

Préservation de l'environnement par lagunage naturel de gestion des eaux usées

Chennafi Houria^{1*} & Chenafi A².

¹ Faculty of Life and Natural Sciences, Agronomy Department, VRBN Lab, Ferhat Abbas -Setif 1 -University, 19000, Algeria

² Faculty of Technology, Hydraulic Department Abderrahmane Mira University, Bejaia, Algeria

* Corresponding author: Chenafi_hr@yahoo.fr

Received; 26 April 2018/Accepted: 19 June 2018

Abstract

Urban wastewater management is an environmental governance tool. Problematic approach of the study integrates protection and water reuse. Thus, the objective is centered on the management of wastewater by natural lagoon system. Study was conducted in town of Beni Fouda, in semi-arid climate of the High Plateaus of Sétif (Eastern Algeria). Investigation process focuses on the quality measurement of raw and treated wastewater. Analysis of results reveals that level of characteristic water values seems to meet recommended standards for some parameters and was deficient for others. Gradient of parameters variation depends on month, season and on water type. However, environmental protection at upstream is very appropriate. Otherwise, at the downstream, purified water recommends an efficient lagoon system to obtain renewable water with an appreciable quality.

Keywords

Environment, lagoon system, management, valorization, renewable water

Résumé

La gestion des eaux usées urbaines est un outil de gouvernance de l'environnement. L'approche de la problématique de l'étude intègre la protection et la réutilisation des eaux. Ainsi, l'objectif est centré sur la gestion des eaux usées par système lagunaire naturel. Il est situé dans la ville de Beni Fouda, sous climat semi-aride des Hauts Plateaux Sétifiens (Algérie Orientale). La démarche de l'investigation est orientée sur la mesure de la qualité des eaux usées brutes et traitées. L'analyse des résultats révèle que le niveau des valeurs caractéristiques des eaux semble répondre aux normes recommandées pour certains paramètres et déficient pour d'autres. Le gradient de variation des paramètres est fonction du mois, de la saison et du type d'eau. Toutefois, à l'amont la protection de l'environnement par la gestion des eaux usées est bien appropriée. Par ailleurs, à l'aval l'eau épurée recommande un système lagunaire plus performant pour obtenir une eau renouvelable de qualité appréciable.

Mots clés

Environnement, système lagunaire, gestion, valorisation, eau renouvelable

Introduction

Les évolutions récentes liées à l'avènement des sécheresses et des inondations sont préoccupantes (Gény et *al.*, 1992). En effet, intégrés aux conditions naturelles et aux modes actuels de gestion et d'exploitation des ressources, ces phénomènes naturels accélèrent la vulnérabilité environnementale. L'exploitation non durable des ressources engendre une perturbation des écosystèmes. L'eau est une ressource rare et deviendra une source de tension et de conflit. Par ailleurs, elle sera affectée par le changement climatique qui reste lié au régime des températures et des précipitations (Zhang et *al.*, 2017). Les conséquences de l'insuffisance des

précipitations et de la pollution sont alarmantes. Arenas-Sánchez et *al.*, (2016) mentionnent que la rareté de l'eau associée aux effets de la pollution génère un déséquilibre fonctionnel des écosystèmes. Cette situation menace la sécurité alimentaire par la dégradation des ressources naturelles (Kang et *al.*, 2009). Conjointement, le nombre d'habitants croît de façon exponentielle. Donc, les effets liés au changement climatique seront plus conséquents. Cette situation engendrerait un déséquilibre irréversible de dégradation des écosystèmes. Néanmoins, les méthodes de préservation préalable représentent un outil pour la protection de l'environnement. Ainsi, la caractérisation climatique fournit des indications de variation et de fonctionnement sous changement climatique. Aussi, il serait intéressant de considérer les méthodes d'adaptation. Sur les Hauts Plateaux Sétifiens, une approche spécifique de la gestion de l'eau doit être recommandée. En effet, le milieu se démarque par un déficit climatique qui se positionne sur tout le cycle de la céréale mis à part la saison hivernale (Chennafi, 2012). Par ailleurs, le cumul pluviométrique de 369.6 mm représente le seuil au dessous duquel l'année est considérée sèche et le bilan des flux d'eau engendre une lame d'eau écoulée de 48mm et le déficit moyen d'écoulement est de 334.6mm (Chennafi, 2016). Par conséquent une gestion appropriée diversifiée tenant compte de la dimension spatiotemporelle du milieu est à appuyer par une politique participative. Ainsi, à l'amont et en aval le système lagunaire représente une approche de management de l'eau pour la protection et l'harmonisation de l'environnement, et pour la valorisation de la ressource renouvelable de l'eau en agriculture. L'approche de cette investigation vise à accorder plus d'attention à la protection de l'environnement par la gestion des eaux usées et par la valorisation de la ressource renouvelable en eau. L'objectif est centré sur l'évaluation de la performance d'épuration des eaux usées par système lagunaire naturel.

