moyennes des coliformes fécaux et totaux à la sortie de la station*

Mois	Coliforme Fécaux (UFC/100mL)	Coliforme Totaux (UFC/100mL)
Avril	94	122
Mai	142	450
Juin	25	179
Juillet	299	322
Aout	30	112
Septembre	30	112
Octobre	45	140

3-1. le débit

D'après la figure ci-dessous on observe que le débit d'entrée varie entre 3803 m³/j et 5922 m³/j, ce dernier reste inférieur au débit nominal de conception de la station qui est de l'ordre de 7520 m³/j à l'horizon de 2020. D'autre part, on remarque que le débit de sortie est inférieur au débit d'entrée, cela est dû à l'évaporation au niveau des bassins.

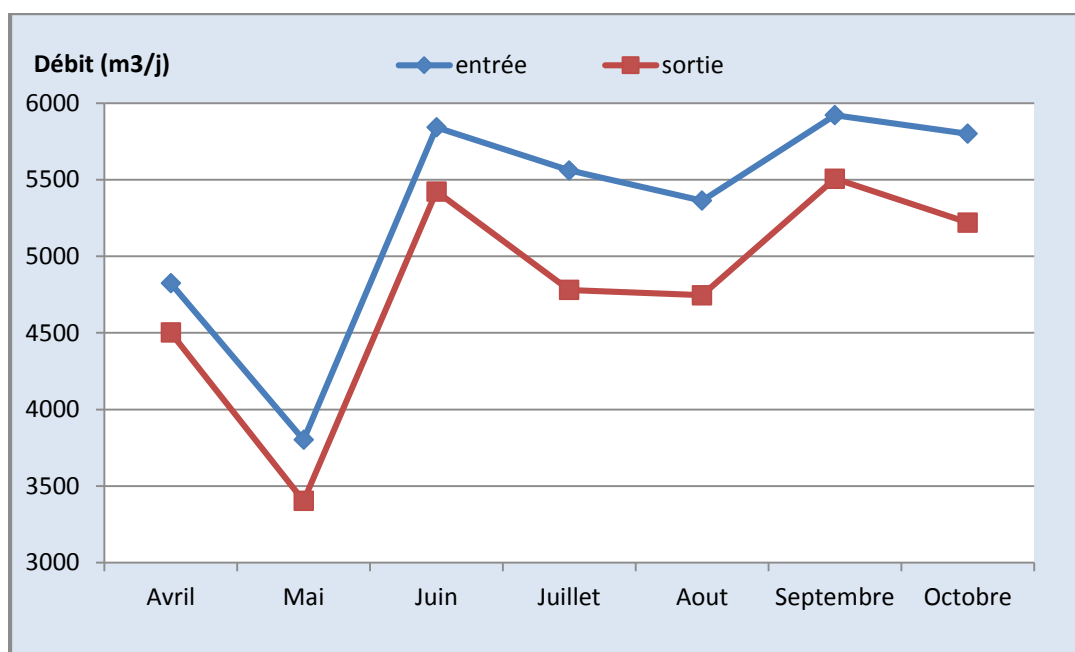


Figure 1 : *Variation des débits à l'entrée et à la sortie de la station*

3-2. le pH

Le pH des eaux usées brutes à l'entrée de la station varie entre 7,53 et 7,76, ces valeurs se situent dans la fourchette des limites de rejets directs qui est compris entre 6,5 et 8,5 [6]. L'épuration nous a conduits à des valeurs stables de pH comprises entre 8,1 et 8,45, l'élévation de ce paramètre est due au cycle photosynthétique diurne, mais ses valeurs restent dans l'intervalle des limites de rejets directs [6] et se situe dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation [7].

