

Évaluation de l'efficacité de traitement des eaux usées par le lagunage naturel: Cas de la station d'épuration d'Imzouren -MAROC-

[Assessment of the effectiveness of a wastewater and treatment by the natural lagoon: Case of the treatment plant of the city Imzouren -MAROC-]

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

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

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Morocco's water resources are facing quantity and quality problems. Limited resources due largely to a semi-arid and arid climate and also to the significant deterioration in the quality grounded by different pollutants. Study of the treatment performance of the technique of aerated lagoons applied of the wastewater treatment plant of the Imzouren-BeniBouayach-Morocco In order to evaluate the performance of the new wastewater treatment plant of the city of Imzouren-Beni Bouayach 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 83%, 85% and 78%. The results will be interpreted to target malfunctions that can be existed in the various stages of the relevant STEP.

KEYWORDS: Wastewater, Treatment plant, SS, COD, BOD₅, bacteriological parameters.

RESUME: Les ressources en eau au Maroc sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Ces ressources sont limitées en raison du climat (semi-aride et aride) et subissent une détérioration de leur qualité par les différents rejets polluants. Dans le but d'évaluer le rendement de la station d'épuration d'Imzouren-Beni Bouayach (Maroc) type lagunage naturel, 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 satisfaction des rendements épuratoires de la station lagunage naturel. Ces rendements mesurés à partir de la DBO₅, DCO et MES donnent des valeurs respectivement de 83%, 85% et 78%. Les résultats feront l'objet d'une interprétation afin de cibler les dysfonctionnements qui peuvent être existées dans les diverses étapes de la STEP concernée.

MOTS-CLEFS: lagunage naturel, MES, DCO, DBO₅, paramètres bactériologiques.

1 INTRODUCTION

Dans les pays à climat aride et semi-aride, tels que le Maroc, et beaucoup de pays sud de la méditerranée, les eaux usées peuvent constituer un apport en eau non négligeable pour pallier le déficit hydrique croissant et récurrent [1]. Les principaux problèmes caractérisant la situation de l'eau au Maroc aujourd'hui sont liés, d'une part à l'aggravation de la pénurie par la surexploitation, et d'autre part à la dégradation de la qualité des ressources en eau vu l'insuffisance voire parfois l'absence du traitement des eaux usées. Néanmoins, la réutilisation des eaux usées et ou leur déversement dans la nature, à l'état brut, peut s'accompagner de risques sanitaires et environnementaux. Actuellement, au Maroc, pas moins de 600 millions de m³ d'eaux usées sont produit annuellement dont seulement 8% sont propres [2]. Le parc des stations d'épuration des eaux usées est dominé par les systèmes extensifs (environ 90%), en particulier le lagunage avec leurs différentes variantes (plus de 80 %) [3]. Face à cette situation, la protection et la gestion rationnelle de ces faibles ressources hydriques existantes et la recherche des ressources en eau non conventionnelles sont devenues une nécessité stratégique pour assurer un développement durable de la région. La conscience de l'importance de préserver l'environnement -principalement de l'eau- conduit les législateurs du Maroc à adopter des lois plus restrictives. C'est dans cet objectif qu'un schéma d'assainissement liquide et de traitement des eaux usées a été lancé [3] afin de protéger les milieux récepteurs et pour produire en même temps une eau épurée réutilisable à des fins d'irrigation.

Le lagunage naturel, largement utilisé pour le traitement des eaux usées, devient aujourd'hui une alternative intéressante pour le traitement vues les grands avantages qu'il présente. IL est moins couteux à réaliser et à exploiter; est construit directement sur le site de rejet des eaux usées, nécessitant peu d'équipements mécanisés et finalement est moins sensible aux variations des charges polluantes [3]. L'utilisation des paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour l'estimation de la qualité de ces rejets urbains et de leur impact sur le milieu récepteur. L'objectif de cette étude a visé le suivi de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la step d'Imzouren-Beni Bouayach afin de détecter les anomalies qui peuvent exister au niveau de la filière et pouvoir réutiliser ses eaux épurées à des fins d'irrigation.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Afin de contribuer à une meilleure évaluation des performances épuratoires du procédé de traitement des eaux usées par lagunage naturel et apporter les solutions techniques qui s'imposent à l'amélioration de son efficacité au Maroc, nous avons retenu pour étude la station fonctionnelle qui est située dans le nord: Imzouren-Beni Bouayach.

