



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE

ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued

Faculté de technologie

Département d'hydraulique Et Génie Civil



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master professionnel (LMD) en
Hydraulique

Option: **Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement**

Etude de suivi et d'optimisation de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée (Cas de la station de Touggourt)

Présenté par :

SICHI Fouad Kheireddine

REZZOUG Idrise

Soutenu devant le jury composé de :

- Dr .OUAKOUAK Abdelkader Université d ' El-Oued Promoteur
- Dr. BOUCHEMAL Fattoum Université d ' El-Oued Président
- Mr. GHEDEIR AMAR Hacem Université d ' Annaba Examineur

Promotion : Juin 2017

الملخص

تتكون المياه المستعملة من مياه المراحيض المصرفة، مياه المطابخ ومياه الحمامات. وتشكل النفايات في المياه الملوثة من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد المعدنية. تكون هذه المواد منحلة او على شكل عوالق.

تؤدي شبكات مياه الصرف الصحي إلى محطات المعالجة اين يتم التعامل مع المياه. الهدف الاساسي من معالجة المياه المستعملة هو إزالة أو تدمير هذه الملوثات والكائنات الحية الدقيقة. الهدف من هذا العمل هو متابعة سير نظام تصفية المياه المستعملة عن طريق الوحل النشط في المنطقة ذات المناخ الجاف الا وهي تقرت، ومراقبة جودة المعالجة الفيزيوكيميائية في محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت وذلك من خلال اجراء التحاليل الفيزيوكيميائية وتعداد مؤشرات تلوث المياه المستعملة للمحطة لقسمين الماء الداخل والماء الخارج . نتائج مقاييس التلوث المتحصل عليها بعد المعالجة تظهر تناقص قيم هذه المقاييس والي تكون مطابقة للمعايير الدولية او الوطنية.

Résumé

Les eaux usées domestiques se composent des eaux vannes d'évacuation des toilettes, des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et salles de bains. Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Les réseaux d'eaux usées aboutissent à des stations d'épuration où les eaux sont traitées.

Le traitement de l'eau usée a pour but principale d'éliminer ou détruire ces polluants et ces microorganismes.

L'objectif de ce travail est suivie des performances épuratoires d'un système d'épuration des eaux usées urbaines par boue activée dans un région de climat aride et c'est Touggourt, et contrôler la qualité de traitement physico-chimique et microbiologique de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt et cela en effectuant les analyses physico-chimique et le dénombrement des indicateur de contamination des eaux usées de la station d'épuration en deux point de traitement, l'eau entrant et l'eau de sortie.

Les résultats des paramètres polluants obtenus après traitement montrent une diminution des valeurs de ces paramètres et que sont conformées les normes internationales ou nationales.

Abstract

Domestic sewage consists of sewage from the toilets, domestic waste water from kitchens and bathrooms. The wastes in these contaminated waters consist of degradable organic matter and mineral matter. These substances are in dissolved or suspended form. Wastewater networks lead to treatment plants where water is treated.

The main purpose of wastewater treatment is to eliminate or destroy these pollutants and microorganisms.

The objective of this work is followed by the purification performance of an urban wastewater treatment system by activated sludge in a region of arid climate and it is Touggourt, and to control the quality of physicochemical and microbiological treatment of Wastewater treatment plant in Touggourt, by carrying out the physical and chemical analyzes and counting the wastewater contamination indicators of the treatment plant at two treatment points, the incoming water and the outlet water.

The results of the pollutant parameters obtained after treatment show a decrease in the values of these parameters and that conform to the international or national standards.

DEDICACE FOUAD

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

A ma mère et à mon père qui ont une très grande place dans mon coeur;

A mes frères et mes soeurs et tout la famille SICHI et ABIDI,

A tous mes amis dans l'équipe de football,

A tous mes amis de la vie;

A mon frère SALMANE ;

A les entraîneurs dans la staffe technique SOUID, SALIM, HOCINE et MAHMOUD ;

A toutes la promo à l'H.U pour leurs compréhensions, leurs soutiens, leurs tendresses;

Enfin, dédicace spéciale à ma fiancée HANANE

Dédicace DRIS

Je dédie ce travail :

A Ma mère,

A Mon père,

A mes frères et sœurs,

A mes amis.

Remerciements

Au terme de ce travail et avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur **Mr. OUAKOUAK Abdelkader**. Je tiens aussi à remercier **Mr. GHEDEIR AMAR Hacem** et **Mme. BOUCHEMAL .Fattoum** qui acceptés de faire partie du jury et d'examiner mon travail. Je voudrai remercier également tout les enseignants de l'hydraulique spécialement le chef département **Mr. KHACHANA Salim** et tout les agents de step de Touggourt.

IDRIS & FOUAD

Sommaire

Introduction générale.....	1
PARTIE I: Bibliographique	
CHAPITRE I : Présentation du site de l'étude et la step de Touggourt	
I.1. Introduction.....	5
I.2. Présentation du site d'étude.....	5
I.2.1. Localisation de la région de Touggourt.....	5
I.2.2. Climatologie.....	6
I.2.2.1. Données météorologiques de la région de Touggourt.....	6
I.2.2.1.1. La température.....	6
I.2.2.1.2. Précipitation.....	7
I.2.2.1.3. Humidité relative	7
I.2.2.1.4. Evaporation.....	8
I.2.2.1.5. Insolation.....	8
I.2.2.1.6. Vent.....	9
I.2.3.Synthèse climatique.....	10
I.2.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt.....	10
I.2.3.2. Climat gramme d'Emberger appliqué au niveau de région d'étude.....	10
I.2.4. Description Stratigraphique.....	11
I.2.4.1. Secondaire.....	11
I.2.4.2.Tertiaire	12
I.2.4.3. Quaternaire	13
I.2.5. Tectonique	13
I.2.5.1.Néotectonique	13
I.2.6. Hydrogéologie de la région.....	15
I.2.6.1. Présentation des nappes	15
I.2.6. 2.Le Continental Intercalaire	17
I.2.6.3. Le Complexe Terminal (CT).....	19
I.2.6.4. Nappe de sable (moi-pliocène).....	20
I.2.6.5. Nappe des calcaires (sénonien carbonaté).....	20

I.2.6.6. Nappe phréatique.....	20
I.2.7. Pédologie.....	21
I.2.8. Topographie	21
I.2.9. Stations de pompage dans la région de Touggourt.....	22
I.2.10. Canal Oued Righ.....	23
I.3. Localisation et historique de la STEP.....	24
I.3.1. Mode de réalisation.....	26
I.3.2. Données techniques.....	26
I.4. Conclusion.....	26
CHAPITRE II : La pollution des eaux	
II.1. Introduction	28
II.2. Définition de la pollution.....	28
II.3. Origine et nature des eaux usées.....	28
II.3.1. Les eaux pluviales.....	28
II.3.2. Les eaux usées domestiques.....	28
II.3.3. Les eaux industrielles	28
II.4. Composition des eaux usées.....	29
II.5. Pollution des eaux usées	29
II.5.1. Pollution organique	29
II.5.2. Pollution microbiologique.....	30
II.5.3. Pollution minérale.....	30
II.5.4. Pollution toxique.....	30
II.6. Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés	30
II.6.1. Les paramètres physiques.....	30
II.6.1.1. La Température	30
II.6.1.2. L'odeur	31
II.6.1.3. La couleur.....	31
II.6.1.4. Les matières en suspension.....	31
II.6.2. Les paramètres chimiques.....	31
II.6.2.1. Le potentiel hydrogène (pH).....	31
II.6.2.2. L'oxygène dissous.....	31
II.6.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	32

II.6.2.4. La demande biologique en oxygène (DBO)	32
II.6.2.5. La conductivité.....	32
II.7. Autres éléments	32
II.7.1. Bactéries	32
II.7.2. Protozoaires	33
II.7.3. Azote.....	33
II.7.4. Phosphore.....	33
II.7.5. Les nutriments.....	34
II.7.6. Huiles et graisses.....	34
II.7.7. Métaux lourds	34
II.8. Risques de la pollution par les eaux usées.....	34
II.8.1. Risque sur l'environnement.....	34
II.8.1.1. Effets sur le sol.....	35
II. 8.1.2.Effet sur les eaux superficielles.....	35
II.8.1.3.Eaux souterraines.....	36
II.8.2. Sur la santé de l'homme.....	36
II.9.Conseils pour diminuer les risques de pollution des eaux.....	36
II.10. La Réglementation.....	37
II.10.1. Selon l'OMS.....	37
II.10.2. Selon les normes européennes.....	37
II.10.3. Selon les normes nationales.....	38
II.11. Conclusion.....	38
Chapitre III : Les procédés d'épuration des eaux usées	
III.1. Introduction.....	40
III.2. Etapes d'épuration des eaux usées.....	40
III.2.1. Prétraitements	40
III.2.1.1.Dégrillage	41
III.2.1.2.Tamissage	41
III.2.1.3.Dessablage.....	42
III.2.1.4.Dégraissage-déshuillage	42
III.2.2. Traitements primaires	43
III.2.2.1. Décantation primaire.....	43

