



UNIVERSITE D'ORAN 2
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de master
Science de la terre
Option : Hydrogéologie

PERFORMANCES EPURATOIRES ET QUALITE DES EAUX
USEES TRAITEES DE LA STATION D'EPURATION DE
TOUGGOURT

Présenté par :
Mr. DAOUD Abderrahman et Mr. MEHANI Saïd

Devant le jury composé de :

Mr. BAICH .A
Mme. ABLAOUI .H
Mr. HAYANE .SM

Président, Professeur
Examineur, MCA
Encadreur, Professeur

Université d'ORAN
Université d'ORAN
Université d'ORAN

Année 2019

Résumé

Les eaux usées urbaine contiennent une quantité importante de polluants, et de ce fait elles devraient donc être traitées au niveau d'une station de traitement des eaux usées avant d'être réintroduites dans le milieu naturel, afin limiter les dangers et de pollution de l'environnement d'autre part, a fin de réutiliser ces eaux épurées dans le domaine agricole et industriel.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration de la commune de Touggourt qui fonctionne avec le procédé de traitement par des boues activées en vue d'une utilisation pour protéger l'oued Righ, en ciblant le suivi de l'ensemble des paramètres physico-chimiques sur une série de données de sept ans 2012/2018.

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 95% des matières en suspension (MES). Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) sont respectivement de 89% et de 90 %. Par contre l'élimination des (nitrites (NO₂-), nitrates (NO₃-) et des phosphates (PO₄³⁻)) est très faible. Notre étude montre que la STEP de Touggourt a un bon fonctionnement dans l'ensemble mais elle rencontre certains problèmes au niveau du Bassin de clarification qui provoque l'augmentation de certaine concentration.

Mot clé : Eaux usées, boues activées, STEP de Touggourt, Performance.

Abstract

Urban waste water contains a significant amount of pollutants, so it should be treated at the wastewater treatment plant before being reintroduced in the natural environment, on the one hand, to limit the dangers and serious environmental consequences, on the other hand, to re-use these purified waters in the field of agriculture and industrial.

The objective of this work is to evaluate the purification performances and the yields of the purification plant of the commune of Touggourt, which works with by targeting the treated by an activated sludge process aimed to protect the owed Righ monitoring of all physic-chemical parameters on a seven years data series (2012-2018).

The results present satisfactory outputs purifying 95 % of the suspended matter (MES). The outputs of the chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD5) are respectively 89% and 90 %. The elimination of NO₂-, NO₃- and PO₄³⁻ is very weak. Our study shows that the station of purification (STEP) Touggourt has a well performance, but it faces some technical problems in clarification basins that cause some concentration.

Key words: waste water, activated sludge, STEP of Touggourt, performance.

الملخص

تحتوي مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية على كميات كبيرة من الملوثات المتسببة في تغيرات المحيط البيئي، لذا يجب ان تعالج في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، قبل ان تعاد الى الوسط البيئي من جهة المحافظة عليه من مخاطر التلوث ومن جهة أخرى، لإعادة استخدام هذه المياه المطهرة في عدة مجالات ومن بينها مجال الزراعة والصناعة. الهدف من هذا العمل هو تقييم ودراسة اداء وفعالية التطهير لمياه الصرف الصحي لمحطة توقرت التي تعمل بطريقة الحماية النشطة حيث ان مراقبة سير المحطة يتضمن دراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية على شكل سلسلة من البيانات لمدة سبعة سنوات من عمل المحطة 2018/2012.

أظهرت النتائج عوائد التنقية مرضية 95 بالمئة من المواد العالقة، اما بالنسبة لمعدل تخفيض الاكسجين الكيميائي والبيولوجي خلال 5 أيام هو على التوالي 89 و90%. ولقد أظهرت دراستنا السير الحسن للمحطة وذلك رغم وجود بعض المشاكل التقنية في احواض الترسيب التي تتسبب في ارتفاع بعض التراكييز.

الكلمات المفتاحية: الصرف الصحي، الحماية النشطة، محطة معالجة مياه الصرف الصحي بتوقرت، فعالية.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mes frères et mes amis, mes camarades de (ITMA), toute la section d'hydrogéologie Que j'ai étudiée avec eux, Sans oublier mes grands-parents.

A toute ma famille, A mon binôme MEHANI Saïd et toute la famille KADARI et la famille ABBES et BENSAFIEDDIN. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

DAOUD ABDERRAHMAN



Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes soeurs et mon frère (Lazhar), pour les encourager.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements à ma famille. Je remercie mon ami Etaleb mohammed, son ouvrier mon binôme Daoud Abderrahman.

Enfin, je remercie mes amis (Kanoun Hichem, Med Amine, ramadan, Abdelhakim, Salhi, Ali). Leur soutien et leurs encouragements inconditionnels ont été d'une grande aide. Toute la promotion Master II Hydrogéologies (2018-2019).

MEHANI SAID



Remercîment

Cette mémoire est rendue possible grâce à l'aide des nombreuses personnes auxquelles nous souhaitons exprimer notre gratitude.

Tout d'abord, il faut dire « Louange à Allah qui nous a bien guidés vers cela. Et nous n'aurions jamais été si bien guidés si Allah ne nous avait pas guidés ».

*Nous tenons à remercier Mr. **HAYANE Mohammed** Pour leur consentement à nous encadrer. Que leur aide constante a contribué au bon développement de ce travail.*

*Nous témoignons notre profonde gratitude à Mr **BAICH A.** qui a bien voulu présider le jury. Ils nous ont été d'une précieuse aide durant notre formation d'hydrogéologie. Notre reconnaissance va également à Mme **ABLAOUI H.**, d'avoir accepté de faire partie du jury. Nous voulons aussi marquer notre reconnaissance à Mr. **FOKRACHE**, et Mme **MEBROUK**, les professeurs qui nous ont enseigné, toute l'équipe pédagogique du département (STU).*

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à tous les ingénieurs de service de l'assainissement, toute l'équipes de la direction d'hydraulique de la Wilaya de OUARGLA, toutes les ingénieures et le chef de la station d'épuration Touggourt et le chef de laboratoire, les hydrologues de la direction d'hydraulique da la Wilaya d'Oran.

Table des matières

<i>Introduction générale</i>	1
CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées	3
I.1. Introduction	4
I.2. Définition des eaux usées	4
I.3. Les principaux rejets polluants	4
I.3.1. Eaux usées domestiques	4
I.3.2. Eaux usées industrielles	4
I.3.3. Les eaux usées pluviales	4
I.3.4. Les eaux usées agricole	5
I.3.5 Les eaux de drainage	5
I.4. La pollution des eaux usées	5
I.4.1. Pollution minérale	5
I.4.2. La pollution microbiologique	5
I.4.3. Pollution chimique	6
I.4.4. La pollution physique	6
I.4.5. Pollution par le phosphore	6
I.4.6. Pollution par l'azote	6
I.5. Les paramètres de pollution	6
I.5.1. Paramètres organoleptiques	6
I.5.2. Les paramètres physiques	6
I.5.3. Paramètres chimiques	7
I.5.4. Les paramètres bactériologiques	9
I.6. L'équivalent habitant (EH)	10
I.7. Normes internationales	10
I.8. Normes Algériennes	11
I.9. Définition de l'épuration	13
I.10. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées	13
I.11. Rôle des stations d'épuration	14
I.12. Procédés d'épuration des eaux usées	14

I.12.1. Prétraitement	14
I.12.2. Le traitement primaire (décantation primaire).....	16
I.12.3. Le traitement biologique.....	17
I.12.3.1. Procédés biologiques extensifs	17
I.12.3.1.1. Le lagunage (culture libre)	17
I.12.3.2. Procédés biologiques intensifs	18
I.12.3.2.1. Disques biologiques (cultures fixées)	19
I.12.3.2.2. Lits bactériens (cultures fixées) :	19
I.12.3.2.3. Les boues activées :	20
I.12.4. Décantation secondaire.....	22
I.12.5. Le traitement tertiaire.....	23
I.12.6. Le traitement des boues	24
I.13. Conclusion	25
CHAPITRE II : <i>Présentation de la station et de la zone d'étude</i>	26
II .1. Introduction :	27
II .2. Présentation de la ville de Touggourt :	27
II .3. Localisation géographique.....	27
II .4. Climatologie de la région	28
II .4.1. La température	29
II .4.2. L'humidité de l'air	29
II .4.3. L'insolation	30
II .4.4. Le vent	31
II .4.5. La pluviométrie	32
II .4.6. L'évaporation	33
II .5. Hydrologie de surface	34
II.6. La géomorphologie et la Topographie de la région.....	35
II .7. Géologie de la région.....	35
II .7.1. Quaternaire	35
II .7.2. Tertiaire	35
II .7.2.1. Mio-Pliocène	35
II .7.2.2. Eocène inférieur carbonaté.....	35

II .7.3. Secondaire	35
II .7.3.1. Sénonien	35
II .7.3.2. Turonien	35
II .7.3.3. Cénomaniens	36
II .7.3.4. Albien	36
II .8. Hydrogéologie de la région	36
II .8.1. Présentation des nappes :	36
II .8.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI)	37
II .8.3. Nappe du Complexe Terminal (CT)	37
II .8.3.1. La nappe de sable (Mio-Pliocène) :	38
II .8.3.2. La première nappe de sable :	38
II .8.3.3. La deuxième nappe de sable :	38
II .8.3.4. La nappe de calcaire (sénonien carbonaté) :	38
II .8.4. Nappe phréatique :	38
II .9. Station d'épuration de Touggourt	39
II .9.1. Données techniques	39
II .9.2. Etapes de traitement	40
II .9.3. Equipement de la station	40
II .9.3.1. Dégrillage mécanique	40
II .9.3.2. Epuration biologiques	41
II .9.3.3. Clarification	41
II .9.3.4. Epaisseur de boues	42
II .9.3.5. Retour des boues	42
II .9.3.6. Lits de séchage des boues	43
II .9.3.7. Laboratoire	43
II .10. Conclusion	44
CHAPITRE III : Matériels et méthodes	45
III.1. Introduction	46
III.2. Prélèvement et échantillonnage	46
III.3. Analyses physico-chimiques	48
III.3.1. Température	48

III.3.2. PH	48
III.3.3. Conductivité	49
III.3.4. Oxygène dissous	50
III.3.5. Matière Insoluble Décantable (M.I.D).....	51
III.3.6. Paramètres par Spectrophotomètre DR3900	52
III.3.6.1. Les matières en suspension et la Turbidité	52
III.3.6.2 Demande chimique en oxygène (DCO)	52
III.3.6.3. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	54
III.3.6.4. Nitrates (N-NO3).....	55
III.3.6.5. Azote ammoniacal	55
III.3.6.6. Nitrite	56
III.3.6.7. Le phosphore	56
III.3.7. Test de décantation	56
III.3.8. La siccité	57
III.4. Conclusion	58
Chapitre IV : Résultats et Discussion	59
IV.1. Les résultats d'analyses physicochimiques	60
IV.1.1. La demande biochimique en oxygène	60
IV.1.2. La demande chimique en oxygène	62
IV.1.3. Les MES.....	63
IV.1.4. Les nitrites	64
IV.1.5. Les nitrates	66
IV.1.6. Les orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	68
IV.1.7. Le pH	69
IV.1.8. La température.....	71
IV.1.9. La conductivité.....	72
IV.2. Les résultats d'analyses microbiologiques	74
IV.3. Performance de la STEP, paramètres analysés à l'entrée et sortie	74
IV.3.1. Evaluation de la pollution organique des eaux usées	74
IV.3.1.1. La biodégradabilité (K)	74
IV.3.1.2. Rapport DBO5/DCO	75

IV.4. Conclusion.....	76
IV.5. Perspectives et recommandation pour diminuer la pollution des eaux : ..	77
<i>Conclusion générale</i>	78

Liste des figures

Figure .1 : Schéma d'un dégrilleur.	15
Figure .2 : Photo d'un tamisage, (Hadjou Belaid Z, 2013).....	15
Figure .3 : Photo d'un dessableur.	16
Figure .4 : Photo d'un déshuileur-dégraisseur.	16
Figure .5 : Lagunage naturel.....	18
Figure .6 : Le principe d'un lagunage aéré.....	18
Figure .7 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques.	19
Figure .8 : Lit bactérien.....	20
Figure .9 : Boues activées à faible charge.	22
Figure .10 : décanteur secondaire « clarificateur »	22
Figure .11 : Limites administratives de la zone d'étude.....	27
Figure .12 : Localisation de la zone d'étude	28
Figure .13 : Répartition des températures moyennes mensuelles en (°C).	29
Figure .14 : Répartition des humidités moyennes mensuelles.....	30
Figure .15 : Répartition des Insolation moyenne mensuelle.	31
Figure .16 : Répartition des vitesses moyennes du vent.	32
Figure .17 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles.	32
Figure .18 : Répartition des Evaporation moyenne mensuelle.	33
Figure .19 : Hydrologie de la zone.	35
Figure .20 : Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT).	37
Figure .21 : Coupe hydrogéologique du Complexe T. de la région d'Oued-Righ sud.	39
Figure .22 : Positionnement de la station dans la commune de Tebesbest.	39
Figure .23 : Dégrilleur mécanique	40
Figure .24 : Bassin d'aération	41
Figure .25 : Décanteur	41
Figure .26 : Epaisseur.....	42
Figure .27 : Vis Archimède.....	43
Figure .28 : lit de séchage.	43
Figure .29 : prélèvement à l'entrée	47
Figure .30 : prélèvement à la sortie.....	47

Figure .31 : laboratoire de Touggourt	48
Figure .32 : Photo du pH mètre.....	49
Figure .33 : Photo du conductimètre portatif (LF 90).....	50
Figure .34 : Oxymétrie portatif (oxy 92).....	51
Figure .35 : Cônes D'imhoff	51
Figure .36 : Spectrophotomètre DR3900.....	52
Figure .37 : réactif à DCO	53
Figure .38 : Réacteur DCO mètre.....	53
Figure .39 : DBO mètre.....	54
Figure .40 : flacon à DBO.....	55
Figure .41 Variations mensuelles de la demande biochimique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).....	61
Figure .42 Variations annuelles de la demande biochimique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).....	61
Figure .43 variations mensuelles de la DCO d'eau brute et traitée (2017).....	62
Figure .44 variations annuelles de la DCO d'eau brute et traitée (période du 01/2012 au 12/2018).....	63
Figure .45 variation mensuelle de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).....	64
Figure .46 variation annuelle de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).....	64
Figure .47 Variation mensuelle des Nitrites (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie (2017).....	65
Figure .48 Variation annuelle des Nitrites (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).....	66
Figure .49 Variation mensuelle des Nitrates (NO₃⁻) à l'entrée et à la sortie (2017).....	67
Figure .50 Variation annuelle des Nitrates (NO₃⁻) à l'enté et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).....	67
Figure 51. Variation mensuelle des orthophosphates (PO₄⁻³) à l'entrée et à la sortie (2017).....	68
Figure 52. Variation annuelle des orthophosphates (PO₄⁻³) à l'entrée et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).....	69
Figure .53 Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).....	70
Figure .54 Variation annuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).....	71
Figure .55 variation mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).....	72
Figure .56 variation moyenne annuelles de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période de 2008 au 2017).....	72

Figure .57 : variation mensuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).....	73
Figure .58 : variation annuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).....	73
Figure .59 Variation mensuelle de la salinité à l'entrée et à la sortie de la STEP Error! Bookmark not defined.	
(2017).....	Error! Bookmark not defined.
Figure .60 Variation annuelle de la salinité à l'entrée et à la sortie de la STEP Error! Bookmark not defined.	
(Période du 01/2012 au 12/2018).	Error! Bookmark not defined.
Figure. 61 : La variation de rapport DCO/DBO5 l'année 2017.....	75
Figure. 62 : La variation de rapport DCO/DBO5 entre les deux années 2012 et 2018. ...	75
Figure. 63 : La variation de ratio DBO5/DCO l'année 2017.....	76
Figure. 64 : La variation de ratio DBO5/DCO entre les deux années 2012 et 2018.	76

Liste des tableaux

Tableau .1 : Normes de rejets internationales	11
Tableau .2 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur	11
Tableau.3 : Températures moyennes mensuelles (station sidi mahdi) de 2008-2017	29
Tableau.4 : l'humidité moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017 [2].....	29
Tableau.5 : Insolation moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.....	30
Tableau.6 : vitesse moyenne du vent (station sidi mahdi) de 2008-2017.	31
Tableau.7 : la pluviométrie moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.	32
Tableau.8 : Evaporation moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.....	33
Tableau.9 : Types des réservoirs hydrogéologiques du Sahara Algérien.	36
Tableau.10 : Matériel utilise au niveau de laboratoire.....	43
Tableau.11 : Relation entre l'indice de boue et la décantation des boues.....	57
Tableau.12 : Etat physique des boues.	57

Liste des abréviations

ONA : Office national de l'assainissement

STEP : Station d'épuration des eaux usées

CE : Conductivité électrique

DBO5 : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

MVS : Matière volatiles en suspension

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PH : Potentiel d'hydrogène

SC : Simple concentration

DC : Double concentration

SS : Milieu *Salmonella shigella*

Introduction générale

Depuis ces dernières décennies, l'humanité est de plus en plus consciente du danger menaçant la planète suite à la grande croissance démographique et aux énormes progrès technologiques qui engendrent l'insalubrité de l'environnement.

L'eau, ou autrement dite l'or bleu, constitue de nos jours un grand problème touchant la globalité de la terre. Les prélèvements d'eau douce ont en effet triplé depuis 50 ans et les zones irriguées ont doublé pendant la même période. Ce phénomène de fond est notamment lié à la croissance de la population. Aujourd'hui, elle augmente de près de 80 millions de personnes chaque année. Cela se traduit par une demande supplémentaire en eau de 64 milliards de mètres cube par an. Pour ça, il faut alors la préserver par tous les moyens possibles : diminution du gaspillage ; réutilisation des eaux usées et introduction de ces dernières dans des techniques spéciales de recyclage.

Dans les régions arides et semi-arides comme l'Afrique du Nord, la croissance de la population ainsi que le développement économique ont accentué la pression sur les ressources en eau qui sont déjà limitées. Le risque de pénurie d'eau est en effet très élevé dans cette région. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable pour avoir accès à cette ressource et la sécheresse qui a touché la région ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. La pénurie d'eau est devenue un problème crucial vécu par toutes les sociétés et en particulier par celles des pays du Maghreb et de l'Algérie. En Algérie, le déficit en eau est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises partant d'hypothèse et usant de méthodologies différentes qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à une pénurie quasi endémique (Laborde et al, 2003). Face à ce problème, la gestion active des aquifères est l'un des instruments stratégiques capables de susciter et d'accompagner les évolutions et les changements dans la perspective d'un environnement durable (Detay, 1997). Les outils les plus performants actuellement pour l'aide à la prise de décision sont les modèles de simulation mathématique qui permettent de visualiser clairement les conséquences vraisemblables d'une variation quantitative ou qualitative du flux d'eau souterrain à la suite d'une modification des apports ou des prélèvements. (Conférence Ministérielle Euro-méditerranéenne sur la gestion de l'eau, 1996).

La réutilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation des effluents urbains est pratiquée.

La Tunisie par exemple a une politique nationale de valorisation de cette catégorie des eaux.

En Algérie, ce domaine n'est pas très développé, et le dispositif mis en place ne permet pas d'atteindre les perspectives voulues pour faire face aux problèmes émanant des eaux usées.

Dans ce travail, ayant pour objectif de contribuer à la connaissance de la pollution hydrique sur l'environnement, nous essayons de projeter la lumière sur le volet épuration des eaux usées via quelques analyses. Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi un site d'étude qui est la station d'épuration des eaux usées de Touggourt (S.T.E.P Touggourt).

La STEP de Touggourt reçoit divers types de pollutions véhiculées par les divers rejets liquides dans le réseau d'assainissement, rejets généralement d'origine domestique (urbaine), seulement et compte tenu de l'existence de diverses unités industrielles surtout celles ne disposant pas de système d'épuration appropriés, on constate au vu des résultats des analyses physico-chimique et de pollution, l'existence d'une pollution d'origine industrielle.

Les sources de ces rejets sont d'ordre domestique et industriel. Leur impact varie selon la composition des matières rejetées d'une part, et selon la réaction entre les éléments et leur propagation dans le réseau d'assainissement d'autre part. Ces rejets sont la source d'impacts négatifs sur la bonne marche du processus d'épuration (boues activées) dans la STEP de Touggourt, sur l'environnement en général et sur les diverses infrastructures hydrauliques stratégique dans la région.

Ainsi une étude des paramètres caractéristiques de ces rejets s'impose et ce, en vue de l'élaboration d'une enquête de pollution dont l'objectif est l'identification de la nature et l'origine des rejets (domestique et ou industriels) dans le réseau d'assainissement dont l'exutoire est la STEP de Touggourt.

Les analyses effectuées au laboratoire de la station ont le but de contrôler la qualité des eaux en amont et en aval de la station d'épuration, c'est-à-dire, avant et après traitement. Certains paramètres ont été mesurés pour déterminer la qualité biologique et chimique de ces eaux notamment La DBO5, la DCO, MES, pH, Nitrites, Nitrates, phosphore total, température et autres analyses microbiologiques.

Après la présentation de la région et du site d'étude, la réalisation de ce travail nécessite également un chapitre consacré aux différentes méthodes d'analyses, avant de s'étaler sur la présentation des résultats obtenus et discussion sur ces résultats.

CHAPITRE 01 :
Généralités sur les
eaux usées

I.1. Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...etc.)

Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites.

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel (THOMAS O, 1955).

Une eau est considérée comme « eau usée » lorsque son état, sa composition sont modifiés par les actions anthropiques dans une mesure telle qu'elle se prête moins facilement à toutes ou certaines des utilisations auxquelles elle peut servir à l'état naturel. Aujourd'hui on parle de plus en plus des notions d'eaux claires.

I.3. Les principaux rejets polluants

Les rejets sont de diverses origines classées en :

I.3.1. Eaux usées domestiques

Ces eaux sont constituées par les eaux usées ménagères provenant des usages domestiques (eaux de bain et de lessive) et les eaux vannes (urines et fèces). En général, ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produit d'entretiens ménagers. Elles présentent une bonne dérivabilité.