2. Matériel et méthodes

2.1. Caractérisation du site

L'étude a été menée au cours de l'année 2012/2013 sur le site de la station d'épuration par lagunage naturel de la commune de Beni Fouda. Il est situé à 1 km à l'Est de la ville de Beni Fouda et à 30 km de la ville de Sétif (Nord-Est, Algérie). Les coordonnées géographiques sont 36° 17'98"N et 5° 36'56"E et 833m d'altitude. La station lagunaire a été plantée en 2006. Sa capacité conçue pour épurer les eaux usées urbaines est de 11200 Eq/hab. Le débit quotidien pour le traitement est de 1341 m³j⁻¹. Cependant le volume journalier réellement épuré est de 823m³j⁻¹(ONA, 2017). Elle est prévue pour protéger l'Oued Dheb qui converge vers le Barrage Beni-Haroun (ONA, 2011). La région est caractérisée par un notable déficit climatique qui accuse un déficit hydrique

conséquent (Chennafi, 2012). Le contexte hydrologique se distingue par un déficit d'écoulement prononcé (Chennafi, 2016).

2.2. Les étapes de traitement

La station de traitement des eaux usées de Beni Fouada consiste à dégrader les charges polluantes. Elle est composée de six lagunes, divisées en deux lignes de traitement. Chaque ligne se compose de trois bassins, le premier est le bassin de décantation, le second est optionnel et le dernier est un bassin de maturation (Photos 1, 2, 3).

Prétraitement

Il consiste à assurer le dégrillage par l'élimination des gros éléments solides, le dessablage pour les sables et les graviers et le déshuilage par la rétention des graisses et des déchets flottants.

Fonctionnement des bassins

Au niveau du bassin de décantation, la charge polluante est relativement importante. A la surface du bassin apparaissent des bulles sous l'effet du dégagement du méthane et du dioxyde de carbone. Le bassin facultatif est constitué de deux couches, l'une aérobie en surface et l'autre anaérobie en profondeur. Nombreux auteurs considèrent que le fonctionnement des bassins est fondé sur la symbiose qui s'établit entre les algues photo-autotrophes et les bactéries hétérotrophes (NU, 2003; Dehenould Tresor et *al.*, 2014). En effet, la symbiose assure l'épuration des eaux usées aérées. Les bactéries consomment le carbone organique préservé dans les eaux usées qui arrivent dans les bassins. La respiration bactérienne produit du dioxyde de carbone et absorbe de l'oxygène. Les algues utilisent le dioxyde de carbone pour la photosynthèse et en produisent l'oxygène pour la bactérie (NU, 2003). Le bassin de maturation favorise la pénétration de la lumière, il joue un rôle important pour la réduction des bactéries ainsi que la charge polluante. Le lagunage recrée le processus naturel de l'autoépuration. L'épuration par lagunage est réalisée par un équilibre biologique auquel participent des bactéries, du zooplancton, des algues et parfois des plantes aquatiques (Marsault et *al.*, 2013)



Photos (1, 2,3). Bassins de décantation (à gauche), optionnels (milieu) et de maturation (à droite) Béni-Fouda) (photos prises, 2013)

2.3. Mesure des paramètres de l'eau

Les eaux brute (EB) et purifiée (EP) sont caractérisées par des paramètres physico-chimiques. Ils quantifient le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. Les mesures ont porté sur la température (T, °C), le pH et la conductivité (CE, μcm^{-1}). Les demandes biologique (DBO_5 , mg l^{-1}) et chimique (DCO, mg l^{-1}) en oxygène ainsi que les matières en suspension (MS, mg l^{-1}) sont mesurées pour déterminer la qualité de l'eau. La température a été mesurée sur place à l'aide d'un thermomètre de type WTW. Le potentiel hydrogène a été déterminé selon le principe indiqué par Gomella et Gueree (1978). La conductivité électrique a été mesurée en utilisant un indicateur de conductivité Hanna. La demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO_5) ont été évaluées respectivement par le DCO mètre et l'oxymètre. La matière en suspension (MS) a été réalisée par filtration, en se basant sur le principe de la double pondération (Rodier, 2009). L'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^{-1}) et les nitrates (NO_2^{-3}) sont évalués selon la méthode décrite par Rodier (1978). En moyenne, au cours de la journée, cinq prélèvements sont relevés à 9h, 10h, 11h, 14h et à 15h. Cependant, l'analyse des résultats est descriptive.

3. Résultats et discussion

3.1. Température, conductivité, potentiel d'hydrogène et matières en suspension

L'exploration des résultats sur la caractérisation des eaux brute et épurée révèlent une augmentation progressive de la température au cours des saisons. Pour les eaux usées, le relevé sur ce paramètre indique une valeur de 11,1 °C en période hivernale pour le mois de février et

25,9°C en août, en saison estivale. Cependant, pour l'eau épurée, les valeurs prennent respectivement 9,1°C et 26.0 °C pour les mêmes saisons (Tableau 1).