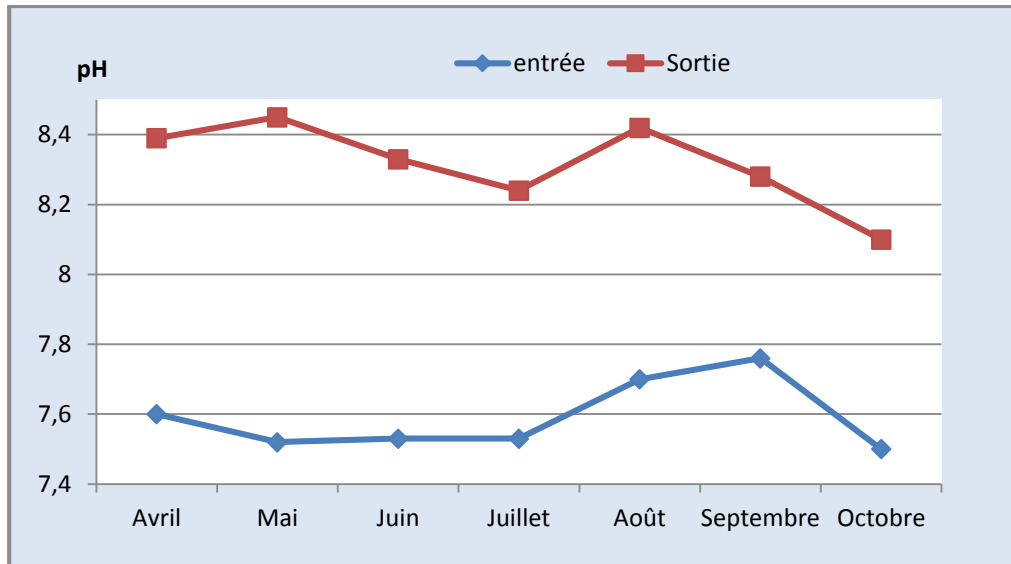


Figure 2 : variation des valeurs moyennes de pH

3-3. la température

La température des eaux usées brutes de la ville d'Errachidia est comprise entre 18,7 °C et 30,4 °C avec une moyenne de 23,5 °C, celles des eaux usées épurées à la sortie sont comprises entre 18,6 °C et 30,2 °C avec une moyenne de 23 °C. Ces températures enregistrées sont incluses dans la fourchette des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur [6] et dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation [7].

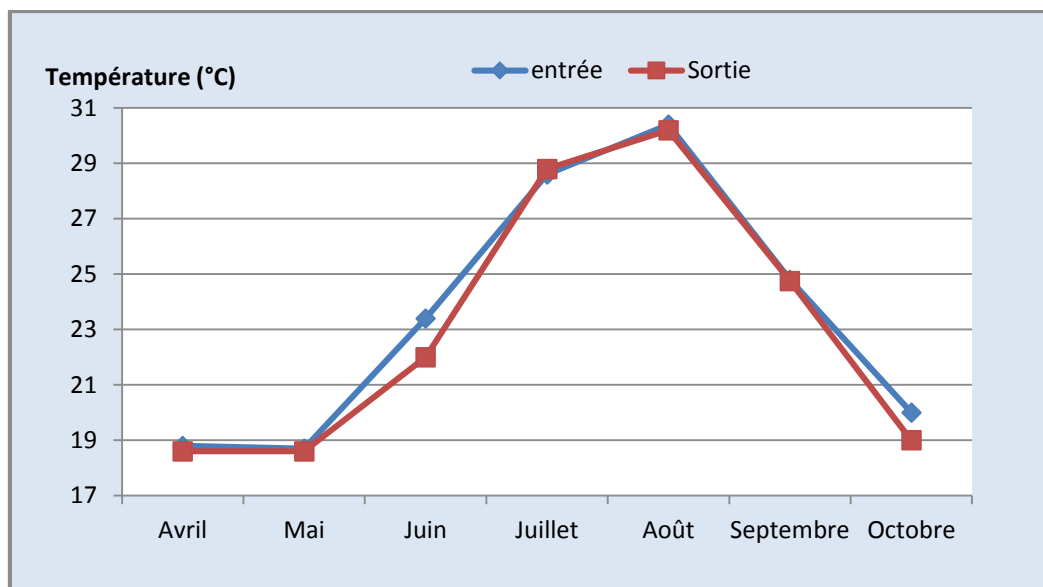


Figure 3 : variation des valeurs moyennes de Température

3-4. la conductivité

La conductivité 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'Errachidia varient entre 2590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 3040 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2843 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tableau 1), les eaux usées épurées

présentent des valeurs de conductivité stable par rapport à ceux d'entrée, elles sont comprises entre 2770 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2846 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 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 de rejets directs [6], et inférieure à la valeur maximal 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ des eaux destinées à l'irrigation. [7]

