

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES EAUX USÉES TRAITÉES PAR LE SYSTÈME DE LAGUNAGE NATUREL D'EL ATTEUF ET PAR L'ARGILE NATURELLE D'EL MENIA

Meriem DJAANI¹, Zohra BABA AMER²

Notre étude s'intéresse au traitement des eaux usées urbaines par lagunage naturel d'El atteuf et par l'argile brute d'El menia. Nos résultats montrent que les eaux traitées par lagunage naturel ne répondent pas aux normes d'irrigation notamment la DCO, la DBO et la MES (la valeur de l'entrée supérieure à celle de la sortie à cause des algues). En revanche le traitement par l'argile brute permet de résoudre les problèmes obtenus dans le traitement par lagunage naturel et la qualité d'eau traitée utilisable à l'irrigation confortablement.

Keywords: Eaux usées urbaines, lagunage naturel d'El atteuf, l'argile brute d'El menia, eaux traitées, irrigation

1. Introduction

L'homme à besoin de l'eau pour ses activités et son développement. En revanche l'eau douce ne représente que 2.53 % de toute l'eau de la planète et seule l'eau douce soutient la vie terrestre [1].

D'autre part les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...), en particulier dans les pays en développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires concomitants [2] et les déversements des eaux usées brutes ou mal épurées sont générateurs de pollution des eaux souterraines et de surface [3]. La protection de l'environnement est depuis longtemps devenue un enjeu économique et politique majeur; pour cela de nombreux pays traitent les eaux usées par différentes techniques afin de la réutiliser dans de nombreux domaines en particulier pour l'irrigation et d'autres pour protéger et préserver les eaux souterraines et l'environnement.

¹ PhD Candidate. Laboratoire de Mathématiques et Sciences Appliquées (L M S A), Faculté de science et technologies, Université de Ghardaïa, Algérie, e-mail: djaameriem@gmail.com / djaani.meriem@univ-ghardaia.dz

² PhD, Laboratoire de matériaux, technologie des systèmes énergétiques et environnement, Faculté de science et technologies, Université de Ghardaïa, Algérie.

Ghardaïa l'une des plus grandes wilayas de sud d'Algérie, c'est une région aride elle s'étend sur une superficie de 84.660 Km², avec une population totale estimée à 363 598 habitants, soit une densité de 4.3 habitants par Km², elle compte 13 communes [4]. La plupart des citoyens vivent dans des vergers et pratiquent des activités agricoles et utilisent les eaux souterraines à leurs activités. Donc la nature du climat, la pollution de l'eau et la rareté des eaux souterraines nous ont incités à rechercher des solutions permettant de réduire l'utilisation de l'eau souterraine par les agriculteurs à l'irrigation.

L'objectif de notre étude est de traiter les eaux usées domestiques qui sont rejetées directement dans le milieu récepteur sans traitement préalable par l'argile brute (matière disponible dans la plupart des communes de wilaya) et de faire une comparaison entre le traitement par l'argile brute et par système lagunage naturel pour cela nous avons étudié la qualité physico-chimique de l'eau usée avant et après traitement, pour déterminer la validité de leur utilisation.

2. Materials and methods.

a) Protocole expérimental et préparation des échantillons

Pour étudier la performance épuratoire de la STEP de kef Eddouken qui traite les eaux usées des trois Daïras (Ghardaïa (chef-lieu de la wilaya), Bounoura et Daya Ben Dahoua et El Atteuf) et qui se caractérise par un débit moyen d'eaux usées : 46 400 m³/jour; les échantillons ont été prélevés au niveau des trois points suivants : l'entrée (eau brute), répartiteur secondaire et la sortie de STEP. Ensuite pour une étude comparative entre le traitement par lagunage naturel et par l'argile ; nous avons traité l'eau entrant à la STEP par l'argile d'El Menia. L'échantillon est préparé à raison de 100 mg/l et nous avons fait un 'étude pendant trois jours (Photo.1), les échantillons obtenus à la fin sont:



Photo.1. Présente les échantillons eau brute (E) et eau avec l'argile brute pendant trois jours (AB_{1j}, AB_{2j} et AB_{3j}) (DJAANI, 2018).