Tableau 1. Valeurs moyennes de la température (T), du pH, de la conductivité électrique (CE) et de la matière en suspension (MS) pour les eaux brute(EB) et épurée (EE). Station lagunaire de Béni-Fouda (Nord Est Algérie) (ONA, 2013)

Caractéristiques	T (°C)		pH		CE (μscm^{-1})		MES (mg l^{-1})	
Mois	Eaux							
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
J	24,0	24,3	7,7	7,8	1176,4	1205,2	246,3	36,5
J	25,2	25,8	7,7	7,8	1187,7	1228,1	275,0	36,2
A	25,9	26,0	7,7	7,9	1130,0	1249,0	295,0	65,4
S	22,4	21,0	7,7	7,8	1175,0	1250,0	371,3	87,7
O	20,8	19,2	7,8	7,9	1228,0	1365,0	283,8	93,8
N	17,1	15,4	7,8	7,8	1094,8	1179,0	336,3	95,4
D	14,1	10,8	7,8	7,8	1336,3	1270,2	397,5	55,8
J	13,0	9,7	8,0	7,7	1120,0	1209,0	362,5	61,7
F	11,1	9,1	7,8	7,7	1074,0	734,0	400,0	50,8
M	14,7	13,6	7,8	8,0	1115,4	1063,0	345,0	43,8
A	17,6	16,9	7,6	7,7	1083,2	991,5	295,0	40,3
M	18,3	18,0	7,6	7,7	927,8	831,0	400,0	39,5

Les niveaux des valeurs du pH varient de 7,6 à 8,0. Pour l'eau brute, la conductivité électrique indique un niveau de $1336,3\mu\text{cm}^{-1}$ au mois de décembre et $927,8\mu\text{cm}^{-1}$ en mai. Cependant, pour l'eau épurée, les résultats indiquent $1365,0\mu\text{cm}^{-1}$ en octobre et $734,0\mu\text{cm}^{-1}$ en février (Tableau1). La charge des matières en suspension pour l'eau brute est de 400 mg l^{-1} au mois de février et de mai. Cependant pour l'eau purifiée, le seuil minimal est estimé à $36,2\text{ mg l}^{-1}$ au mois de juillet (Tableau1).

3.2. Demandes biologique et chimique d'oxygène

La valeur de la demande biologique en oxygène (DBO5) des eaux brutes varie en saison hivernale de 241 mg l^{-1} à $798,5\text{ mg l}^{-1}$ (Figures 1 et 2). Cependant, l'eau purifiée est caractérisée par des niveaux inférieurs et sont de $253,2\text{mg l}^{-1}$ en janvier et de $36,8\text{ mg l}^{-1}$ en février. A l'entrée de la station de lagunage, les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) se démarquent par des seuils de $415,2\text{ mg l}^{-1}$ à $881,0\text{ mg l}^{-1}$. Cependant, à la sortie, la DCO de l'eau épurée prend les valeurs de $91,5$ à $309,4\text{ mg l}^{-1}$ (Figures 1et 2).