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée pour évaluer le rendement épuratoire d'une jeune station d'épuration par lagunage naturel. Le site d'implantation de la STEP est localisé à environ 3 km au Nord-Est de la ville d'Imzouren, dans le périmètre irriguée bordure immédiate de l'Oued Neckor; à 500 m de sa rive gauche et à 2,5 km environ de la mer Méditerranée. Le lagunage d'Imzouren-Beni Bouayach est un lagunage naturel, les eaux traitées sont de nature domestique. Le volume d'eau traité annuellement est de 1000m³/j, sa date de mise en service est Avril 2007. Elle a été conçue pour une capacité de 40000 EH et s'étend sur une superficie de 80ha.

Le débit nominal -aux horizons 2020- est de 4145 m³/j. Le lagunage se compose d'une filière de prétraitement (dégrillage et dessablage), et d'une filière de traitement biologique : cette filière est composée de 9 bassins, qui sont réparties suivant trois étages :

- Quatre bassins anaérobies : de (70 m x 36m) avec une profondeur de 4 m correspondant ;
- Quatre bassins facultatifs : les dimensions des bassins facultatifs sont de 38m x 150 m avec une profondeur de 1,5 m ;
- Un bassin de maturation: la surface est de (150 m x 80m), ce bassin reçoit les effluents des bassins facultatifs. C'est un bassin aérobie, avec une profondeur faible de l'ordre de 1,10 m.

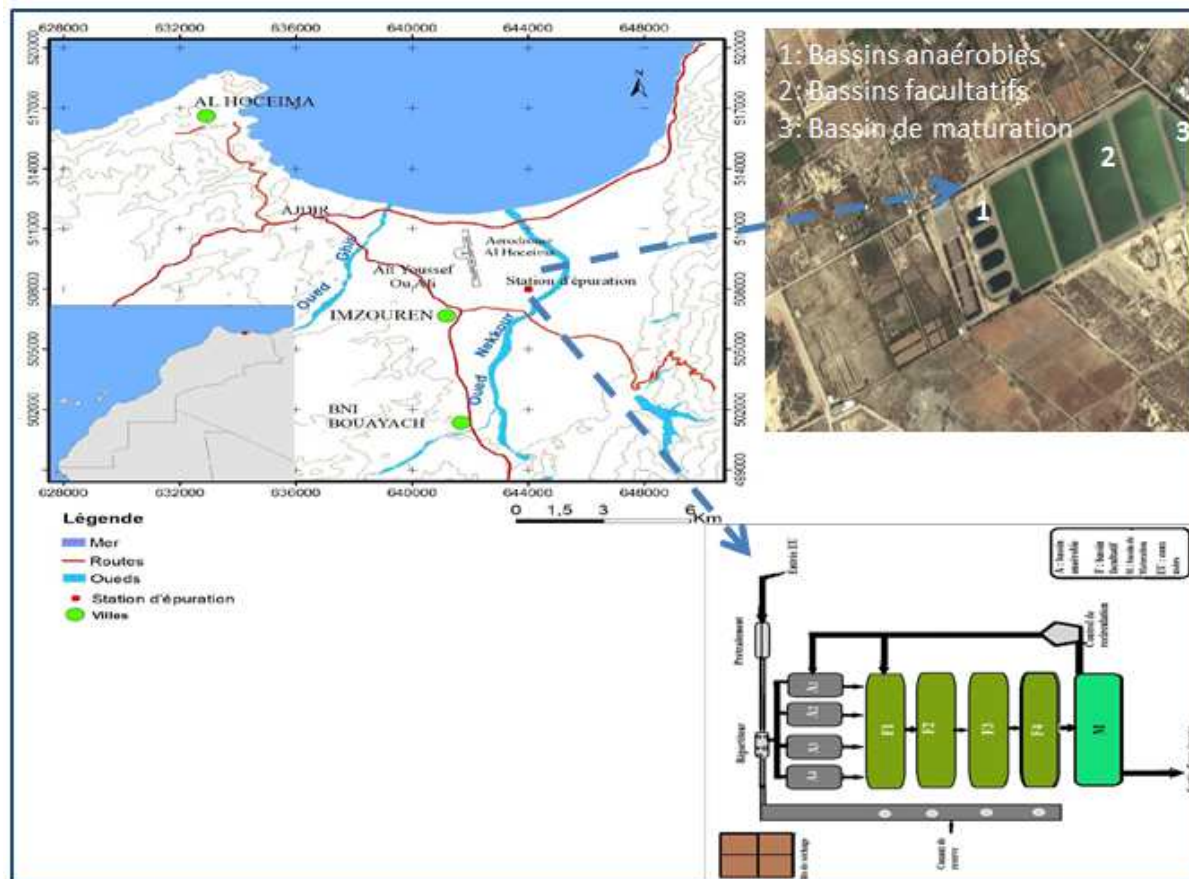


Fig. 1. Schéma synoptique de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Imzouren