I.3.2. Eaux usées industrielles

Les eaux industrielles ou résiduaires véhiculent souvent des produits chimiques toxiques (Arsenic, acide sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds). Elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les êtres vivants.

I.3.3. Les eaux usées pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes : Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

I.3.4. Les eaux usées agricole

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau.

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides
- Apport de sulfate de cuivre de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes.

I.3.5 Les eaux de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais par suite de lessivage de terre perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.

I.4. La pollution des eaux usées

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution.

I.4.1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure...etc.).

I.4.2. La pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes, (Baumont S et al, 2004).

I.4.3. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

I.4.4. La pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries), (Vaillant J R, 1974).

I.4.5. Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire, (Rodier J, 2005).

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.

I.4.6. Pollution par l'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires.

L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

I.5. Les paramètres de pollution

I.5.1. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes.

b. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

I.5.2. Les paramètres physiques

a. Température

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O_2) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques.

La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau, (Laurence Bellon, 2001).

b. La turbidité

La turbidité, inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

c. Les matières en suspension (MES)

Exprimée en mg par litre, ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale, de plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques, (Regsek F, 2002).

d. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g/l). Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l) (Rodert Thomazeau, 1981).

e. Les matières minérales sèches (MMS)

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

f. Les matières décantables et non décantables

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques, (Gaid A, 1984).

1.5.3. Paramètres chimiques

a. Potentiel d'hydrogène

Sa valeur détermine un grand nombre d'équilibre physicochimique, la valeur de pH basse ou élevée altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9).

b. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies (Rodier J, 2005), elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l.

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines ;
- DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire ;
- DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles, (Suschka J, Ferreira E, 1986).

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation suivante : $MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3$

c. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie, pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, c'est la DBO5, (Suschka J, Ferreira E, 1986).

d. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux, elle est exprimée par un coefficient K avec $K=DCO/DBO5$:

- Si $K < 1.5$, cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- Si $1.5 < K < 2.5$, cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2.5 < K < 3$, les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $k > 3$, les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures... etc.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physico-chimique, (Metahri Mohammed Saïd, 2012).

e. Carbone total organique (COT)

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous. Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon.

f. Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l, (Ladjel F, 2006).

g. La conductivité électrique (CE)

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau), elle s'exprime en $\mu\text{Sm/cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm , la mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau, (Desjardins Raymands, 1997).

h. L'azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, Les formes de l'azote dans les eaux usées sont :

- L'azote total de Kjeldahl (NTK).
- Les nitrates (NO_3^-).

- Et les nitrites (NO₂⁻).

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation.

Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel, (Cherki F, Et Hesses H).

- **L'azote kjeldahl**

L'azote kjeldahl= Azote ammoniacal+ azote organique, (Gaid A, 1984).

- **L'azote organique**

L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines, (Cherki F, Et Hesses H).

- **L'azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺, en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate, (Cherki F, Et Hesses H).

i. Le phosphore total

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes :

- D'ortho-phosphate, soluble PO₄H₂.
- De poly-phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho-phosphate.
- De phosphore non dissous (Yahlatene S, Tahirim El Tladj, 2011).

I.5.4. Les paramètres bactériologiques

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Parmi les éléments pathogènes les plus rencontrés, on cite :

a. Virus :

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau.

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10³ et 10⁴ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel, (Pierre J, et al 1990), parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve *la poliomyélite, l'hépatite A*.

b. Protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau. Plus complexes et plus gros que les bactéries, ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes.

La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*, (Rodier J, 2005).

c. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau de taille comprise entre 0,1 et 10 µm. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷

bactéries par 100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les *salmonella* responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux, (Feraï C, 2000).

d. Helminthes

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréments des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée.

La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 103 œufs par litre. On peut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*, (Pierre J, et al 1990).

e. Coliformes totaux

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels. Les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau ne présente pas un risque pathogène.

f. Coliformes fécaux

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau, il faut en tout logique tenir compte de la présence plus ou moins importante de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli*, (POTLON J L, Et ZYSMAN K, 1998).

g. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille des *streptococcaceae*, ce sont des cocci généralement disposés en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif.

Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud, leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes, (Asano T, 1998).

I.6. L'équivalent habitant (EH)

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est censé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour, la quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP).

Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml.

I.7. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné, une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant, (CSHPF, 1995).

Tableau .1 : Normes de rejets internationales.

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

I.8. Normes Algériennes

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et Bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante, avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution, pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau I.2.

Tableau .2 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

PARAMÈTRES	UNITÉS	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01

Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

I.9. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable.

I.10. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux

Usées

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien.

I.11. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.

I.12. Procédés d'épuration des eaux usées

I.12.1. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval, ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particulaires les plus grossiers. Il comporte 4 parties principales :

a. dégrillage

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé. L'efficacité du dégrillage est fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille. On distingue :

- Pré dégrillage écartement 30 à 100 mm.
- Dégrillage moyen écartement 10 à 25 mm.
- Dégrillage fin par écartement 3 à 10 mm.

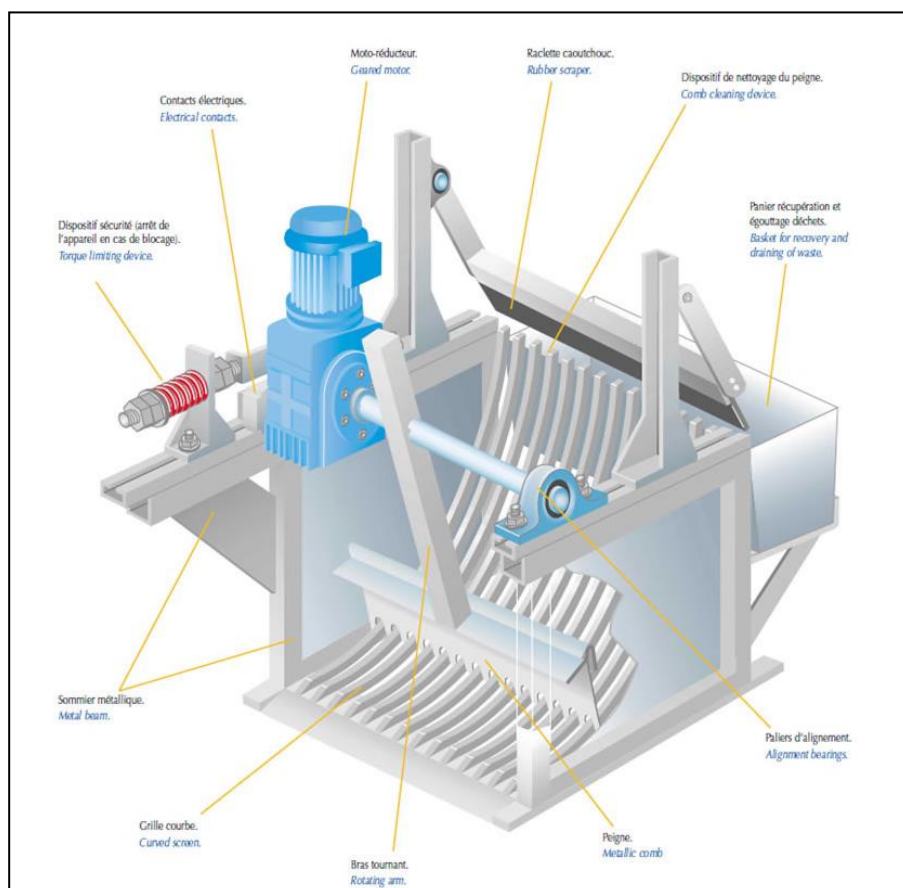


Figure .1 : Schéma d'un dégrilleur.

b. Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions, il existe un macro-tamisage (mailles $> 0.3\text{mm}$) et un tamisage (mailles $< 100\mu\text{m}$).



Figure .2 : Photo d'un tamisage, (Hadjou Belaid Z, 2013).

c. Le dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables.



Figure .3 : Photo d'un dessableur.

d. Déshuilage-Dégraissage :

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tel que :

- Envahissement des décanteurs.
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs.
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs.
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes.
- Diminution du rendement du traitement qui arrive après.



Figure .4 : Photo d'un déshuileur-dégraisseur.

I.12.2. Le traitement primaire (décantation primaire)

Le traitement primaire consiste en une simple décantation, elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension, l'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation).

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluante.

• **La décantation physique (naturelle)**

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement, l'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration.

• **La décantation physico-chimique**

Si les particules sont très fines (colloïdales), elles peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps. Ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération, par l'injection des réactifs tels que le sulfate d'alumine ou le sulfate ferrique pour coagulation et pour la floculation on trouve : les floculant minéraux, les floculant organiques, (Gaid A, 1984).

I.12.3. Le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation.

Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floes et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes.

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

I.12.3.1. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux ce sont le lagunage, l'épandage, ...etc.

I.12.3.1.1. Le lagunage (culture libre)

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues, l'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux.

- **Lagunage naturel :**

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série, le nombre de bassin le plus communément rencontré est 3.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière, ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies.

Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique, le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la

matière organique.

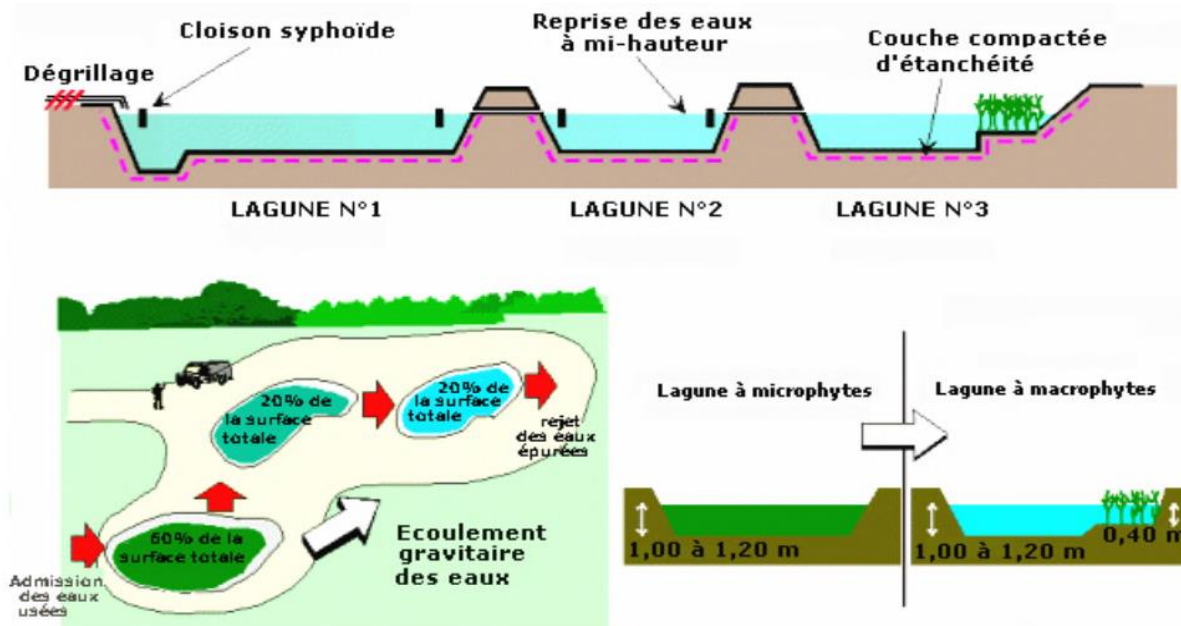


Figure .5 : Lagunage naturel.

- **Lagunage aéré**

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année.

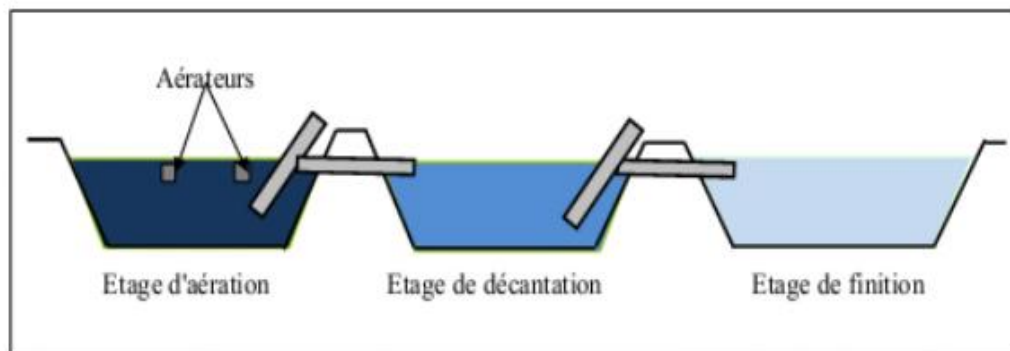


Figure .6 : Le principe d'un lagunage aéré.

I.12.3.2. Procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs, le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel, (Faiza Mekhalif, 2009).

I.12.3.2.1. Disques biologiques (cultures fixées)

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène).

Les disques recouverts par un bio film sur les deux faces, ont un diamètre de 1 à 3 m, ils sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel.

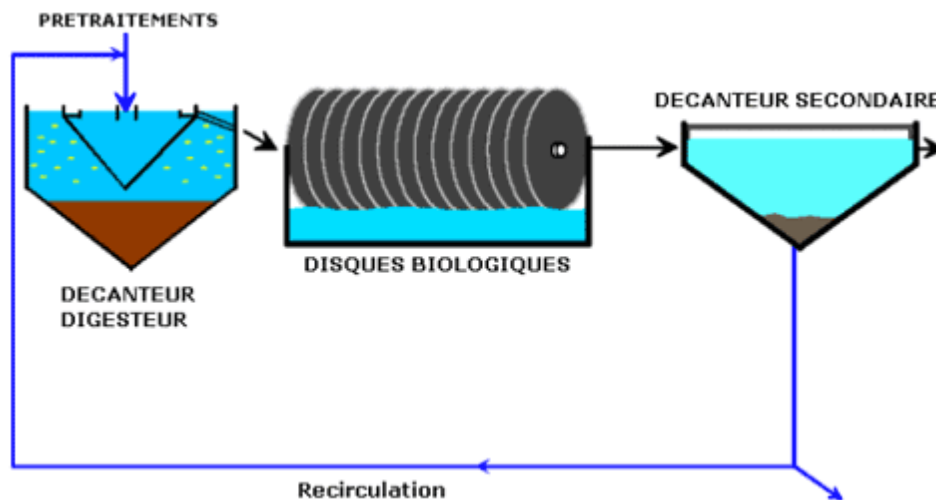


Figure .7 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques.

I.12.3.2.2. Lits bactériens (cultures fixées) :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement.

Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux de rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅, (Gaid A, 1984).

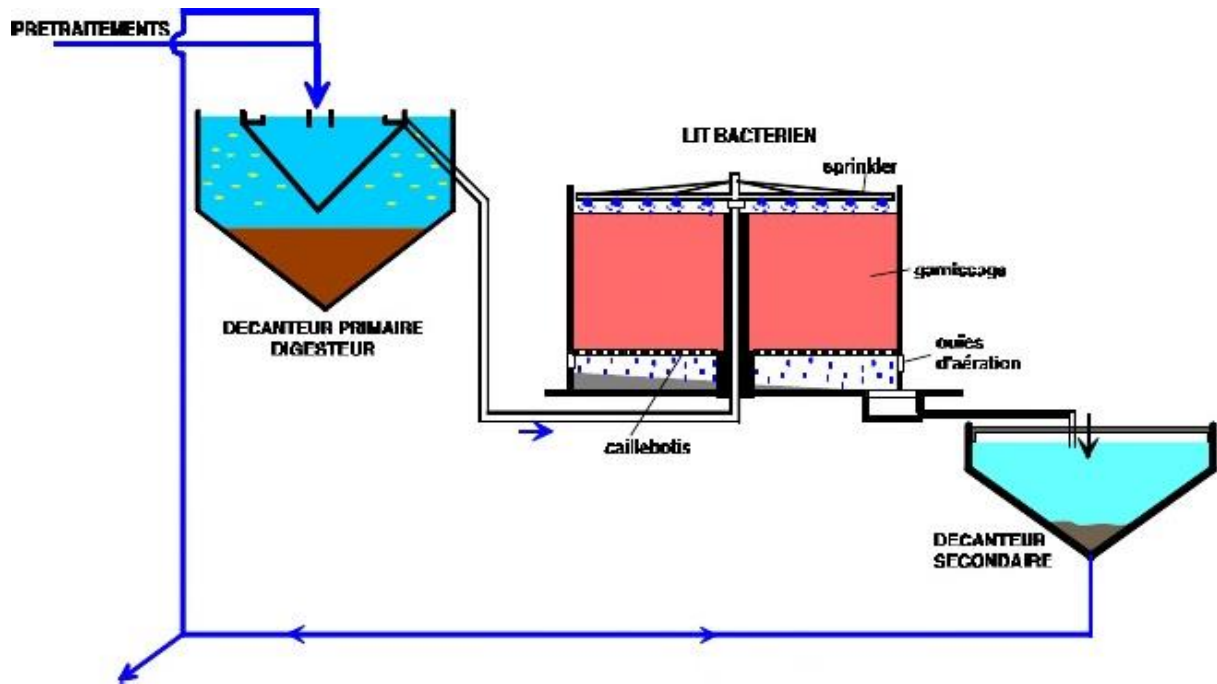


Figure .8 : Lit bactérien.

I.12.3.2.3. Les boues activées :

I.12.3.2.3.1. Généralités sur les boues activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante : une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes, dans les conditions idéales d'aération des micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocs. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation, le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'aération).

Afin d'éviter la décantation des flocs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

I.12.3.2.3.2. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

- La charge massique.
- La charge volumique.
- Age des boues.
- Indice de Mohlman.
- Besoin en oxygène.

a. La charge massique (Cm)

C'est la quantité de DBO5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. elle s'exprime en kg DBO5/ (kg MEST. j), est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage, elle s'exprime alors en kg DBO/ (j. kg MVS).

$$Cm = \frac{[DBO5].Qj}{Vba.MVS} \dots \dots \dots (I. 1)$$

Cm : kg DBO5 / kg MES T/j.

Vba (m³) : volume de bassin d'aération.

MVS (kg/m³) : concentration en matière sâchée.

Qj (m³/j) : débit journalier d'eaux résiduaires à épurer.

b. La charge volumique (Cv)

Elle correspond à la quantité journalière de DBO5 (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m³) de l'ouvrage, elle s'exprime en kg DBO5/ (j .m³), (Belhani, Mahdi,et al, 2008).

$$Cv = \frac{DBO5].Qj}{Vba} \dots \dots \dots (I.2)$$

Cv est exprimé en kg DBO5 / m³.j.

c. Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination, l'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur.

$$Age = \frac{C b .t}{C b .ex} = \frac{MESABVAB}{C b .ex} \dots \dots \dots (I. 3)$$

Age : âge des boues (h)._{AB}

$C b .t$: concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

$C b .ex$: concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l). L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

d. Indice des boues

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1 mg de matières sèche, (Rodier J, 2005).

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$IM = \frac{\text{boues décantées en ml/l}}{\text{masse de la matière seche mg/l}} \dots \dots \dots (I. 4)$$

e. Besoins en oxygène

Afin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal, il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quelque soit la charge,
(Dégrémont, 1972).

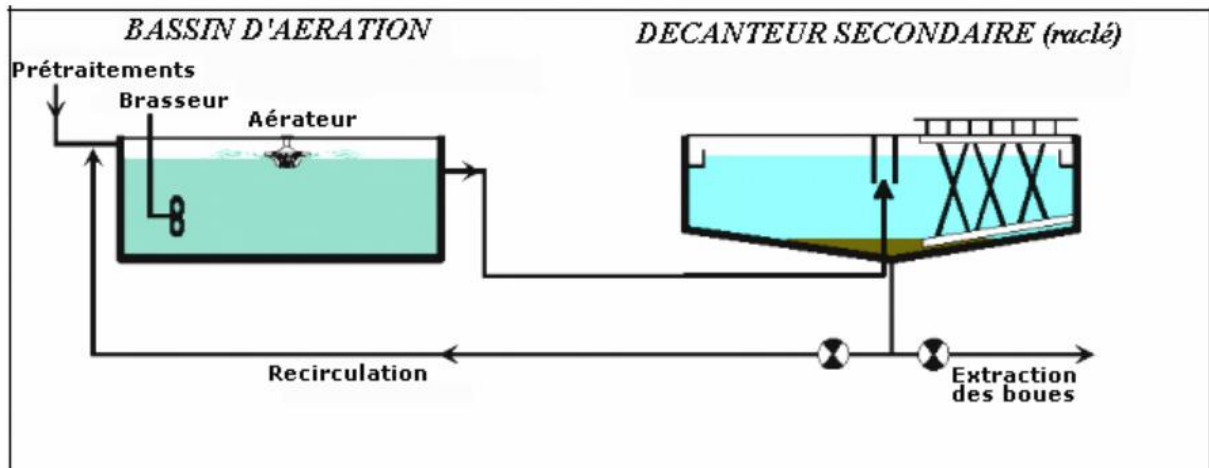


Figure .9 : Boues activées à faible charge.

I.12.4. Décantation secondaire

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation.

Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide. Une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice, afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotateur.



Figure .10 : décanteur secondaire « clarificateur »

1.12.5. Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires, (Franck R, 2002), il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

a. L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniac, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût, (Franck R, 2002).

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

- **La nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes :

- Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).

- Nitration : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter). La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH₄) en nitrate, cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie.

- **La dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

b. L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "dé phosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques, en ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation, ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues, (Attab Sarah, 2011).

c. Elimination et traitement des odeurs

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation.

Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements.

- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs. On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs, dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe).

Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur, (Gaid A, 1984).

d. La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

- **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium ($NaClO$) appelé communément " eau de Javel hypochlorite de calcium ($Ca(ClO)_2$), le chlore de chaux ($CaCl_2 \cdot OCl_2$) et le chlorite de sodium ($NaClO_2$).
- **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité Il existe aussi des traitements physiques tel que :
 - **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.
 - **La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée.