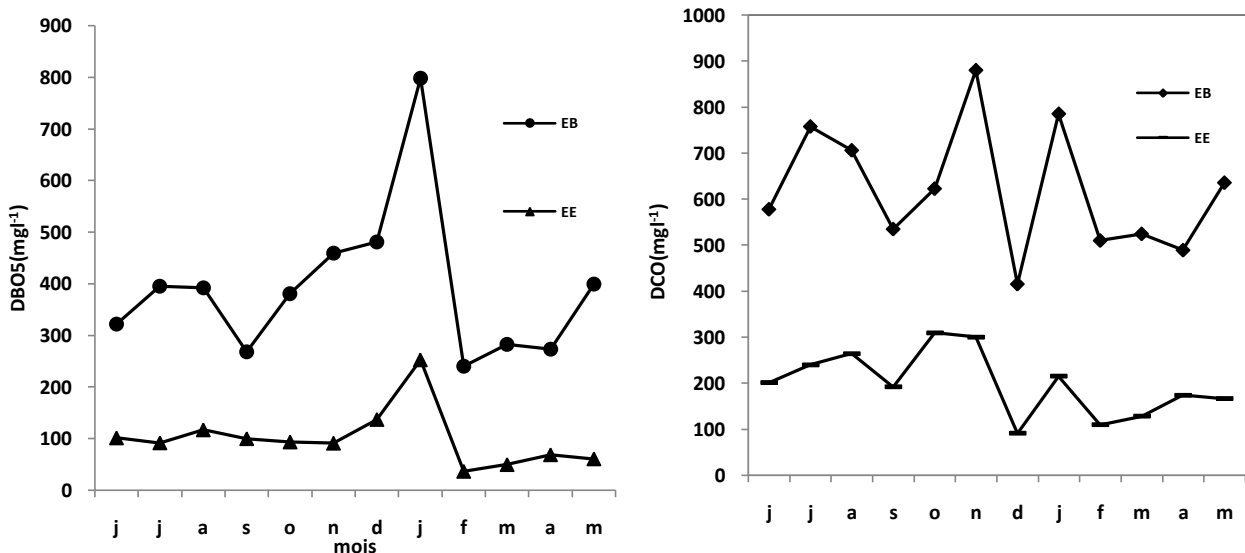


Figure1. Variations mensuelles de la DBO5 (gauche) et de la DCO (droite) des eaux brutes et épurées

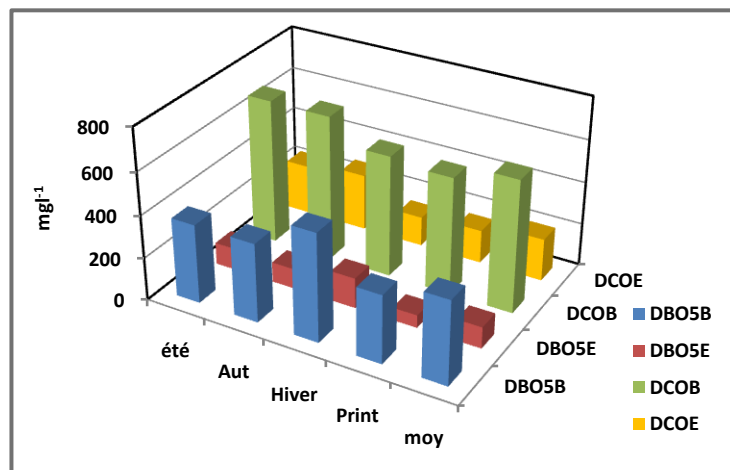


Figure2. Variations saisonnières de la DBO5 et de la DCO des eaux brute et épurée

3.4. L'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_2^-)

L'eau brute se distingue par une concentration en ammonium dont la valeur minimale est de $49,9 \text{ mg l}^{-1}$ en juin et le niveau supérieur est de $83,13 \text{ mg l}^{-1}$ en septembre. Par contre après épuration, la teneur diminue pour atteindre $28,6$ en juillet (Figure3). Les résultats sur les nitrites indiquent que l'eau épurée se distingue par des valeurs réduites. Pour l'eau brute, en mars la concentration est de $1,0 \text{ mg l}^{-1}$ à $10,0 \text{ mg l}^{-1}$ pour octobre. Cependant, l'eau épurée se distingue par une teneur variant de $0,1$ et $6,6 \text{ mg l}^{-1}$ (Figure 3). Le niveau en nitrates (NO_2^-) des eaux brutes se situe dans la gamme de $5,6$ en avril et $18,8 \text{ mg l}^{-1}$ en août. Après traitement, la contraction en nitrates se réduit à $0,87$ en janvier et $12,5 \text{ mg l}^{-1}$ en juillet (Figure 4).

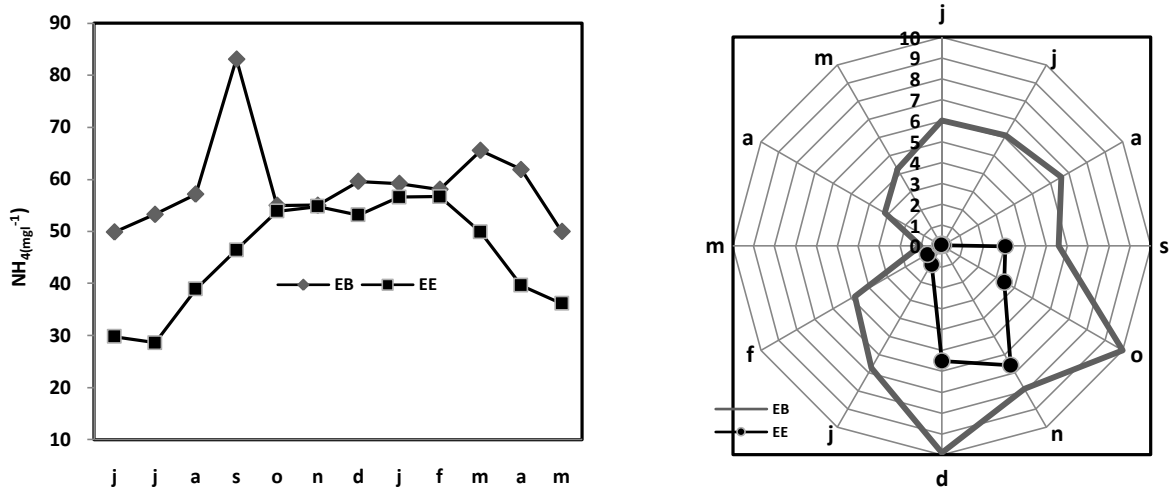


Figure 3. Concentration des eaux brute et épurée en NH_4 (gauche) et en nitrite (NO_2^{-1} , droite)