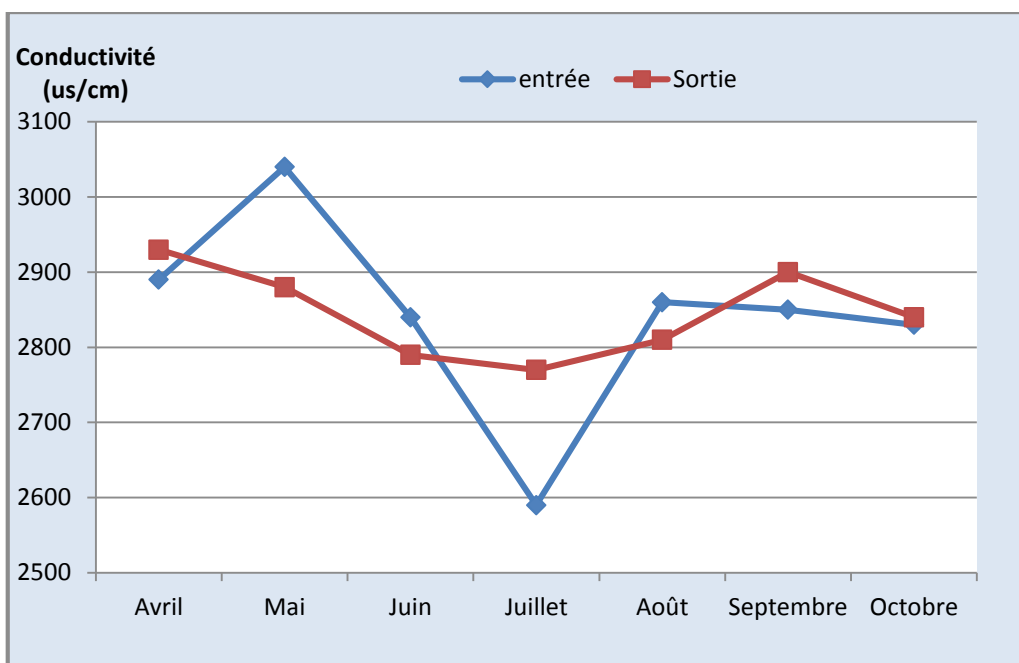


Figure 4 : *variation des valeurs moyennes de la conductivité*

3-5. l'oxygène dissous

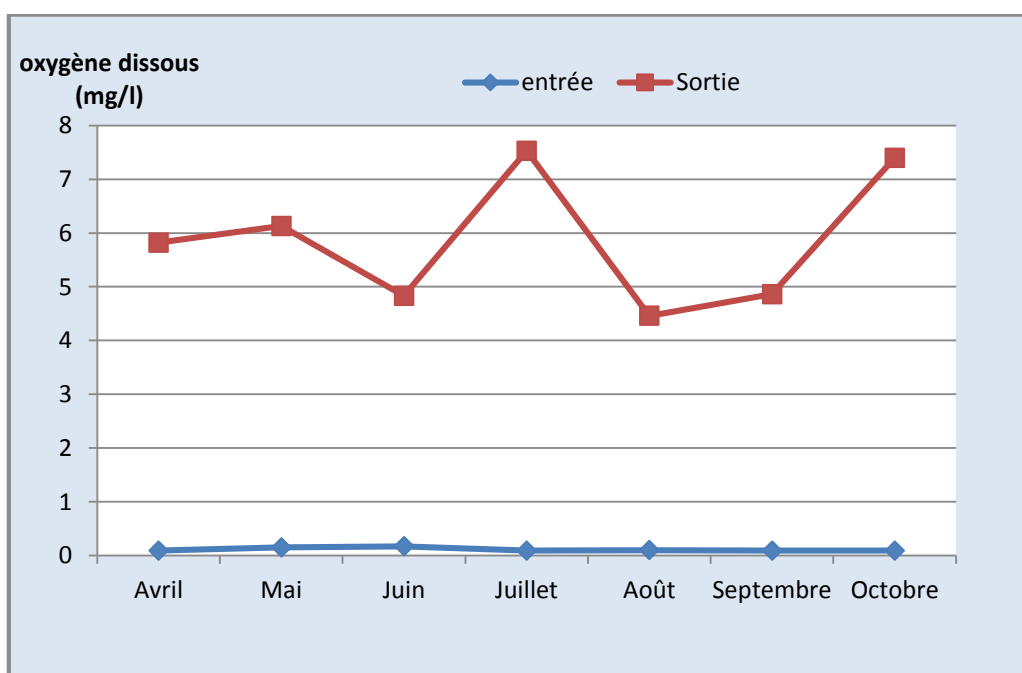


Figure 5 : *variation des valeurs moyennes de l'oxygène dissous*

La concentration de l'oxygène dissous à l'entrée de la station est presque nulle, en raison de la forte charge organique dans les eaux usées brutes, la dégradation de cette pollution lors de l'épuration nous a conduits à des concentrations assez élevées, comprises entre 4,46 mg/L et 7,53 mg/L à la sortie de la station.

3-6. les matières en suspension MES

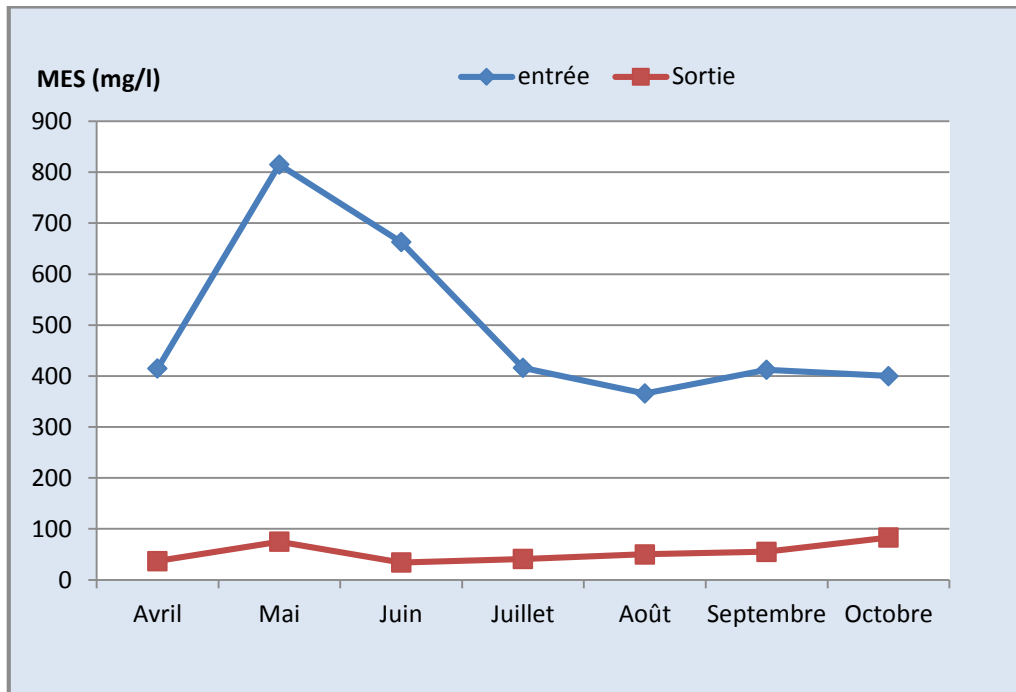


Figure 6 : variation des valeurs moyennes de la MES

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique. La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 366 mg/L et 815 mg/L, avec une moyenne de 499 mg/L, cette valeur reste similaire à celle trouvée à Sidi Senoussi (Algérie) 500 mg/L [8], et inférieure à celle trouvée à Sanaa (Yémen) (813 mg/L) [9], La concentration à la sortie varie entre 34 mg/L et 83 mg/L avec une moyenne de 54 mg/L. Ces valeurs de la MES à la sortie sont incluses dans la fourchette des valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10]. D'autre part les concentrations de la MES à la sortie de la station sont inférieures à celles mesurées dans l'ancienne station type lagunage naturel [2], le rendement d'abattement atteint jusqu'au 88%.