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES UTILISÉS

Les prélèvements ont été effectués à deux endroits précis, à l'entrée de la STEP (eaux usées brutes) et à la sortie de la STEP (eaux usées épurées). Les échantillons d'eau usée sont prélevés dans un contenant de plastique de 1 litre puis conservés à environ 4°C. La conservation des échantillons d'eaux usées a été faite selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après ISO 5667/3 [4] et le guide de bonne pratique de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) [5]. Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier les polluants organiques sont normalisées suivant les normes marocaines, similaires aux normes françaises AFNOR selon les techniques préconisées par Rodier [6]. Les paramètres mesurés in-situ sont le pH, la température et la conductivité électrique des eaux ; les paramètres analysés au laboratoire sont la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES). Le suivi de la qualité bactériologique des eaux 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 [7]. Elle consiste en la recherche et au dénombrement des germes suivants: les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) à l'entrée et la sortie de la step.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur potentiel sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement, soit le pH, la Température, la DBO₅ et la DCO, etc...

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'Imzouren-Beni Bouayach sont effectués du mois de mars à octobre 2015 et sont présentés comme suit:

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

Tableau 1: Paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la station

Mois	Paramètres	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Mars	Entrée	17,50	7,35	3513	0,10	260,7	850,7	520,0
	Sortie	17,13	8,03	2887	3,85	148,3	83,7	51,80
Avril	Entrée	21,75	7,38	3091	0,15	366,0	950,6	514,0
	Sortie	25,40	8,05	2381	5,13	50,00	93,4	63,50
Mai	Entrée	23,90	7,65	3046	0,17	412,3	980,4	510
	Sortie	26,50	7,94	2464	5,73	55,54	135,7	79,5
Juin	Entrée	21,70	7,37	2599	0,10	314,6	875,2	456,0
	Sortie	28,10	7,96	2192	4,63	83,00	144,0	93,40
Juillet	Entrée	27,75	7,42	2803	0,09	416,0	860,0	450,0
	Sortie	26,95	8,02	2270	6,53	55,32	142,7	85,73
Août	Entrée	28,30	7,25	3231	0,15	348,5	930,0	453,0
	Sortie	25,30	7,81	2549	4,65	75,75	135,9	121,5
Septembre	Entrée	20,80	7,76	2753	0,17	312,3	910,7	385,9
	Sortie	18,60	8,38	3099	6,20	34,00	143,5	65,70
Octobre	Entrée	17,80	7,50	3213	0,20	300,0	863,0	584,0
	Sortie	16,30	8,15	2945	4,85	93,80	143,0	83,9

