



ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UNE STATION A BIOREACTEUR SEQUENTIEL POUR LE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LAITIERS

A STUDY OF THE PERFORMANCE OF A SEQUENTIAL BIOREACTOR PLANT FOR THE TREATMENT OF DAIRY EFFLUENTS

EL GHAMMAT A.¹, TEMSAMANI RIFFI K.², HASSANI ZERROUK M.³

^{1,2}Laboratoire de matériaux et systèmes inter faciaux, Département de chimie, faculté des sciences, Université Abdelmalek ESSAADI, 93 000, Tétouan, Maroc

³Laboratoire de Recherche et Développement en Sciences de l'Ingénieur, Faculté des Sciences et Techniques Al Hoceima, Université Abdelmalek ESSAADI, 32 000, Al Hoceima, Maroc

ahmed.ghamad@gmail.com

RESUME

L'objectif de ce travail est d'étudier les performances d'une station d'épuration à réacteur biologique séquentiel discontinu SBR pour le traitement des effluents laitiers d'une coopérative produisant du lait et ses dérivés. Le réacteur SBR fonctionne par cycle de 24 h dans les phases de fonctionnement séquentielles suivantes : phase d'aération; et agitation, phase de décantation et phase de drainage des eaux traitées et de boues en excès. Les installations ont été gérées par différentes stratégies opérationnelles afin de déterminer les conditions optimales en termes d'élimination de la DBO₅, de la DCO, des MES, de Nt et du Pt. L'analyse des résultats montre que les taux d'abattement moyens mensuels sont d'environ 80% pour la DCO, 76% pour le MES, 71% pour l'azote total et 63% pour la DBO₅. Les paramètres de rejet sont acceptables sauf pour DBO₅ qui doit être ajusté pour assurer la conformité aux normes marocaines de rejets indirects voire même la réutilisation in situ dans le processus de production: refroidissement, lavage et arrosage.

Mots clés : Eaux usées ; Effluents laitiers ; Réacteur Biologique séquentiel ; M'diq ; Maroc.

ABSTRACT

The purpose of this work is to study the performance of the Sewage treatment plant with sequential biological reactor SBR for the treatment of dairy effluents of the cooperative that produce Milk and its derivatives. The SBR reactor was operating in 24 h time cycle in the following sequential operation phases: Aeration and stirring phase, settling phase and drainage phase include; treated water and excess sludge. The plant was managed by different operative strategies in order to find out the optimal conditions in terms of BOD₅, COD, TSS, Nt and Pt removal. Analysis of the results shows that the monthly average abatement rates are around 80% for COD, 76% for TSS, 71% for total nitrogen and 63% for BOD₅ discharge parameters are acceptable except for BOD₅ which must be adjusted to ensure compliance with Moroccan standards of indirect discharges or even in-situ reuse in the production process: cooling, washing and watering.

Keywords: Wastewater, Dairy effluents, sequential batch reactor, M'diq, Morocco.

INTRODUCTION

La production laitière est caractérisée par une consommation importante en eaux claires et par des rejets chargés en pollution organique. Ces rejets seront déversés par la suite soit directement dans le milieu naturel ou dans les réseaux publics de collecte.

Face à une réglementation de plus en plus contraignante, les industriels sont appelés à traiter leurs rejets à fin de se conformer aux normes en vigueur pour atténuer leurs impacts sur l'environnement et la santé publiques.

Pour se faire, la coopérative laitière du nord de M'diq, premier producteur des produits laitiers dans la région (C.C.I.S. Tétouan, 2009) a adopté la solution d'installer une station de traitement à boues activés par traitement séquentiel discontinu en partenariat avec l'Agence du Bassin Hydraulique de Loukkos et le Fonds de dépollution industrielle FODEP.

La ville de M'diq, chef-lieu de la province M'diq-Fnideq fait partie de la région Tanger-Tétouan-Al Hoceima et est située à l'extrême nord du Maroc. Son cadre géographique est caractérisé par un relief montagneux et un climat méditerranéen (El Ghammat et Tamsamani, Taouri et al. 2017). Son économie est basée essentiellement sur un secteur touristique balnéaire, une agriculture de subsistance et un secteur de pêche côtière (monographie de M'diq fnideq, 2015).