3-7. la demande chimique en oxygène DCO

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 [11]. Les valeurs de la DCO à l'entrée varient entre 576 mg/L et 960 mg/L, ces valeurs sont inférieures à celles trouvées à Sanaa (Yémen) (1888 mg/L) [9], à Marrakech (Maroc) (2983 mg/L) [12], et sont plus au moins similaires à celles obtenues à Souk Elarba du Gharb (Maroc) (235 mg/L) [13], et à Ouarzazate (571 mg/L) [14]. Les valeurs à la sortie varient entre 96 mg/L et 192 mg/L avec une moyenne de 142 mg/L, ces valeurs nous montrent le bon abattement des bassins aérés vis-à-vis de la pollution carbonée, cet abattement atteint 83%. D'autre part ces valeurs enregistrées sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10].

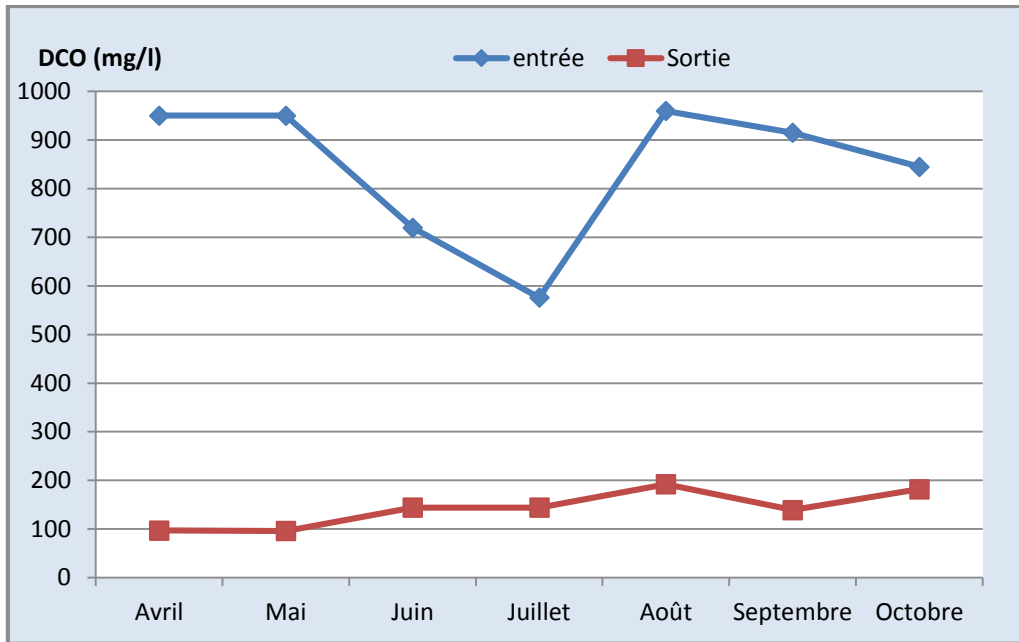


Figure 7 : *variation des valeurs moyennes de la DCO*

3-8. la demande biochimique en oxygène DBO₅

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 [11]. Les concentrations de la DBO₅ à l'entrée varient entre 419 mg/L et 614 mg/L, ces valeurs sont similaires à ceux trouvés à Oujda (Maroc) (511 mg/L) [15], et à Emir (Algérie) 467,27 mg/L [8], et inférieures à ceux trouvées à Sanaa (Yémen) (1137 mg/l) [9]. Les valeurs moyennes à la sortie varient entre 41,5 mg/L et 141,5 mg/L avec une moyenne de 85 mg/L. Ces valeurs à la sortie nous renseignent sur le bon abattement des bassins aérés vis-à-vis de la pollution carbonée et dont les valeurs peuvent atteindre 82%. D'autre part ces valeurs enregistrées de la DBO₅ à la sortie sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10].