I.12.6. Le traitement des boues

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration, le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration, le traitement des boues a pour objectifs de :

- Réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation).
- Diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation), (Hadjou Belaid Z, 2013).

I.13. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté une petite généralité sur les eaux usées, quelle est l'origine des eaux usées et la composition de ces eaux, et on a cité les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration et on a précisé aussi quelques types de traitement des eaux par exemple : boues activé, lit bactérienne, biodisque et lagunage naturelle.

CHAPITRE II :
*Présentation de la
station et de la zone
d'étude*

II .1. Introduction :

Notre zone d'étude se situe à Touggourt qui est la plus grande Daïra de la willaya d'Ouargla l'une des principales Oasis du Sahara Algérien. Elle est située au sud-est de l'Algérie à une distance de 650 km de la capitale. C'est la ville la plus connue de la région d'Oued-Righ, dont le territoire qui couvre les régions suivantes : Tebesbest, Nezla, Zaouia Al-Abidia et Touggourt. La ville est un centre d'industrie de commerce et de tourisme important.

II .2. Présentation de la ville de Touggourt :

La Daïra couvre une superficie de 404 km², et compte une population de l'ordre de 143270 habitants (2008).

Touggourt se trouve sur le grand Erg Oriental (région des dunes). C'est une ville saharienne qui mérite un détour pour découvrir ses vieux ksours, son cimetière avec ses quatre coupes où se trouve le mausolée des rois Bani Djellab. C'est encore à Touggourt qu'on peut admirer l'immense palmeraie qui enchante les visiteurs avec son vert flamboyant et la sérénité qui dégage de ce paradis sur terre.



Figure .11 : Limites administratives de la zone d'étude

II .3. Localisation géographique

La ville de Touggourt l'une des principales oasis du Sahara Algérien est située au sud-est à une distance de 650km de la capitale Alger ,160 km de la willaya chef-lieu Ouargla et 90km d'El oued.

Ces coordonnées géographiques sont : Les longitudes 5°15' et 6°4' Est et les latitudes 33°6' et 32° Noord. Limitée par :

- Au Nord et l'Est par la willaya d'El-oued.
- Au Nord-ouest par la willaya de Djelfa.
- Au Sud-est par la willaya d'Ilizi et Ouargla.
- À l'ouest par la willaya de Ghardaïa.

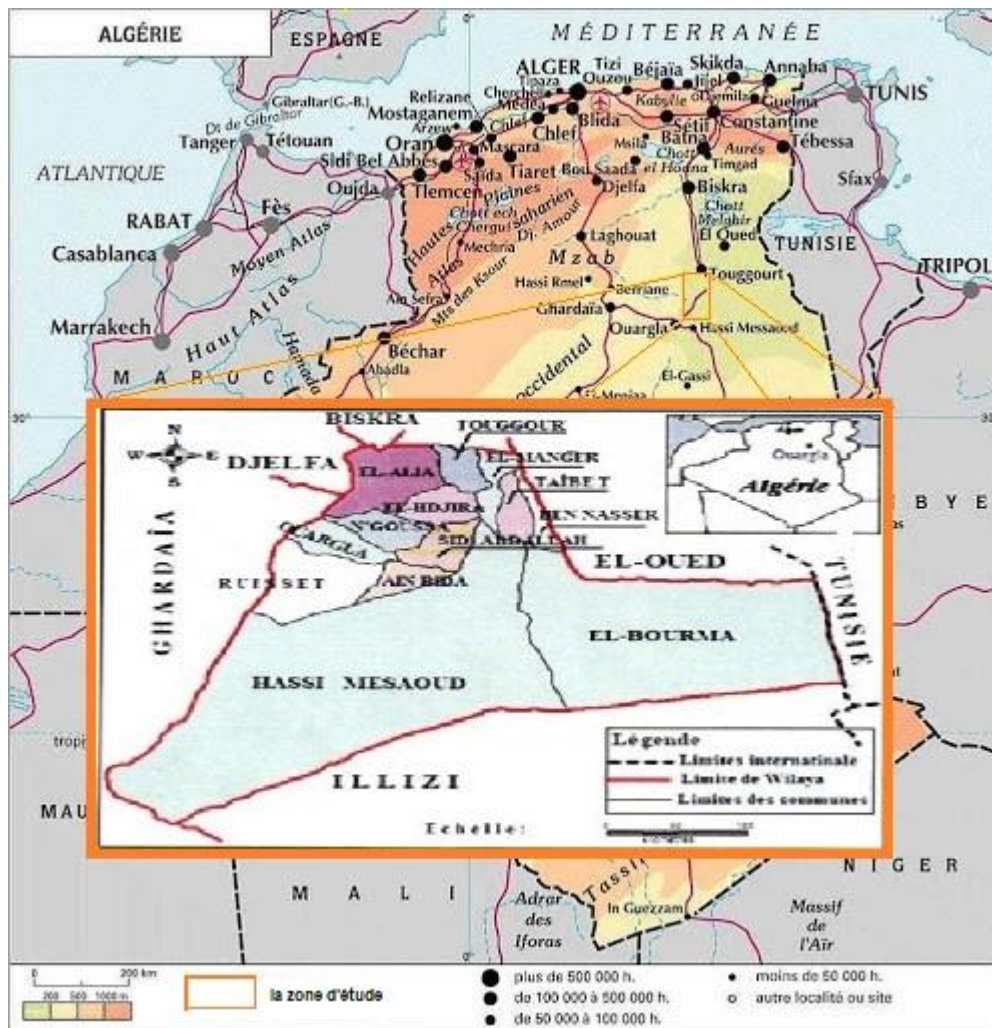


Figure .12 : Localisation de la zone d'étude

II .4. Climatologie de la région

Le climat de la région de Touggourt est particulièrement contracté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été, par la faiblesse des précipitations mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

Ces paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude et surtout le bilan hydrique des aquifères, la zone d'étude appartient au grand bassin qui est caractérisée par un climat désertique, pour cette étude des séries de données enregistrées à la station pluviométrique de Sidi Mahdi (aéroport de Touggourt).

II .4.1. La température

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région

Tableau.3 : Températures moyennes mensuelles (station sidi mahdi) de 2008-2017

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmoy (°C)	11.4	13.05	17	21.62	26.42	31.23	34.7	33.84	29.26	23.64	15.68	12.08	22.52

On remarque que les températures estivales sont élevées avec une moyenne de 33.25 le maximum se situe en Aout. Pour la température hivernale elle varie entre 11.4 et 13.05 et le mois de Janvier est le plus froid.

Ceci nous amène à dire que la région de Touggourt se caractérise par un hiver très froid et un été très chaud.

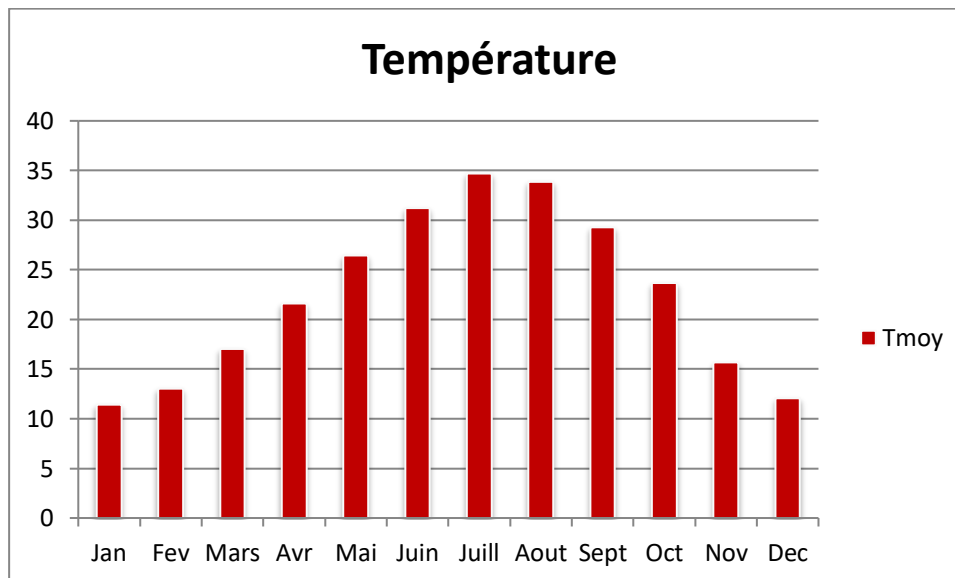


Figure .13 : Répartition des températures moyennes mensuelles en (°C).

II .4.2. L'humidité de l'air

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression.

Nous indiquons dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée période (2008-2017)

Tableau.4 : l'humidité moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017 [2]

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
H moy(%)	61.55	52.56	47.53	41.98	37.26	33.5	30.1	32.95	43.6	49.76	57.91	61.88	45.88

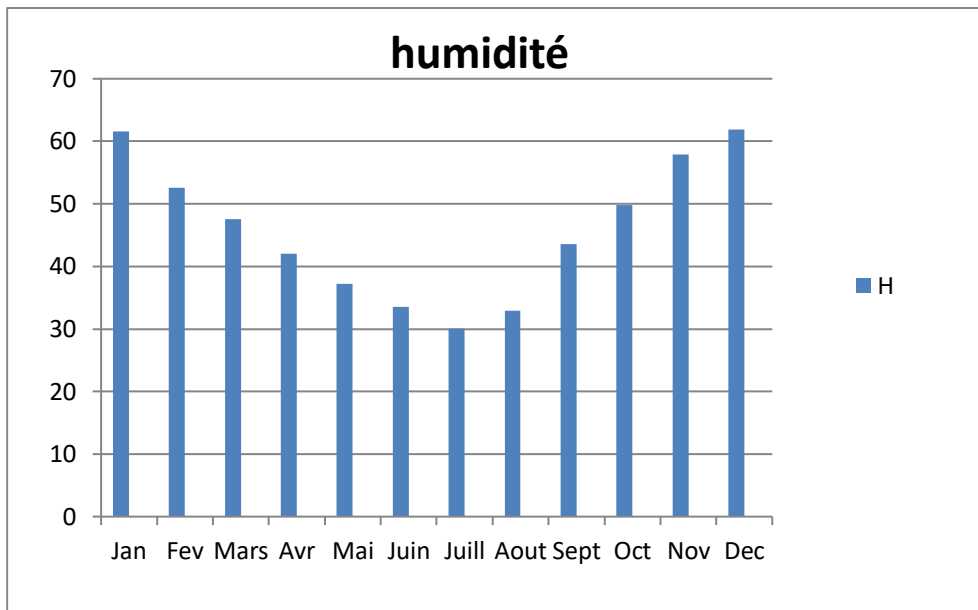


Figure .14 : Répartition des humidités moyennes mensuelles.

Nous remarquons que l'humidité est faible dans l'ensemble ceci est dû notamment à l'augmentation de la température de l'air suite à l'importance de l'insolation.

Nous résumons en disant que l'humidité relative dépend dans une large mesure de la température et dépend aussi de la quantité du rayonnement reçus sur le sol

II .4.3. L'insolation

Il s'agit de l'insolation effective de la période en heures durant laquelle le soleil atteint le max de la brillance la variation annuelle de l'insolation concorde avec celle de la nébulosité, elle est de type méditerranéen présentant un maximum, estival. Selon les valeurs mentionnées au tableau.

Tableau.5 : Insolation moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Insolation H	250	239	268	292.5	328	311	363	345	292	265	255	235	287

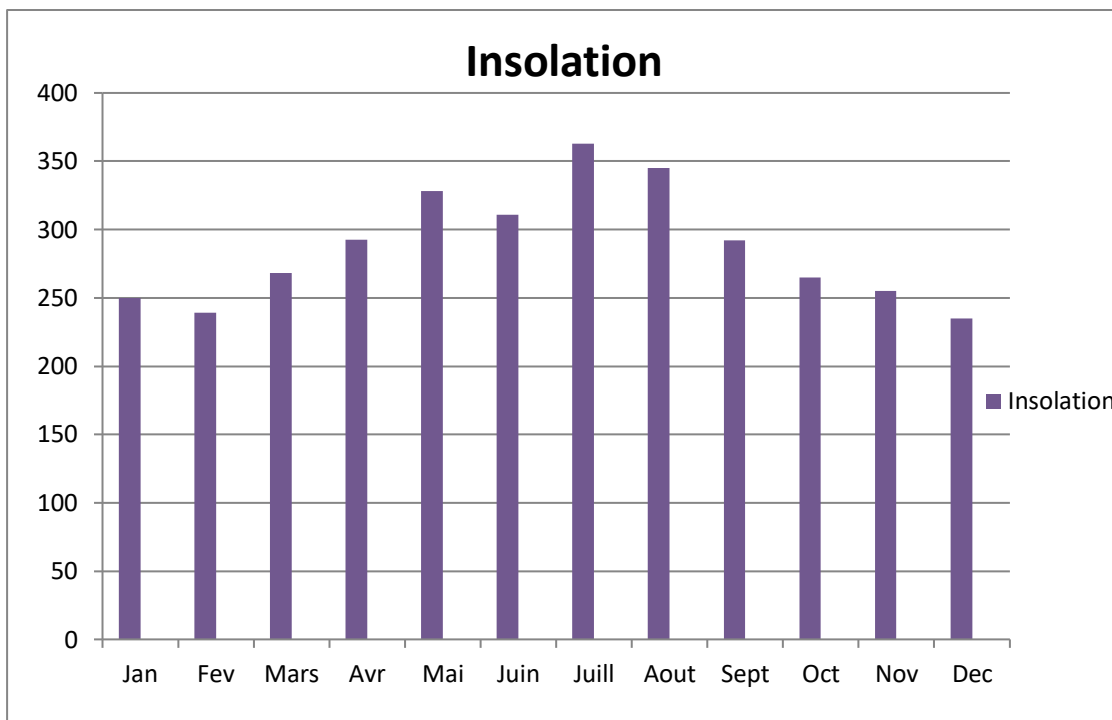


Figure .15 : Répartition des Insolation moyenne mensuelle.

La durée moyenne annuelle d'ensoleillement est de 287.42 h/j

II .4.4. Le vent

Le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Touggourt, il est déterminé par sa direction et sa vitesse.

Tableau.6 : vitesse moyenne du vent (station sidi mahdi) de 2008-2017.

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
V moy m/s	2.83	3.15	3.61	3.78	3.91	3.49	3.98	2.9	2.91	2.53	2.46	2.04	3.13

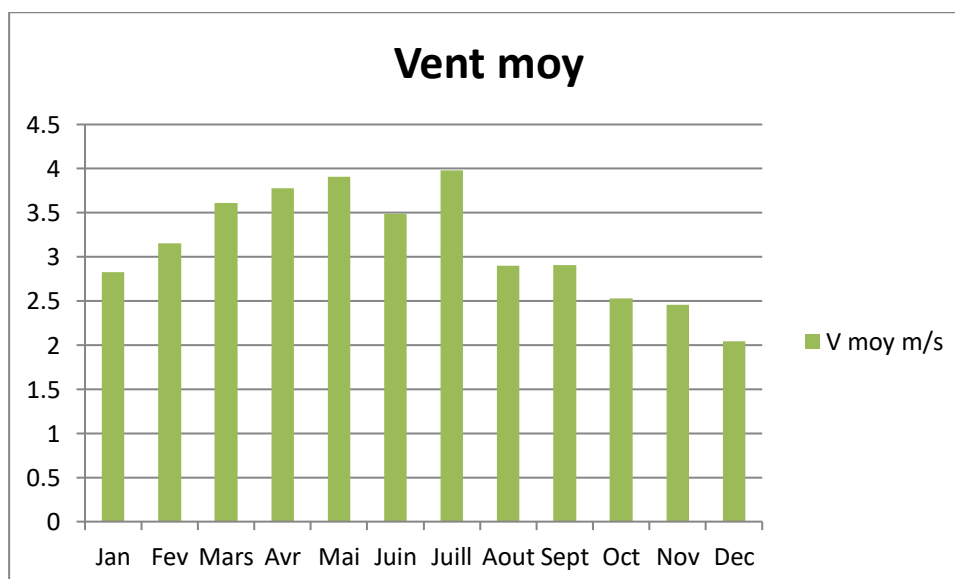


Figure .16 : Répartition des vitesses moyennes du vent.

Les vents les plus forts se produisent durant les mois Mars Avril et Mai avec un maximum de 3.91 m/s en Mai.

Généralement les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction (Sud-Nord) et (Sud-ouest-Sud Est).

II .4.5. La pluviométrie

La faiblesse de la pluviométrie est le caractère fondamental du climat Saharien.

La pluviométrie moyenne annuelle représentée dans le tableau ci-dessous

Tableau.7 : la pluviométrie moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy annuel
P (moy) (mm)	11.27	5.01	6.79	9.71	1.8	0.46	0.05	1.2	5.81	6.61	2.62	3.91	55.2

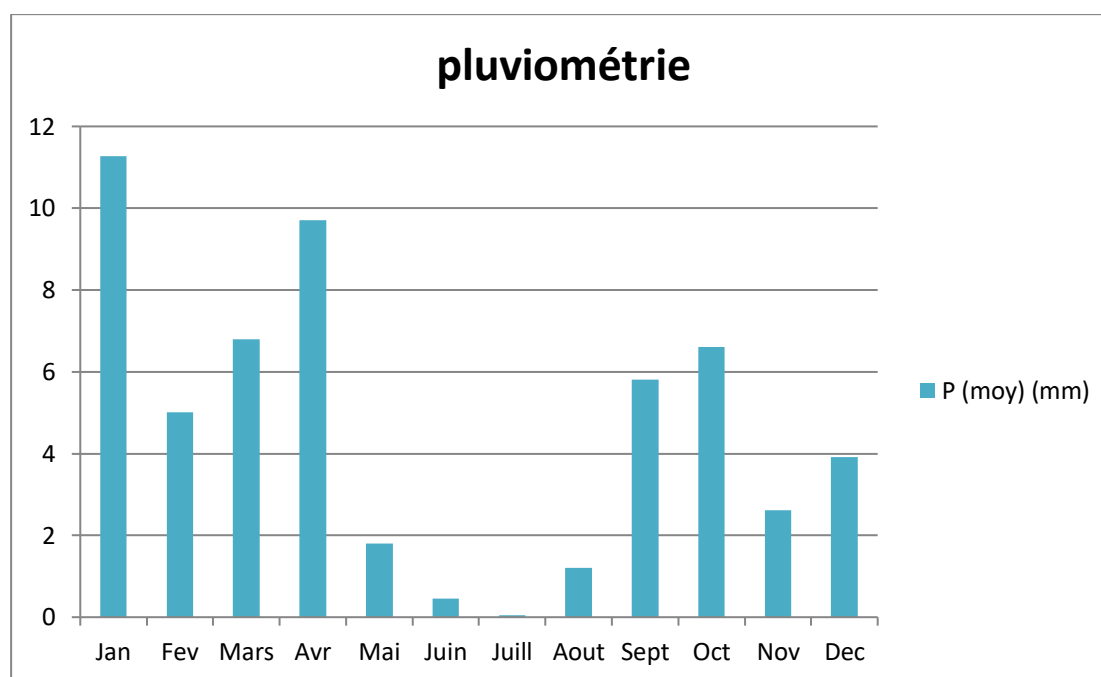


Figure .17 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles.

Les valeurs moyennes annuelles enregistrées depuis 2008 jusqu'à 2017 varient de 0.05 mm à 11.27 mm ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre, durant cette période la valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 55.2 mm/an.

Nous remarquons une grande irrégularité des pluies faibles pendant l'hiver et presque nulles en été en règle générale. Les pluies sont d'une intensité plutôt faible pour notre région.

II .4.6. L'évaporation

Le retour de l'eau à l'atmosphère peut se faire de différente manière ; soit directement par évaporation à partir d'une surface d'eau libre (mer, lac, cours d'eau, etc....), soit par le plus souvent à partir d'un sol ou par les végétaux : on parle dans ce deuxième cas d'évapotranspiration.

Pour l'évaporation la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement etc....

Tableau.8 : Evaporation moyenne mensuelle (station sidi mahdi) de 2008-2017.

Moi	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	M _{oy} Annuel
Evaporation (mm)	101.7	129.0	163.8	210.2	245.2	300.4	337.7	309.8	215.4	164.0	127.0	76.3	2380

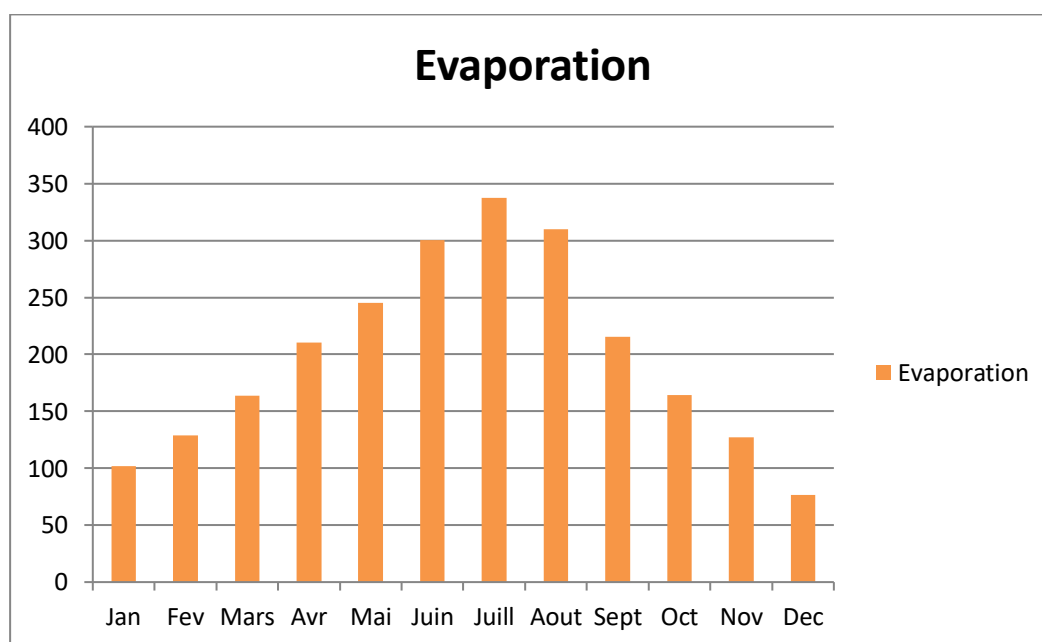


Figure .18 : Répartition des Evaporation moyenne mensuelle.