La filière boues activées par traitement séquentiel discontinu est une technique d'épuration qui repose sur la dégradation par voie aérobie de la pollution par mélange intégral des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter. L'ensemble des opérations se passent dans un ouvrage unique en deux phases principales : l'une correspondant à l'épuration proprement dite, la seconde à la décantation et au rejet de l'effluent. Les performances de ce système sont, en théorie, équivalentes au procédé "boues activées" classique associé à un clarificateur. Le procédé est donc basé sur le temps et non pas sur l'espace (Casellas, 2002), avec un rôle déterminant des taux d'aération (Gil-Pulid et al., 2018).

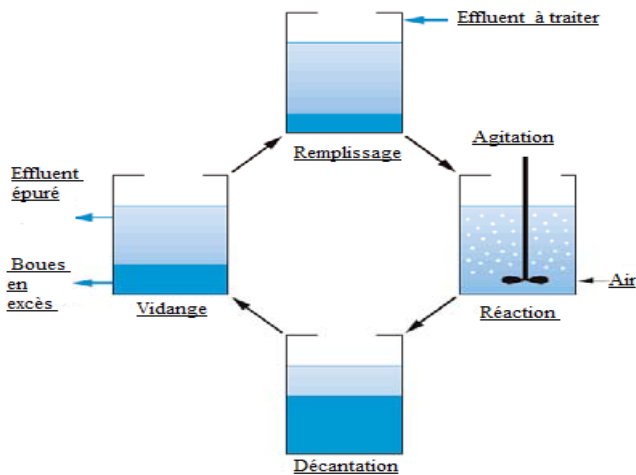


Figure 1 : Cycle de fonctionnement du système

Le présent travail a visé le suivi du système installé dans ses conditions réelles d'exploitation afin d'évaluer ses performances pour le traitement des effluents laitiers, en se référant aux normes marocaines de qualité des rejets indirects en vigueur.

MATERIELS ET METHODES

Présentation du site d'étude

La coopérative agricole laitière du nord est située sur la RN 13 au km 12 de Tétouan vers M'diq. Elle a été créée en 1971 pour la collecte, la transformation et la commercialisation des produits laitiers de la région (Coopérative laitière, 2015).

Tableau 1 : Production de la coopérative

Produit	Production Journalière (L/j)	Production Annuelle (L/an)
Lait pasteurisé	130 000	41 990 000
Lait stérilisé	15 000	4 845 000
Lait fermenté	10 000	3 230 000
Beure	1 000 (kg/j)	323 000 (kg/an)
Fromage	3 000 (kg/j)	969 000(kg/an)
Yaourt	5 000	1 615 000
Raibi	8 000	2 584 000

Consommation en énergie et eau potable

Les consommations moyennes en énergie électrique et en eau potable sont résumées sur le tableau suivant :

Tableau 2 : Consommation en Electricité et Eau potable de la coopérative

Consommation moyenne Electricité (kWh/j)	Consommation moyenne Eau (m ³ /j)
11 772.45	443.92

Le débit maximal enregistré en exploitation normale est de 335 (m³/j), soit un taux de retour de 75%.

Description de la filière de traitement

La station a été dimensionnée pour une capacité actuelle de 430 m³/jour et 600 m³/j à l'horizon de 2023. Le projet a été lancé sur la base des caractéristiques physico-chimiques (tableau 3).

Le procédé de traitement de la station d'épuration se compose de deux filières : eaux et boues.

La filière eaux comprend les ouvrages suivants :

- Prétraitement mécanique : Un dégrillage à entrefer égal à 0.75 mm,
- Relevage des eaux usées brutes : Station de pompage préfabriquée,
- Neutralisation : Bassin tampon, d'une capacité de 120.7 m³,
- Traitement physico-chimique : Flottation à air dissous avec coagulation, floculation,
- Traitement biologique : Réacteurs biologiques type SBR en génie civil au nombre de 2 ayant des dimensions respectives de : 14.7 m x 7.10 m x 5.15 m et 8.10 m x 7.10 m x 5.15 m

La filière boues comprend les ouvrages suivants:

- Traitement des boues : Filtres plantés dimensionnés pour 600 m³/j et une charge superficielle inférieure à 1.6 kg/m².j
- Traitement et évacuation des refus.