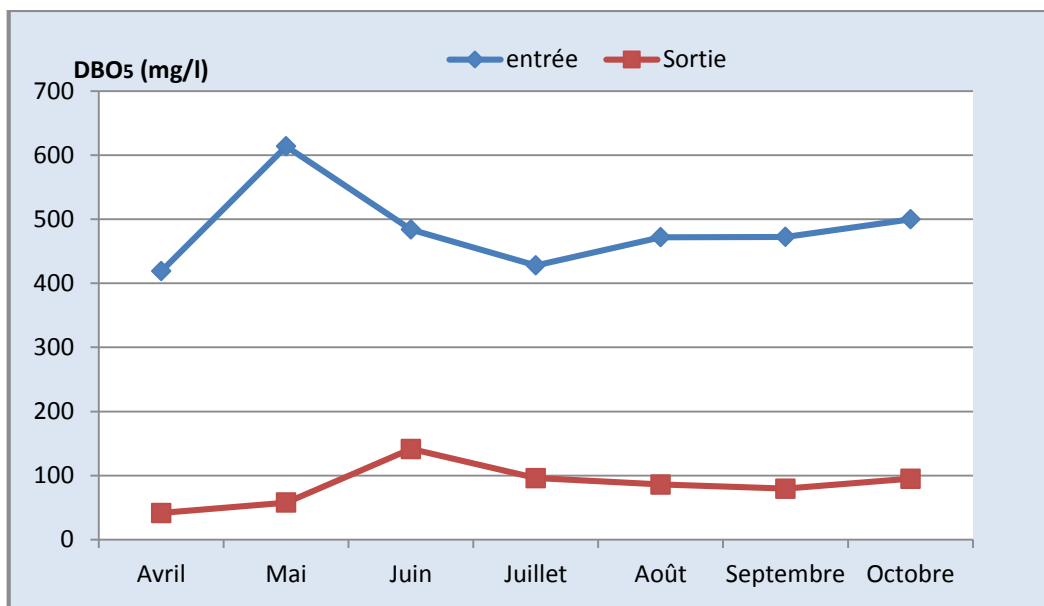


Figure 8 : *variation des valeurs moyennes de DBO₅ en mg/L*

3-9. les coliformes fécaux et totaux

D'après la figure ci-dessous et le **Tableau 3** on remarque que les coliformes totaux à la sortie de la station varient entre 112 et 450 UFC/100 mL, alors que les coliformes fécaux varient entre 30 et 299 UFC/100 mL avec une moyenne de 95 UFC/100 mL, ce qui nous permet de déduire que le traitement adopté par les bassins de finition honore des rendements largement inférieurs aux valeurs exigées par les normes (1000 UFC/100 mL) [7].