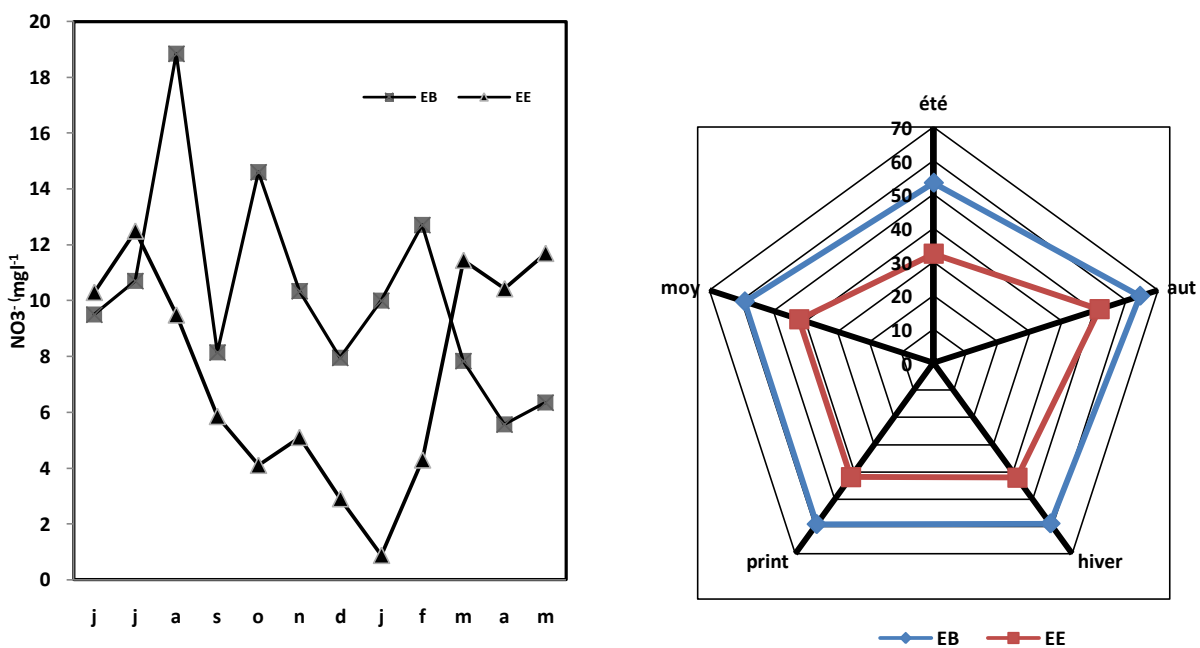


Figure 4. Teneurs mensuelle et saisonnière en nitrate (NO_3^{-1}) des eaux brute et épurée

Discussion

Température, potentiel d'hydrogène, conductivité et matières en suspension

L'analyse de la qualité des eaux brute et épurée par les paramètres caractéristiques mesurés révèle une variation mensuelle et saisonnière différentielle de la température. Cependant, les eaux épurées se distinguent par une température plus faible. L'écart s'explique par l'activité de la dégradation des matières contenues dans l'eau brute et qui relève la température. En effet, la différence est plus marquée en saison hivernale avec 3°C d'écart. Dans une eau chargée, les particules en se frottant augmentent la température du milieu. En effet, la température mesure le niveau d'agitation et donc plus l'agitation moléculaire croît, plus la température est élevée

(Perrenoud, 2008). Par ailleurs, la variation de la température de l'eau dans les différentes dimensions est considérée l'une des caractéristiques principales de l'eau (Chapman, 1992). Toutefois, pour ce paramètre, les résultats restent conformes aux normes recommandées du JORA (2009).

Les niveaux des valeurs du pH déterminent que les eaux sont à pH basique. Cependant, ce paramètre ne semble pas varier avec la saison. Merghem et *al.*, (2016) mentionnent des résultats similaires. Les valeurs du pH sont comprises dans l'intervalle 6.5 et 8.5. En revanche, le seuil des valeurs s'accorde avec la norme du JORA (2012). Des résultats similaires ont été révélés (García et *al.*, 2017).