Tableau 3 : Qualité physico-chimique des eaux usées à l'entrée de la station

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Température	T	°C	15 à 28
Ph	pH	--	8,5 à 12,26
Matières en suspension	MES	mg/L	900
Demande Biologique en Oxygène en 5 jours	DBO ₅	(mgO ₂ /L)	2850
Demande chimique en Oxygène	DCO	(mgO ₂ /L)	5500
Azote total	Nt	mg/L	75,93
Phosphore Total	Pt	mg/L	23,57

Le cycle de fonctionnement de la station se décompose en cinq phases de traitement :

1. Phase de remplissage,
2. Phase d'aération et d'agitation nécessaires aux microorganismes pour assurer le processus de dégradation,
3. Phase de décantation avec arrêt total d'aération et d'agitation,
4. Phase de vidange des eaux traitées,
5. Phase de vidange des boues.

Échantillonnage

Les prélèvements d'eau ont été réalisés régulièrement, à raison de 2 fois par mois, à l'entrée de la STEP et à la sortie des eaux épurées.

Les échantillons d'eau sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de 500 ml puis transportés immédiatement au laboratoire pour les différentes analyses.

Les analyses des eaux ont porté essentiellement sur les paramètres physico-chimiques suivants : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO₅), l'azote total (Nt) et le phosphore total (Pt), compte tenu du déversement des eaux dans le réseau de collecte public et non pas dans le milieu naturel. Les différentes méthodes utilisées lors de ces analyses sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques

<i>Paramètres analysés</i>	<i>Méthodes d'analyse</i>
MES (mg/L)	filtration sur un filtre Wattman référenceNFEN872
DCO totale (mgO ₂ /L)	Oxydation au dichromate de potassium à l'aide de kits LCK avec lecture sur spectrophotomètre DR2800
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	Respiromètre type Hach BOD track TMII.
Azote total Nt (mg/L)	Colorimétrie par minéralisation aux Kits LCK338 (solutions A, B, C et D) avec lecture sur spectrophotomètre DR2800
Phosphore total Pt (mg/L)	Colorimétrie par minéralisation aux Kits LCK350 (solutions A, B, C et D) avec lecture sur spectrophotomètre DR2800

Le calcul du rendement épuratoire du système traitement a été effectué à l'aide de la formule suivante (Kolarski et Nyhuis, 1996 ; Moletta et Torrijos, 1999) :

$$\frac{\text{Valeur à la sortie} - \text{Valeur à l'entrée}}{\text{Valeur à l'entrée}} \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats des mesures ont été enregistrés et transformés en moyennes mensuelles pour simplifier leur interprétation.

Les matières en suspension (MES)

Les MES constituent une partie de la pollution carbonée liée aux particules organiques et minérales non dissoutes. L'évolution des MES résulte de l'évolution simultanée de la fraction insoluble de l'effluent et de la biomasse proprement dite (Castillo de Campins, 2005).

La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10µm en suspension assimilées aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement

en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à 100 µm) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales de dimension inférieure, qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10-2 µm) (Rodier, 2009).

Tableau 5 : Variation des teneurs en MES à l'entrée et sortie de la STEP

	MES Entrée (mg/L)	MES Sortie (mg/L)	V. Limite de Rejet	Taux Abat. %
mai-16	908	135	600	85,13
juin-16	1135	200		82,38
juil-16	1145,6	208,5		81,80
août-16	862	362		58
sept-16	912,5	167		81,70
oct-16	925	372,5		59,73
Moy.	981,33	240,83		75,46

Les teneurs moyennes mensuelles en MES des eaux varient entre 862 mg/L, valeur minimale enregistrée en août et 1145,5 mg/L valeur maximale enregistrée en juillet 2016 (Figure 2).

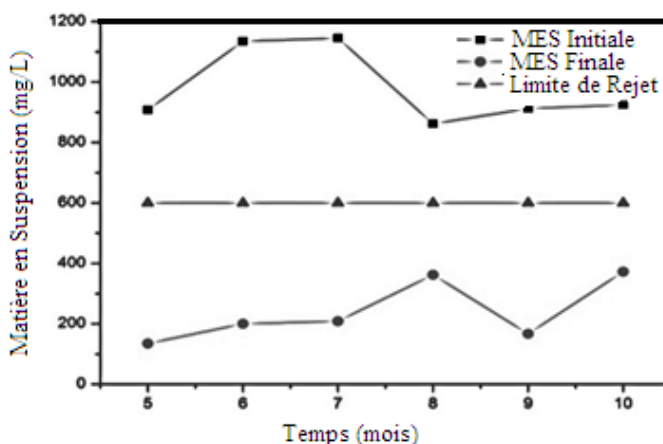


Figure 2 : Variation des teneurs en MES à l'entrée et sortie de la STEP

Le taux d'abattement est de l'ordre de 75,46% en moyenne avec un minimum de 59,73 % en octobre 2016 et un maximum de 85,13% en mai 2016. A la sortie les valeurs des MES ne dépassent pas la valeur moyenne de 240,83 mg/L et par suite elles sont conformes à la norme marocaine des rejets en réseau de collecte qui limite la valeur à 600 mg/L.