II .5. Hydrologie de surface

L'hydrologie de surface de la vallée de l'Oued Righ est très réduite, ou la précipitation est très faible.

L'alimentation du canal oued righ est en effet hors les quelque orages annuelles, le fait de l'écoulement de drainage en provenance des palmeraies, le canal joue le rôle de collecteur principal de ces eaux qu'il conduit jusqu'au Oued El-Kreouf puis au Chott MEROUANE.

Ces eaux de drainage très salées proviennent de l'écoulement de la nappe phréatique qui alimente le canal notons que la salinité de ces eaux provienne des sols sales et les eaux de drainages provienne des eaux d'irrigation (le lessivage de ces sols).

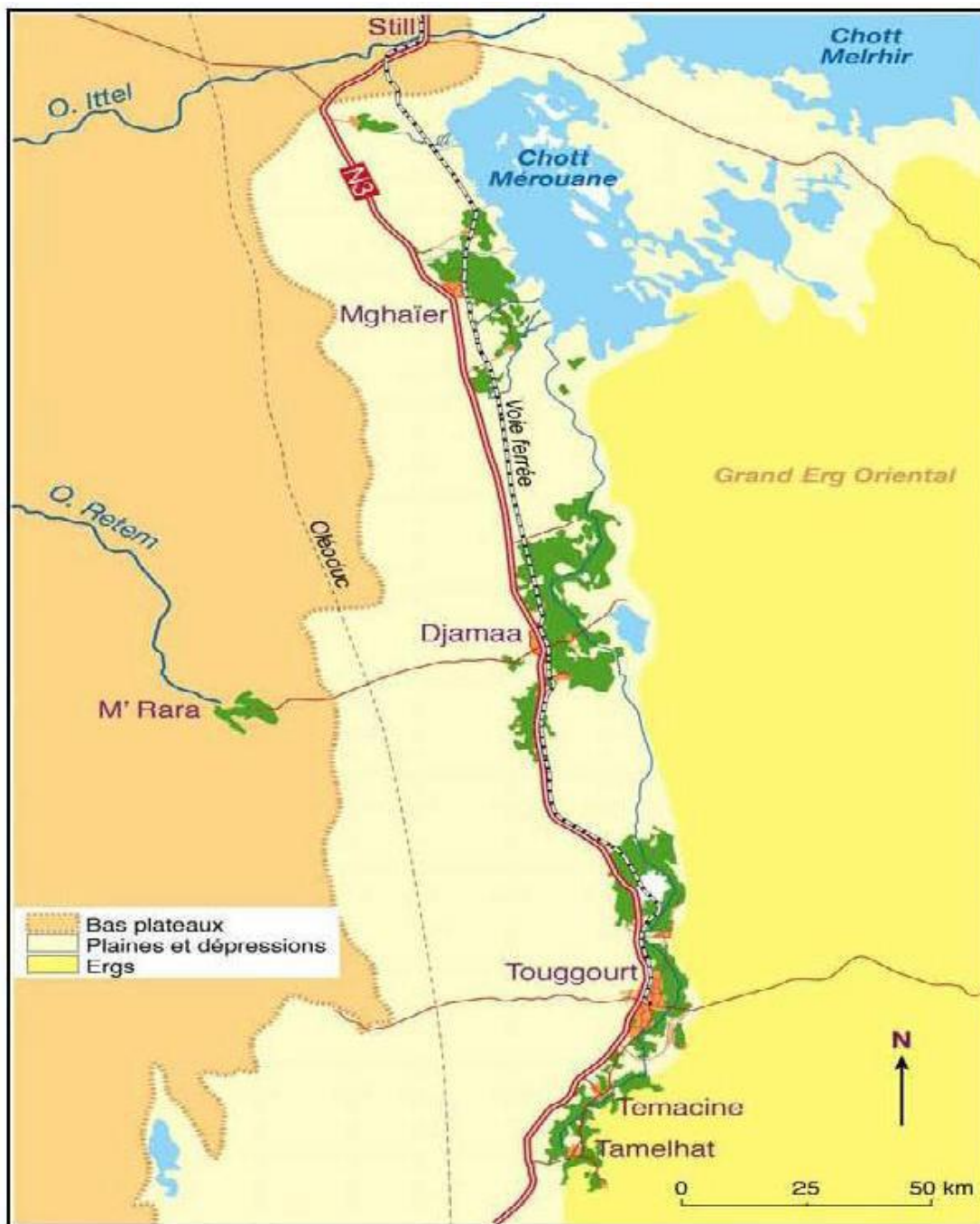


Figure .19 : Hydrologie de la zone.

Malgré les faibles précipitations et le faible nombre de jours de pluies dans la région de Sahara, les écoulements sur les versants occidentaux peuvent alimenter les réseaux hydrographiques pendant quelques temps. Le réseau hydrographique traversant la région est composé de l'oued righ.

II.6. La géomorphologie et la Topographie de la région

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

- la dénivellation entre le haut et le bas du relief est peu marqué reposant sur les formations Miopliocène et Eocène qui s'enfoncent progressivement vers le Nord, on trouve sur les parties hautes de la vallée un niveau quaternaire ancien à encroûtement gypso-calcaire, recouvert par endroits de formations dunaires, le fond de la vallée est constitué de dépôts sablo argileux.
- Les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'erg, La planéité du relief pose de nombreuses contraintes techniques pour la mise en place des réseaux d'évacuation des eaux de drainage et d'assainissement.

II .7. Géologie de la région

La description stratigraphique des formations géologiques de la zone d'étude seront décrites du plus récent au plus ancien.

II .7.1. Quaternaire

Essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables les séparent de la pliocène supérieure, cette formation quaternaire renferme une nappe phréatique alimentée principalement par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation et en faible quantité par les précipitations.

II .7.2. Tertiaire

II .7.2.1. Mio-Pliocène

- Mio-Pliocène supérieur : de formation sablo gréseuse, renferme la première nappe des sables du Complexe Terminal (CT1).
- Mio-Pliocène inférieure : est la deuxième nappe des sables du Complexe Terminal (CT2).

II .7.2.2. Eocène inférieur carbonaté

Constitue la troisième nappe du Complexe Terminal (CT3) ou nappe des calcaires.

II .7.3. Secondaire

II .7.3.1. Sénonien

Constitué de calcaires blanc et une alternance de calcaire, de marne et des couches de gypse.

II .7.3.2. Turonien

Représenté par un dépôt marin calcaire-marneux. L'épaisseur du turonien reste à peu près constant.

II .7.3.3. Cénomanién

Il est composé essentiellement de dépôts lagunaires marneux où prédominent des couches d'anhydrite et parfois même du sel.

II .7.3.4. Albien

Se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance de couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses.

Tableau.9 : Types des réservoirs hydrogéologiques du Sahara Algérien.

Ere	Etage		Lithologie	Nature Hydrogéologique
Quaternaire			Sable	Nappe superficielle (La nappe phréatique)
			Argiles, évaporites	Substratum (imperméable)
Tertiaire	Mio-Pliocène		Sable	1ère nappe des sables (Complexe Terminal)
			Argiles gypseuses	(semi-perméable)
	Eocène	Pontien	Sables graviers et grès	2ème nappe des sables (Complexe terminal)
		Moyen	Argiles lagunaires	Substratum
		Inférieur		Nappe des calcaires
Secondaire	Crétacé	Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	Complexe Terminal).
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum
		Cénomanién	Argiles, marnes	Substratum
		Albien Barrémien	Sables et grès	Nappe albienne (Continental Intercalaire)

II .8. Hydrogéologie de la région

II .8.1. Présentation des nappes :

Les seules ressources hydriques disponibles au Sahara septentrional sont d'origine souterraine. Les formations géologiques de la région d'étude contiennent deux grands ensembles de formations aquifères séparées par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses de la base du crétacé supérieur l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI), et l'ensemble supérieur appelée le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédentes : la nappe phréatique.

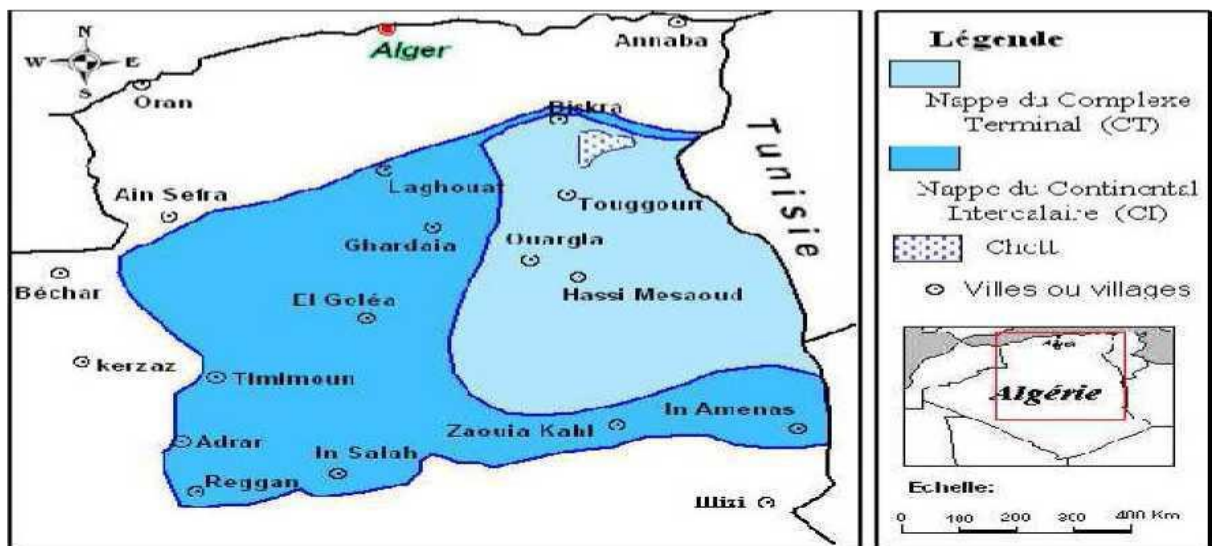


Figure .20 : Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT).

II .8.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du trias et du sommet de l'Albien. C'est un réservoir considérable dû à l'extension (600 000 Km) et son épaisseur qui peut atteindre les 1000 m au Nord-Ouest du Sahara. Le Continental Intercalaire est un réservoir à eau plus au moins douce rempli dans sa majorité pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. Ces eaux sont caractérisées par :

- Une température qui dépasse les 50°C sauf les hauts endroits où l'aquifère est proche de la surface du sol.
- La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2 g/l de résidu sec.
- L'alimentation se fait par ruissellement à la périphérie du réservoir tout en long et à l'extrémité des oueds qui descendent des montagnes de l'Atlas saharien, de Dahra tunisien, du plateau de Tadmaït et Tihert, et les pluies exceptionnelles.
- L'écoulement des eaux de cette nappe, se fait dans la partie occidentale du Nord vers les Sud et dans la partie orientale de l'Ouest vers l'Est et du sud vers le Nord.

II .8.3. Nappe du Complexe Terminal (CT)

La nappe du Complexe Terminal (CT) se localise dans le Sahara occidental et s'étend sur une superficie de 350000 Km avec une profondeur qui varie entre 100 et 500 m, leurs eaux se caractérisent par :

- Une température peu élevée.
- Moins chargées en sel sur les bordures et relativement élevées au centre (plus de 3g/l).
- L'écoulement généralement se fait vers les Chotts.
- Cette nappe regroupe deux systèmes aquifères appelés nappe des sables et nappe de calcaire.

II .8.3.1. La nappe de sable (Mio-Pliocène) :

Représentée par un ensemble important de sable et d'argile présents dans tout le bassin oriental. Cette nappe regroupe deux nappes :

II .8.3.2. La première nappe de sable :

Cette nappe est la moins profonde de 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grés, d'âge Mio-Pliocène. Le faciès sableux varie largement et latéralement. Un niveau d'argiles constitue son substratum et son toit est formé par des argiles et des évaporites. C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, de l'ordre de 20 à 40 l/s, (le débit global d'exploitation proche de 6 m³/s). Cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés.

II .8.3.3. La deuxième nappe de sable :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène, comme la première nappe, elle est formée essentiellement des grés, de gravier et de sables avec la présence de quelques lentilles argileuses, l'épaisseur de la couche aquifère est de 20 à 36 m. Cette nappe captive est très exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m), avec un débit variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes, forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

II .8.3.4. La nappe de calcaire (sénonien carbonaté) :

Essentiellement carbonaté, elle est formée de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse. Il n'est pas très exploité à Touggourt, donnant un débit de 25 à 40 l/s et parfois présentant un, artésianisme à faible débit (0,3 à 0,6l/s). Leur toit est supérieur à 180 m, dont le débit, global peut atteindre 2,8 m³/s. A la base, le Sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est sur tout argileux. La porosité moyenne de cette nappe est de 20%.

II .8.4. Nappe phréatique :

Cette nappe est essentiellement alimentée, par les eaux de drainage de la palmeraie et par les eaux résiduaires urbaines. Son substratum est formé d'argile formant en même temps le toit de la première nappe du (CT). Son épaisseur moyenne est de 7 à 60 m. Cette nappe n'est plus exploitée en raison de la forte salinité des eaux.

Le sens de l'écoulement des eaux de la nappe phréatique comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara est du Sud vers le Nord.

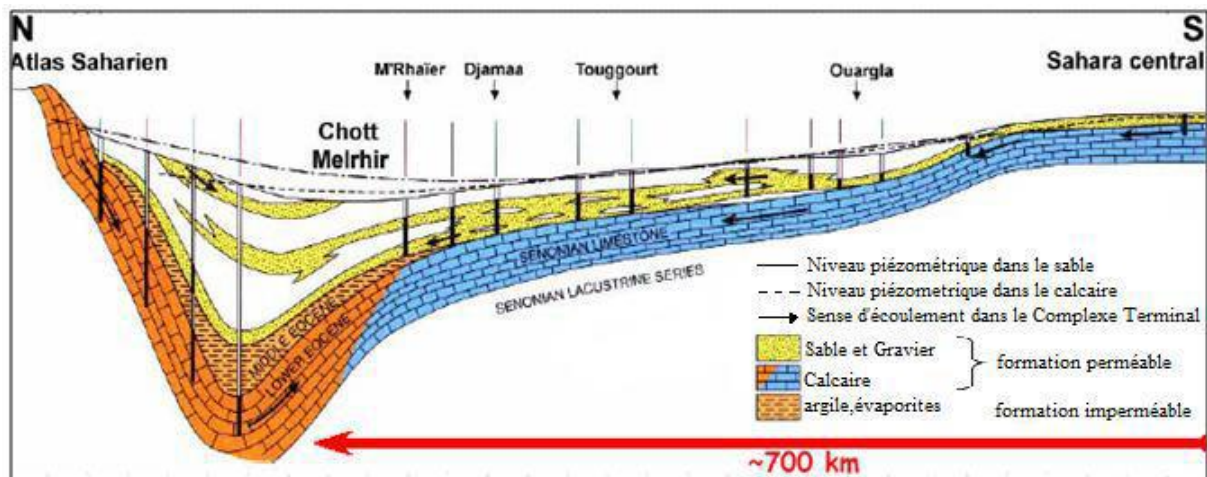


Figure .21 : Coupe hydrogéologique du Complexe T. de la région d'Oued-Righ sud. (UNESCO, 1972).

II .9. Station d'épuration de Touggourt

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Ben Yassoued, dans la municipalité de Tebesbest, sur la route d'el oued. Elle s'étend sur une superficie de 5 hectares. Elle a été mise en service le 20/11/1991 et réhabilitée en 2004 et traite aujourd'hui une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt. L'office National d'Assainissement est chargé de son exploitation (S.T.E.P Touggourt, 2008)

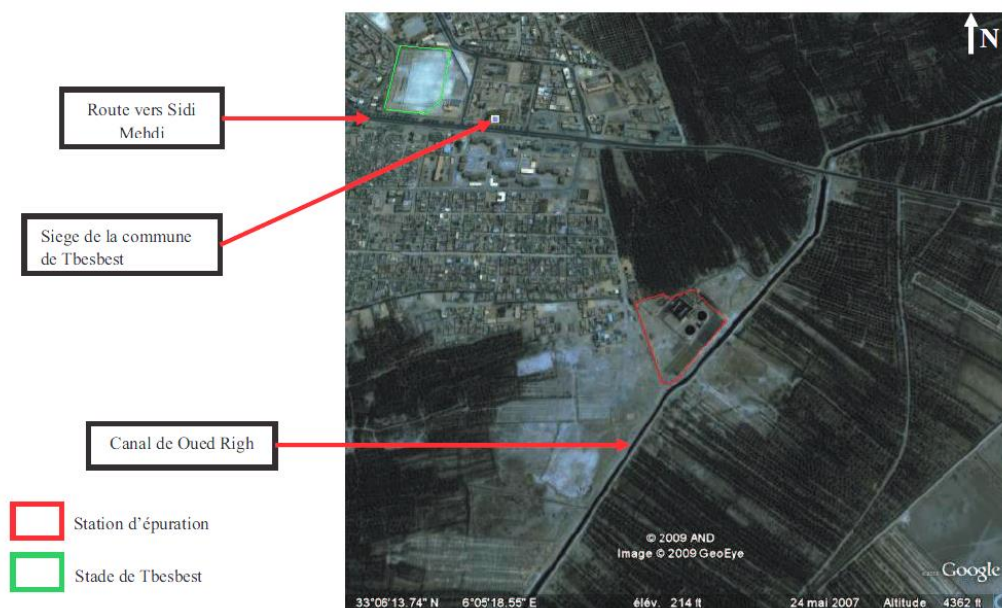


Figure .22 : Positionnement de la station dans la commune de Tebesbest.

II .9.1. Données techniques

C'est une station d'épuration à boues activées, prévue pour 62500 équivalents habitants (S.T.E.P Touggourt, 2008) La capacité nominale de traitement et qualité requise des eaux usées avant traitement sont :

- Débit moyen : 9 360 m³ /j.

- Débit de pointe : 3 90 m³/h.
- Demande biologique en oxygène (DBO) : 54g/habitant.
- Charge moyenne de DBO/j : 3 375kg/j.
- Charge moyenne de DCO/j : 5 625kg/j (S.T.E.P Touggourt, 2008).

II .9.2. Etapes de traitement

Le processus de traitement comporte les étapes suivantes :

- 1- Criblage grossier à l'aide de dégrilleur à barreaux mécaniques.
- 2- Des canaux à sable aérés éliminent le sable et les graisses.
- 3- Le traitement biologique est accompli dans des bassins à aération mécanique.
- 4- Les boues activées de retour sont refoulées par des pompes à vis et criblées à travers des cribles à barreaux moyens.
- 5- Les eaux usées traitées destinées à l'irrigation seront désinfectées au chlore.

II .9.3. Equipement de la station

II .9.3.1. Dégrillage mécanique

- Dégrillage mécanique, grilles mécaniques constituées des barreaux de large espacement de 20 mm.
- Canaux de dessablage et déshuilage : avec portion d'extraction des sables, et centrale de production d'air pour aération des dessableurs.



Figure .23 : Dégrilleur mécanique

II .9.3.2. Epuration biologiques

02 bassins d'aérations fonctionnant en parallèle, Equipement par bassin : capacité totale 7200 m³, 2 aérateurs de 45 KW- capacité d'aération 80 kg O₂/h.



Figure .24 : Bassin d'aération

II .9.3.3. Clarification

Deux décanteurs circulaires à pont diamétral de 24 m muni d'un racleur. Nous devons signaler ici que l'étape de l'addition du chlore n'est pas toujours activée à cause des déversements des eaux dans le canal et qui ne sont pas réutilisées.



Figure .25 : Décanteur

II .9.3.4. Epaisseur de boues

Un bassin circulaire : de 10 m de diamètre, muni d'un agitateur à pieux fixé sur le pont.



Figure .26 : Epaisseur

II .9.3.5. Retour des boues

Deux vis d'Archimède à débit unitaire de 500 l/s.



Figure .27 : Vis Archimède

II .9.3.6. Lits de séchage des boues

Il existe 16 lits de séchage d'une surface totale de 3 200 m².



Figure .28 : lit de séchage.

II .9.3.7. Laboratoire

Les paramètres mesurés au niveau du laboratoire de la station ainsi que le matériel disponible sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau.10 : Matériel utilise au niveau de laboratoire.

Paramètres mesurées	Equipement utilisé	Type
MES	Centrifugeuse et étuve	D 1600 U25
MVS	Four à moufle	MF 120
DBO5	BSB DBO	620 T
DCO	Réacteur et Colorimètre	HACH DR 820
NO-2	Colorimètre	DR 820
NO-3	Colorimètre	DR 820

II .10. Conclusion

La région d'étude est caractérisée par un climat continental aride, froid en hiver et chaud en été dont les températures annuelles moyennes minimales et maximales sont respectivement de 11.4 °C et 34.7 °C. Les vents dominants ayant la direction (Sud-Nord) et (Sud Ouest-Sud est).

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, les valeurs des pluies moyennes mensuelles varient de 0.05 mm à 11.27mm, elles se produisent essentiellement en hiver et en automne après une période généralement sèche.

Pour les ressources en eaux souterraines dans la région d'étude, on rencontre les trois nappes à savoir du bas en haut : La nappe du Continental Intercalaire (CI), la nappe du Complexe Terminal (CT) et la nappe phréatique.

La topographie de la région est caractérisée par une faible pente qui influe négativement sur les réseaux d'assainissement et l'écoulement gravitaire naturel.

CHAPITRE III :

Matériels et méthodes

III.1. Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (entrée) et de l'eau traitée (sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

Nous avons suivi les paramètres suivant : T°, pH, CE, turbidité, DBO₅, DCO, O₂ dissous, MES, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄, et PO₄-3.

III.2. Prélèvement et échantillonnage

Les analyses que nous allons étudier concernent les effluents des eaux usées de la station de Touggourt, certain volume d'eau usée est prélevé, à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie, plusieurs fois par jours (8 fois), pour avoir enfin l'échantillon final à analyser composé du mélange des différents volumes prélevés, les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des concentrations de l'échantillon. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.