3.1 LES VARIATIONS DE LA TEMPERATURE

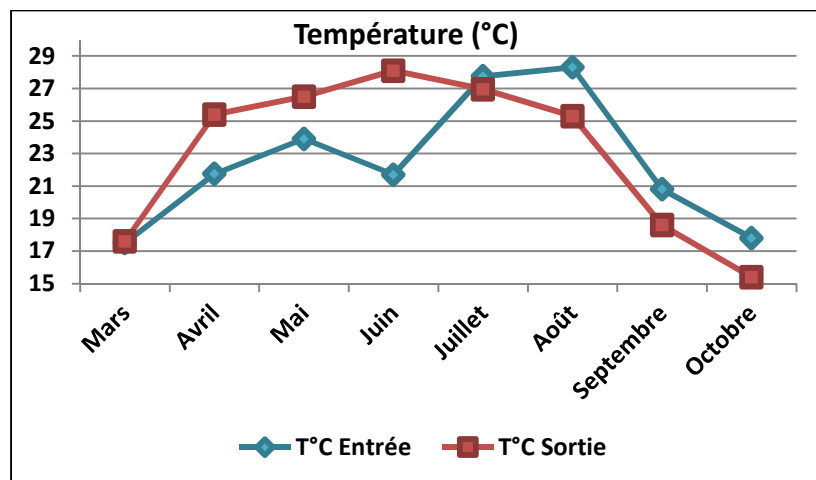


Fig. 2. Variation des valeurs moyennes de la Température

Les variations de la température des eaux usées constituent un risque de pollution thermique pour le milieu récepteur, mais sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques [8]. À l'entrée de la STEP, la température de l'eau oscille entre 17,5 °C et 28,3 °C avec une moyenne de 22,4°C. A la sortie de la STEP, les températures de l'eau sont comprises entre 15,4 °C et 28,3 °C et une moyenne de 22,9°C. En dépit de ces valeurs relativement élevées, ces températures enregistrées sont incluses dans la fourchette des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur [9] et dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation[10].

3.2 POTENTIEL HYDROGÈNE (pH)

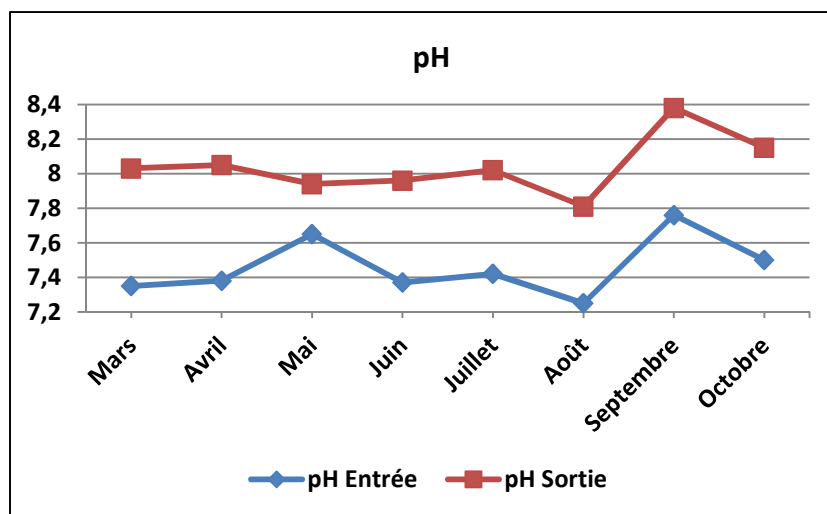


Fig. 3. Variation des valeurs moyennes pH

Le pH l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. IL doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement [11]. IL est important de rappeler que le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents. La gamme du pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5 [11]. En effet, à l'entrée de la station, le pH a une légère tendance à l'alcalinisation. Le pH varie le long de la période d'étude ; les eaux brutes présentent un pH allant de 7,25 et n'excédant pas 7,76 comme maximum, avec une moyenne de 7,46 (Figure. 3). Les valeurs enregistrées à la sortie de la station oscillent entre un maximum de l'ordre de 8,38 et un minimum de 7,81 le long de l'année avec une moyenne de 8,04. Cet état d'alcalinité serait lié à une forte activité photosynthétique suite au développement des algues, mais ces valeurs restent dans l'intervalle des limites de rejets directs [9] et se situe dans les normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation [10].

3.3 ÉVOLUTION DE LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

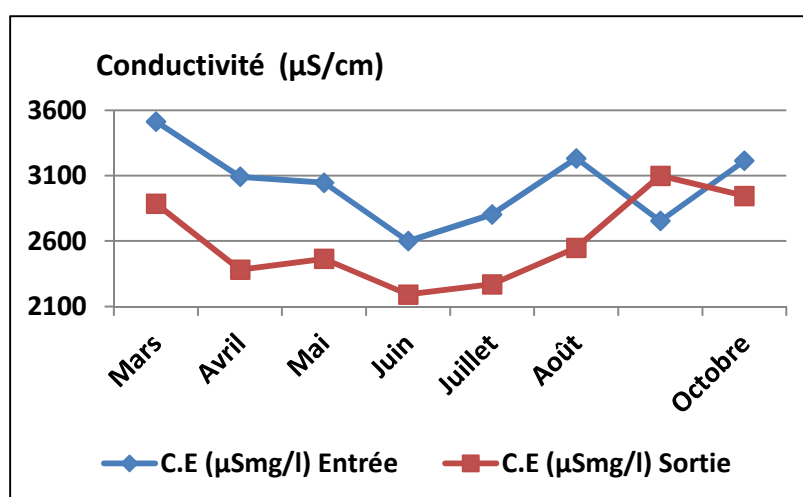


Fig. 4. Variation des valeurs moyennes de la conductivité

Au cours de notre période d'étude, les valeurs de la conductivité électrique (CE) varient entre un minimum de 2599µS/cm et un maximum de 3513µS/cm soit une moyenne globale de 3031µS/cm (tableau 1). Par ailleurs, les eaux usées épurées présentent des valeurs de conductivité stable par rapport à celles d'entrée, elles sont comprises entre 2192µS/cm et 3099µS/cm avec une moyenne de 2598 µS/cm. Signalons enfin que la CE de nos eaux épurées reste à la limite de 3000 µS/cm