La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) consommée pour oxyder la matière oxydable dans un échantillon d'eau de 1 litre. Elle est exprimée en mgO_2/L (Castillo de Campins, 2005).

Tableau 6 : Variation des teneurs en DCO à l'entrée et sortie de la STEP

	DCO Entrée (mgO_2/L)	DCO Sortie (mgO_2/L)	V. Limite Rejet	Taux Abat. %
mai-16	2826	930	1000	67,09
juin-16	3034	816		73,10
juil-16	3617	825		77,19
août-16	3819	663,5		82,63
sept-16	3650	554		84,82
oct-16	3651	513		85,95
Moy.	3432,83	716,92		79,12

La Figure 3 montre que Les valeurs de la DCO à l'entrée de la STEP renseignent sur l'importance de la pollution carbonée; caractéristique des rejets laitiers, elles varient entre une valeur min de 2826 mgO_2/L en mai et un max de 3819 mgO_2/L en août 2016 avec une moyenne de 3432,83 mgO_2/L .

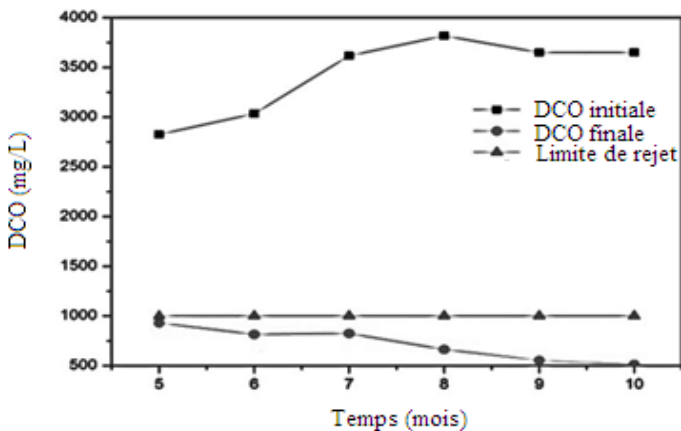


Figure 3 : Variation des teneurs en DCO à l'entrée et sortie de la STEP

A la sortie on a une moyenne de 716,6 mgO_2/L . Le rendement atteint 85,95 % avec un rendement moyen de 79,12%.

Le rejet final ne dépasse pas la valeur prescrite par la norme marocaine (1000 mgO_2/L).

La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration, (Rodier, 2009). La DBO₅ correspond à l'oxygène utilisé par des bactéries aérobies pour dégrader biochimiquement les matières organiques biodégradables présentes pendant 5 jours, Elle traduit indirectement la fraction biodégradable et représente le processus de dégradation naturel (Kolarski et Nyhuis, 1996). Le résultat est exprimé en mgO₂/L d'oxygène consommé pendant 5 jours.

Tableau 7 : Variation des teneurs DBO₅ à l'entrée et sortie de la STEP

	DBO₅ Entrée (mgO₂/L)	DBO₅ Sortie (mgO₂/L)	V. Limite Rejet	Taux Abat. %
mai-16	935	621	500	33,58
juin-16	1350	837		38
juil-16	1460	780		46,06
août-16	1069	376,5		64,78
sept-16	1252,5	472		62,32
oct-16	3660	550		84,97
Moy.	1618,5	606,08		62,56

Les valeurs de la DBO₅ varient entre un minimum de 935 mgO₂/L enregistré en mai et un maximum de 3660 mgO₂/L atteint en octobre 2016 (Figure 4). A la sortie, la DBO₅ des eaux traitées enregistre une moyenne de 606 mgO₂/L avec un minimum de 376,5 mgO₂/L au mois d'août de la même année. La norme semble être dépassée en moyenne. Le rendement épuratoire de la station atteint un maximum de 84,97% avec une moyenne d'environ 63%.

Cette différence pourrait être attribuée à la phase d'aération dans le système.