L'eau brute se caractérise par une conductivité électrique variant de $1336.3 \mu\text{scm}^{-1}$ en décembre et $927,8 \mu\text{scm}^{-1}$ en mai. Cependant l'eau épurée se distingue par des teneurs de conductivité électrique de $734.0 \mu\text{scm}^{-1}$ en saison hivernale (février) à $1249,0 \mu\text{scm}^{-1}$ en période estivale (juillet) et $1365,0 \mu\text{scm}^{-1}$ au mois d'octobre. La conductivité électrique apparait sensible à la saison, exprimant ainsi un écart différentiel de la concentration en sels. Elle est fonction de la variation de la température, conséquence de la dégradation de la charge polluante et libération des éléments minéraux dans l'eau. Par ailleurs, les valeurs élevées de CE en périodes automnales et hivernales peuvent être associées à la charge des eaux par les matières transportées lors de l'écoulement des eaux de surface et transport des éléments liés au lessivage des sols. Masaki (2003) mentionne des suggestions similaires et considère que la CE est fortement liée à la température.

Toutefois, l'eau épurée se distingue par une conductivité électrique supérieure à celle de l'eau brute lors des saisons estivales et automnales. Ce résultat s'explique par l'effet de la dégradation de matières et libération des éléments, en liaison avec des conditions favorables à l'activité des bactéries et donc libération de sels dans l'eau traitée. Le seuil de salinité exprimé par la CE reste inférieur à 3dsm^{-1} . Des résultats similaires ont été mentionnés par Merghem et *al.*, (2016). Les valeurs mesurées de ces paramètres sont dans la norme recommandée de JORA (2012) pour *la spécification des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation*. Cependant, le classement des eaux d'irrigation en fonction de la CE proposée par Riverside selon Durand (1958), la conductivité de l'eau épurée est très proche de la classe 3 (C_3) ($750 < CE_{25^\circ\text{C}} < 2250$) μmhoscm^{-1} . En introduisant le facteur de correction de la conductivité à la température de 25°C , les niveaux de l'eau épurée deviennent $1060.1 \mu\text{scm}^{-1}$ et $1543,8 \mu\text{scm}^{-1}$. En revanche, l'utilisation de cette eau pour l'irrigation des cultures recommande des sols qui drainent bien. En effet, cette catégorie d'eau est inutilisable sur des sols à drainage restreint. Néanmoins, les plantes qui se distinguent par une tolérance aux sels peuvent être cultivées (Durand, 1958; Durand, 1983; Shrivastava et Kumar, 2014).

La matière en suspension (MS) représente la teneur en particules non dissoutes transportées par l'eau. Leur origine est minérale ou organique. La charge de MS pour l'eau brute est de 400 mg l^{-1} aux mois de mars et de mai. La concentration moyenne des MS est de 334 mg l^{-1} . Par ailleurs, la variation saisonnière dévoile que la plus importante charge des matières en suspension est relevée en saison hivernale avec 387.0 mg l^{-1} . Ainsi, l'évolution des MS se distingue par un gradient saisonnier [MS (hiver) > MS (printemps) > MS (Automne) > MS (été)]. Effectivement, en saison hivernale l'eau a une action déterminante dans le processus d'altération, d'érosion et de transport des particules (Mégrel et Ricollet, 2011). Par ailleurs, les sols découverts, sans couverture végétale dans la majorité des sols des Hauts Plateaux Sétifiens sont le siège de processus de dégradation sous l'effet de l'érosion hydrique. Gréco (1966) mentionne que les sols d'Algérie reçoivent par an 1 à 18 fois des pluies torrentielles ayant une valeur moyenne de 45 mm en 24 heures, c'est-à-dire une fois et demi et souvent deux fois la limite dangereuse (Gréco, 1966). Effectivement ces pluies torrentielles ont un pouvoir remarquable de transport des particules. Donc, aux particules liées à l'eau usée domestique s'ajoutent les éléments transportés par les précipitations.

La conséquence est que la moyenne des MS pour l'eau épurée est de 59 mg l^{-1} , elle reste supérieure à la norme prescrite de 30 mg l^{-1} et donc, ce seuil ne répond pas à la conformité de la norme algérienne du JORA (2012) relative à la *spécificité des eaux usées épurées*. Ces résultats corroborent ceux obtenus dans la région du Nord d'Afrique (Hamid et al., 2014) et le Moyen Orient (Merghem et al., 2016).

Demandes biologique et chimique d'oxygène

L'évolution mensuelle de la concentration en oxygène pour la dégradation de la matière organique détectée par la DBO_5 varie de 241 mg l^{-1} à $798,5 \text{ mg l}^{-1}$, pour une valeur moyenne de 392.0 mg l^{-1} . Après traitement, les niveaux baissent pour atteindre une moyenne de 100.3 mg l^{-1} . Par ailleurs, le gradient de variation temporelle atteint un niveau hivernal de DBO_5 de 507.0 mg l^{-1} et $142,5 \text{ mg l}^{-1}$ respectivement pour les eaux brute et épurée. Le gradient saisonnier de la variation du niveau de concentration de DBO_5 prend l'aspect [hiver > été > automne > printemps] et manifeste une augmentation de la matière organique biodégradable en période hivernale, conséquence de l'action du transport par les précipitations hivernales.