préconisée par les normes marocaines [9]. Globalement, nos valeurs de la conductivité électrique (CE), sont un peu élevées, ceci pourrait être expliqué par le rejet des eaux usées résiduares des petites unités industrielles connectées au réseau d’assainissement, mais cette moyenne de conductivité reste proche des valeurs limites de rejets directs [9], et à la limite de la valeur maximal 3000µS/cm des eaux destinées à l’irrigation [10].

3.4 RÉSULTATS POUR L’OXYGÈNE DISSOUS

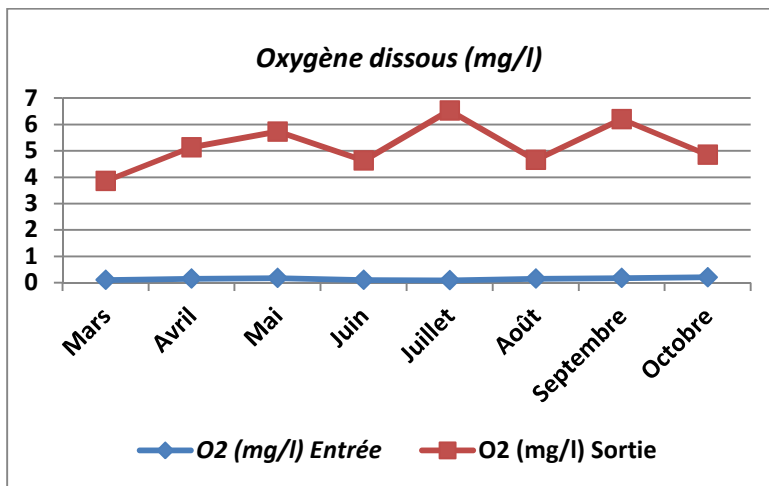


Fig. 5. Variation des valeurs moyennes de l’oxygène dissous

Les résultats sont résumés dans la figure 5. La teneur en oxygène dissous dans les eaux résiduares, très faible, reste aux alentours de 1mg d’O₂D, ce qui est normal pour ces eaux chargées en matière organique dont la dégradation par les microorganismes consomme l’oxygène. L’analyse des résultats obtenus de l’oxygène dissous (Tableau I), montre que les valeurs extrêmes minimales et maximales enregistrées à l’entrée de la station, sont de 0,09 mg/l et de 0,2 mg/l avec une concentration moyenne de 1,14 mg/l, celles de la sortie fluctuent entre 3,85 mg/l et 6,53mg /l avec une concentration moyenne de 5,19mg/l. On note également que cette moyenne est supérieure à celle trouvée par Naji [12] mais elle est globalement inférieure à celle trouvée à Errachidia par Chaouki [13]. Dans les réseaux d’assainissement des eaux usées, sa disparition complète s’accompagne généralement de l’apparition d’H₂S dans l’air, provenant de la réduction des composées soufrées présents dans les effluents, et corrélativement des phénomènes d’attaque acide du béton des canalisations [14]. Par conséquent, les eaux usées de la ville d’Imzouren-Beni Bouayach sont sous-saturées en oxygène qui accentue la fermentation anaérobie et le dégagement des mauvaises odeurs.