III.2.2.2.Traitement physico-chimique	44
III.2.2.2.1.Coagulation.....	44
III.2.2.2.2.Floculation	44
III.2.2.2.3.Neutralisation.....	45
III.2.2.2.4.Décantation.....	45
III.2.3. Traitement secondaire.....	46
III.2.3.1.Traitement biologique.....	46
III.2.3.2. Décantation secondaire.....	52
III.2.4.Traitement tertiaires.....	57
III.3. Station de Touggourt (boue activée).....	58
III.3.1. Les composants de l'unité biologique de la step de Touggourt.....	58
III.3.1.1. Dégrileur	58
III.3.1.2. Dessableur-déshuileur.....	59
III.3.1.3. Bassin d'aération (Bassin biologique).....	60
III.3.1.4.Clarification (Décanteur secondaire).....	61
III.3.1.5.Bassin de chloration.....	62
III.3.1.6. Epaississeur de boues.....	63
III.3.1.7.Retour des boues.....	64
III.3.1.8.Lits de séchage des boues.....	65
III.3.2. Procédé de fonctionnement de la station.....	66
III.4. Conclusion.....	66
PARTIE II: Expérimentale	
Chapitre IV : Méthode et Matériel	
IV.1.Introduction.....	70
IV.2.Prélèvement et échantillonnage.....	70
IV.3.Les matériels.....	70
IV.4.Les analyses physico-chimiques.....	71
IV.4.1. Température.....	71
IV.4.2.Potentiel hydrogéné (pH).....	71
IV.4.3.Détermination de la conductivité.....	72
IV.4.4.Détermination d'O ₂	72
IV.4.5.Détermination la NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	73

IV.5.Les analyses biochimiques.....	74
IV.5.1.La matière en suspension (MES).....	74
IV.5.2.Détermination de DCO	74
IV.5.3.Mesure de la DBO ₅	75
IV.6.Conclusion	76
Chapitre V : Etude du fonctionnement de la station	
V.1.Introduction.....	78
V.2.Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle.....	78
V.2.1. Variation mensuelle de la température.....	78
V.2.2. Variation mensuelle de la valeur de pH.....	79
V.2.3. Variation mensuelle de la DBO ₅	80
V.2.4. Variation mensuelle de la DCO.....	82
V.2.5. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO ₅	83
V.2.5. Variation mensuelle de MES.....	84
V.2.6. Variation mensuelle de NO ₂ ⁻ (les nitrites).....	85
V.2.7. Variation mensuelle des nitrates NO ₃ ⁻	86
V.2.8. Variation mensuelle des phosphates (PO ₄ ⁻³).....	87
V.3.Etude de la corrélation.....	88
V.4.Variation saisonnière des paramètres de pollution.....	89
V.4.1.Variation saisonnière de la DBO ₅	89
V.4.2.Variation saisonnière de la DCO.....	90
V.4.2.Variation saisonnière de MES.....	91
V.5.Variation annuelle des paramètres de pollution.....	92
V.5.1. Variation annuelle de la DBO ₅	92
V.5.2. Variation annuelle de la DCO.....	93
V.5.3. Variation annuelle de MES.....	94
V.6. Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination (Cr).....	95
V.7. Conclusion.....	97
CONCLUSION GENERALE.....	98

Liste des tableaux

Tableau 01: Avantages et inconvénients du traitement physico–chimique	45
Tableau 02: Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux	48
Tableau 03: Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable	49
Tableau 04: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage	51
Tableau 05: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens	53
Tableau 06: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques	55
Tableau 07: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées	56
Tableau 08: matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à l'entrée de la station (année 2016)	89
Tableau 09: matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à la sortie de la station (année 2015)	89
Tableau 10: Variation saisonnière de la DBO ₅ (step de Touggourt, période 2012-2016)	90
Tableau 11 : Variation saisonnière de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016)	91
Tableau 12: Variation saisonnière de MES (step de Touggourt, période 2012-2016)	92
Tableau 13: Variation annuelle de la DBO ₅ (step de Touggourt, période 2012-2016)	93
Tableau 14: Variation annuelle de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016)	93
Tableau 15: Variation annuelle de MES (step de Touggourt, période 2012-2016)	94
Tableau 16: Grille de la qualité (IPO) (Bahroun, 2007)	95
Tableau 17: Les résultats pour les deux indices	96

Liste des figures

Fig.1 : Situation géographique de la ville de Touggourt (maps,google,fr).....	06
Fig.2 : Températures moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).....	07
Fig.3: Précipitation moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).....	07
Fig.4: Humidités moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).....	08
Fig.5 : Evaporation moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).....	09
Fig.6 : Insolation moyennes mensuelles à la station de Touggourt (2004-2013).....	09
Fig.7 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la région de Touggourt (2004-2013).....	09
Fig.8 : Diagramme omrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Touggourt (2004-2013).....	10
Fig.9 : Place de la région de Touggourt dans le climagramme d’Emberger.....	11
Fig.10 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région de Touggourt	15
Fig.11: Carte d’extension géographique du système aquifère CI et CT.....	16
Fig.12 : Coupe hydrogéologique dans le système aquifère CI et CT	17
Fig.13 : coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et le surface piézométrique du CI (OSS, 2003).....	18
Fig.14: Coupe hydrogéologique transversale du CT.....	20
Fig. 15 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d’OuedRigh.....	21
Fig.16: représentation des points de rejet de Touggourt (STEP Touggourt, 2008).....	22
Fig.17 : Positionnement de la station dans la commune de Tbesbest (Google earth,fr, 2017).....	25
Fig.18 : Schéma d’un décanteur primaire.....	44
Fig.19: Processus de coagulation, floculation et de sédimentation.....	45
Fig .20 : Traitement physico-chimique.....	46
Fig.21: Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux	48
Fig.22: Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable	50
Fig .23 : Schéma du traitement biologique par Lagunage naturel.....	52
Fig.24: Schéma du traitement biologique par lit bactérien.....	54

Fig .25: Schéma du traitement biologique par disques biologiques	55
Fig.26: Schéma du traitement biologique par boues activées.....	57
Fig. 27 : Variation mensuelle de la température des eaux brutes (période 2012-2017).....	79
Fig. 28 : Variation mensuelle de la température des eaux épurées (période 2012-2017).....	79
Fig. 29 : Variation mensuelle des valeurs de pH des eaux brutes (période 2012-2017).....	80
Fig. 30 : Variation mensuelle des valeurs de pH des eaux épurées (période 2012-2017).....	80
Fig. 31 : Variation mensuelle de la DBO ₅ des eaux brutes (période 2012-2017).....	81
Fig. 32 : Variation mensuelle de la DBO ₅ des eaux épurées (période 2012-2017).....	81
Fig. 33 : Variation mensuelle de la DCO des eaux brutes (période 2012-2017).....	82
Fig. 34 : Variation mensuelle de la DCO des eaux épurées (période 2012-2017).....	83
Fig. 35 : Variation mensuelle du rapport DCO/DBO ₅ des eaux brutes (période 2012-2017).....	84
Fig. 36 : Variation mensuelle du rapport DCO/DBO ₅ des eaux épurées (période 2012-2017).....	84
Fig. 37 : Variation mensuelle de MES des eaux brutes (période 2012-2017).....	85
Fig. 38 : Variation mensuelle de MES des eaux épurées (période 2012-2017).....	85
Fig. 39 : Variation mensuelle de NO ₂ ⁻ des eaux brutes (période 2012-2017).....	86
Fig. 40 : Variation mensuelle de NO ₂ ⁻ des eaux épurées (période 2012-2017).....	86
Fig. 40 : Variation mensuelle de NO ₃ ⁻ des eaux brutes (période 2012-2017).....	87
Fig. 41 : Variation mensuelle de NO ₃ ⁻ des eaux épurées (période 2012-2017).....	87
Fig. 42 : Variation mensuelle du PO ₄ ⁻³ des eaux brutes (période 2012-2017).....	88
Fig.43 : Variation mensuelle du PO ₄ ⁻³ des eaux épurées (période 2012-2017).....	88
Fig. 44: Variation saisonnière de la DBO ₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).....	90
Fig. 45: Variation saisonnière de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).....	91
Fig. 46: Variation saisonnière de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).....	92
Fig. 47: Variation annuelle de la DBO ₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).....	93
Fig. 48: Variation annuelle de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).....	94
Fig. 49: Variation annuelle de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).....	95

Liste des photos

Photo.01 : photo de la station d'épuration de Touggourt.....	24
Photo.02: Degrilleur mécanique.....	59
Photo.03: Dessablage-déshuilage	60
Photo.04: Bassin d'aération.....	61
Photo.05: Décanteur.....	62
Photo.06: Bassin de chloration.....	63
Photo.07: Epaisseur de boues.....	64
Photo.08: vis d'Archimède.....	65
Photo. 09: lit de séchage.....	65
Photo.10: PH mètre.....	71
Photo.11 : Conductivitémètre.....	72
Photo.12 : Oxymètre.....	73
Photo.13: DR 3900™ spectrophotomètre.....	73
Photo.14: les appareils utilisés pour la détermination de MES (centrifugeuse .Plaque chauffante).....	74
Photo.15: la DCO-mètre.....	75
Photo.16: DBO mètre pour la détermination de DBO ₅	75

Liste des Abréviations

ONM: Office National de la Météorologie.