Figure .29 : prélèvement à l'entrée

Figure .30 : prélèvement à la sortie.

III.3. Analyses physico-chimiques



Figure .31 : Laboratoire de Touggourt

III.3.1. Température

La température est un paramètre physique de l'eau jouant un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. La mesure de la température s'effectue grâce à une sonde thermométrique qui est plongée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre.

III.3.2. PH

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de l'activité des ions d'hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance.

La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et aussi quand certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un certain ph.

III.3.2.1. Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre, c'est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

III.3.2.2. Mode opératoire

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche :

Au début vérifier les diverses connexions, secteur, électrodes, etc..., ensuite dégager l'électrode de son support.

Oter le chapeau protecteur de l'électrode double, le déposer en lieu sûr. Puis rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée. Et essuyer l'extrémité de l'électrode. Après replacer l'électrode sur son support. Et rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée puis avec l'échantillon. Remplir le vase de mesure avec l'échantillon. Immerger l'électrode avec précaution habituelles et agiter. Et à la fin lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée.



Figure .32 : Photo du pH mètre.

III.3.3. Conductivité

III.3.3.1. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possède celle-ci à laisser le courant électrique. Le transport des charges se faisant par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau, il est logique d'admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. Il existe donc une relation entre la conductivité d'une eau et sa minéralisation, d'où l'intérêt de la mesure de la conductivité, mesure quasi instantanée. Pour connaître la minéralisation d'une eau. L'unité de conductivité utilisée en chimie des eaux est micro siemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

III.3.3.2. Principe

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau.

A cet effet on utilise un conductivimètre qui n'est en fait qu'un résistivimètre un peu particulier la conductivité est fonction de la température, toute mesure de conductivité doit donc se faire à température connue et stabilisée, en général les résultats sont mesurés à 20°C.

III.3.3.3. Mode opératoire

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour prolonger la sonde de conductivité.

D'abord il faut vérifier les connexions cellule/conductivimètre. Ensuite rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement. Après rincer et essuyer soigneusement la cellule. Puis immerger la cellule dans l'eau. Agiter la sonde légèrement. Et lire le résultat. La mesure est terminée, éteindre l'instrument et, si nécessaire, nettoyer la sonde. Après chaque série de mesure, rincer l'électrode à l'eau déminéralisation.



Figure .33 : Photo du conductimètre portatif (LF 90).

III.3.4. Oxygène dissous

Le système de mesure courant pour l'oxygène dissous consiste en un instrument de mesure et d'une sonde polarographique. La sonde constitue la pièce la plus importante et délicate du système. Cette sonde comprend une anode d'argent (Ag) enveloppée d'un fil de platine (Pt) qui agit comme cathode, ceux-ci sont insérés dans une cartouche remplie d'une solution électrolytique de chlorure de potassium (KCL), l'extrémité de la cartouche comporte une membrane en téflon, matériau perméable au gaz, qui permet uniquement le passage de l'oxygène présent dans la solution.

Par l'application de potentiel de 790 mV, l'oxygène présent dans la cellule est réduit en ion d'hydroxyde (OH⁻) dans la cathode, et le chlorure d'argent (AgCl) est déposé sur l'anode.

Cette réaction provoque un flux de courant dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'oxygène, convertit le courant en concentration correspondante à l'oxygène dissous.

III.3.4.1. Mode opératoire

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche.

Juste allumer l'instrument en poussant le bouton ON/Off. Lorsque l'afficheur indique zéro, l'instrument est prêt pour la mesure de l'oxygène dissous.



Figure .34 : Oxymétrie portatif (oxy 92).

III.3.5. Matière Insoluble Décantable (M.I.D)

Un certain volume d'eau est abandonné au repos pendant 2 heures. La quantité de matière décantée est déterminée par volumétrie.

On met les échantillons d'eau dans les cônes et on attend environ 2h pour lire les résultats en ml/l grâce aux graduations.



Figure .35 : Cônes D'imhoff

III.3.6. Paramètres par Spectrophotomètre DR3900



Figure .36 : Spectrophotomètre DR3900.

III.3.6.1. Les matières en suspension et la Turbidité

On introduit le numéro de programme mémorisé pour les matières en suspension 630, et on presse sur READ/ENTER, et en règle la longueur d'onde à 810nm, et on presse pour la deuxième fois READ/ENTER, l'afficheur indique : mg/l MAT EN SUSP, on prépare le blanc (verser 25 ml d'eau distillée dans un cuvette de mesure),et l'échantillon (25 ml d'eau à épurer et entrer dans 2 cuvettes de mesure) puis on place le blanc dans le puits de mesure, et on ferme le capot, on pressant sur ZERO.

L'afficheur indique : 0 mg/l MAT EN SUSP, on place le premier échantillon d'eau épurée (sortie) préparé dans le puits de mesure, et on ferme le capot, presser READ/ENTER et le résultat de MES en mg/l s'affiche, et la même chose avec l'échantillon d'eau usée.

Pour la turbidité on procède aux mêmes étapes seulement le code de réglage qui change le numéro de programme 750 et la longueur d'onde a 450nm et on lit directement le résultat affiché en FTU (formazing turbidity).

III.3.6.2 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organique avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes.

III.3.6.2.1. Principe

Le principe de mesure de la demande biochimique en oxygène consiste à déterminer la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours d'incubation, dans les conditions d'essai, à 20°C dans une solution diluée de l'échantillon.

III.3.6.2.2. Mode opératoire

Introduction de 2 ml d'échantillon dans un tube Hach de la gamme 0-1500 mg/L pour l'effluent d'entrée et de la gamme 0-150 mg/L pour l'effluent de sortie.

Il faut chauffer les tubes hermétiquement fermés à 150°C pendant 2 heures. Ensuite les laisser se refroidir. Enfin Mesurer de l'absorbance au spectrophotomètre.



Figure .37 : réactif à DCO



Figure .38 : Réacteur DCO mètre.

III.3.6.3. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

On remplit les flacons avec les échantillons d'eau (usée et épurée) et on met un barreau magnétique dans chacun des flacons pour homogénéisation, on rajoute un absorbant dans les bouchons hermétique pour absorber l'humidité, le plus utilisé et hydroxyde de lithium.

Les échantillons sont placés dans une chambre thermostatée et sombre durant la mesure de DBO5, on règle l'appareil à ZERO et on met l'incubateur en marche pendant 5 jour à 20°C, le résultat sera obtenu directement sur l'afficheur.



Figure .39 : DBO mètre.



Figure .40 : flacon à DBO.

III.3.6.4. Nitrates (N-NO₃)

Le mode opératoire consiste :

De prélever 1 ml à l'aide d'une pipette jaugée de l'échantillon mère. Puis introduire ce 1 ml dans un bécher. Et compléter à 30 ml avec de l'eau distillée. Ensuite ajouter le réactif (nitrate 30) à cette eau. Après faire une agitation pendant 3 min. Et laisser la solution reposer pendant 2 min. Après avoir enlevé 5 ml, ajouter le réactif (nitrate 25), faire une agitation légère et laisser la solution se reposer pendant 10 min. D'abord mettre en marche le spectrophotomètre. Puis remplir la cuve avec de l'eau distillée (blanc). Et essuyer la cuve. Introduire la cuve de référence dans le port cuve. Et programmer la longueur d'onde désirée (507nm). Enlever la cuve de référence. Et introduire la cuve remplie précédemment par l'échantillon à mesurer après de l'essuyer. Enfin appuyer sur la touche READ puis lire le résultat.

III.3.6.5. Azote ammoniacal

III.3.6.5.1. Mode opératoire

Premièrement entrer le numéro du programme 380 (à une longueur d'onde de 425 nm). Pour l'effluent entré en fait la dilution (1ml dans 50 ml d'eau distillée), pour l'effluent sortie (1 ml dans 25 ml d'eau distillée). Deuxièmement ajouter 3 gouttes de PVA+03 gouttes de MS+01 ml nessler dans chaque flacon (le blanc, l'entrée, la sortie). Et presser le shift timer, une période de réaction de 1 nm commence. Ensuite

placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot, presser 0 ensuite placer l'échantillon préparé. Le résultat en mg/l s'affiche (en multipliant le résultat par 1.29).

III.3.6.6. Nitrite

III.3.6.6.1. Mode opératoire

Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette jaugée de l'échantillon mère. Et l'introduire dans un bécher. Et compléter jusqu'à 10 ml avec de l'eau distillée. Puis ajouter le réactif nitrite 10 à cette eau. Et faire une agitation légère. Laisser la solution se reposer pendant 15 min. Et mettre en marche le spectrophotomètre.

Puis remplir la cuve avec de l'eau distillée (blanc). Et essuyer la cuve. Ensuite introduire la cuve de référence dans le port cuve. Et programmer la longueur d'onde désirée (507nm).

Et après enlever la cuve de référence. introduire la cuve remplie précédemment par l'échantillon à mesurer ensuite l'essuyer.

- Appuyer sur la touche READ puis lire résultat.

III.3.6.7. Le phosphore

Le phosphore est mesuré sous forme de phosphore totale (Pt), la recherche des fractions minérales (phosphates issus des produits lessiviers) et organiques (d'origine humaine ou industrielle) permet de juger des conditions de traitement biologique de l'effluent et des risques liés à l'eutrophisation des eaux calmes.

III.3.6.7.1. Mode opératoire

- Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette de l'échantillon mère.
- Introduire ce 1 ml dans un bécher.
- Compléter à 10 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter le réactif (phosphore PGT) à cette eau.
- Faire une agitation légère.
- Laisser la solution se reposer pendant 2 min.
- Mettre en marche le spectrophotomètre.
- Remplir la cuve avec de l'eau distillée (blanc).
- Essuyer la cuve.
- Introduire la cuve de référence dans le port cuve.
- Programmer la longueur d'onde désirée (890nm).
- Enlever la cuve de référence.
- Introduire la cuve remplie précédemment par l'échantillon à mesurer ensuite l'essuyer.
- Appuyer sur la touche (READ) puis lire le résultat.

III.3.7. Test de décantation

III.3.7.1. Mode opératoire

- Après une bonne aération (30 min) 1L de boue est prélevé du bassin de traitement.
- Cette quantité est mise dans une éprouvette de 1L et agitée.

- On laisse on suivante le mélange décanter pendant 30 min et on lit la quantité de boue décantées sur les graduations de l'éprouvette, cette valeur permet le calcul de l'indice de boue IB : $IB \text{ (mg/l)} = V_{30} \text{ (ml/l)} \times \text{facteur de dilution} / [MS] \text{ (g/l)}$

Remarque

Une nouvelle dilution est nécessaire si le lecteur des boues décantées est supérieur à 250ml après 30 minutes de décantation (une lente décantation).

III.3.7.2. Interprétation des résultats

Tableau.11 : Relation entre l'indice de boue et la décantation des boues

IB en mg/l	Signification
<50	Floc bactérien trop fin, trop granuleux
100	Floc bactérien bien constitué, bonne décantation, situation idéale
100 < IB < 150	Floc normalement constitué, décantation Normal
150 < IB < 200	Floc légère, décantation ralentie
>200	Floc gonflé et très léger, décantation mauvaise

III.3.8. La siccité

La siccité (sc) est le pourcentage massique de la matière sèche, elle est évaluée par la quantité de solide restée à 105°C pendant deux heures, elle s'exprime généralement en pourcentage à l'inverse, on parlera de taux d'humidité.

- Peser le creusé vide sèche soit P0.
- Prendre une quantité de la boue d'un lit de séchage.
- Peser ensemble le pèse-tare et la boue soit P1.
- Mettre le creuse à l'incubateur à 105°C pendant 4 heures (jusqu'à ce que le poids se stabilise) soit P2.

Le calcul de la siccité se fait par la formule suivante :

$$Sc = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} * 100$$

P0 : creuse vide.

P1 : creuse avec l'échantillon.

P2 : creuse avec séchage.

Tableau.12 : Etat physique des boues.

Etat	Siccité
Liquide	< 10%
Pâteux	12% à 25%
Solide	25% à 85%
Sec	> 85%

III.4. Conclusion

Les analyses physico-chimiques effectuées au sein de la STEP Touggourt sont indispensables pour pouvoir juger de la performance du STEP et d'avoir une idée globale sur le rendement de chaque procédé d'épuration.

Chapitre IV :
Résultats et
Discussion

IV.1. Les résultats d'analyses physicochimiques

La réutilisation des eaux usées épurées dans les différents domaines à ses bénéfiques sur le plan économique, en revanche a ses inconvénients surtout sur la santé des utilisateurs de ces eaux. Nous étudierons dans cette partie la qualité de l'eau traitée dans la station d'épuration des eaux usées de Touggourt.

Afin de déterminer la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Touggourt, nous avons effectué des analyses de différents paramètres de pollution dans la station. Les analyse des données présenter sont dans l'ordre de données mensuelles de l'année 2017 puis les données annuelles (2012/2018).

Les tableaux bruts des résultats d'analyses sont présentés en annexes.

IV.1.1. La demande biochimique en oxygène

La dégradation biochimique de l'oxygène mesure la quantité nécessaire d'oxygène pour la destruction des matières organiques avec le concours de microorganismes. Elle a pour but l'évaluation du degré de la pollution organique de l'eau.

La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protéiques des matières organiques se traduit, dans un premier temps, par une décomposition des chaînes carbonées. Celle-ci commence immédiatement et dure environ 20 jours à la température de 20°C, par contre le début de la transformation des matières azotées n'apparaît qu'après une dizaine de jours et demande beaucoup plus de temps. Dans ces conditions, il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO5 en milligrammes d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que toutes les mesures des eaux traitées respectent les normes de rejets des installations de déversement industrielles (40 mg/l) (Journal Officiel de l'Algérie, 2005).

Les figures ci-dessous présentent l'évolution des teneurs du DBO5 en fonction du temps. Nous remarquons une même allure pour les deux courbes avec des valeurs plus ou moins proches dans chaque qualité d'eau, Ces valeurs restent inférieures à 35 mg/l considérée comme valeur limite des normes algériennes et de l'OMS dans les milieux récepteurs.

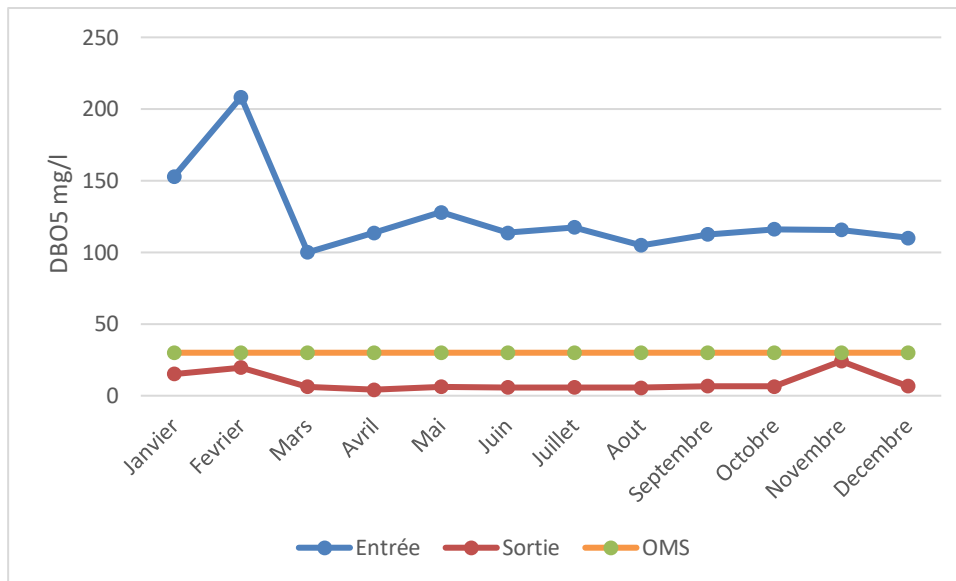


Figure .41 Variations mensuelles de la demande biochimique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).

Une très bonne élimination de la pollution organique tout l'année de 2017, la moyenne obtenue pour les eaux brutes est de 124 mg/l, celle des eaux traitées est de 9.4 mg/l. Ce qui signifie une moyenne de rendement près à 92,5 %.

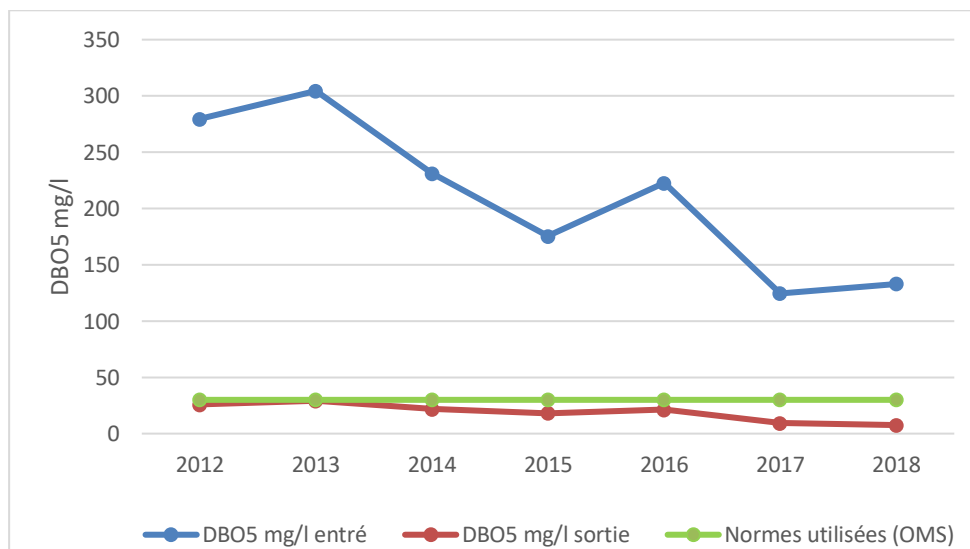


Figure .42 Variations annuelles de la demande biochimique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).

En comparant entre les valeurs de DBO5 des eaux brutes et celles traitées nous remarquons une bonne élimination de cette pollution organique, la moyenne obtenue pour les eaux brutes est de 210 mg/l, celle des eaux traitées est de 19 mg/l. Ce qui signifie une moyenne de rendement égale à 90,9 %, nous signalons que le rendement de

l'épuration de cette charge organique varie en fonction de certains facteurs : temps, saison, nature de rejets (urbain et/ou industriel).

IV.1.2. La demande chimique en oxygène

Dans les conditions expérimentales définies par la méthodologie, la DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques, que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires, étant donné les conditions opératoires (température), le pouvoir oxydant du réactif ($K_2Cr_2O_7$) et l'emploi d'un catalyseur (Ag_2SO_4), les résultats sont plus élevés que celles obtenus avec le permanganate de potassium. Cependant d'une façon générale, les composés azotés ainsi que certains noyaux aromatiques et certaines chaînes aliphatiques peuvent échapper à l'oxydation, (Rodier *et al.* 2005).

Les figures ci-dessous montrent une même allure, les teneurs du DCO qui ont représenté par des valeurs, ces valeurs sont conformes à la norme algérienne de rejet liquide (<120 mg/l), donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante.

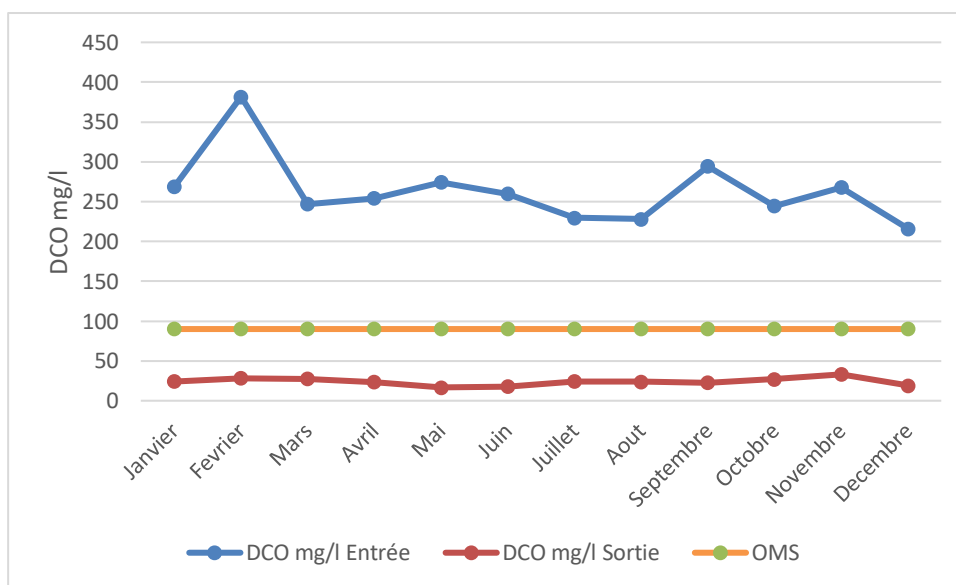


Figure .43 variations mensuelles de la DCO d'eau brute et traitée (2017).

Les mesures effectuées pour les eaux traitées montrent que les valeurs de ce paramètre sont respectées selon les normes publiées dans le journal officiel (120 mg/l).

Par comparaison entre les valeurs des eaux brutes qui ont une moyenne de 263.9 mg/l et celles des eaux traitées, de l'ordre de 24 mg/l, nous notons un bon rendement qui a une moyenne de l'ordre de 90.89%.