3.5 RESULTATS POUR LES MATIERES EN SUSPENSION (MES)

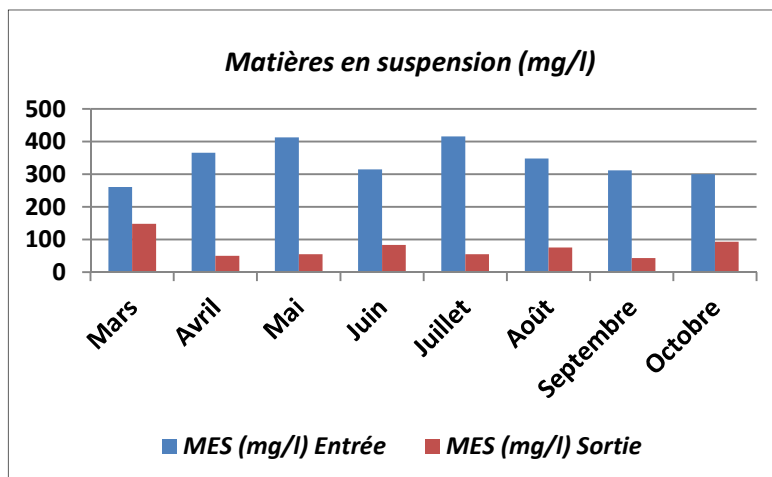


Fig. 6. Variation des valeurs moyennes des MES

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (réduction de la pénétration de la lumière donc de la photosynthèse). La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 260,7mg/l et 416mg/l avec une moyenne assez élevée de 341,3mg/l (Tableau 1), celle à la sortie varie entre 43,55mg/l et 148,3mg/l avec une moyenne de 75,7mg/l. Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population des quartiers, drainées par les collecteurs d'assainissement branché avec la station. De même, ces valeurs sont similaires à celles données par El Krati [15] à Sidi Bennour. Ces valeurs de la MES à la sortie sont incluses dans la fourchette des valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10]. Le rendement d'abattement atteint jusqu'à 78%. L'accroissement de MES peut être expliqué par la présence du phénomène de la prolifération massive des algues dans les différents étages de traitement biologique, en particulier le bassin de maturation. La prolifération des algues augmente durant la saison estivale. Le phytoplancton existant au niveau des bassins peuvent être macroscopiques (en masse) ou microscopique (en suspension). Les algues microscopiques peuvent être considérées comme MES, leur croissance confirme l'augmentation des teneurs en MES.

3.6 RESULTATS OBTENUS POUR LA DBO₅

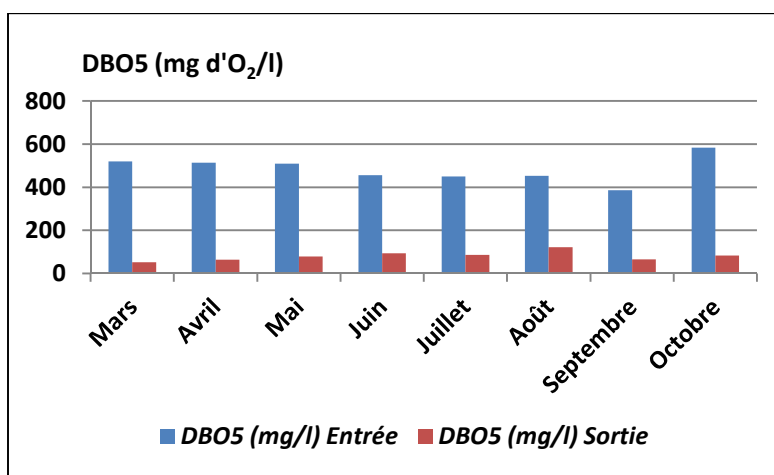


Fig. 7. Variation des valeurs moyennes de DBO₅ en mg/l

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 [6]. Les valeurs maximales de la DBO₅ mesurées au cours de notre période d'étude restent globalement modérées et varient entre un minimum de 385,9 mg/l enregistré en septembre et un maximum de 584 mg/l noté en octobre (tableau 1). Notons enfin que ces résultats de la DBO₅ au niveau de nos eaux sont similaires à ceux trouvés à Oujda (Maroc) (511 mg/L) [16], et à Emir (Algérie) 467,27 mg/L [17], et inférieures à celles trouvées à Sanaa (Yémen) (1137 mg/l) [18]. En effet, les valeurs de la DBO₅ dépendent fortement de la dotation de la population et du ratio de pollution de chaque bassin. Les valeurs moyennes à la sortie varient entre 51,8 mg/L et 121,5 mg/L avec une moyenne de 80 mg/L. Ces valeurs à la sortie nous renseignent sur le bon abattement de la pollution carbonée et dont les valeurs peuvent atteindre 83%. D'autre part ces valeurs enregistrées de la DBO₅ à la sortie sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [9].