- Eau usée brute (E).

- Eau au niveau répartiteur secondaire (R).
- Eau de rejet final (eau traité par lagunage naturel) (S).
- Eau usée brute traitée par argile brute pendant un jour (AB_{1J}).
- Eau usée brute traitée par argile brute pendant deux jours(AB_{2J}).
- Eau usée brute traitée par argile brute pendant trois jours (AB_{3J}).

L'argile brute utilisée dans ce travail est une argile de couleur verte préparée comme suite:

Du point de vue pratique, le procédé de préparation consiste à broyer une masse donnée de 50g d'argile brute puis on la tamise l'objectif de cette dernière est l'élimination des impuretés .

b) Description du mécanisme de traitement par lagunage naturel

Les eaux entrantes à la STEP drainées vers le milieu récepteur par un écoulement gravitaire, sont soumises premièrement à un prétraitement (dégrilleur et déssableur), puis déversées par le répartiteur secondaire vers le traitement primaire qui contient 8 lagunes anaérobies alimentées en parallèle, de 3,5 m d'hauteur, les eaux stagnées dans les bassins pendant 3 jours; ensuite elles passent au traitement secondaire qui se caractérise par 8 lagunes aérobies de 1.5m d'hauteur alimentées en parallèle et un temps de séjour de 10 jours (Fig. 1).

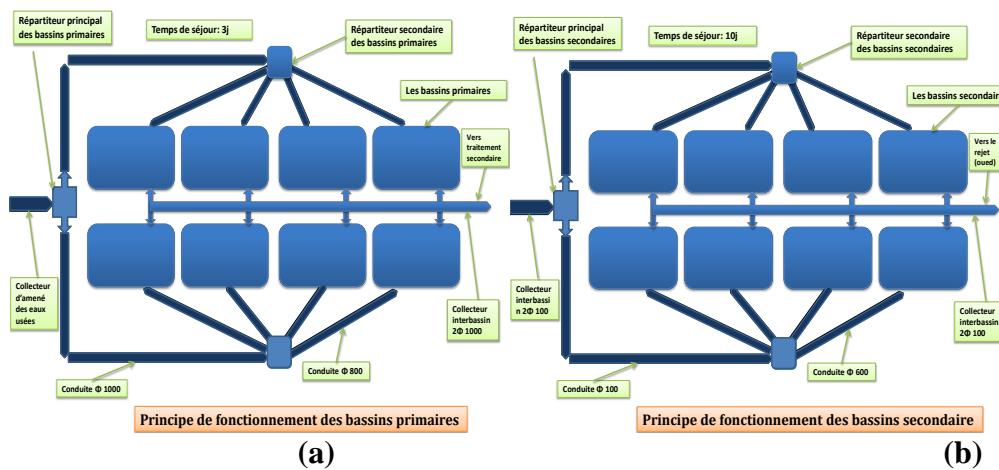


Fig. 1. Principe de fonctionnement des bassins primaires (a) et des bassins secondaires (b)

c) Procédure expérimentale

Les analyses ont été effectuée au laboratoire de l'université de Ghardaïa, les paramètres étudiés, les méthodes et le matériel analytique utilisé sont présentés dans le tableau 1

Tableau 1:

Les paramètres étudiés et les méthodes d'analyses

Paramètre	Méthode d'analyse	Unité	Référence de la méthode
Les analyses de l'eau			
Température (T) and pH	pH mètre WTW pH 3110	C° ; -	NORME NF T90-008
Turbidité (Tur)	Spectrophotomètre type AL 250T R	UNT	[5]
Conductivité (CE)	Conductivité mètre (lovibond con 200)	ms/cm	[5]
Matière en suspension (MES)	Filtration on filtre papier Whatman GF/C	mg/L	AFNOR T90-105
DBO ₅	Méthode instrumentale OxiTop, WTW	mg /L	AFNOR T 90 105
DCO	Méthode titrimétrique	mg /L	ISO 6060
Nitrite (NO ₂ ⁻)	Spectrophotométrique d'absorption moléculaire	mg/L	ISO 6777
Azote Ammoniacal (NH ₄ ⁺)	Méthode spectrophotométrique	mg/L	ISO 7150/1
Les analyses de l'argile			
Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage	-	-	(NFP 94-056 (Mars 96)
Analyse granulométrique par sédimentation	-	-	NFP 94-057 (Mai 92)
Le test au bleu de méthylène	-	-	NFP-94 068 (Novembre 1993)
La teneur en eau	-	%	NFP94-050 (Septembre 95)
La détermination des limites d'Atterberg	-	%	NFP94-051 (Mars 1993)

Les performances de purification ont été évaluées selon la formule suivante [6]:

$$Rendement(\%) = (C_E - C_S) \cdot 100 / C_E \quad (1)$$

Avec:

Concentration CE en eau brute en mg/L. Concentration CS en eau traitée en mg/L

3. Résultat et discussion

3.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Eau usée brute (E), eau au niveau répartiteur secondaire (R), eau de rejet final (S), eau usée brute traitée par argile brute pendant un jour (AB_{1J}), pendant deux jours(AB_{2J}) et pendant trois jours (AB_{3J}). Les valeurs de température de l'eau dans le traitement par lagunage naturel vont de 18.5 à 19 °C.

Les résultats de tous les paramètres sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2:
Caractéristiques des eaux usées brutes et des eaux traitées par lagunage naturel et argile naturelle

	E	R	S	AB _{1j}	AB _{2j}	AB _{3j}
pH	7,84	8,01	8,48	8,27	8,21	8,04
T (C°)	19	19	18,5	17,5	17,5	18,2
CE (ms/cm)	3,69	3,27	3,11	3,51	3,54	3,55
TER (UTN)	22,7	25	27,6	5,14	4,59	2,07
MES (mg/L)	70	87	90	25	18	15
DCO (mg/L)	203	230,4	137	224,64	74,88	74,88
DBO ₅ (mg/L)	161	169	94	165	55	28
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,96	1,32	0,68	0,24	0,56	0,04
NH ₄ ⁺ (mg/L)	19,08	28,68	32,18	0,02	0,02	0,04

Nous notons également que la température de l'eau traitée est toujours inférieure à celle enregistrée au niveau de l'eau brute, cette diminution est due à la stagnation de l'eau traitée dans les bassins, par contre, l'eau brute peut être due à l'utilisation d'eau chaude ainsi qu'au mouvement des eaux usées dans les canalisations d'égout qui augmentent sa température [7]. Pour le traitement par l'argile la valeur de température est inférieure à celle de lagunage naturel ; ces variation des valeurs sont liées aux conditions climatiques et expérimentales. Toutes les valeurs enregistrées répondent aux normes algériennes de rejet [8] et d'irrigation [9] et la norme internationale d'irrigation [10].

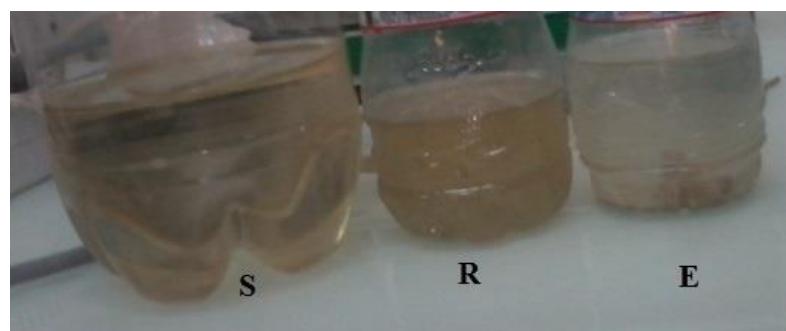
La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5 [11]. Concernant le traitement par lagunage naturel les valeurs mesurées variées entre 7.12 et 8.48, il y a une augmentation de pH de l'amant vers l'aval c'est ce que nous pouvons justifier par la photosynthèse, consommer le CO₂ dissous dans l'eau entraînant une alcalinisation, selon l'équation ci-dessous :