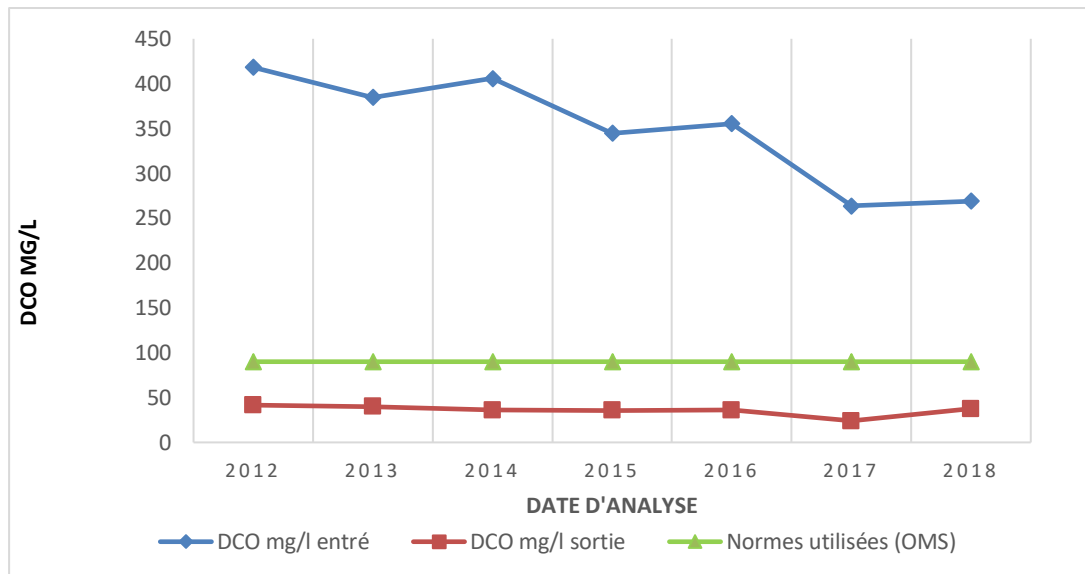


Figure .44 variations annuelles de la DCO d'eau brute et traitée (période du 01/2012 au 12/2018).

Les mesures effectuées pour les eaux traitées montrent que les valeurs de ce paramètre sont respectées selon les normes publiées dans le journal officiel (120 mg/l).

Par comparaison entre les valeurs des eaux brutes qui ont une moyenne de 348.9 mg/l et celles des eaux traitées, de l'ordre de 35.8 mg/l, nous notons un bon rendement qui a une moyenne de l'ordre de 89.75%. Ceci dénote l'efficacité du traitement secondaire de la station dans l'élimination de cette pollution chimique.

IV.1.3. Les MES

L'intérêt de détermination des MES à la sortie de la STEP est de vérifier la conformité aux normes de rejet en MES selon les normes nationales (30 mg/l).

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, boues, particules organiques, plancton, etc.). Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc. (Rodier et *al.* 2005).

Des teneurs plus élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et limiter ainsi le développement ichtyologique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces. L'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies, est souvent la conséquence d'une teneur élevée des matières en suspension (Rodier et *al.* 2005).

D'après les figures suivantes, nous trouvons une même allure pour les deux graphiques et une même tendance de variation. Les valeurs maximales et minimales des M.E.S. brutes sont successives, cela peut être interprété par un apport externe important au niveau des matières en suspension par les vents par exemple.

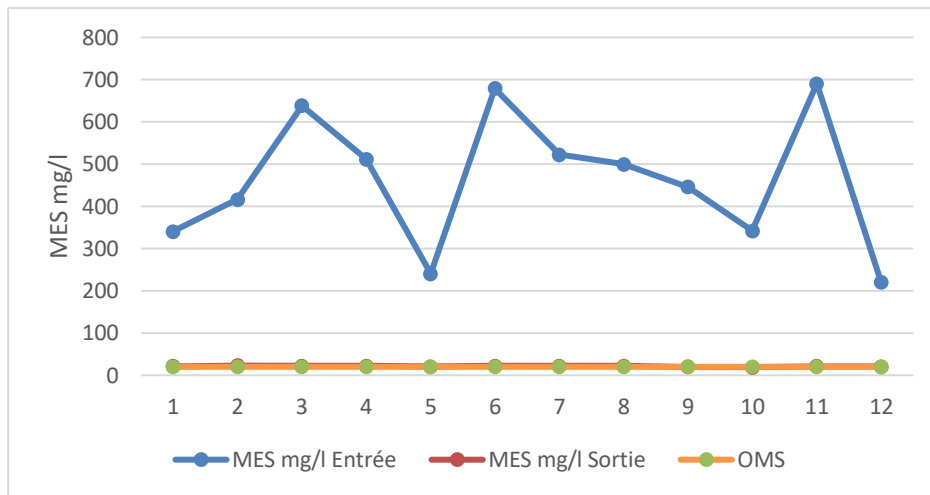


Figure .45 variation mensuelle de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).

En comparant les moyennes obtenues des MES des eaux brutes 462.28 mg/l à celles des eaux traitées 21 mg/l nous remarquons l'importance du rendement du traitement de 95.37%.

Le faible taux d'O₂ dissous enregistré à l'entrée, caractérisant une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganiques dissoutes ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface due à la présence des graisses, des détergents.

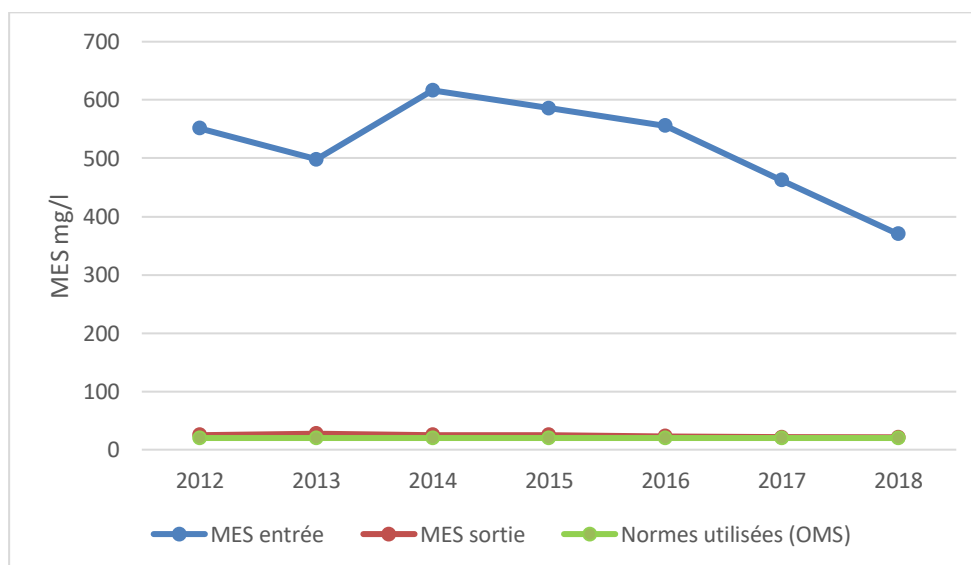


Figure .46 variation annuelle de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).

En comparant les moyennes obtenues des MES des eaux brutes 519.95 mg/l à celles des eaux traitées 24 mg/l nous remarquons l'importance du rendement du traitement de 95.39%. Les valeurs des eaux traitées restent coincées inférieures aux normes publiées dans le journal officiel.

IV 1.4. Les nitrites

Pour l'interprétation des résultats des nitrites, il est nécessaire de tenir en compte les teneurs de nitrates, d'azote ammoniacal et de matière organique, les nitrates proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant.

Du point de vue de la toxicité qui est très significative en raison de leur pouvoir oxydant, il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une action méthomoglobinisante comme cela est indiqué à propos des nitrates. La salive contiendrait de 6 à 15 mg/l de nitrites, par ailleurs, ceux-ci inhiberaient l'activité biologique de certains vitamines (A, E, B6 ...). Il semblerait que certains types de cancers (voies digestives supérieures, foie) peuvent avoir pour origine la présence de nitrosamines dans l'alimentation (Rodier et *al.* 2005).

Les deux figures montrent une évolution similaire des teneurs en nitrites avant et après traitement.

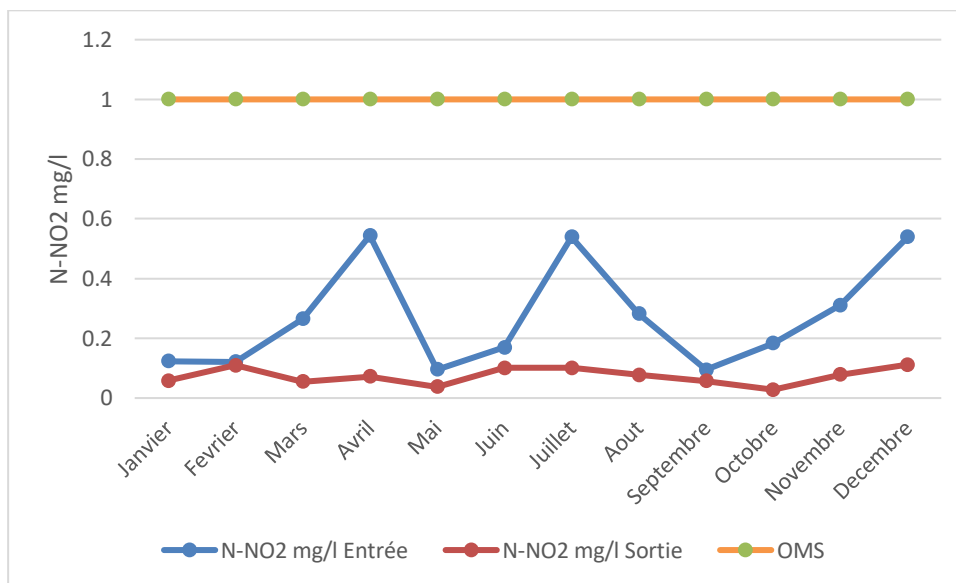


Figure .47 Variation mensuelle des Nitrites (NO2-) à l'entrée et à la sortie (2017).

Les résultats des eaux traitées obtenues en nitrites sont très faibles avec une moyenne de 0.07 mg/l, ce qui signifie l'efficacité du traitement biologique dans les bassins.

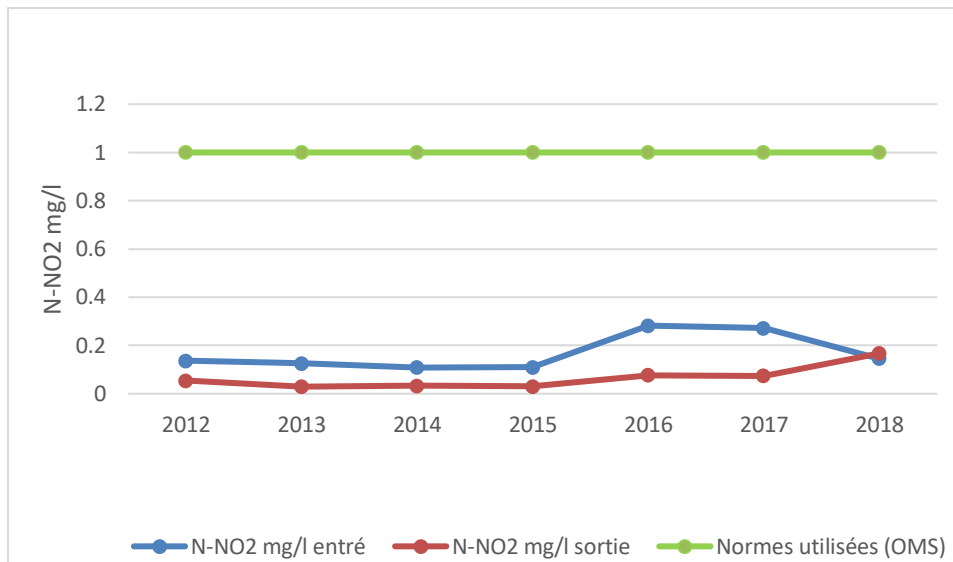


Figure .48 Variation annuelle des Nitrites (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).

Les résultats des eaux traitées obtenues en nitrites sont très faibles. Les valeurs oscillent entre 0.03 mg/l et 0.16 mg/l avec une moyenne de 0.06 mg/l. Les résultats des rendements prouvent l'efficacité du traitement avec une moyenne générale de 81.29%.

IV.1.5. Les nitrates

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites. En ce qui concerne la toxicité à long terme, les enquêtes épidémiologiques, statistiquement valable ne font pas apparaître de phénomènes de cancérogènes avec ces deux types de sels (Rodier et *al.* 2005).

Les organismes nitrificateurs sont sensibles au pH et leur meilleure activité se situe dans une gamme de pH de 7.5 à 8 (Rodier et *al.* 2005).

Les figures suivantes présentent les résultats.

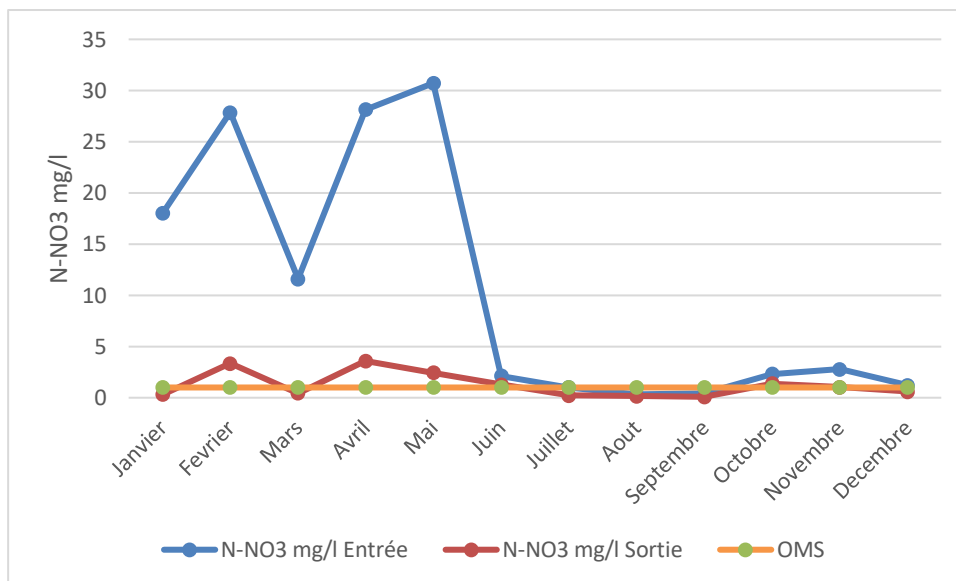


Figure .49 Variation mensuelle des Nitrates (NO₃-) à l'entrée et à la sortie (2017).

D'après les résultats obtenus, nous enregistrons des valeurs compatibles aux normes internationales des eaux d'irrigations selon l'O.M.S. et la F.A.O. (< 50 mg/l).

La moyenne des teneurs en nitrates des eaux traitées est de 1.24 mg/l. Comparée à celles obtenue pour les eaux brutes, 10.5 mg/l, nous déduisons une moyenne de rendement de l'ordre de 88.25%.

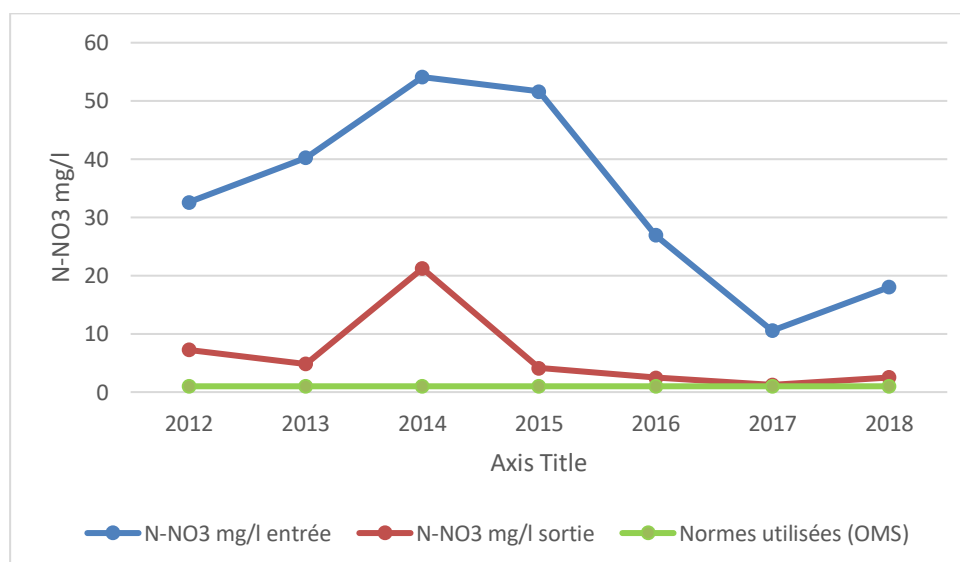


Figure .50 Variation annuelle des Nitrates (NO₃-) à l'enté et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).

La moyenne des teneurs en nitrates des eaux traitées est de 6.24 mg/l. Comparée à celles obtenue pour les eaux brutes, 35 mg/l, donc on peut dire qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante avec un rendement d'élimination de 81.35%.

IV.1.6. Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore peut se trouver sous différentes formes oxydées, sous la forme acide, on trouve les acides métag (HPO₃), pyro (H₄P₂O₇) et ortho (H₃PO₄). En milieu aqueux, les acides métag et pyro tendent vers une forme plus stable, l'orthophosphate. Pratiquement, c'est sous cette forme qu'on le rencontre dans les eaux superficielles dont le pH est compris entre 5 et 8 (Rodier et al, 2005).

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues et il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs, où il contribue à l'eutrophisation (Rodier et al, 2005).

Les résultats des traitements sont présentés dans les figures suivantes :

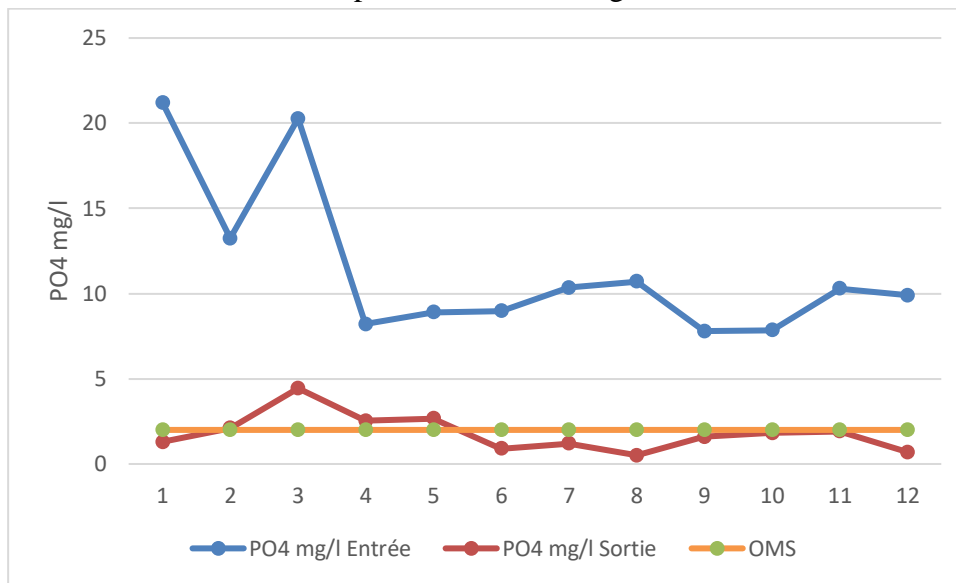


Figure 51. Variation mensuelle des orthophosphates (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie (2017).

D'après Les résultats enregistrés dans la figure 51 le cas des eaux traitées montre des valeurs considérables en ortho phosphatés (PO_4^{3-}) dans les premiers mois de l'année avec un rendement de 84.3%. On remarque que toutes les valeurs entré et sortie ne dépassent pas les normes algériennes et internationales.

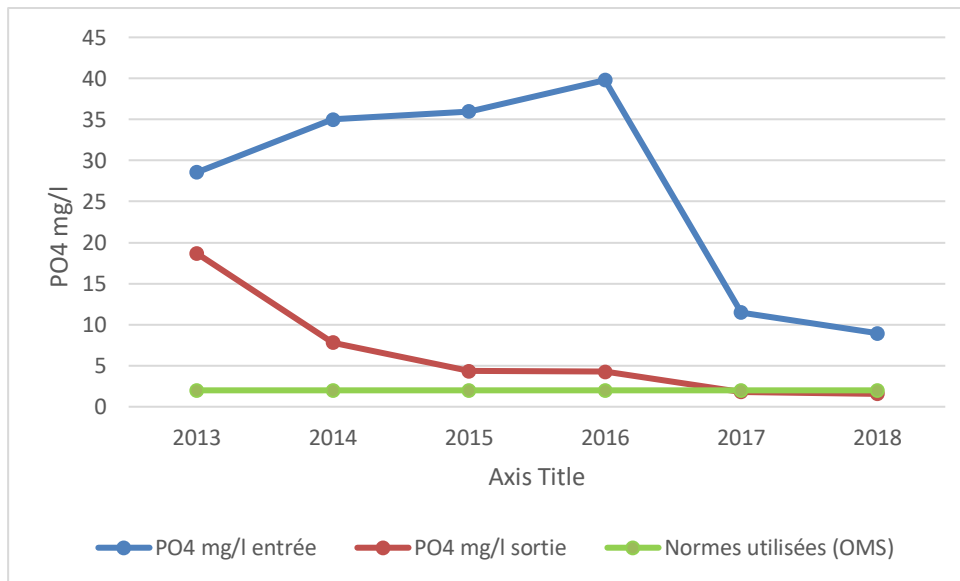


Figure 52. Variation annuelle des orthophosphates (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie (période du 01/2012 au 12/2018).

Les résultats enregistrés dans le cas des eaux traitées montrent des valeurs élevées en PO_4 .

Dans l'ensemble, ces teneurs dépassent parfois les seuils fixés par les normes du Journal Officiel (10 mg/l) et de l'O.M.S. (0.94 mg/l) pour les eaux d'irrigation. La moyenne de ces teneurs est de l'ordre de 3.95mg/l.

Ce résultat peut être expliqué par les déversements des eaux usées industrielles (notant la présence d'une usine des produits cosmétiques dans la région) et domestiques riches en détergents phosphatées qui apportent environ 3g de phosphore par personne par jour.

Par ailleurs, lorsque on fait une comparaison entre les teneurs des eaux brutes et celles des eaux traitées, nous notons une moyenne des rendements égale à 85.24% ce que signifie, tout de même, l'importance de l'élimination des ortho phosphates.

En remarquant la figure ci-dessous, nous trouvons aussi la même variation des résultats des eaux brutes avec celle traitées, avec une variation remarquable pour les eaux traitées ce qui peut être interprété par un déversement excessif de l'usine de cosmétique présent dans la région.

IV.1.7. Le pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité ; à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et un pH supérieur à 7, elle est dite basique. Etant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre-indication à la potabilité.