3.7 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA DCO

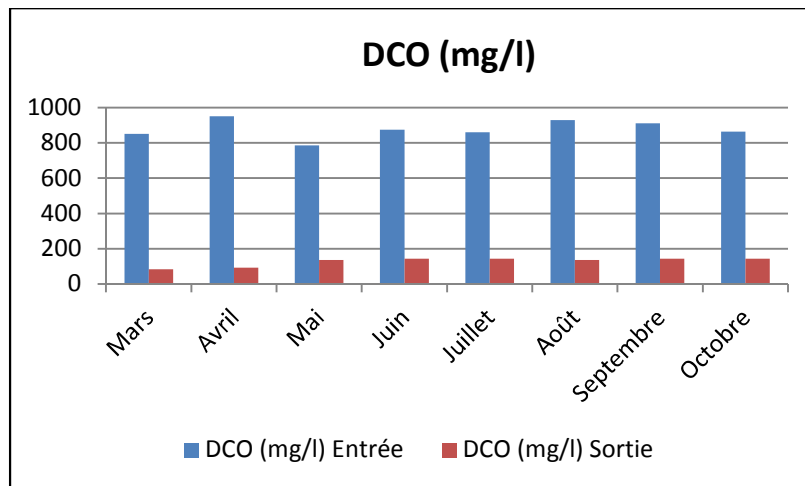


Fig. 8. Variation des valeurs moyennes de DCO en mg d'O₂/l

La concentration en DCO totale pour les eaux brutes varie entre un minimum de 785mg d'O₂/l enregistré en mai et un maximum de 950,6mg d'O₂/l relevé en avril soit une moyenne globale de 878,15mg d'O₂/l (tableau 1). Les teneurs de la DCO enregistrées à la sortie varient de 83,7mg d'O₂/l à 144mg d'O₂/l avec une concentration moyenne de 127,73 mg d'O₂/l. Ces DCO moyennes semblent évoluer de manière relativement similaire avec celles de la DBO₅ et montrent aussi un léger gradient décroissant global des eaux d'entrée vers les eaux de sortie. Par référence à la grille de qualité [9]. Ces valeurs à la sortie nous montrent un abattement significatif des bassins facultatifs vis-à-vis de la pollution carbonée, cet abattement atteint 85%. De même, les valeurs de la DCO trouvées sont compatibles avec les valeurs moyennes observées à l'échelle nationale. Elles sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [9].

3.8 LES COLIFORMES FECAUX ET TOTAUX

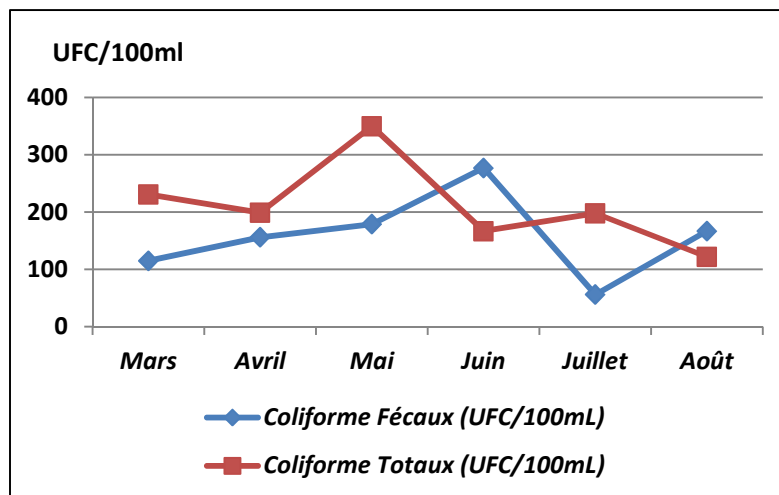


Fig. 9. Variation de valeurs moyennes des coliformes totaux et fécaux à la sortie de la station

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux consiste en la recherche et au dénombrement des germes suivants: les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) à l'entrée et la sortie de la step. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 2.

D'après la figure ci-dessus et le Tableau 2, les eaux usées brutes sont chargées en germes pathogènes et que leur nombre a augmenté d'une façon significative. Les coliformes totaux à la sortie de la station varient entre 122 et 350 UFC/100 ml, alors que les coliformes fécaux varient entre 30 et 299 UFC/100 ml avec une moyenne supérieure à 90UFC/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].