DBO₅: Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO: Demande Biochimique en Oxygène (mg/l).

pH: Potentiel Hydrogène.

MES: Matière En Suspension (mg/l).

ONA: Office Nationale d'Assainissement.

AEP: Alimentation en Eau Potable.

AEU: Assainissement des Eaux Usées.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques.

CI: Continental Intercalaire.

CT: Complexe Terminal.

OMS: Organisation Mondiale des Santé.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique Alger.

STEP: Station d'épuration.

NEE: Nationale Eau et Environnement.

SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional (est un aquifère profond partagé entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye).

OSS : L'Observatoire du Sahara et du Sahel (est une organisation internationale à vocation africaine)

STEP : Station d'épuration.

BNEH : Bureau National Des Etudes Hydrauliques.

SEE : Société D'épuration Des Eaux.

FAO: Food and Agriculture Organization.

JORA: Journal officiel Algerien.

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques, et la qualité de son environnement en dépend étroitement. La terre se compose à 72% d'eau : 97 % d'eau salée, 2% d'eau sous forme de glace et seulement un petit pour cent d'eau potable, qui doit se répartir entre 6,9 milliards d'habitants.

Actuellement, l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. En effet, l'évolution de l'industrie et les taux élevés de croissance démographique ont augmenté le volume des eaux usées collectées. Ces dernières, constituent des effluents pollués, qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

La contamination des eaux naturelles par les rejets urbains risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger ces ressources contre toute altération et utilisation irrationnelle.

La station d'épuration est un ouvrage qui permet de traiter et épurer les eaux polluées afin de minimiser leurs effets néfastes sur l'être humain et l'environnement. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente.

L'Algérie adopte un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration. Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux.

En vue de suivre l'efficacité des stations d'épuration par boue activée concernant l'abattement de la charge polluante et le fonctionnement des ouvrages d'épuration, notre étude est portée sur le suivi de la station d'épuration de Touggourt, celle-ci repose sur un réacteur biologique de type boue activée.

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Ce procédé consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

Nous nous sommes intéressés dans ce travail par le suivi de fonctionnement de la station d'épuration de Touggourt durant une période assez suffisante. L'étude de la variation de plusieurs paramètres de pollution nous permettra de juger l'efficacité du traitement de l'effluent urbain et d'examiner l'état du fonctionnement de l'ensemble des ouvrages constituant la station.

Notre étude est présentée en deux parties comme suit :

Première partie

- Présentation de la région et de la station d'étude.
- La pollution: types, origine et risques sur l'environnement.
- Les procédures de traitements et d'épurations et on étude du fonctionnement de la station de Touggourt.

Deuxième partie

- Méthodes et matériels.
- Etude du fonctionnement de la station.



PARTIE I: Bibliographique

***CHAPITRE I : Présentation du site
de l'étude et la step
de Touggourt***

I.1. Intrduction

Dans le présent chapitre, nous allons présenter la ville de Touggourt, en indiquant sa situation géographique, son topographie, son climat, ainsi que son relief, et la situation géographique de la station d'épuration.

I.2. Présentation du site d'étude

I.2.1. Localisation de la région de Touggourt

Touggourt dépend administrativement de la wilaya d'Ouargla qui fut capitale de l'Oasis, Touggourt, historiquement capitale de l'Oued Righ, chef-lieu de commune et de daïra, la ville détient une indéniable vocation de pôle régionale et de centre de transit (Direction de l'artisanat Touggourt, 1999)

❖ Positionnement géographique

Géographiquement, Touggourt est située à 33° 16' de latitude Nord, 6° 04' de longitude Est et à 55 mètres d'altitude, Elle est à :

- 160 km d'Ouargla, chef-lieu de wilaya ;
- 160 km de Hassi Messaoud ;
- 220 km de Biskra ;
- 450 km de Constantine ;
- 620 km d'Alger (Direction de l'artisanat Touggourt, 1999).



Fig.1 : Situation géographique de la ville de Touggourt (maps,google,fr).

I.2.2. Climatologie

I.2.2.1. Données météorologiques de la région de Touggourt

Pour une meilleure caractérisation du climat de la région de Touggourt nous avons utilisé les données de la station météorologique la plus proche de la step , se rapportant à une période entre 2004 et 2013. (tableau 01, annexe).

I.2.2.1.1. La température

A partir du tableau 1 nous observons que la température moyenne maximale du moi le plus chaud est atteinte en juillet avec 42,5 °C et la température moyenne minimale du mois le plus froid en Janvier avec 4,4°C.

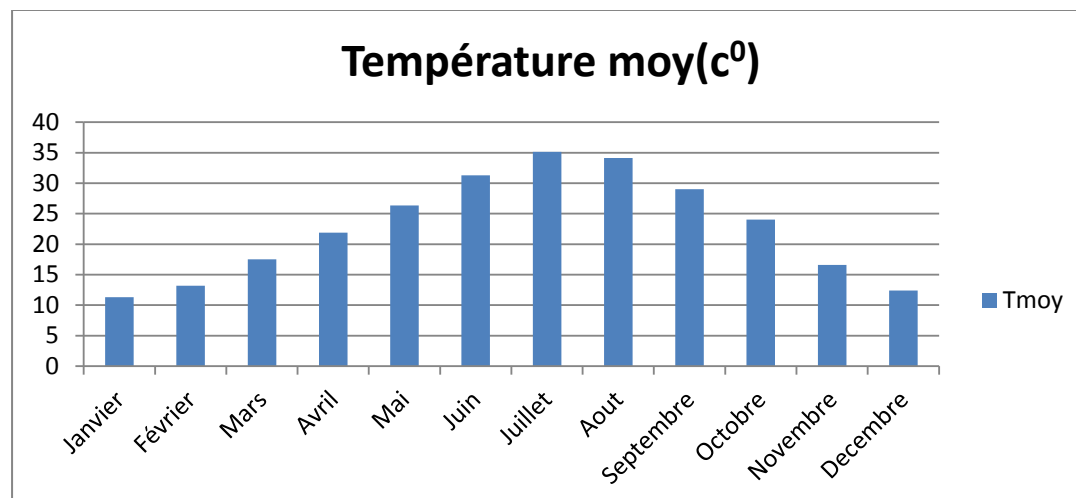


Fig.2 : Températures moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).

I.2.2.1.2. Précipitation

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue au mois de Juillet et un maximum au mois de Janvier avec 20,92mm, Le cumul annuel des précipitations est de l'ordre de 68,845 mm (tableau 01, annexe).

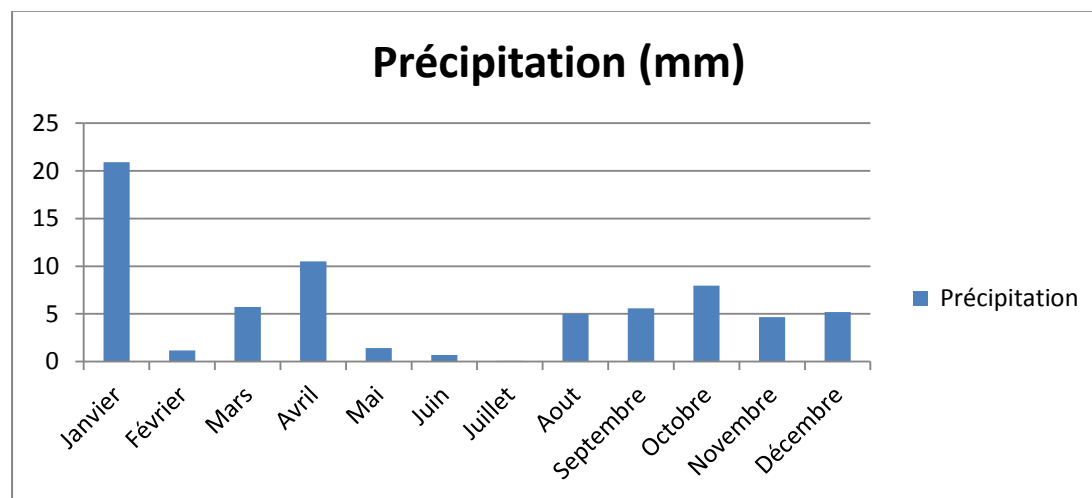


Fig.3: précipitation moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013)

I.2.2.1.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est faible, elle est de l'ordre de 22,9% en juillet, atteignant un maximum

de 48,95% au mois de Janvier et une moyenne annuelle 34,94% (Annexe 01).