Pour l'eau traitée par l'argile les valeurs de pH scellent entre 8.02 et 8.27, on remarque une légère augmentation par rapport à l'eau brute, cela on peut le justifier par la diminution des teneurs de Ca et de Mg qui causera un effet d'alcalinisation et augmentera le pH; mais restent inférieures à celle du rejet final. La valeur de pH à l'entrée de STEP conforme avec la limite des normes algérienne de rejet [12]; même la valeur à la sortie de STEP et du traitement par l'argile répondent aux normes algériennes de protection du milieu récepteur et d'irrigation < 8.5 [8] [9].

Les valeurs enregistrées de conductivité électrique montrent une minéralisation excessive ($>1000 \mu\text{s}/\text{cm}$) de l'eau; les valeurs oscillant entre 3,1 et 3,78 ms/cm. La valeur maximale correspond à l'eau brute (l'eau domestique qui contient une concentration très élevée des sels), on remarque une diminution des CE au niveau du répartiteur secondaire et le rejet final due à la décantation des sels et la stagnation de l'eau dans les bassins pendant 13 jours ainsi la dégradation de la matière organique par les bactéries contribue à la production de sels nutritifs tels que l'azote et le phosphate; cela entraîne une augmentation de la conductivité électrique, suite à l'assimilation de ces sels par les algues, il peut y avoir une diminution de la conductivité [13]. Pour l'argile la valeur de CE reste presque stable durant les trois jours, mais elle est inférieure à celle de l'eau brute. D'après nos résultats les valeurs de CE enregistrées ne répondent pas aux normes nationales et internationales [9] et [10].

D'après les résultats présentés dans le tableau 2 la turbidité au niveau du rejet final est de 27.6 UTN supérieure à celle de l'entrée 22.7 UTN, cette augmentation due à la présence des algues dans les bassins de traitement primaire et secondaire qui apparaissent dans la couleur de l'échantillon (photo 1). L'effet de l'argile est remarquable (photo 2), des valeurs diminués à 2.07 UTN par l'argile brute avec des rendements très élevés 77%, 80% et 91% données par AB_{1J}, AB_{2J} et AB_{3J} respectivement. La diminution de la turbidité est due à la interception et fixation des particules, sur l'argile [14].



Phot. 2. Présente les échantillons à l'entrée de la STEP (E), le répartiteur secondaire (R) et à rejet final (S) (photo. M. DJAANI).

Les résultats obtenus en nitrites sont faibles, les concentrations comprises entre 0,04 et 1.96 mg/L. Les teneurs en nitrite données par lagunage naturel diminuées de l'amant vers l'aval, elles atteignent à 0,68 mg/L au niveau de la sortie de STEP avec un rendement d'élimination de 63%.



Phot. 3. Présente les échantillons : eau brute (E) et traitée par l'argile pendant trois jours (AB_{1j}, AB_{2j} et AB_{3j}) (photo. M. DJAANI).

D'après les résultats présentés dans le tableau 1 et concernant le traitement par l'argile brute une bonne réduction de nitrite était remarquée des rendements d'élimination allant jusqu'à 100%. Les nitrites ne représentent qu'une étape intermédiaire entre l'ammoniac et les nitrates dans le cycle de l'azote et s'oxydent facilement en nitrates; leur présence dans l'eau est donc rare et en petites quantités et la teneur en nitrites est assez variable selon l'origine des eaux [5]. Il convient également de noter que les concentrations obtenues à la sortie de STEP et durant les trois jours de traitement par l'argile sont conformes aux normes internationales pour l'eau d'irrigation selon l'OMS ($\text{NO}_2^- < 01 \text{ mg/L}$).