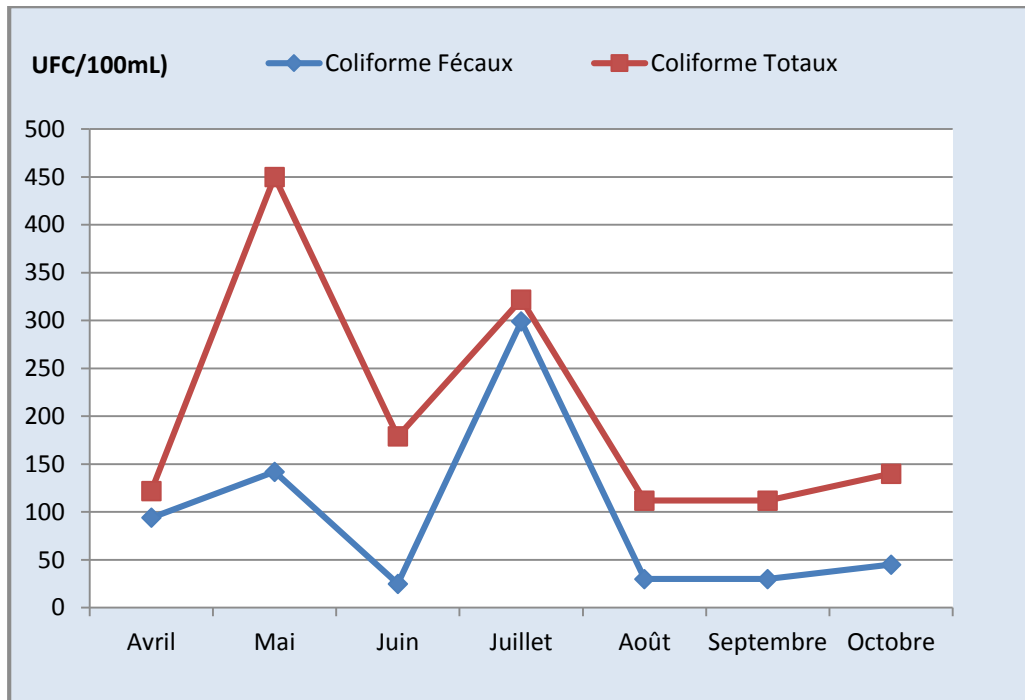


Figure 9 : variation de valeurs moyennes des coliformes totaux et fécaux à la sortie de la station

4. Conclusion

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

- Le rendement épuratoire a connu une grande amélioration avec la nouvelle technique du lagunage aéré. En effet, ces rendements ont atteint des valeurs de 82%, 83% et 88% respectivement pour la DBO₅, DCO et MES ;
- La qualité des eaux épurées de la station est conforme aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10] ;
- Grâce à l'efficacité des bassins de maturation de la nouvelle 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) [7].

Références

- [1] - C. HAMID et L. EL WATIK, Caractérisation physico- chimique des eaux usées de la ville d'Errachidia - Maroc. ScienceLib. Volume 5, N° 130512
- [2] - C. HAMID et L. EL WATIK, Evaluation qualitative et quantitative de la station d'épuration de la ville d'Errachidia-Maroc Bilan de 5 ans de fonctionnement de la station 2006 – 2010. ScienceLib. Volume 4, N° 120902
- [3] - Détermination de la demande chimique en oxygène dans les effluents : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium —MA.315-DCO1.0 du 2/3/1999. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
- [4] - Norme Marocaine, Détermination des matières en suspension, NM 03.7.052 (1996)
- [5] - F. BIGONNESSE, 2012. Techniques de prélèvement des échantillons pour l'analyse microbiologique des aliments et de l'eau. 01-D-540
- [6] - Valeurs limites des rejets directs et indirects du Maroc ; Ministère de L'Environnement du Maroc. « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat, 2002 ;
- [7] - Bulletin officiel n° 5062 du 30 ramadan 1423 (5 décembre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation
- [8] - M. CHACHOUA et A. SEDDINI 2013 Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie *Afrique SCIENCE* Volume 9 N°3 2013
- [9] - S. RAWEH, D. BELGHYTI, A. AL ZAEMEY, Y. EL GUAMRI, et K. EL KHARRIM, 2011. 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
- [10] - Bulletin Officiel n° 5448 du Jeudi 17 Août 2006 portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique
- [11] - J. RODIER. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^e éd. Denod, Paris, 1, (1996), 1383
- [12] - L. GERBATI et A. NEJMEDINE, 2002. Traitement photocatalytique et biodégradabilité des effluents textiles de la ville de Marrakech. (330-334p). Actes Colloque International sur l'eau dans le bassin Méditerranéen : Ressources et Développement Durable. Monastir (Tunisie), (80-85)
- [13] - A. KBIBCH, D. BELGHYTI, K. ELKHARIM et K. EL KHOKH, 2011. Analyse de la pollution de l'oued Mda par les eaux usées domestiques de la ville de Souk Elarba du Gharba. Maroc. Science Lib. Editions Mersenne : Volume 3 N° 110203
- [14] - B. EL HAMOURI, M. MEKRANE, K. KHALLAAYOUNE, M. MERZOUKI, et M. EL MAROUFY, 1993, Performances de stabilisation de la station de Ouarzazate. Actes du séminaire : la recherche nationale dans le domaine Eau et Environnement, LPEE — Casablanca (18-19)
- [15] - A. RASSAM, A. CHAOUCH, B. BOURKHISS et M. BOURKHISS, 2012 Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 81 2012, p. 121 – 125.