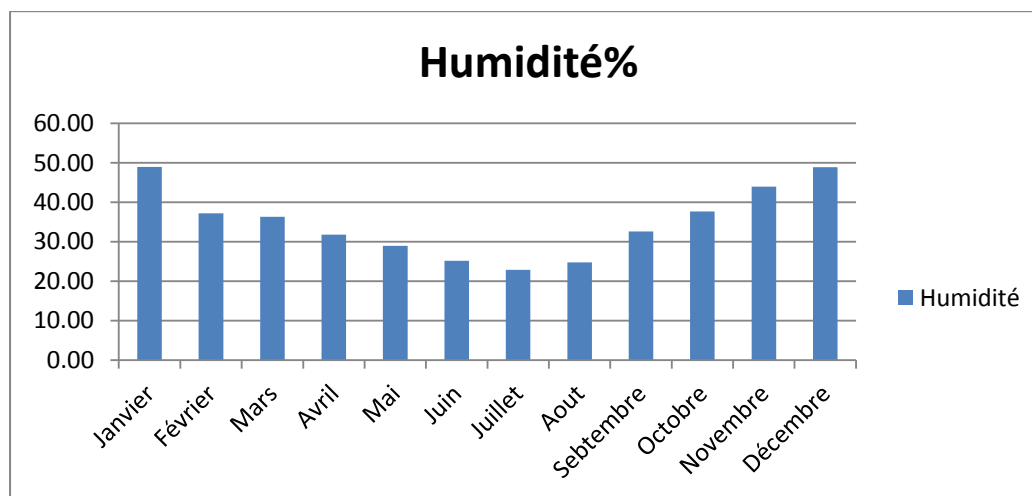


Fig.4: Humidités moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013)

I.2.2.1.4. Evaporation

L'évaporation est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chaud, le cumul est de l'ordre de 2458 mm/an avec un maximum mensuel de 347,9 mm au mois de Juillet et un minimum de 82,09 mm en mois Janvier (tableau 01, annexe).

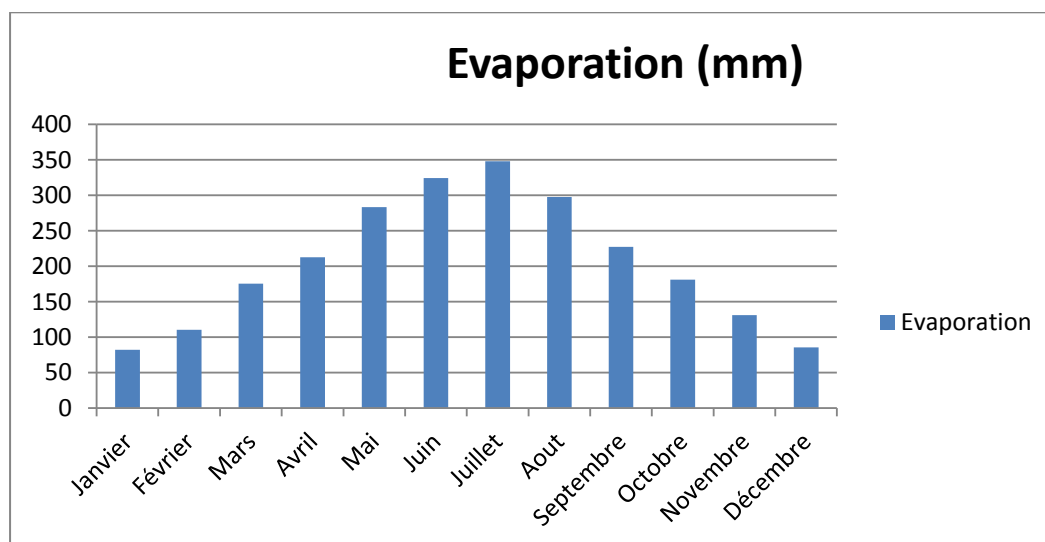


Fig.5 : Evaporation moyennes mensuelles à la région de Touggourt (2004-2013).

I.2.2.1.5. Insolation

L'ensoleillement est considérable à Touggourt, Elle est de l'ordre de 275,8 h/mois, avec un

maximum de 356 heures en Novembre et un minimum de 217,5 heures en Avril. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 275,8 h/mois, soit environ 9,19 h/jour (tableau 01, annexe).

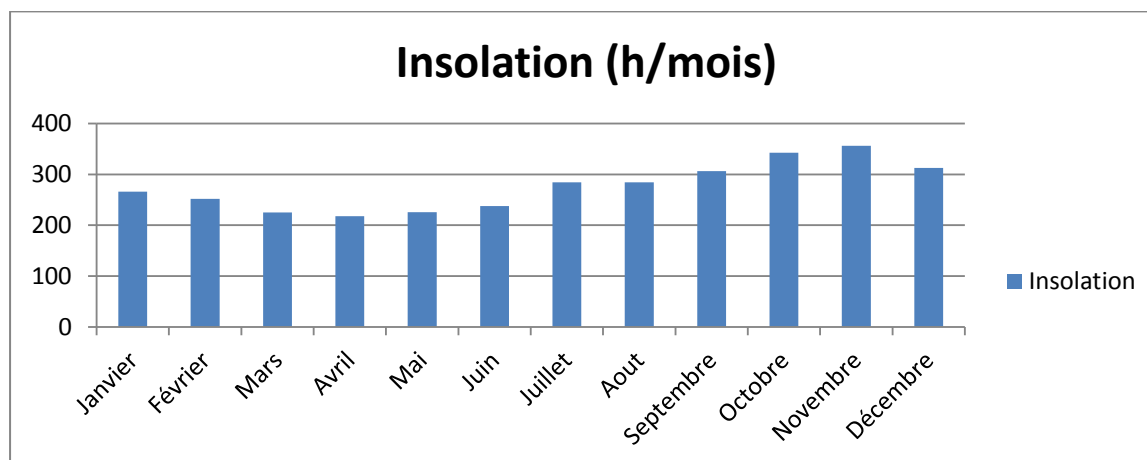


Fig.6 : Insolation moyennes mensuelles à la station de Touggourt (2004-2013).

I.2.2.1.6. Vent

Le vent joue un rôle important dans le vol et la migration des oiseaux. Dans la région de Touggourt, les vents les plus forts soufflent du Nord-est et du Sud. Les vents de sable sont fréquents surtout au mois d'Avril et Mai.

Les vents de la région de Touggourt à une vitesse maximale au mois d'Aout et Septembre avec 4 m/s, et une vitesse minimal en Avril avec une valeur de 1,9 m/s (tableau 01, annexe).

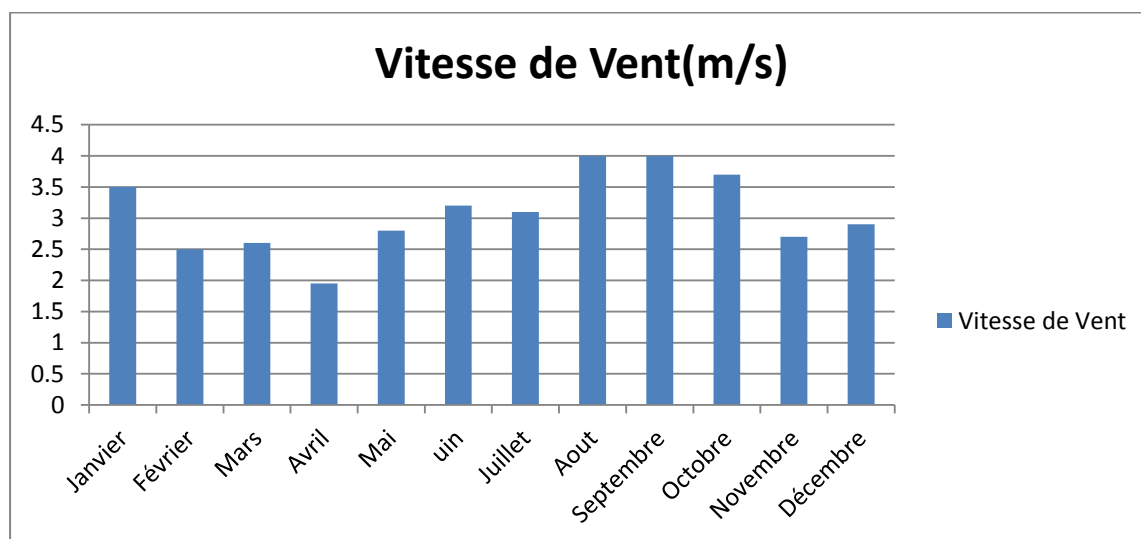


Fig.7 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la région de Touggourt (2004-2013).

I.2.3.Synthèse climatique

La classification écologique des climats est effectuée par deux facteurs les plus importants à savoir, la température et la pluviosité (Dajoz, 1971), Ces deux facteurs sont utilisés pour construire le diagramme ombrothermique de Gaussen et le climagramme d'Emberger.

I.2.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt

Le diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt pour l'année 2013 nous renseigne qu'il existe une seule période sèche qui s'étale durant toute l'année (Fig.8).

$$P = 2T$$

P : précipitation,

T : température moyenne annuelle,

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche dans la région de Touggourt, cette période s'étale sur toute l'année.