La concentration en azote ammoniacal données par lagunage naturel variait entre 19.08 et 32.2 mg/L et oscillait entre 0.02 et 0.04 mg/L pour le traitement par l'argile. La concentration de l'azote ammoniacale pour l'eau brute est 19.08mg/L, reste inférieur aux teneurs trouvées par lagunage naturel de sidi Senoussi (108,86 mg/L) et Emier Abdel Kadar (101,93 mg/L) [15], le NH_4^+ dans le traitement par lagunage naturel augmente mais il est inférieur à celles trouvées par les deux lagunes précédentes. La variation des teneurs de l'azote ammoniacal entre les eaux au niveau du répartiteur secondaire et du rejet final n'est pas très forte à cause de la transformation continue de la matière organique azotée en azote ammoniacal par un processus d'ammonification. Ces valeurs sont supérieures aux normes internationales d'irrigation selon FAO ($\text{NH}_4^+ < 02 \text{ mg/L}$). Selon les résultats de traitement par l'argile brute, l'abattement de l'ammonium est de 100% et nous avons obtenu de bons résultats après le premier jour de traitement, donc l'élimination de l'azote ammoniacal par l'argile brute est très efficace, les valeurs abstenues répondent à la norme des eaux destinées à l'irrigation selon FAO.

La quantité de la matière en suspension des eaux usées brutes est 73mg/L cette valeur est due à la qualité des eaux entrant à la STEP et elle est inférieure à la valeur limite spécifique de rejet applicables aux déversements d'eaux usées des

agglomérations urbaines (150mg/L) [16], pour les eaux traitées la valeur de MES est 91mg/L, d'après nos résultats on remarque que les concentrations augmentent de l'amant vers l'avale, on justifie cette augmentation par la présence des algues, ceci est indiqué par la couleur des échantillons où le vert apparaît dans le répartiteur secondaire et dans le rejet final. Ces concentrations sont supérieures à la plage normale des charges admissibles par la réglementation (30mg/L) [8] [9]. D'après nos résultats les valeurs de MES sont proportionnelles avec la turbidité. La concentration des MES varie entre 15mg/L et 25 mg/L pour le traitement par argile brute, le rendement d'élimination augmente il est plus élevé après le troisième jour 79% la réduction de MES est due à la fixation des particules sur l'argile [14]. Les résultats obtenus par l'argile répondent aux normes nationales et internationales d'irrigation

Les valeurs de pollution organique exprimées en DBO_5 présentent des variations non négligeables entre les différentes campagnes de prélèvements. La valeur de DBO_5 pour l'eau brute est 161mg/L, cette valeur reste supérieur à la valeur limite spécifique de rejet (120mg/L) [16] mais restent dans la plage des références pour les eaux usées domestiques (100 à 400 mg/L) [17]. pour l'eau au niveau du répartiteur secondaire et du rejet final est de 191mg /L, 94 mg/L respectivement avec un rendement d'élimination de 42%, l'augmentation de DBO_5 dans le répartiteur secondaire due à l'abondance de la matière organique, l'origine de cette dernière sont les algues, la diminution de DBO_5 dans le rejet final due à la dégradation de la matière organique par les bactéries aérobies (les bassins de traitement secondaires). Les valeurs de la DBO_5 de rejet final sont supérieures aux normes algériennes de rejet (40 mg/L) et à celles de l'OMS (<30 mg/L). La DBO_5 dans le traitement par l'argile augmente après le premier jour de traitement, on peut l'interpréter par la présence de la matière organique dans l'argile brute, en revanche une diminution de la demande biochimique en oxygène est remarquable après le deuxième et le troisième jour de traitement avec des rendements supérieurs à ceux de la STEP ils varient entre 62% et 79%. D'autre part la quantité de DBO_5 de l'eau traitée par l'argile brute(AB_{3j}) répond aux normes algériennes de rejet (40 mg/L) et à celles de l'OMS (<30 mg/L).