Les seuils de la demande chimique en oxygène DCO sont respectivement de 620.2 mg l^{-1} à l'entrée et de 199.6 mg l^{-1} à la sortie de la station lagunaire. Ces valeurs révèlent que les niveaux de la DBO_5 ainsi que la DCO restent encore non conformes aux normes de [$(\text{DBO}_5 < 30 \text{ mg l}^{-1})$ et $(\text{DCO} < 90 \text{ mg l}^{-1})$] prescrites par JORA (2012). Sûrement, de grandes quantités de matières organiques biodégradables restent encore dans l'eau, et ont pour conséquence la pollution. Les résultats

mettent ainsi en cause la performance du système naturel dans le procédé de traitement et donc de la qualité de l'eau qui doit être utilisée pour l'irrigation. Toutefois, des valeurs similaires pour la DBO₅ et de la DCO caractéristiques de la région du Maghreb particulièrement ont été mentionnées (Yang et al., 2009; Hamid et al., 2014; Merghem et al., 2016). Ces résultats suggèrent le recours à des techniques d'amélioration du système naturel d'épuration.

L'ammonium (NH₄⁺), les nitrites (NO₂⁻¹) et les nitrates (NO₃⁻³)

L'évolution mensuelle des teneurs en ion ammonium (NH₄⁺) indique que l'eau brute prend une valeur moyenne de 59.0 mg l⁻¹. Après épuration, la concentration diminue pour atteindre 42.0 mg l⁻¹. C'est la saison automnale qui se démarque par la plus forte valeur. L'ammonium est le principal indicateur chimique de pollution directe et donc du déséquilibre du milieu (CPEPEC, 2004).

La concentration mensuelle moyenne en nitrites (NO₂⁻¹) pour l'eau à l'entrée de la station est de 6.0 mg l⁻¹. Cependant, pour l'eau épurée la valeur devient 1.8 mg l⁻¹. La teneur en ion nitrate (NO₃⁻¹) des eaux brute et épurée est dans l'ordre 10.2 et 7.3 mg l⁻¹. Le gradient de variation saisonnière de l'ion nitrate après épuration se distingue par un classement saisonnier [Printemps, (11.2mg l⁻¹)> Été> Automne> [Hiver, (2.7mg l⁻¹)] indique que la saison hivernale se caractérise par la plus faible valeur moyenne. Ce résultat s'explique par la dilution des nitrates lors des avènements de précipitations en période pluvieuse accusant ainsi des valeurs faibles en nitrates. Par ailleurs l'oxydation par une oxygénation a pour conséquence sa réduction.

L'analyse des résultats sur l'ion ammonium (NH₄⁺) révèle que les valeurs ne sont pas conformes à la norme recommandée de [(NH₄⁺)< (2mg l⁻¹)] (FAO, 1985). Par contre, la concentration en ion nitrite apparaît partiellement répondre à la norme (NO₂⁻¹)< 1.0mg l⁻¹) (FAO, 1985). Cependant pour la teneur en ion nitrate, les valeurs sont dans la norme [(NO₃⁻¹) < 30mg l⁻¹)] (FAO, 1985). Par ailleurs, la variation saisonnière révèle que la plus forte valeur est observée en période estivale. C'est la conséquence de la dégradation de l'ammonium en nitrites par des bactéries nitreuses (Nitrosomas) consommatrices d'oxygène dissous (CPEPESC, 2014). La même source ajoute que les nitrites considérés toxiques pour la faune aquatique, à leur tour se transforment en nitrates par les bactéries nitriques (Nitrobacters) consommatrices d'oxygène dissous. La dégradation de la matière organique engendre une teneur plus conséquente en période estivale. Des suggestions similaires ont été communiquées (Merghem et al., 2016).

Conclusion

L'approche de la protection de l'environnement est fondée sur l'évaluation de la performance d'épuration des eaux usées par système lagunaire naturel. L'analyse des résultats atteste des

variations mensuelle et saisonnière de la concentration des éléments analysés. Par ailleurs, la qualité de l'eau déduite des caractéristiques mesurées indique que le système lagunaire semble répondre aux normes recommandées pour certains paramètres analysés. Cependant, il apparaît déficient pour d'autres. Toutefois, le lagunage naturel assure à l'amont la protection de l'environnement par la collecte et le traitement naturel des eaux usées domestiques. D'autre part à l'aval, l'eau épurée constitue une ressource renouvelable très utile sur les Hauts Plateaux Sétifiens. En effet, après traitement, l'eau épurée assure la régulation des effets du déficit climatique dans le système agroenvironnemental. En revanche, l'amélioration de l'efficacité du système lagunaire représente une des priorités des actions à mener dans le domaine environnemental. Ainsi, l'entretien des bassins du système lagunaire est recommandé. Conjointement, la présence de végétation contribue à l'amélioration la qualité de l'eau épurée. Ainsi, la gouvernance de l'environnement assure l'harmonie sociale à travers la structuration durable de l'environnement pour les perspectives agricoles.