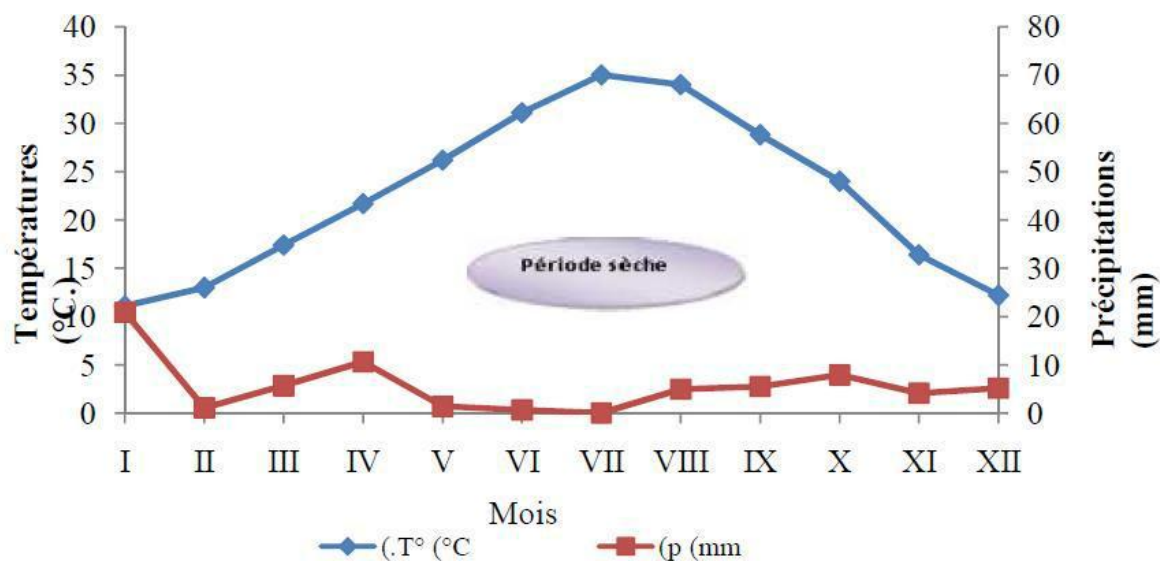


Fig.8 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Touggourt (2004-2013)

1.2.3.2. Climat gramme d'Emberger appliqué au niveau de région d'étude

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971), le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante (Stewart, 1969) :

$$Q_3 = 3,43(P/M-m)$$

Où

Q₃ : quotient pluviothermique d'Emberger (1955) modifié par Stewart (1968) pour l'Algérie et le Maroc.

P: la somme des précipitations annuelles exprimées en mm,

M: la moyenne des températures maximal du mois le plus chaud,

m : la moyenne des températures minimal du mois le plus froid,

D'après la figure 9, il est à remarquer que la région d'études sont situent dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q₃) est de 5,21mm/°c à Touggourt.

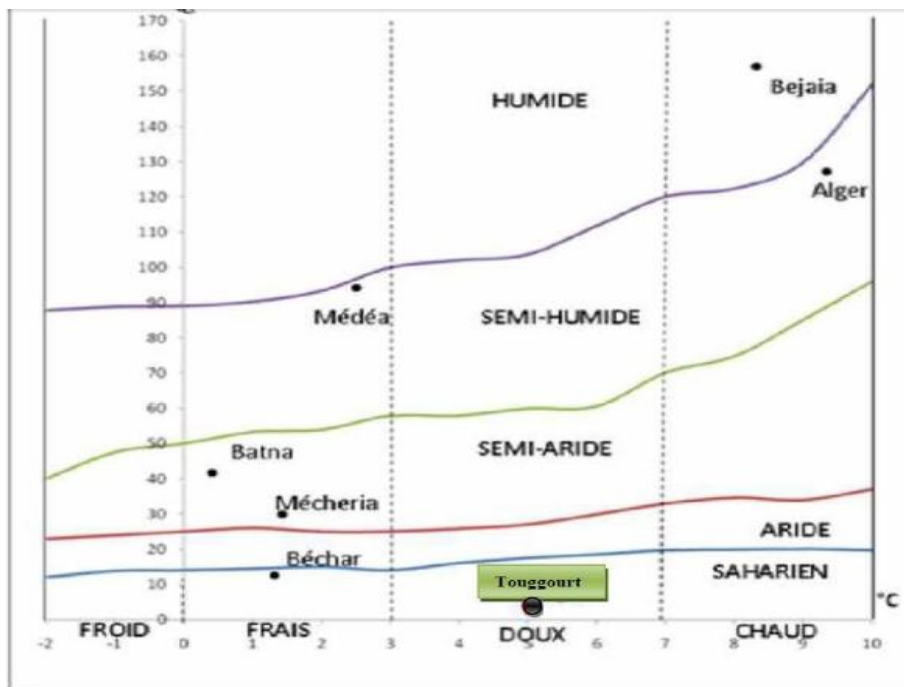


Fig.9 : Place de la région de Touggourt dans le climagramme d'Emberger.

I.2.4. Description Stratigraphique

Les formations géologiques de la zone étudiée sont décrites du plus ancien au plus récent.

I.2.4.1. Secondaire

- Albien: se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance de couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses.

- **Vraconien:** Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire.
- **Cénomanien:** présente une épaisseur considérable qui diminue progressivement vers le Nord, Il affleure dans la zone atlasique, Ce Cénomanien est composé essentiellement de dépôt lagunaire marneux où prédominent des couches d'anhydrite et parfois même de sel.
- **Turonien:** représenté par un dépôt marin, calcaro-marneux, son épaisseur reste à peu-près constante.
- **Sénonien:** essentiellement de calcaire blanc avec une alternance de calcaire de marne et de couche de gypse. Il est formé de deux ensembles très différents du point de vue lithologique: le Sénonien lagunaire, à la base et le Sénonien carbonaté, au-dessus,

I.2.4.2.Tertiaire

- **Eocène:** on distingue deux ensembles lithologiques; l'Eocène carbonaté à la base, l'Eocène évaporitique au-dessus.
- **Eocène inférieur carbonaté :** L'Eocène carbonate a des caractéristiques lithologiques qui le rendent difficile à distinguer du Sénonien. Seule la présence ou l'absence de nummulites permet de faire la différence. Les calcaires ont tendance à prédominer sur les dolomies et les évaporites sont beaucoup plus rares que dans le Sénonien, sinon totalement absentes. Les calcaires à silex rencontrés au sommet du Sénonien carbonate se poursuivent dans l'Eocène. La puissance de cette formation varie entre 100 et 500 m.
- **Eocène moyen évaporitique :** Il est formé par une alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes. Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les Chotts (Bel et Cuche, 1969). Dans l'oued Righ, la nappe des calcaires semble être située dans un niveau carbonaté appartenant à l'Eocène évaporitique.
- **Miopliocène:** Bel et Demargne (1966) distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires :
 - ✓ Niveau 01 : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau 02.
 - ✓ Niveau 02 : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour passer au

niveau 03. Il atteint 400 m au Sud de Gassi Touil. Le niveau 02 est le principal horizon aquifère du Miopliocène.

✓ Niveau 03 : C'est une formation argilo sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies, Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.

✓ Niveau 04 : C'est le deuxième niveau sableux du Miopliocène, Parfois en continuité avec le niveau 02, Le sommet de niveau 04 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 m.

I.2.4.3. Quaternaire

Essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables. Cette formation Quaternaire est à l'origine de la formation de la nappe phréatique alimentée principalement par l'infiltration des eaux des oueds et surtout par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation (Fig.10).

I.2.5. Tectonique

Après le dépôt des formations marines du Primaire, le Sahara subit des mouvements tectoniques hercyniens verticaux et horizontaux, puis de nouveaux mouvements post triasique. L'orogénèse atlasique est à l'origine de l'apparition des déformations à grand rayon, les calcaires du M'Zab sont transformées en dorsale, ceux de Tadmait en cuvette, au Sud l'axe d'Amguid -el-Biod s'effondré pour faire place à un axe synclinal méridien qui se poursuit jusqu'à l'Aurès (Bel et Demargne, 1966).

Et enfin la phase Plio-Quaternaire dont les mouvements s'insèrent avec le précédents dans la phase Alpine, d'où l'apparition des cassures de direction Est Ouest accentuant la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud "Sillon sud Aurèsien". Ces fractures régissent directement l'écoulement des eaux souterraines d'où la formation des Chotts tels que Chott Melghir et Chott Merouane ou se déverse l'oued Righ(Gaid,1984).

I.2.5.1.Néotectonique :

Le Quaternaire est, du point de vue tectonique, caractérisé par des oscillations du niveau de base, celui des grands chotts, par rapport aux cours d'eau établis à la fin du Pliocène. Une hypothèse

récente distingue trois phases dans l'évolution du relief du Bas-Sahara pendant le Quaternaire. Effondrement brusque du centre de la cuvette (la région actuelle des chotts). Les cours d'eau venant de l'Ouest et surtout du Sud entaillent de profondes et larges vallées dans la couverture mio-pliocène de la périphérie. L'Oued Righ et l'Oued Igharghar formaient probablement alors un seul grand oued avec l'oued Maya comme affluent. Les sondages de l'Oued Righ ont révélé que les zones aquifères sont souvent formées de graviers provenant de la désagrégation de roches primaires dont les affleurements sont situés fort loin vers le Sud. Remblaiement partiel de la région effondrée et des vallées y aboutissant. Surélévations locales du sol, à la suite desquelles l'oued Righ se détache de l'oued Igharghar de son affluent l'oued Maya, puis par érosion régressive prolonge quelque peu son cours supérieur vers le Sud. L'oued Igharghar dépose en éventail les éléments qu'il transporte, les plus fins atteignent la région située entre Fort-Lallemand et le Hassi belGebour. L'oued Maya, son exutoire, forme la zone de chotts située entre Ouargla et Touggourt. Descente lente et continue de la région de grands chotts, cependant que la vallée de l'Oued Righ se comble par suite des énormes apports fluviaux et éoliens, finissant par « enterrer » l'oued, transforme en une nappe souterraine, indiquée seulement en surface par quelques lacs et chotts humides. Les dunes du Grand Erg oriental recouvrent la zone d'épandage de l'Oued Igharghar, et l'Oued Maya, comme l'Oued Righ achève de « s'enterrer ».