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, à travers la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale [5]. Les valeurs de la DCO à l'entrée est 203 mg/L, cette valeur très élevée est due à l'origine des eaux entrants à la STEP qui sont des eaux domestiques (linge, vaisselle et eaux usées) sont généralement chargées de substances plus ou moins biodégradables, produits de nettoyage, désinfectants et agents de détartrage ainsi que des engrains, des pesticides. Ces eaux peuvent également contenir des polluants cosmétiques et médicinaux, ainsi cette valeur reste dans la plage de référence pour les eaux usées domestiques (300 à 1000 mg/L) [17]. Pour les eaux traitées la valeur enregistrée

est 137 mg/L, la valeur de rejet final nous montre un abattement atteint à 33%, mais elle ne répond pas aux normes d'irrigation (90mg/L) [9] et [10]. Les valeurs de la DCO présentent une variation non négligeable au cours les jours de traitement par l'argile, la DCO augmente après le premier jour de traitement par l'argile l'augmentation de DCO est due à la présence de la matière organique l'origine de cette dernière est l'argile lui-même, en outre elle diminue dans le deuxième et le troisième jour et donne des rendements variés entre 63% et 80%. Les valeurs de traitement par l'argile (AB_{2j} et AB_{3j}) sont inférieures à la norme nationale et internationale d'irrigation (90mg/l) [9] et [10].

3.2. Caractéristiques de l'argile utilisée

A partir des résultats obtenus par le traitement par l'argile et pour une étude complète il est nécessaire de décrire, caractériser et de classifier l'argile utilisée dans notre étude, Cela peut être accompli par l'analyses granulométrique et la diffraction de rayon X. Les analyses granulométriques par tamisage à sec après lavage et par sedimentation nous permettent de réaliser le graphe présenté dans la Fig. 1 qui montre que notre argile est constituée de 1% de sable fin, 29% de limon et 70% d'argile.

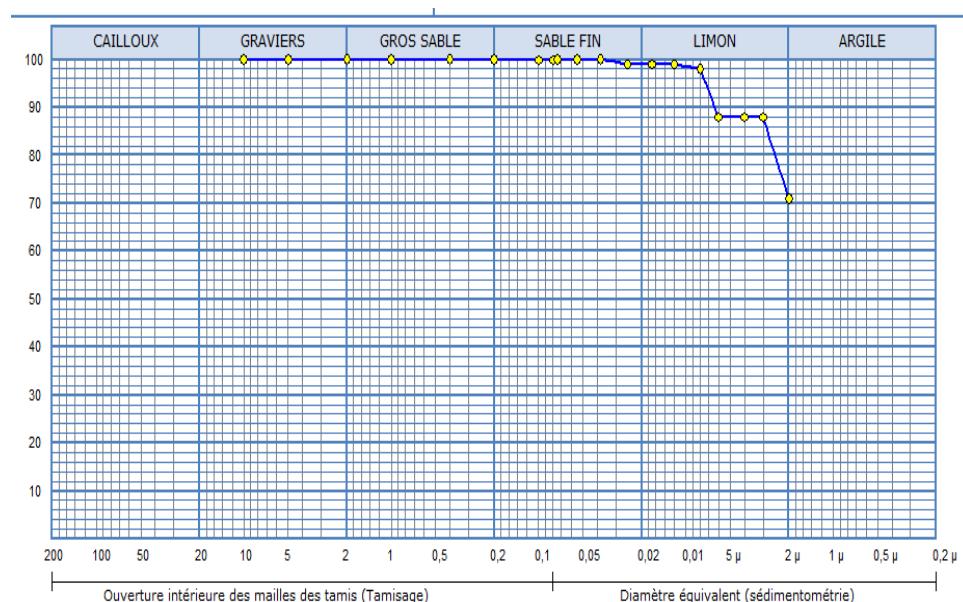


Fig. 2. Distribution granulométrique de l'argile brute

En revanche les essais suivants: la détermination de la teneur en eau, l'essai au bleu de méthylène et la détermination des limites d'Atterberg donnent une limite de liquidité de 104.24% et une limite de plasticité de 42.66% avec un indice de plasticité de 61.58% ; ces résultats nous ont permis à la fin d'établir

l'abaque de casagrande qui a classé notre argile comme un argile très plastique (Fig. 1).

La Fig. 2 montre les diffractogrammes du l'échantillon d'argile brute utilisé dans notre étude.