Pour contribuer à résoudre ce problème, le couplage du réacteur SBR avec une autre technique; de réacteur séquentiel discontinu à membrane appliqué au traitement des eaux usées de l'industrie laitière pourrait être adoptée, ce qui a été approuvé par l'étude réalisée par Bae Tae-Hyun et al. qui ont constaté que l'élimination de la DBO₅ était élevée à environ 98% (Bae et al., 2003).

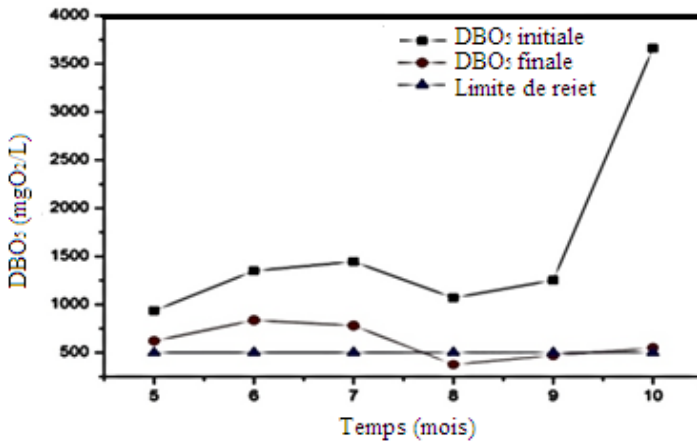


Figure 4 : Variation des teneurs en DBO₅ à l'entrée et sortie de la STEP

L'azote Total (Nt)

L'azote est un élément nutritif, sa présence est indésirable dans les rejets liquides.

Les teneurs en azote total pour les eaux à l'entrée de la STEP varient entre un minimum de 29 et un maximum de 224 mg/L enregistré au mois de juin 2016 avec une moyenne de 83,1 mg/L.

Tableau 8 : Variation des teneurs en Nt à l'entrée et sortie de la STEP

	Azote T Entrée (mg/L)	Azote T Sortie (mg/L)	V. Limite Rejet	Taux Abat. %
mai-16	43	20	--	53,49
Juin-16	224	33		85,27
Juil-16	127,1	28		77,97
août-16	29	20,5		29,31
Sep-16	34	21		38,24
Oct-16	41,5	22,5		45,78
Moy,	831	14,17		70,92

Ceci peut s'expliquer par le fait que les bactéries autotrophes et/ou hétérotrophes utilisent l'azote et le phosphore ainsi que le carbone pour éliminer une partie de la pollution par l'azote et le phosphore.

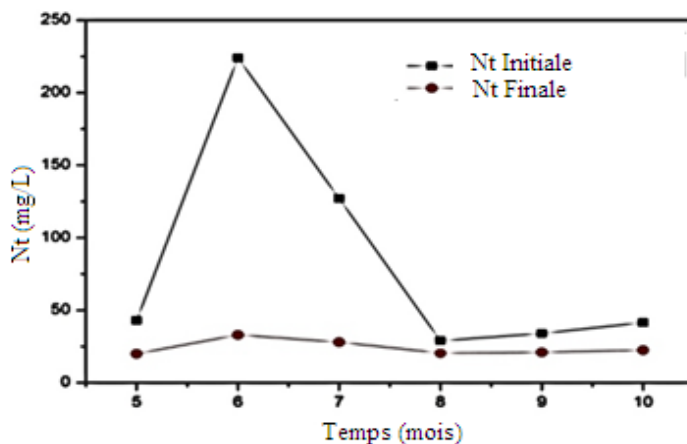


Figure 5 : Variation des teneurs en Nt à l'entrée et sortie de la STEP

(Cassidy et Belia, 2005) ont trouvé dans leur étude sur l'élimination de l'azote et du phosphore des eaux usées d'un abattoir à SBR contenant des boues granulaires aérobies que l'élimination du Nt dépassait 97% ce qui signifie que le réacteur SBR peut efficacement éliminer l'azote de différents types d'eaux usées.

Le phosphate Total (Pt)

En entrée de la station les valeurs enregistrées varient entre un minimum de 0,4 mg/L en juin et un maximum de 48,5 mg/L en octobre 2016.