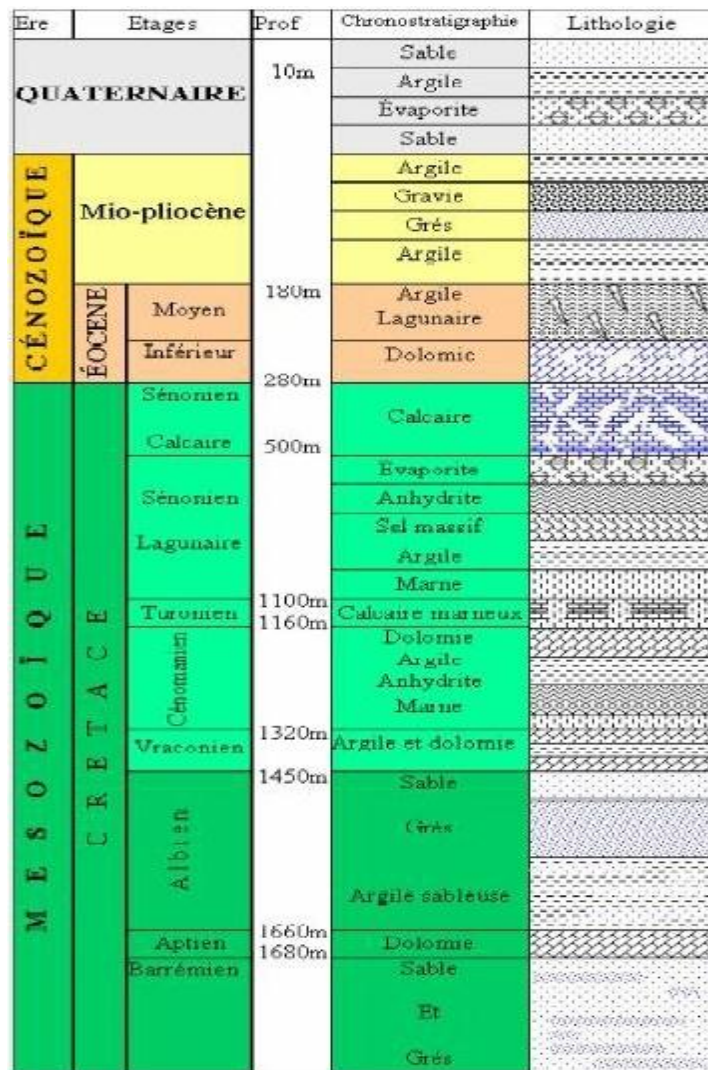


Fig.10 : Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région de Touggourt (Helal et Ourihane., 2004).

I.2.6. Hydrogéologie de la région

I.2.6.1. Présentation des nappes

Le bassin du Sahara septentrional Figure, est bien doté en formations aquifères favorables à la circulation souterraine des eaux. Il comprend le fameux système aquifère du Sahara septentrional (SASS) (fig10-11), à savoir, le Continental Intercalaire et le complexe terminal. Il plonge sur une surface d'environ 1, 000,000 Km² partagée entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, ayant de réserves estimées à 31,000×109 m³, dont l'accumulation ne peut être expliquée par le climat actuel ; la

recharge actuelle n'étant que de $1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$, dont, la nappe du Continental Intercalaire possède la durée de renouvellement la plus longue (Ould Baba Sy, 2005). Ils proviendraient d'un pluvial datant du Pléistocène inférieur et de l'Holocène.

L'âge des eaux des différentes nappes du SASS, déterminé au ^{14}C , montre qu'aux zones de recharge, les eaux sont jeunes, et attestent d'une recharge actuelle de l'ordre de 500 ans près des zones d'alimentation possible, et arrivent jusqu'à 40000 ans dans les parties confinées des nappes et des zones d'exhaures situées à 500 km des zones de recharge (Conrad et al, 1952) .

En Algérie, ce système aquifère couvre une surface de $700\,000 \text{ Km}^2$, et est d'une épaisseur de 4000 à 5000 mètres environ (Cornet, 1964). L'anticlinal du M'Zab, véritable passerelle structurale entre l'Atlas saharien et le plateau de Tademaït, divise ce réservoir «multicouche» en deux (02) sous bassins hydrogéologiques, l'un occidental de $280\,000 \text{ Km}^2$, recouvert partiellement par le Grand Erg Occidental, et l'un oriental, le plus étendu avec $500\,000 \text{ Km}^2$, occupé en grande partie par le Grand Erg Oriental.