Références

- Arenas-Sánchez A., Rico A. et Vighi M. (2016). Effects of water scarcity and chemical pollution in aquatic ecosystems: State of the art. *Science of The Total Environment* (572):390-403
- Ayers, R.S., and Westcot D.W. (1985). Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29 rev 1. FAO, UN, Rome 174p.
- Chapman D. (1992). Water quality assessments - A guide to use of Biota, Sediments and water in environmental monitoring – first Ed. Deborah Chapman. Great Britain at the University Press, Cambridge, 651p.
- CPEPESC. (2004). Poccusus et conséquences de la dégradation de la pollution organique. <http://www.cpepesc.org/PROCESSUS-et-CONSEQUENCES-de-la.html>.
- Chennafi H. (2012). Decadal evaluation of durum wheat water requirements to improve rainfed agriculture under semi-arid conditions. *Energy Procedia* (18): 896-904
- Chennafi H. (2016). Déficit d'écoulement sur les Hauts Plateaux Sétifiens. Méthodes de Coutagne et de Turc. *Revue Agriculture* (12): 68 – 72
- FAO. (1985). Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage, Paper 29, Rev. 1, FAO, 51p. Rome (Italy)
- García-Martínez L.J., Osornio-Berthet H.E., Solís-Correa U.J., López-Chuken J.C. Beltrán-Rocha I. D. Barceló-Quintal J. (2017). Determination of Hydrodynamics in Municipal Waste Water by a Lagoon System with Screens. *JPE* (3) : 330-343
- Geny P., Waechter P. & Yatchinovsky A. (1992). Environnement et développement rural. Guide de la gestion des ressources naturelles. Ed. Frison-Roche, 418p.
- Rejsek F. (2002). Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques. ED. CRDPA, Bordeaux 151p.

- Rodier J, C, Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur, H. E T Rodi, L., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Dunod, Paris. 1383p.
- Gomella C., Guerree H. (1978). Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Ed. Eyrolles Paris, 262p
- Hamid Ch., EL Watik L., Ramchoun Y. & Allah R.F. (2014). Etude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia – Maroc. *Afrique Science* (10): 173 –183
- JORA. N 36. (2009). Décret exécutif N° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration, p 7.
- JARA. No.41. (2012). Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, p. 18-21
- Kang Y., Khan S. & Ma X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security. *Progress in Natural Science* (12): 1665–1674
- Marsault F., Naylor B. & Reigle A. (2013). Traitement et valorisation des eaux usées: l'exemple de la station de lagunage de Rochefort. Ed. CERES-ERTI. 12 p.
<http://www.environnement.ens.fr/IMG/Lagunage.pdf>
- Merghem K.A., El Halouani H., Alnedhary A.A., Dssouli K., Gharibi E., Qaid Alansi A., Nahmi A. (2016). Etude de l'impact des rejets d'eaux usées brutes et épurées sur la qualité de l'Oued Bani Houat (Bassin de Sanaa): Etude spatio-temporelle (Impact of raw and treated wastewater on quality surface water of Wadi Bani Houat (Sanaa Basin) Study spatial – temporal). *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (5) : 1516-1530
- Négrel P. & Rigollet C. (2011). Dynamique de l'eau, de l'érosion à la sédimentation. *Géosciences*, 2011, 13, pp.64-71.
- ONA. (2011). Système de Management Environnemental ISO 14001. Manuel environnemental. Doc, 41p. http://ona-dz.org/IMG/pdf/MANUEL_JUIN_2012.pdf
- ONA. (2017). Tableau de bord exploitation du mois d'octobre. Do., 30p.
<http://ona-dz.org/IMG/pdf/-18.pdf>
- Raven Rh., Berg L.R., & Hassenzahl D M. (2009). L'environnement. Ed. De Boeck. Bruxelles. 688 p.
- Becklake J.S. & Morzac L. (1990). La pollution. Ed. Gomma Jeunesse. Canada 36p.
- Rodier J. (1978). L'analyse de l'eau: eaux naturelles résiduaires, eaux de mer. Ed. Bordas. Paris 1136p
- Yangi Q., Liu Z. & Yang J. (2009). Simultaneous determination of chemical oxygen demand (COD) and biological oxygen demand (BOD₅) in wastewater by near-infrared spectrometry. *J. Water Resource and Protection* (4):286-289
- Zhang X., Francis W. Zwiars F., Li G., Wan H. & Cannon AJ. (2017). Complexity in estimating past and future extreme short-duration rainfall. *Nature Geoscience* (10): 255–259.