Tableau 9 : Variation des teneurs en Pt à l'entrée et sortie de la STEP

	Pt Entrée (mg/L)	Pt Sortie (mg/L)	V. Limite Rejet	Taux Abat. %
mai-16	34	18	20	47,06
juin-16	30,8	11,06		64,09
juil-16	32,5	11,73		63,91
août-16	42	15,5		63,10
sept-16	45	18		60
oct-16	48,5	27		44,33
Moy.	38,8	16,88		57,08

A la sortie on trouve des teneurs allant de 11,06 mg/L comme minimum au mois de juin et un maximum de 27 mg/L en octobre 2016 avec un taux d'abattement de 64,09 % en juin et un rendement moyen de 57,08%.

Les valeurs de rejet en réseau de collecte public ont une moyenne de 16,88 mg/L et sont conformes à la norme marocaine de rejets en réseau d'assainissement (Figure 6).

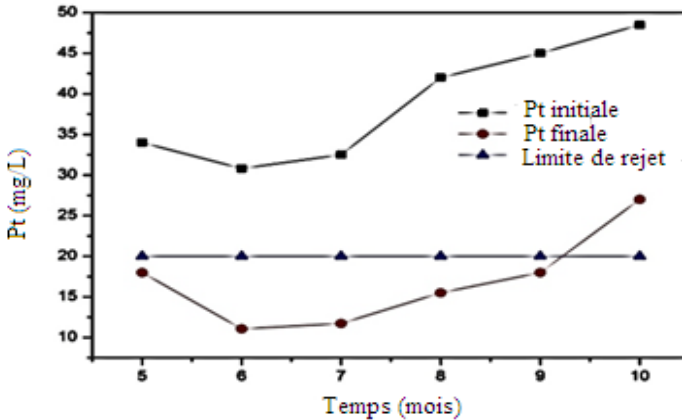


Figure 6 : Variation des teneurs en Pt à l'entrée et sortie de la STEP

Par conséquent, le phosphore total n'a pas été facilement éliminé en raison de la limite du processus biologique. Cette limite pourrait être attribuée au fait que l'élimination du phosphore dépend finalement de la quantité de boues en excès.

CONCLUSION

Au cours de cette étude, les résultats obtenus montrent que le système de traitement biologique adopté par la coopérative laitière du Nord parvient à éliminer une grande partie de la pollution carbonée et azotée, ainsi on a des taux d'abattement: de 80% pour la DCO, 76% pour les MES, 71% pour l'azote total, de 57% pour le phosphore total et de 63% pour la DBO₅. A la sortie du système SBR, ces effluents sont conformes aux normes de rejet indirects préconisées par la législation marocaine pour la DCO (1000 mg/L), (600 mg/L) pour les MES et (20 mg/L) pour le phosphore total. Avec un taux d'abattement de 63% la valeur moyenne de la DBO₅ qui dépasse légèrement la valeur prescrite de (500 mg/L).

Cela peut être expliqué par un manque d'oxygénation occasionné probablement par des mesures d'optimisation de consommation électrique qui représente une charge non négligeable à gérer par la production de l'unité.

Il est fortement souhaitable d'ajuster le paramètre d'oxygénation par cycle en retournant au mode de fonctionnement normal et de vérifier régulièrement les doses de l'urée et de la soude caustique injectées dans le réacteur biologique pour, d'une part le respect de la norme et d'autre part pour inhiber l'apparition d'autres aspects indésirables tout au long du process.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, notamment, le personnel de la STEP, le service maintenance, le laboratoire, la direction de la coopérative laitière, le laboratoire Assainissement d'Amendis-Tétouan.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHOUR S., TIBERMACHINE A.A., CHABBI F. (2017). Iron and manganese in natural waters and chemical oxidation methods. Case of Algerian waters, Larhyss Journal, n°32, pp. 139-154.
- BACHA N., ACHOUR S. (2018). Impact of the combination of Aluminum Sulfate/Activated carbon powder on the removal of refractory organic micropollutants by coagulation-flocculation, Larhyss Journal, n°33, pp. 209-220.
- BAE T. H., HAN S. S., TAK T. M. (2003). Membrane Sequencing Batch Reactor System for the Treatment of Dairy Industry Wastewater. Process Biochemistry. Vol.39, Issue 2, pp. 221-231.
- BOUILLE E., DUBOIS V., EGAL M., HERPIN P., PORTERIE P., SENESSE O., VALES R. (2005). Traitement, épuration et valorisation des effluents d'une fromagerie : Etude du procédé de traitement des effluents, projet BEIERE, INP-NSEIHT, Toulouse, France.
- CASELLAS M. (2002). Mise en œuvre, modélisation et contrôle d'un Procédé Discontinu SBR, Thèse de Doctorat en Chimie et Microbiologie de l'eau, Université de Limoges, France, 388 p.
- CASSIDY D.P., BELIA E. (2005). Nitrogen and phosphorus removal from an abattoir wastewater in a SBR with aerobic granular sludge, Water research, Vol.39, Issue 19, pp 4817-4823.