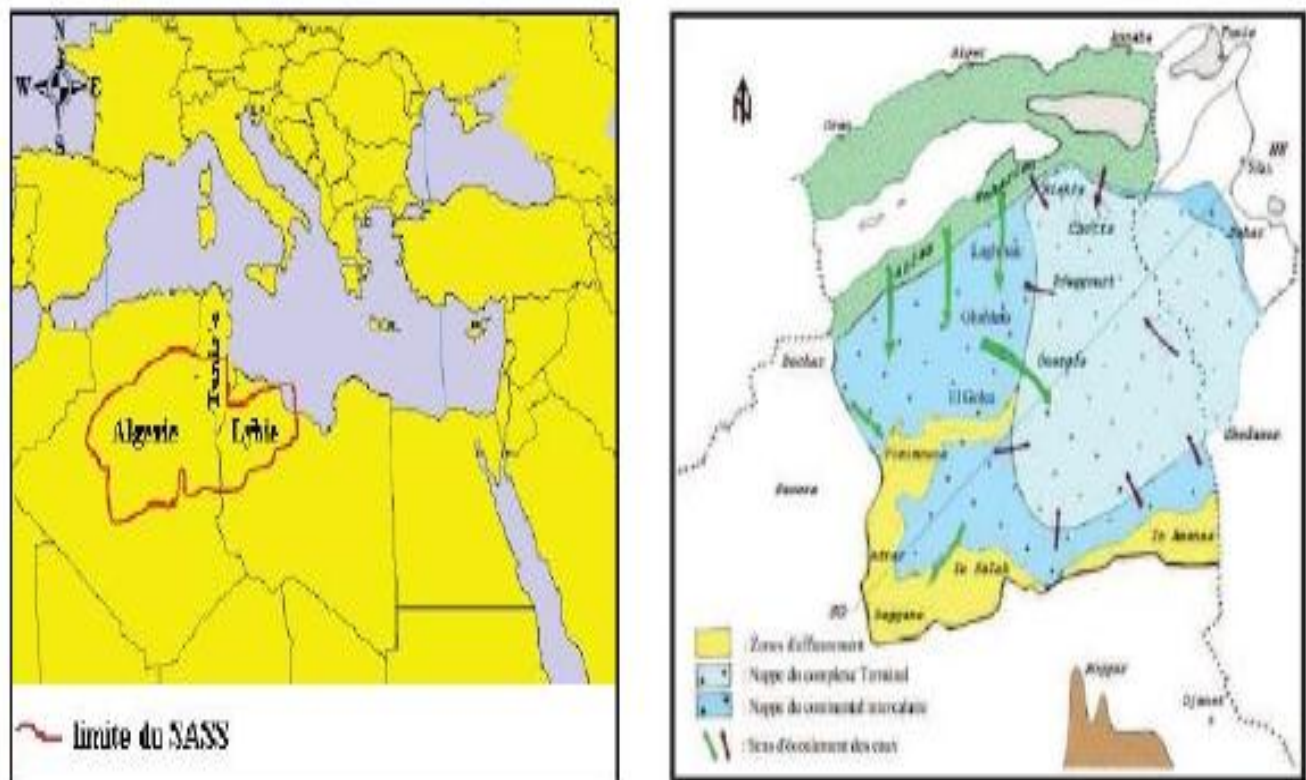


Fig.11: Carte d'extension géographique du système aquifère CI et CT

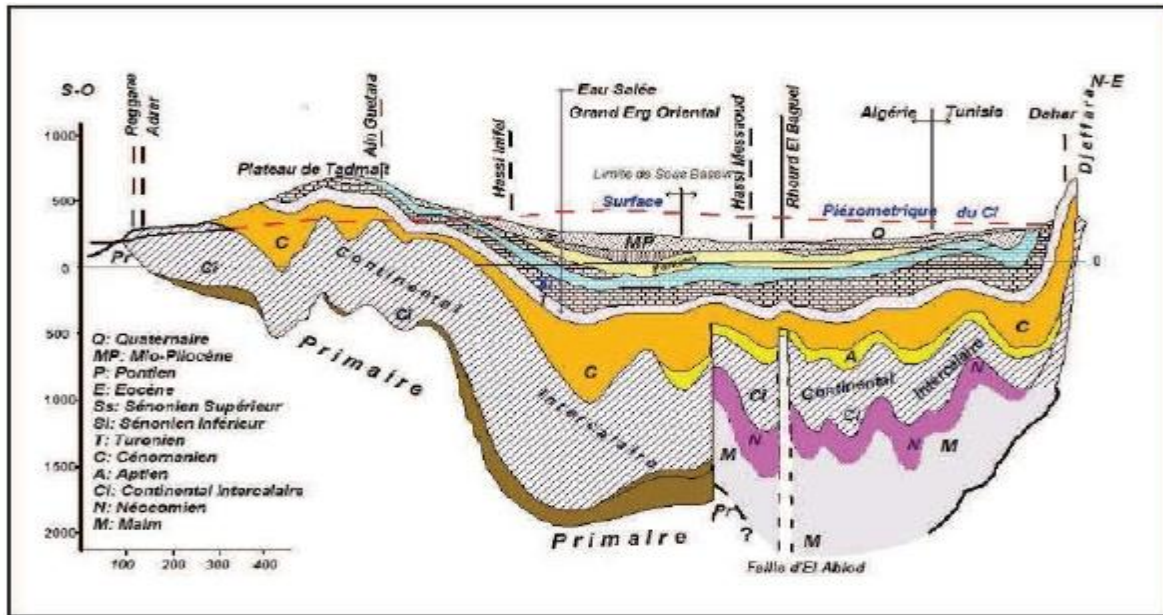


Fig.12 : Coupe hydrogéologique dans le système aquifère CI et CT (UNESCO, 1972).

I.2.6. 2. Le Continental Intercalaire

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins (l'Algérie, la Tunisie et la Libye). La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600000 km². Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à $3,5 \times 10^{10}$ milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien ». Le terme Continental Intercalaire, par contre désigne l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara entre deux cycles marins, c'est le plus puissant aquifère du Sahara (250 -1000 m épaisseur) ANRH.

D'après Kilian, (1931), le «Continental Intercalaire» figure désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins à la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, alors qu'au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultant de la transgression cénomaniennne. Il occupe les formations sableuses et argilo gréseuses du Néocomien, Barrémien, Aptien, et de l'Albien (Cornet et Gouscov, 1964), L'aquifère est continu du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar, et d'Ouest en Est, depuis la vallée du Guire et de la Saoura jusqu'au désert libyen. Le débit d'alimentation du Continental intercalaire provenant du piémont de l'Atlas saharien est de 7,7 m³/s (Ould Baba Sy et al, 2006). Ce débit entre dans l'intervalle des estimations recueillies dans les études antérieures qui le situent entre 4 m³/s et 8,5 m³/s (Cornet, 1961). La carte piézométrique de référence du Continental intercalaire établie, à l'état

stationnaire (peu ou pas influencée par les pompages), sur la base des études antérieures (UNESCO, 1972), met en évidence les zones d'alimentation suivantes (Ould Baba Sy, 2005) :

- _ Piémont sud atlasique au Nord-Ouest ;
- _ Tinrhert au Sud ;
- _ Dahra à l'Est ;
- _ Djebel Na fusa au Nord-est ;
- _ Djebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-ordovicien est drainée vers le Nord; par la nappe du Continental Intercalaire,

Les zones d'exutoire sont :

- _ Les foggaras du Touat-Gourara et du Tidikelt ;
- _ L'exutoire tunisien marqué par la faille d'El-Hamma ;
- _ L'exutoire libyen au niveau d'Ain Tawargha,

Les failles de la dorsale d'Amguid (les figures) sont à l'origine d'une drainance verticale, préalablement signalée, des eaux du CI vers la nappe du CT (Edmunds et al, 2003), ce qui explique l'anomalie piézométrique observée sur la carte.

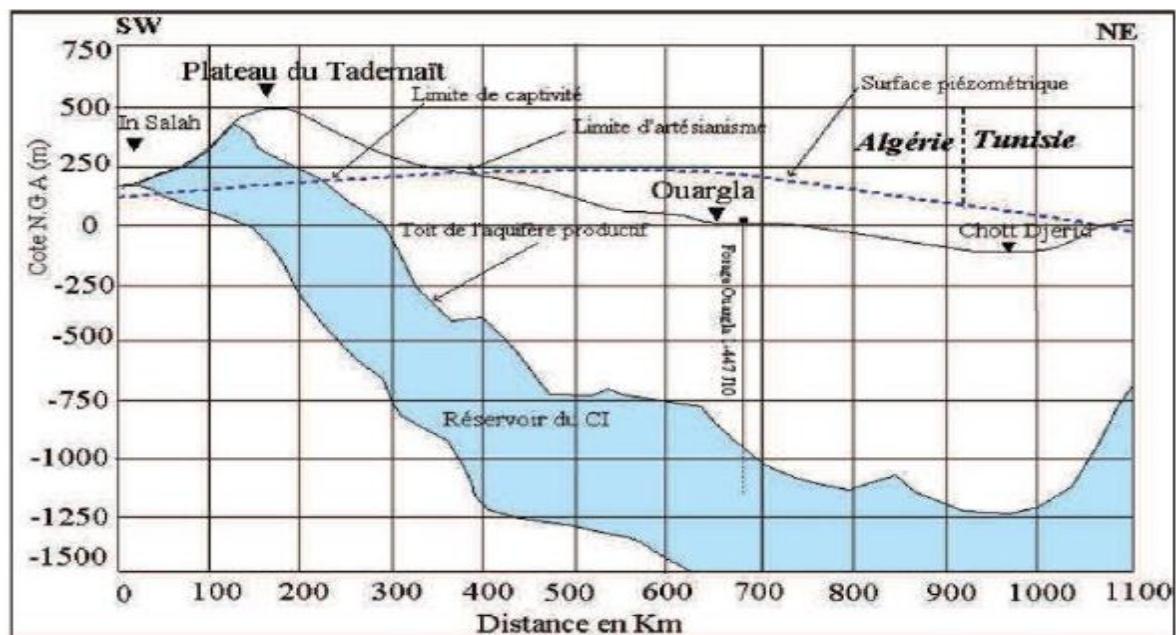


Fig.13 : coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI (OSS, 2003).

I.2.6.3. Le Complexe Terminal (CT)

Il est noté dans l'étude OSS (2003) que classiquement, et selon la définition de Killian (1931), le terme "Continental Terminal" désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-Pliocène, Mais d'après Bel et Dermagne (1966): "La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Mio-Pliocène et plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Continental Terminal, par opposition au Continental Intercalaire". C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du "Complexe Terminal", appellation publiée pour la première fois par Bel et Cuche (1969). Le terme de "nappe du Complexe Terminal" qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique, les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Mio-Pliocène sont évidentes sur l'ensemble du bassin, à l'exception de la région des chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien inférieur. Cependant, ses niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Mio-Pliocène sur la bordure du bassin. Le système aquifère du "Complexe Terminal" couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 km². La profondeur du "CT" est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. Le "Complexe Terminal" affleure aux endroits suivants:

- Au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens,
- A l'Est, le long du flanc oriental du Dahar,
- Au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït,
- A l'Ouest, sur la dorsale de M'Zab.

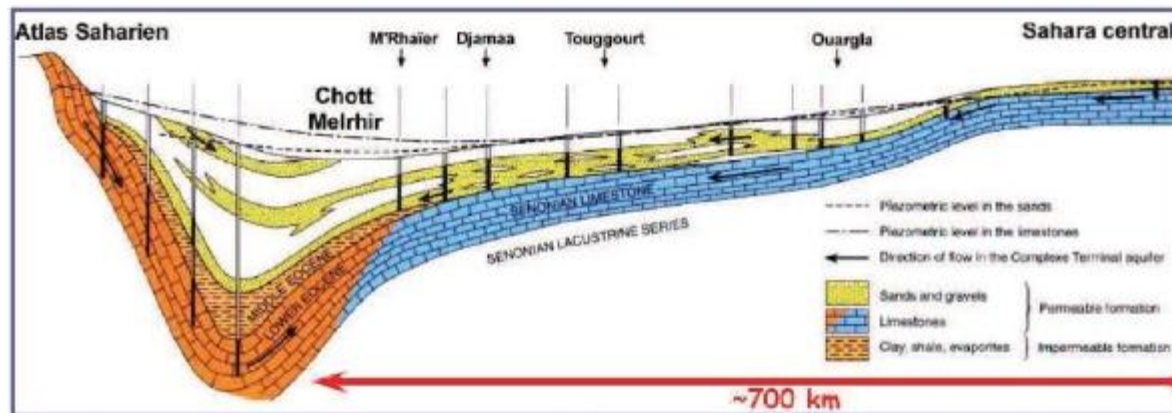


Fig.14: Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972).

I.2.6.4. Nappe de sable (Mio-pliocène)

Représentée par un ensemble important de sable et d'argile, elle est présente dans tout le bassin oriental, Cette aquifère regroupe deux (2) nappes :

- La première nappe de sable est contenue dans des sable à grains fins et moyens rouges, plus ou moins argileux avec rare passage de calcaire, La profondeur de son toit varie entre 40 et 80 m; et son épaisseur entre 10 et 15 m.
- La deuxième nappe de sable qui circule dans les terrains constitués de sable jaune et de gravier siliceux faiblement marneux, Son épaisseur est de 15 à 50 m et sa profondeur varie entre de 100 à 300 m, Elle est la plus exploitée dans la région de Touggourt.