C'est cependant l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement, (Rodier et al, 2005).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine l'O.M.S ne fixe pas de valeur précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîner des problèmes de goût et de consommation accrue de savon, elle recommande un pH

inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore. Les directives du Conseil des communautés européennes précisent que l'eau ne doit pas être agressive et indiquent comme niveau guide : $6,5 < \text{PH} < 8,5$ avec une valeur maximale admissible de 9,5 ; elles rappellent que les valeurs du pH ne s'appliquent pas aux eaux conditionnées, (Rodier et al, 2005).

Le pH joue un rôle très important dans les traitements de floculation et de coagulation. La correction des tendances agressives de l'eau s'effectue soit par aération, soit par adjonction de carbonate de calcium, soit par filtration sur des alcalino-terreux, (Rodier et al, 2005).

Les tableaux des résultats montrent des valeurs fiables avec la recommandation de l'OMS et le journal officiel de l'Algérie ($<8,5$). Dont nous remarquons que toutes les valeurs sont inférieures à 8,5.

En remarquant d'après les figures ci-dessous une même tendance de variation, nous trouvons aussi une très légère variabilité des valeurs.

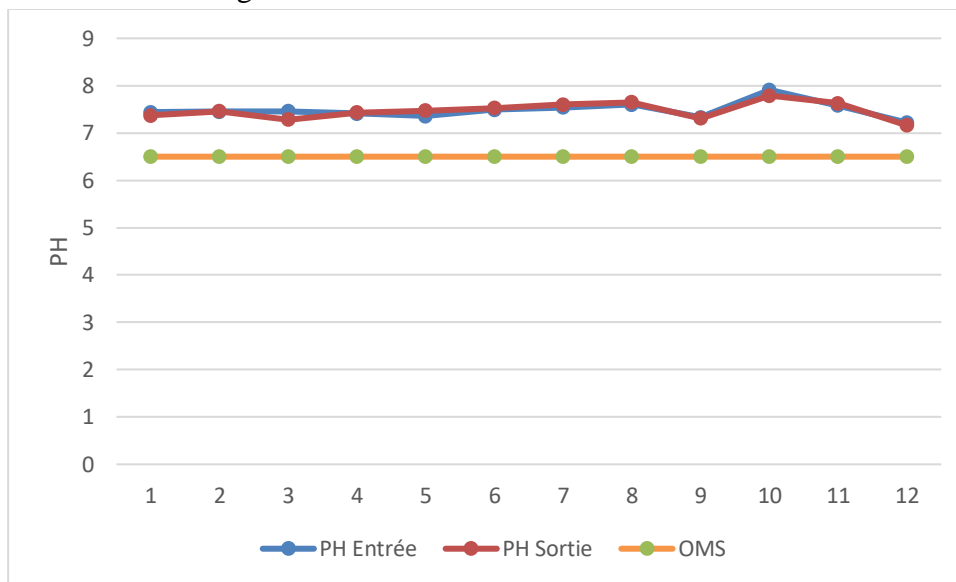


Figure .53 Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).

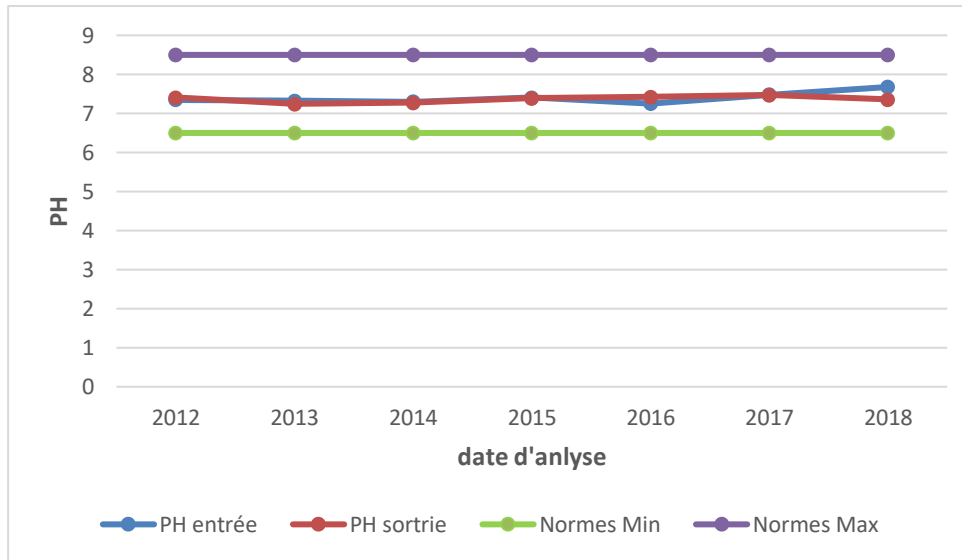


Figure .54 Variation annuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).

IV.1.8. La température

En ce qui concerne les rejets d'eaux chaudes, il est assez impropre de parler de pollution thermique car il s'agit plutôt d'une nuisance par réchauffement dont il faut distinguer les effets physiques, physicochimique et biologiques.

L'élévation de température s'accompagne d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation), d'une diminution de la solubilité des gaz (oxygène), quelques-uns de ces effets peuvent avoir une action bénéfique ; c'est ainsi, par exemple, que l'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épurations, dans l'eau de mer réchauffée, la production biologique est améliorée, **(Beauchamp, Ross, Withehouse)**.

Les rejets d'eaux chaudes paraissent favoriser le développement d'espèces comme *Naegleria fowleri* qui peuvent être à l'origine de méningo-encéphalites amibiennes primitives, à évolution le plus souvent fatale, ces amibes peuvent se développer à partir de 20 °C mais la température idéale pour leur prolifération se situe autour de 30°C surtout si cette température se maintient pendant un mois ou plus, **(Rodier et al, 2005)**.

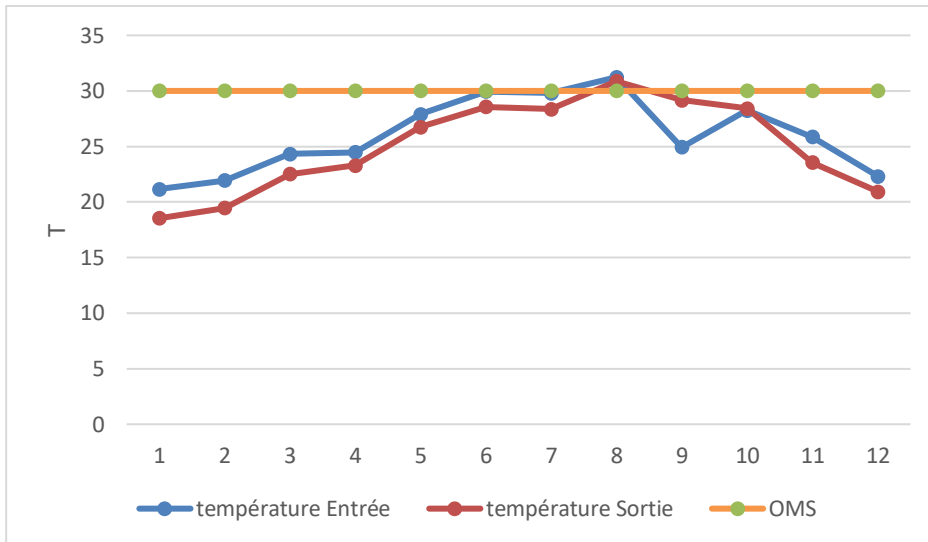


Figure .55 variation mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017).

Les tableaux des résultats des eaux brutes et traitées montrent des valeurs respectives aux limites indiquées par l'OMS et le journal officiel de la république algérienne. D'après les figures ci-dessous on trouve la même allure pour les deux graphiques qui tend à augmenter dans le temps, cette augmentation peut être expliquée par l'augmentation des températures naturelles au cours du changement des saisons.

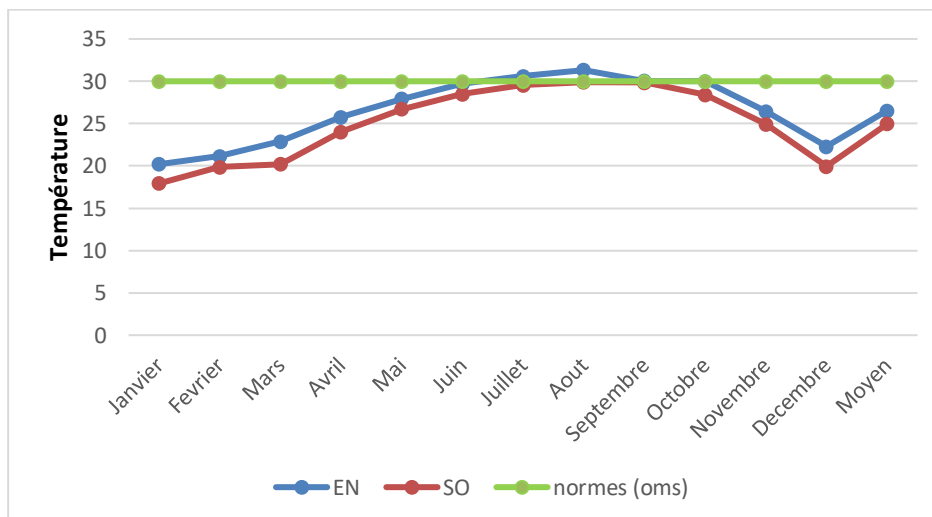


Figure .56 variation moyenne annuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période de 2008 au 2017).

IV.1.9. La conductivité

Les figures suivantes représentent la variation de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

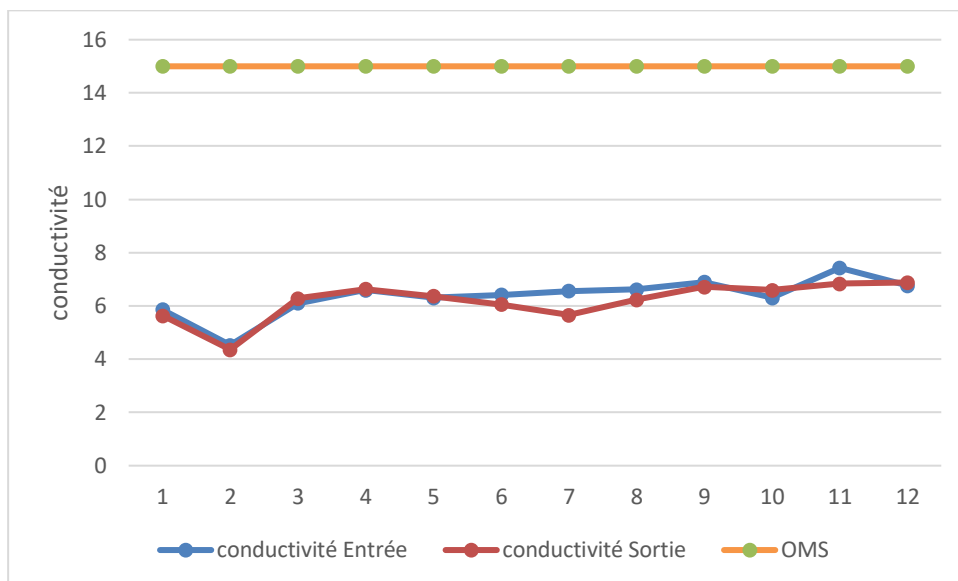


Figure .57 : variation mensuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (2017)

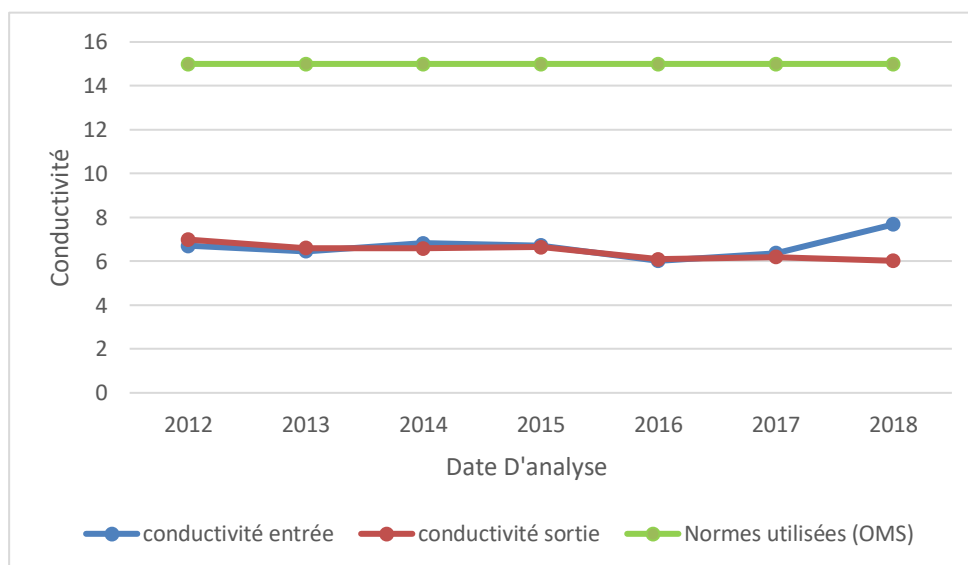


Figure .58 : variation annuelle de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 01/2012 au 12/2018).

D'après les deux figures, on ne remarque pas vraiment une variation de la conductivité dans la majorité des prélèvements, les valeurs de la conductivité sont proches les unes des autres.

Les valeurs journalières des eaux brutes varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à un maximum de 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux qui arrivent à la STEP.

A la sortie on constate presque une stabilisation de la conductivité suite au traitement, la concentration en sels se stabilise.

IV.2. Les résultats d'analyses microbiologiques

Ces germes présentent fréquemment des concentrations importantes dans les matières fécales de l'homme et des mammifères les plus susceptibles d'héberger des pathogènes. Par gramme de fèces, les valeurs suivantes multipliées par 10^6 sont approximativement et respectivement trouvés pour les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux : 13 et 3 chez l'homme, 0.2 et 1.4 chez les bovidés, 3.3 et 84 chez le porc, 23 et 980 chez le chien (Rodier et *al.* 2005). Ce sont donc des témoins sensibles, du fait de leur grande quantité dans les fèces, et complémentaires du fait de la concentration plus importante des coliformes fécaux chez l'homme, et des streptocoques fécaux chez l'animal.

Les résultats obtenus montrent la présence de certains germes comme les coliformes (totaux et fécaux) et les streptocoques (totaux et fécaux), ainsi que l'absence des salmonelles et staphylocoques.

La présence des genres indiqués peut être justifiée par l'absence de la dernière étape de traitement qui est la désinfection par le chlore. La présence de ces genres n'est pas recommandée pour les eaux de rejets, car elles peuvent contaminer l'Homme par les espèces animales sauvages qui rentrent en contact avec d'autres domestiquées.

Les autres genres ne sont pas présents (salmonelles et staphylocoques) car ces genres se caractérisent par une fragilité contre la variation de leurs conditions favorables de vie. Elles ne peuvent pas résister aux conditions de milieu où elles se trouvent.

On peut dire dans ce cas que le traitement n'est pas efficace dans l'élimination des bactéries pathogènes pour la raison indiquée précédemment dont l'opération de la chloration n'est pas toujours effectuée.

IV.3. Performance de la STEP, paramètres analysés à l'entrée et sortie

IV.3.1. Evaluation de la pollution organique des eaux usées

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées, les calculs des rapports DCO/DBO5, DBO5/DCO et l'estimation de la matière oxydable (MO) présentent des intérêts importants dans l'entrée et à la sortie de la station.

L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des effluents du port et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

IV.3.1.1. La biodégradabilité (K)

La biodégradabilité est la capacité des micro-organismes à dégrader la matière organique. Si $DCO/DBO5 = 3$, ce rapport souligne une charge organique bien biodégradable. Le rapport DBO5/DCO fournit des indications importantes sur l'origine de la pollution des eaux usées et le traitement convenable à réaliser (figure 61-62).

Les résultats constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou non biodégradables, (Rodier J., 2005).

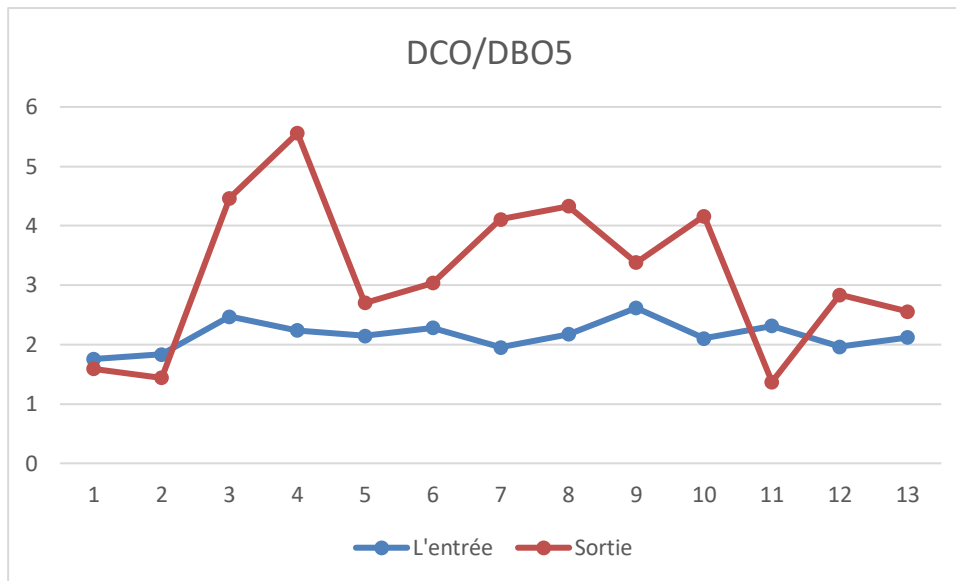


Figure. 61 : La variation de rapport DCO/DBO5 l'année 2017.

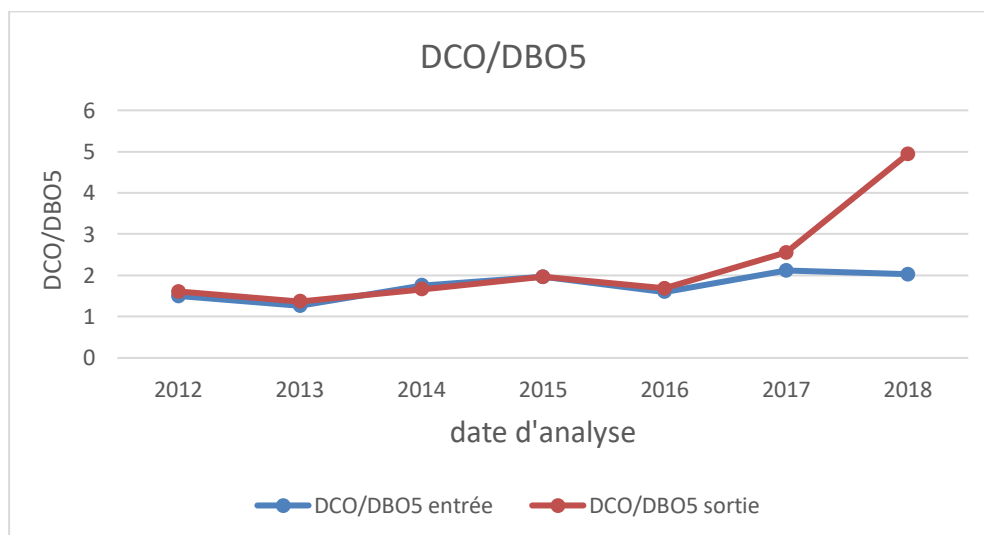


Figure. 62 : La variation de rapport DCO/DBO5 entre les deux années 2012 et 2018.

Les eaux usées présentent un rapport DCO/DBO5 variant entre une valeur minimale 1.11 mg/l et entre une valeur maximale de 4.90 mg/l. Donc, on peut conclure que même si les eaux usées de ces rejets présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables.

IV.3.1.2. Rapport DBO5/DCO

Le rapport DBO5/DCO donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement.

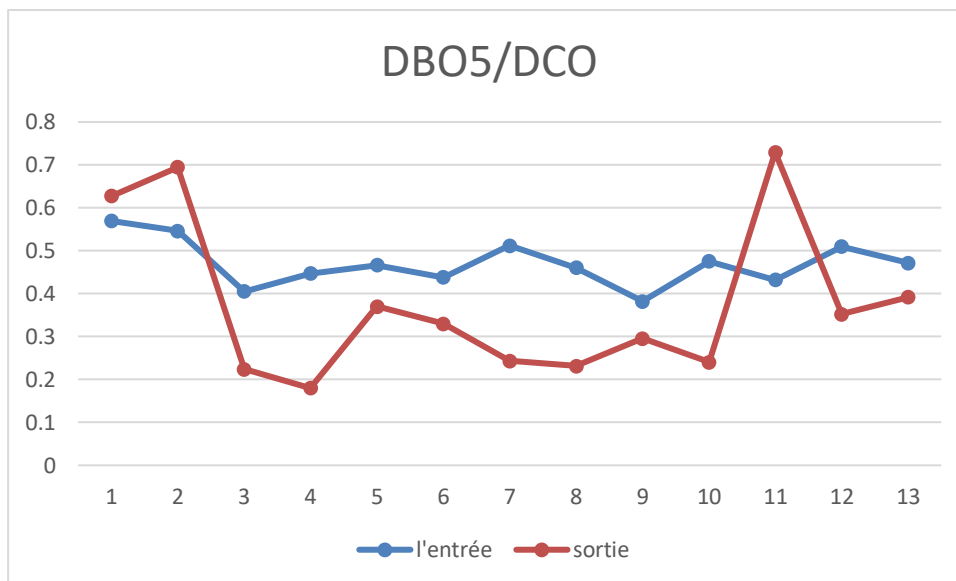


Figure. 63 : La variation de ratio DBO5/DCO l'année 2017.