- CASTILLO DE CAMPINS S.(2005). Etude d'un procédé compact de traitement biologique aérobie d'effluents laitier, Thèse Doctorat en Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, INSA, Toulouse- France, 201 p.
- C.C.I.S. Tétouan (2009). Rapport interne, relatif aux activités industrielles de la région de Tétouan, Chambre De Commerce, D'Industrie Et De Services De Tétouan, Maroc, 91 p.
- Coopérative laitière du Nord. (2015), Rapport Interne, Tétouan-Mdiq, Royaume du Maroc, 71 p.
- DOLLE J.B. (2003). Mise au point de procédés de traitement de lactosérums et d'effluents de fromagerie en fabrication fermière, Institut d'élevage, Saint Laurent Blangy, Compte rendu N° 2033308, France, 64 p.
- EL GHAMMAT A., RIFFI TEMSAMANI K. (2017). Etude de Caractérisation physico-chimique des eaux usées en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat: cas de la zone industrielle de Tétouan, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol.20, Issue 3, pp. 840–849.
- GHECHAM F.Z., GUERGAZI S., ACHOUR S. (2018). Removal of Caffeine by coagulation-flocculation with aluminium sulphate and effect of metal salts, Larhyss Journal, n°34, pp. 115-126.
- GIL-PULID B., TARPEY E., ALMEIDA E.L., FINNEGAN W., ZHAN X., DOBSON A.D.W., O'LEARY N. (2018). Evaluation of dairy processing wastewater biotreatment in an IASBR system: Aeration rate impacts on performance and microbial ecology. Biotechnology Reports. (2018). Vol. 19 N. e00263, 8 p.
- KHELIFI O., MEHREZ I., YOUNSI M., NACEF M., AFFOUNE A.M. (2018). Methyl orange adsorption on biosorbent derived from mango seeds kernels, Larhyss Journal, n° 36, pp. 145-156.
- KOLARSKI R., NYHUIS G. (1996). The use of sequencing batch reactor technology for the treatment of high-strength dairy processing waste, Proceedings of the 50th Annual Industrial Waste Conference, Purdue University; West Lafayette, édition, Wukasch, , United States, 861 p.
- MASMOUDI T., GUERGAZI S., ACHOUR S. (2018). Mercury removal by activated carbon, Larhyss Journal, n°34, pp. 21-38.
- MDCEau (2015). Recueil des textes juridiques relatifs aux ressources en eau au Maroc, Ministère délégué chargé de l'eau, Royaume du Maroc, 174 p.
- MOHSENI-BANDPI A., BAZARI H. (2004). Biological treatment of dairy wastewater by sequencing batch reactor, Journal of Environmental Health Science and Engineering, Vol.1, Issue 2, pp. 64-69.
- MOLETTA R., TORRIJOS M. (1999). Traitement des effluents de la filière laitière, Technique de l'ingénieur, Vol.1, F1 501, pp 1-21.

- Monographie Régionale de la Préfecture M'diq-Fnideq. (2015). Direction Régionale de Tanger-Tétouan-Al Hoceima, Haut- Commissariat Au Plan, Royaume du Maroc, 104 p.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R. (2009). L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer: Analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod, Paris, France, 1600p.
- RUIZ C., TORRIJOS M., SOUSBIE P., LEBRATO M. J., MOLETTA R. (2001). The anaerobic SBR process: Basic principles for design and automation, Water Science and Technology, Vol.43, issue 3, pp 201-208.
- TAOURI O., EL GHAMMAT A., HILAL I., STITOU J., HASSANI ZERROUK M., DRRAZ C. (2017). Flood management: Case of the city of M'diq and Fnideq, Journal of Water Sciences & Environnement Technologies, Vol.02, Issue 2, pp 259-264.
- ZIATI M., CHERIFI O., YAHIA Z. (2018). Removal of chemical oxygen demand from tannery wastewater by Fenton's reagent, Larhyss Journal, n°33, pp. 111-212.