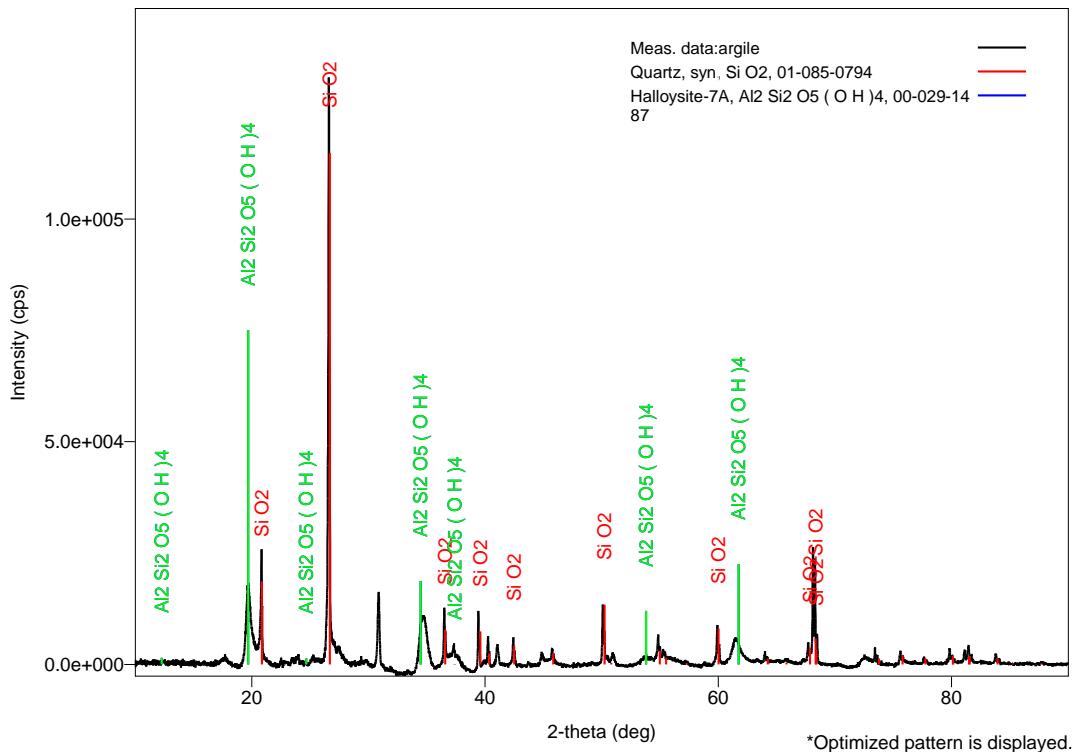


Fig. 3. Diffractogramme DRX de l'argile

Les spectres obtenus indiquent que cette argile est bien cristallisée et les pics sont étroits et rectilignes. Les diagrammes de diffraction des rayons X de la Fig. 2 montrent que l'échantillon est dominé par le quartz [SiO₂] et l'halloysite [Al₂Si₂O₅(OH)₄].

Comme le montre la Fig. 2, le quartz et l'halloysite présentent un pic net à 2 θ de 20° et de 27.5° respectivement, l'augmentation de l'intensité du pic correspondant au quartz due à la diminution du pic d'halloysite.

Nous pouvons ainsi noter que l'argile présente un pic caractéristique correspond à un angle 2 θ de 12.5°. Cette valeur est proche de celles obtenues dans d'autres travaux réalisés sur la bentonite [18].

4. Conclusions

L'étude a été effectuée en premier lieu à fin de caractériser les effluents bruts et traités par lagunage naturel et l'eau traitée par l'argile brute.