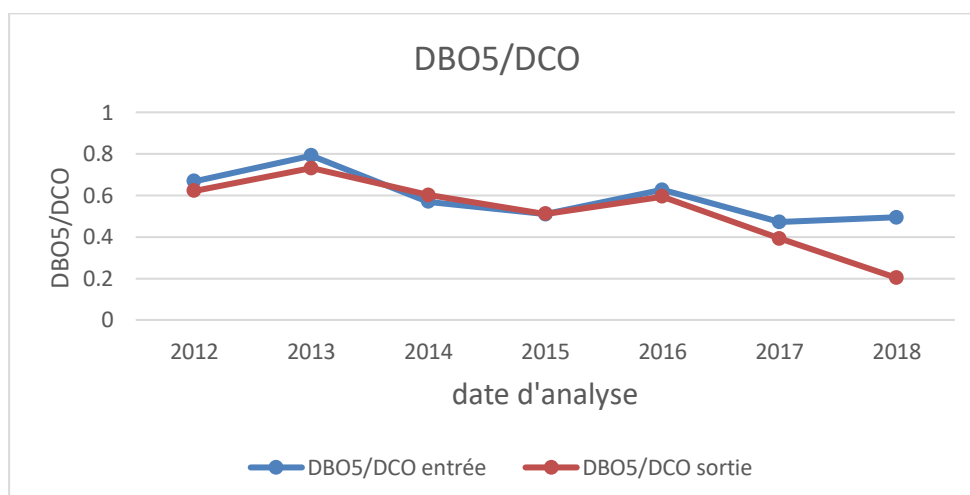


Figure. 64 : La variation de ratio DBO5/DCO entre les deux années 2012 et 2018.

Le rapport de DBO5/DCO (figure 64), variant entre une valeur maximale 0.80 mg/l au mois Janvier 2012 et une valeur minimale 0.31mg/l au mois de d' Avril 2018.

Donc, cependant à des taux de DBO5/DCO inférieurs à 0,30 les procédés physico-chimiques sont plus efficaces que les procédés biologiques,

IV.4. Conclusion

D'après les graphes obtenus durant un suivi qui a duré du mois de janvier 2012 au mois de décembre 2018 montrent clairement l'efficacité et d'un tel système pour le traitement des eaux usées urbaines d'une moyenne agglomération. L'abattement de la pollution particulière atteint : **93 %** de la DCO, **96 %** de la DBO5, **93 %** de la MES, **80%** d'Nt et de **58 %** de Pt.

Les résultats obtenus montrent que la STEP de Touggourt donne dans la plupart des cas de bon résultat conforme aux normes algérienne et celles de l'OMS.

IV.5. Perspectives et recommandation pour diminuer la pollution des eaux :

A la fin de ce chapitre, nous présentons quelques suggestions qui permettraient de réduire la pollution de toutes sortes.

En matière de pollution industriel :

- Nous suggérons de placer des stations d'épuration au niveau des usines, gérées par les autorités concernées en contrepartie réduisant ainsi les taxes sur les usines au profit des ingénieurs de laboratoire.
- Mettre en place des programmes d'assistance aux usines qui les aident à se conformer aux lois et ainsi à réduire les émissions des rejets.
- Encourager la création d'un laboratoire interentreprises pour l'autosurveillance et le suivi dans les stations d'épuration

En matière de pollution agricole :

- Traitement des déchets animaux.
- Utiliser des engrais sans azote pour que les plantes absorbent facilement.
- Fabriquer des engrais respectueux de l'environnement au moindre coût pour les agriculteurs.
- Encourager l'utilisation d'engrais moins toxiques en leur fournissant une ou deux fois par an gratuitement.

En matière de pollution urbain :

- L'utilisation de technologies modernes dans le traitement, comme le traitement à l'ozone, le traitement à l'ozone est plus efficace à moindre coût.
- Utilisation de la technologie du combustible à cellules microbiennes, cette technique traite l'eau contaminée et produit en même temps de l'énergie électrique à l'aide de bactéries.
- L'épuration avec des plantes, Cette technique est suggérée en étant naturelle et efficace

Conclusion générale

L'objectif visé par cette étude est d'éclairer l'importance de l'opération d'épuration des eaux usées. Il s'agit d'une pratique qui a des influences sur l'environnement, l'économie du pays et la santé humaine.

Dans ce cas, nous avons pris comme lieu d'étude la S.T.E.P de Touggourt. Cette ville connaît une croissance démographique galopante avec un taux de croissance estimé à 3,95% par an. Cette croissance rapide est accompagnée par une augmentation des quantités des eaux rejetées dans la nature et en générale une augmentation de la pollution du milieu environnemental.

La portée de la menace sur la santé publique est énorme. L'eau polluée risque de contaminer les nappes souterraines ainsi que la faune sauvage (notamment les oiseaux) qui rentrent en contact avec d'autres animaux domestiques et leur transmet des maladies pouvant toucher l'Homme.

Au terme de notre étude, nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux traitées et celles des eaux brutes. Qui reflète le degré d'efficacité du traitement biologique des eaux résiduaires de Touggourt avec un rendement pouvant atteindre 98%. Les résultats sont de l'ordre de 90,9 % pour la DBO5, donnent une idée sur le danger éliminé d'après cette eau, la DBO5 à un rendement de ainsi pour la DCO avec 89.75%, et 95.39% pour les matières en suspension.

Pour les nitrites et nitrates, ses substances dangereuses, la chute des valeurs initiales est de 88.66% pour les nitrites et 65.49% pour les nitrates, 92.04% pour les orthophosphates ont un rendement de malgré qu'on trouve des teneurs qui dépassent les seuils fixés par le journal national et l'OMS. Le pH est l'un des paramètres les plus important a des valeurs toujours convenables aux normes nationales.

Référence bibliographique

Aoulmi Sofiane, (2007), Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.

Asano T, (1998), Irrigation with Reclaimed municipal wastewater: California Experiences. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1. Reuse of Low,QualityWater for Irrigation in Mediterranean Countries.

Attab Sarah, (2011), amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local), Mémoire de magister en biologie, université ouaregla.

Bakkal Fatima Zahra, Bennani Oumaima, (Optimisation du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de Marrakech), Mémoire, université MARRAKECH.

Banzaoui N Et Elbouz F, (2009), Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba.

Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, (2004), Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.

Bekkouche M, Zidane F, (2004), Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p.

Boumediene Amine, (2013). (bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP AIN EL HOUTZ). Mémoire de licence en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

Bouziyani. M. (2000) la pénurie aux maladies ; édition Ibn-khaldoun, P 260.

Cherki F, Et Hesses H, « étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université.

CSHPF, (1995), « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section

des eaux ;

22p.http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).

Dafri A, (2008), Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Mémoire de Magister N°308 ; en microbiologie appliquée, Université Mentouri Constantine, Faculté des sciences de la nature et de la vie, 60p.

Dahou Abderahim, Brek Adem, (2013), lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'ouaregla). mémoire master académique. université de ouaregla.

Detay. M. (1997). - La prise en conscience de la gestion des ressources en eau : l'investissement. Formation. Colloque BRGM. Vol.1, 271-281. Doc. BRGM 195.

Dhaouadi H, (2008), Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration. Thèse, Université Virtuelle de Tunis, 34 p.

Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Monteil A ; Riou G ; Simon P, (2006), Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

Faiza Mekhalif, (2009), réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister en chimie, Université de skikda.

Feray C, (2000), « Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », Thèse de doctorat sciences naturelles, Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 204 p.

Franck R, (2002), Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.

Gaid A, (1984), « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.

Ghazi M, « Cours de l'épuration des eaux usées », département hydraulique option traitement et épuration de l'eau, université Tlemcen. (Consulté le 27 Février 2015).

G ; Simon P, (2006), Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour L'environnement).

Hadjou Belaid Z, (2013). « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

Hartani, T, (2004), La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat.

Journal officiel de la république Algérienne N 60 lois de l'eau du 04 septembre 2005.

Karima Allaoui, (2009), «Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées » Mémoire magister en hydraulique, université Badji Mokhtar - annaba.

Kenkins, David et al, (1986), Manual of causes and control of activated sludge bulking and Foaming, Ridgeline Press, Lafayette. CA 94549-U.S.A.

Laborde J.P., Assaba M., Behlouli. (2003). - Les chroniques mensuelles de pluie de bassin. Gestion du Risque-Eau en pays semi-aride. Congrès ADENIT, SHF, ENIT, INAT. Tunis. pp. 41-50.

Ladjel F, (2006), Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p.

Madjouri H, Amouria H. (2007). Contribution au traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation en irrigation Étude site- S.T.E.P de Touggourt. Mém. D.E.A. Traitement des eaux et des fluides. Univ. de Ouargla.85p.

Mechati. F, (2006), Etude des paramètres physico-chimiques avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister.

Mizi A, (2006), Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA.

Norme NF EN 12504-2 « Essais pour béton dans les structures - Partie 2 : essais non destructifs -Détermination de l'indice de rebondissement », 2003.

Office Nationale d'assainissement Touggourt (ONA)*Rapport annuel STEP 2018.

Office Nationale Météorologique O .N.M« données météorologies de la station pluviométrique de Touggourt » rapports annuel Période (2008-2017).

ONA-dz.org/l-ona-en-chiffres (consulté 23-05-2015)

Pierre J, Lienard A, Heduit A, P Duchene, (1990), « Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités », Document technique.

POTLON J L, Et ZYSMAN K, (1998), le guide des analyses de l'eau potable, ED, SEPT, France, P 79-213.

Ranald V,Giles,Jack B ,Evelt Serie schum Mécanique des fluids et hydraulique 2emme edition .

Regsek F, (2002), analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Edition scréréen CRDPA quitaine, Bordeaux.

Rejasse Sandrine, Juillet (2009), « Optimisation du fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées de 10 000 EH, Trélissac », Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES, Promotion Indre.

Richarde C, (1996), les eaux ; les bactéries ; les hommes et les animaux ; Edition Elsevier ; Paris, P138.

Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.-P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L.
2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8eme Édition. Ed. Dunod, Paris. 1383p.

Saggai M M, (2004), Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.

Salhi Imed *mémoire de Magistère* : Diagnostic de la dégradation de la galerie d'évacuation de Touggourt 2014.

Salem A, (1990), Rapport national de l'Algérie, stratégie de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen, bureau d'étude d'ingénierie et de services BEIS Alger, P11-147.

Seddiki Nabil *mémoire de fin d'étude* : contribution au diagnostic et réhabilitation du réseau d'assainissement et de drainage de la ville de Touggourt 2014.

Suschka J, Ferreira E. (1986), Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, pp.137-144.

Taradat M H, (1992), Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada.537p.

Telli Sidi Mohamed, (2013), Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, mémoire master génie énergétique université de tlemcen.

Tekfi K, (2006), « étude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique, université Tlemcen.

Thomas O, (1955), Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.

UNESCO, 1972 « Etude de ressources en eau du sahara septentrional rapport sur les résultats du projet », projet Reg 100, Paris 1972

Vaillant J R, (1974) Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris.

Yahlatene S, Tahirim El Tladj, (2011), « Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran », mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Ventilation_mécanique_contrôlée Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau.

Annex

Mois		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
débit m3/j	EN	6178,1755	8017,1275	8369,45583	7448,37	7723,45917	6981,60833	7865,5
débit trait m3/j	SO	5098,409167	7244,18833	7931,8125	7447,68	7425,12083	6944,27833	7847,2375
PH	PH entrée	7,3525	7,325	7,30083333	7,41	7,25083333	7,4825	7,6775
	PH sortie	7,403333333	7,24583333	7,27833333	7,39	7,42166667	7,47333333	7,36
conductivité	conductivité entrée	6,7025	6,45083333	6,8275	6,72	6,01916667	6,36666667	7,67666667
	conductivité sortie	6,988333333	6,60333333	6,5925	6,64	6,08833333	6,1875	6,02166667
Salinité	salinité entrée	3,625	3,54166667	3,73333333	3,65	3,3325	3,49166667	3,38333333
	salinité sortie	3,683333333	3,575	3,56666667	3,57	3,32166667	3,65	3,43333333
température	température entrée	27,20916667	25,7745833	27,1583333	25,5567	26,4983333	26,0083333	26,8908333
	température sortie	24,55	24,2775	25,5741667	24,74	25,3716667	25,035	25,3466667
N-NO2 mg/l	N-NO2 mg/l entré	0,136666667	0,12545455	0,10841667	0,11	0,28233333	0,27241667	0,146
	N-NO2 mg/l sortie	0,054777778	0,02927273	0,03325	0,03	0,07608333	0,07391667	0,167
N-NO3 mg/l	N-NO3 mg/l entrée	32,60444444	40,2216667	54,0925	51,65	26,9433333	10,55	18,0625
	N-NO3 mg/l sortie	7,268888889	4,83166667	21,2241667	4,12	2,47666667	1,24	2,52416667
PO4 mg/l	PO4 mg/l entrée	28,54666667	35,02	35,98	39,785	11,4741667	8,965	/
	PO4 mg/l sortie	18,69444444	7,8	4,34	4,26	1,80666667	1,56833333	/
MES mg/l	MES entrée	551,5008333	497,9725	616,541667	585,74	555,6525	462,284167	369,8991667
	MES sortie	25,13916667	27,3616667	25,0833333	24,98	22,8975	21,4125	21,2616667
DCO mg/l	DCO mg/l entré	418,16	384,916667	405,805833	344,79	355,42	263,851667	269,155
	DCO mg/l sortie	41,59833333	39,8741667	36,1225	35,55	35,8533333	24,0583333	37,4133333
DBO5 mg/l	DBO5 mg/l entré	279,5609091	304,436667	231,25	175,3	222,4675	124,5	133,0166667
	DBO5 mg/l sortie	25,86363636	29,1733333	21,75	18,13	21,2883333	9,4175	7,58333333
N-NH4 mg/l	EN	/	/	13,3172727	23,39	11,7966667	18,1233333	19,165
	SO	/	/	1,86090909	1,09	2,06166667	2,42083333	4,49
NTK mg/l	EN	/	/	/	13,62	22,7409091	21,0608333	14
	SO	/	/	/	3,39	5,98272727	4,92583333	6,18375

Tableau .14 : bilan annuel moyen de l'exploitation de la station de Touggourt

Annexe .1 : journal officiel de la république algérienne N° 46.

14 juillet 1993	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 46	7
<p>— le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.</p> <p>Art. 21. — Tout prélèvement opéré aux fins d'analyse donne lieu à l'établissement d'échantillons placés chacun dans un récipient approprié et mis sous scellés avec étiquette portant :</p> <ul style="list-style-type: none"> — les dates, heures et lieu de prélèvement, — l'identification complète de chaque échantillon, — la signature de l'inspecteur de l'environnement chargé du contrôle. <p>Les échantillons sont conservés sous la responsabilité de l'inspecteur de l'environnement qui les place dans des conditions de bonne conservation.</p> <p>Art. 22. — L'analyse des échantillons porte sur leurs caractéristiques physique, chimique et biologique.</p> <p>Elle peut être accompagnée d'analyses bactériologiques.</p> <p>Des analyses spéciales, déterminées selon les activités qui sont à l'origine des rejets, peuvent compléter le contrôle.</p>	<p>Les analyses sont effectuées, selon les normes algériennes en vigueur, par des laboratoires agréés dont la liste est fixée par un arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement, du ministre chargé de l'hydraulique et du ministre chargé de la santé.</p> <p>Art. 23. — Lorsque des termes du procès-verbal ou des analyses, il ressort la commission d'infraction, l'inspecteur de l'environnement chargé du contrôle transmet le procès-verbal contenant lesdites infractions au ministère public territorialement compétent.</p> <p>Art. 24. — Toute infraction aux dispositions du présent décret sera punie conformément aux lois en vigueur.</p> <p>Art. 25. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 10 juillet 1993.</p> <p style="text-align: right;">Bélaïd ABDESSELAM</p>	

ANNEXE		
VALEURS LIMITES MAXIMALES DES PARAMETRES DE REJET DES INSTALLATIONS DE DEVERSEMENT INDUSTRIELLES		
PARAMETRES	UNITES	VALEURS MAXIMALES
Températures	°C	30
PH	"	5,5 à 8,5
Mes	mg / l	30
DBO5	"	40
DCO	"	120
Azote Kjeldahl <i>NO2</i>	"	40
Phosphates	"	02
Cyanures	"	0,1
Aluminium	"	5
Cadmium	"	0,2
Chrome 3 +	"	3,0
Chrome 6 +	"	0,1
Fer	"	5
Manganèse	"	1
Mercur	"	0,01
Nickel	"	5
Plomb	"	1
Cuivre	"	3
Zinc	"	5
Huiles et Graisses	"	20
Hydrocarbures	"	20
Phénols	"	0,5
Solvants organiques	"	20
Chlore actif	"	1,0
PCB	mg / l	0,001
Détergents	"	2
Tensio-actifs anioniques	"	10

Tableau .15: Norme extrême limitées aux eaux d'irrigation.

Paramètres	Nomes
pH	6.5 à 8.5
Conductivité électrique (ms/cm)	< 3*
MES (mg/l)	< 70*
DCO (mg/l)	< 40*
DBO ₅	< 30*
NO ₃ (mg/l)	< 50*
NO ₂ (mg/l)	< 1*
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	< 0.94*
HCO ₃ (mg/l)	500**
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	400**
CL ⁻ (mg/l)	1065**
Ca ²⁺ (mg/l)	400**
Na ⁺ (mg/l)	920**
Mg ²⁺ (mg/l)	60.75**
Cd ²⁺ (mg/l)	0.01*
Pb ²⁺ (mg/l)	0.05*
Zn ²⁺ (mg/l)	2*
Cr ⁶⁺	0.1*
NH ₄ ⁺ (mg/l)	< 2*

Source: *OMS, ** FAO

Tableau .16 : Caractéristiques des eaux résiduaires. (Mekkaoui, et Hamdi,

2006)(1991)

Paramètres	Echelle de variation	Fraction de comptable
pH	7.5 à 8.5	10
extrait sec mg/l	1000 à 2000	50 à 60
DCO mg/l	150 à 500	20 à 30
DOB5 mg/l	100 à 400	20 à 30
DCO mg/l	300 à 1000	
COT mg/l	100 à 1000	10%
NTK mg/l	30 à 100	0%
N-NH ⁺ mg/l	20 à 80	0%
N-NO ₂ mg/l	< 1	0%
N-NO ₃ mg/l	< 1	0%
Detergents mg/l	6 à 13	0%
P mg/l	10 à 25	10%

Tableau 17 : bilan mensuel moyen de l'exploitation de la station de Touggourt année 2017

débit trait m ³ /j	SO	232,61	5807,4	6309,7	7622,9	8717	8563,8	7871,2	7522,03	5883,3	8423,3	8484,6	7893,7	6944,27833
température	EN	21,17	21,93	24,34	24,46	27,9	29,94	29,79	31,23	24,93	28,25	25,86	22,3	26,0083333
	SO	18,54	19,47	22,5	23,28	26,75	28,56	28,36	30,86	29,18	28,43	23,56	20,93	25,035
conductivité	EN	5,86	4,53	6,1	6,6	6,31	6,42	6,56	6,62	6,9	6,31	7,43	6,76	6,36666667
	SO	5,63	4,36	6,28	6,63	6,37	6,05	5,66	6,24	6,71	6,6	6,84	6,88	6,1875
salinité	EN	3,2	2,5	3,3	3,6	3,5	3,5	3,6	3,6	3,8	3,5	4,1	3,7	3,49166667
	SO	5,6	2,5	3,4	3,6	3,5	3,3	3,3	3,9	3,7	3,5	3,8	3,7	3,65
PH	EN	7,44	7,45	7,46	7,41	7,36	7,49	7,54	7,6	7,33	7,91	7,58	7,22	7,4825
	SO	7,37	7,46	7,28	7,43	7,47	7,53	7,6	7,65	7,31	7,79	7,63	7,16	7,47333333
O2 dissous	EN	0,31	23,62	0,208	0,15	0,11	0,11	0,145	0,103	0,193	1,618	0,306	0,373	2,2705
	SO	2,817	3,274	3,906	4,434	3,374	3,493	3,099	2,97	2,818	4,003	3,496	4,1	3,482
N-NH4 mg/l	EN	0,12	13,9	12,8	35,13	16,4	17,1	19,1	9,49	31,7	22,1	20,77	18,87	18,1233333
	SO	0,04	6,9	2,6	6,63	2,29	0,45	1,61	1,27	2,16	1,58	3,33	0,19	2,42083333
N-NO2 mg/l	EN	0,123	0,121	0,265	0,544	0,096	0,17	0,539	0,282	0,095	0,184	0,311	0,539	0,27241667
	SO	0,058	0,11	0,055	0,072	0,038	0,101	0,101	0,077	0,057	0,028	0,078	0,112	0,07391667
N-NO3 mg/l	EN	18	27,85	11,61	28,14	30,72	2,14	1,01	0,33	0,45	2,32	2,8	1,23	10,55
	SO	0,3	3,35	0,45	3,59	2,43	1,28	0,22	0,16	0,09	1,37	1,03	0,61	1,24
NT mg/l	EN	27	12,7	14,5	32,47	31,85	25,63	16,13	13,7	20,1	31,53	13,1	14,02	21,0608333
	SO	5	4,5	5	7,28	4,92	3,76	4,38	2,52	5,4	9,27	3,87	3,21	4,92583333
PO4 mg/l	EN	21,2	13,25	20,27	8,2	8,91	8,98	10,35	10,7	7,8	7,85	10,29	9,89	11,4741667
	SO	1,3	2,1	4,44	2,54	2,67	0,89	1,2	0,51	1,6	1,82	1,91	0,7	1,80666667
MES mg/l	EN	340,54	416,57	638,6	511,54	240,1	679	522,38	499,8	445,8	341,83	690,5	220,73	462,284167
	SO	21,07	22,83	22,4	21,88	20,8	21,86	22	22,5	19,68	19,43	21,75	20,75	21,4125
DCCO mg/l	EN	268,71	381,67	246,8	254,38	274,4	259,75	229,5	228	294,25	244,75	267,88	216,13	263,851667
	SO	24,37	28,33	27,68	23,63	16,75	17,84	24,15	23,8	22,83	27,05	33,09	19,15	24,0558333
DBO5 mg/l	EN	153	208,33	100	113,75	128	113,75	117,5	105	112,5	116,25	115,71	110,21	124,5
	SO	15,29	19,67	6,2	4,25	6,2	5,88	5,88	5,5	6,75	6,5	24,14	6,75	9,4175