Tableau 2 : Valeurs moyennes des coliformes fécaux et totaux à la sortie de la station

Mois	Coliforme Fécaux (UFC/100mL)	Coliforme Totaux (UFC/100mL)
Mars	115	231
Avril	156	199
Mai	179	350
Juin	299	167
Juillet	30	198
Août	167	122

4 CONCLUSION

Ce diagnostic préliminaire des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration d'Imzouren-Beni Bouayach montre que la MES, la DCO et la DBO₅ situent ces eaux usées dans la tranche de concentration élevée [19]. 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.

Au terme de cette étude au cours de laquelle on a procédé à une évaluation de l'efficacité de la STEP d'Imzouren-Beni Bouayach et après l'analyse de différents paramètres de ces eaux, les résultats obtenus permettent de conclure que les rendements épuratoires de la DBO₅, DCO et les MES sont plus ou moins satisfaisants et encourageants avec des taux respectivement de 83%, 85% et 78%. Ces valeurs sont inférieures à 90% qui caractérisent une épuration efficace selon [20]. Ceci montre que la STEP fonctionne correctement. Toutefois des améliorations sont nécessaires pour améliorer d'avantage sa performance. Le lagunage naturel semble être une très bonne solution à développer qui connaît certaines limites. Il assure une meilleure élimination des indicateurs fécaux et que cette performance du lagunage varie d'une période à l'autre et selon la qualité des eaux usées. Grâce à l'efficacité des bassins de maturation, la qualité des eaux épurées permet leur réutilisation en agriculture (Catégorie A selon le tableau de classement des eaux épurées destinées à l'irrigation). En outre, pour perfectionner le traitement de ce traitement, on recommande deux solutions :

- Le transfert du lagunage naturel en lagunage aéré en alimentant les lagunes anaérobies existantes par des aérateurs.
- Des filtres plantés de roseaux en aval de la station afin d'éliminer les micro-algues et augmenter l'abattement des MES.

REFERENCES

- [1] Mandi, L. and Ouazani, N. Water and Wastewater Management in Morocco Biotechnologies Application, 2013.
- [2] Mohamed Sinan « Evaluation des Besoins en Technologies d'Adaptation du Maroc aux Changements Climatiques ». Plan d'Action Technologique des secteurs de l'eau et de l'agriculture du Maroc. Août 2012. Page 24.
- [3] AGIRE Maroc « Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non-conventionnelles : Basée sur l'analyse de la valeur potentielle des pratiques émergentes de l'épuration et de la valorisation des eaux usées au Maroc » ; 26 mars 2013 P 69
- [4] ISO 5667/3, Qualité de l'eau - échantillonnage - Guide pour la conservation et la Manipulation des échantillons, 1994.
- [5] ONEP, Caractérisation quantitative et qualitative des eaux usées, Guide de bonne Pratique, Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, ONEP, Rabat, 1999.
- [6] J. RODIER, L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Denod, Paris, pp. 1383, 1996.
- [7] F. Bigonnesse, "Techniques de prélèvement des échantillons pour l'analyse microbiologique des aliments et de l'eau," 01-D-540, 2012.
- [8] Benyakhlef et al., (2011). Caractérisation physicochimiques des eaux usées industrielles du grand Agadir (Maroc). Cas d'une huilerie, Sciencelib, vol.3, N° 110707.
- [9] 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.
- [10] Bulletin officiel n° 5062 du 30 ramadan 1423 (5 décembre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

- [11] Maiga et al . 2006. Performance épuratoire d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. *Sud Science&Technologie*, 14, 1-9.
- [12] S. Naji, Institut sucrier d'étude de recherche et de formation des eaux du circuit hydrique de SUBM. Rapport interne, 1989.
- [13] H. Chaouki et L. El watik, "étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aérée de la station d'épuration de la ville d'Errachidia- Maroc," ScienceLib Editions Mersenne : Volume 6, N ° 140101 ISSN 2111-4706, 2014.
- [14] O. Thomas, *Métriologie des eaux résiduaires*, Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège -75384, Paris, 1995.
- [15] M. El Krati, "Etat de l'environnement de la ville d'El Jadida. Etude de la traitabilité des rejets liquides de textiles" Thèse d'Etat, Faculté des Sciences. El Jadida, 2000.
- [16] 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.
- [17] 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
- [18] 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.
- [19] Metcalf et Eddy, H. P., *Wastewater engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3^{ème} Edition Library of Congress cataloging in publication data, TD, 645, T34, 1991.
- [20] F. Rejsek, *Analyse de l'eau : aspect règlementaire et technique*. Ed CRDP d'Aquitaine. France, 2002, 358p.