La station de Kef Eddoukhen a considérablement réduit les différents types de pollution grâce à ses performances épuratoires. Les réductions de la DCO et la DBO₅ sont respectivement (33 % et 42 %), mais la concentration de DBO₅ reste supérieure à la norme nationale d'irrigation 30mg/l , en revanche on remarque que la teneur de MES et NH₄⁺ reste très élevée, des valeurs enregistrées supérieures aux les limites autorisées, l'augmentation des ces concentrations sont dues à la forte présence des algues dans les bassins où la couleur de l'eau traitée apparaît en vert et pour résoudre ce problème nous recommandant ont la mise en place un système de traitement tertiaire, nous proposons aussi des bassins de filtration (exp : filtration sur gravier).

Le traitement par l'argile brute permet de réduire les problèmes de traitement par lagunage naturel (réduire la concentration de nitrate, l'azote ammoniacal, la DBO₅ et MES). La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par le traitement chimique dans la station d'épuration montre que le traitement des eaux usées par les procédés naturels est plus efficace ce elle par suite donne une qualité d'eau traitée utilisable à une irrigation non-restrictive (culture de produits pouvant être consommés crus).

R E F E R E N C E S

- [1]. *T. Lefèvre*, La répartition de l'eau sur la Terre , Planète viable, 2013.
- [2]. *S. Amir*, Contribution to the valorization of sewage sludge by composting: becoming metallic and organic micropollutants and humic balance of compost, PhD thesis, The National Polytechnic Institute of Toulouse, 2005.
- [3]. *J. Rouhart*, “The purification of domestic wastewater”, in The CEBEDEAU Tribune., **Vol 39**,1986, pp 513-514,
- [4]. *National Agency for Intermediation and Land Regulation*: Monograph of the Ghardaia Wilaya, Algeria, 2011
- [5]. *J. Rodier*, L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9 th ed. Dunod, Paris, France, 2009.
- [6]. *B. Hammadi, A.A. Bebba and N. Gherraf*, “Degradation of organic pollution aerated lagoons, in an arid climate: the case of treatment plant of Ouargla (Algeria)”, in Acta Ecol Sinica, **Vol 36**, no 4, Aug 2016, pp. 275-279
- [7]. *C.M. Manaia, J. Rocha, N. Scaccia, R. Marano, E. Radu, F. Biancullo, F. Cerqueira, G. Fortunato, IC. Iakovos, I. Zammi., I. Kampouris, I. Vaz-Moreira and OC. Nunes*, “An antibiotic resistance in wastewater treatment plants: tackling the black box”, in Environ Int **Vol. 115**, Jun.2018, pp.312–324.
- [8]. *JORA*, Journal officiel de la république algérienne, no. 26 .2006
- [9]. *JORA*. Journal officiel de la république algérienne, no. 41. 2012
- [10]. *Food and Agriculture Organisation*, L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le proche orient et l'Afrique du Nord, 2003.
- [11]. *Ouafae El Hachemi*, Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig): performances épuratoires et aspect phytoplanctonique, PhD Thesis, Université Mohammed Premier, 2012
- [12]. *JORA*,Journal officiel de la république algérienne, no.9. 2009

- [13]. *O. El Hachemi, A. El Halouani, M. Meziane, A. Torrens, M. Salgot, M. Sbaa M* , “ Study of the purification performances in a sewage treatment station by lagooning in desert climate (Oasis of Figuig-Morocco): bacterial and organic aspect”, in Rev Microbiol Ind San et Environ, **Vol 6**, no 1, pp 84–97, 2012
- [14]. *B. Chachuat*, Treatment of concentrated effluents by crops fixed on gravel, DEA report, ENGEESCEmagref, France, 1998
- [15]. *M. Chachoua, A. Seddini*, “Study of the quality of purified water by natural lagooning in Algeria”, in Africa SCIENCE, **Vol 9**, no 3, pp113 - 121, 2013
- [16]. **Official Bulletin**, Fixing the specific limits for domestic discharge, no 5448, 2006.
- [17]. *R. Bremond and C. Perrodon.*, Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 2édition, Paris, France, 1979
- [18]. *A. Ouakouak*, Élimination du cuivre, des nitrates et des phosphates de l'eau par adsorption sur différents matériaux. Spécialité: Hydraulique urbaine et urbanisme, Université Mohamed Khider, Biskra, 2017.