I.2.6.5. Nappe des calcaires (Sénonien carbonaté)

Elle est constituée par des calcaires blancs siliceux de l'éocène, La profondeur du toit de cette nappe varie entre 160 et 200 m. Les calcaires du sénonien deviennent moins exploités.

I.2.6.6. Nappe phréatique

Cette aquifère est constituée par des sable plus ou moins fins et argile gypseuse, 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

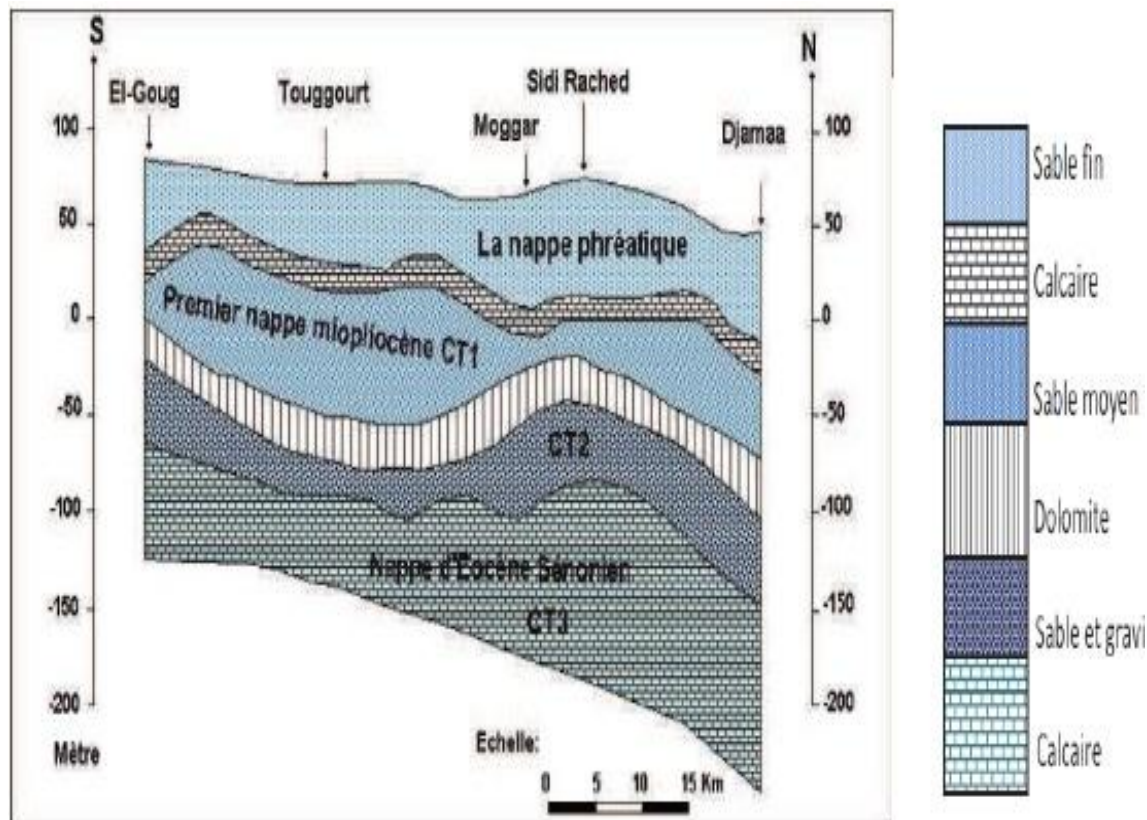


Fig. 15 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ (ANRH).

I.2.7. Pédologie

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sol minéraux, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro-morphes. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation faible, elle représente environ 8% en volume d'eau disponible (Labad et Meftah, 2007).

I.2.8. Topographie

Le lieu de résidence de l'agglomération de Touggourt présente une dépression par rapport à toute la région. Elle est caractérisée par une altitude moyenne de 60 à 80 m, et une déclivité de 0 à 0,002 (STEP Touggourt, 2008).

I.2.9. Stations de pompage dans la région de Touggourt

Plusieurs stations de pompage viennent au secours de l'assainissement de la ville. On dénombre sept points de rejet éparpillés le long du canal de l'Oued Righ,

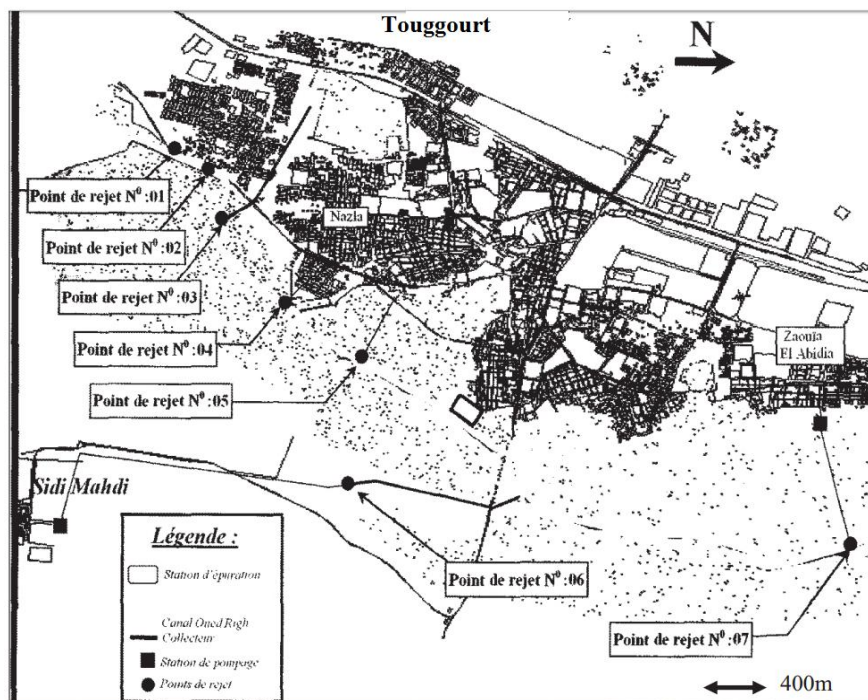


Fig.16: représentation des points de rejet de Touggourt (STEP Touggourt, 2008).

• Point de rejet N°01

Il est à l'extrême Sud de la commune de Nezla, son rôle est d'évacuer une partie des eaux usées d'Ain Sahara en direction du canal de l'Oued Righ.

• Point de rejet N°02

L'autre partie des eaux usées d'Ain Sahara est rejetée dans le même canal au niveau de ce point de rejet, d'ailleurs il n'y a qu'une centaine de mètre entre ce rejet et le premier.

• Point de rejet N°03

Ce point de rejet est destiné à drainer les eaux d'irrigation, Le canal à ciel ouvert, dit canal 8,

véhicule aussi les eaux usées de la ville de Nezla vers le Canal de l'Oued Righ.

• **Point de rejet N°04**

Il concerne l'agglomération d'Assou, Les eaux usées de cette agglomération sont évacuées via un collecteur pour finir leurs courses dans le canal de l'Oued Righ.

• **Point de rejet N°05**

Les eaux usées de la cité Sahraoui Laid ont le même sort que celles de Assou,elles sont évacuées vers le canal de l'Oued Righ grâce à un collecteur gravitaire.

• **Point de rejet N°06**

En présence d'une station de relevage. Les eaux usées de Sidi Mehdi atteignent un canal à ciel ouvert avant de finir leur course dans le canal de l'Oued Righ.

• **Point de rejet N°07**

Grâce à ce point de rejet, la commune de Zaouïa El Abidia arrive à se débarrasser de ses eaux usées pour les rejeter dans le canal de l'Oued Righ au Nord de la localité de Touggourt.

I.2.10. Canal Oued Righ

La vallée de l'Oued Righ est drainée par le canal principal creusé dans le thalweg de l'ancien Oued. Ce canal principal commence à la palmeraie d'El Goug au nord de Touggourt et en s'écoulant sur une longueur de 135 Km, il se jette dans le grand Chott Merouane, après avoir collecté les eaux de drainage des palmeraies de Touggourt Djamaa et EL Meghaier. Si Le canal principal avec ses dimensions actuelles a été construit entre 1977 et 1984 pour évacuer un débit d'eau de 7,24 m³/ sec compte tenu d'une norme de drainage de 0,6 l/s, pour assurer en même temps un niveau de drainage de 1,70 m de profondeur. Les canaux secondaires et collecteurs du réseau d'assainissement de palmeraie d'El Harihira et de Ghamra ont une longueur globale de 14 km environ. Elles transportent les eaux drainées par les drains des palmeraies dans l'Oued Righ. Ces derniers sont des fossés d'une profondeur de 0,8 à 1,0 m ayant des écartements de 15 à 20m. Le réseau des canaux est en générale mal entretenu, les lits sont recouverts de roseaux et de mauvaises herbes, en plus, par endroit ou le sol n'est pas assez stable, des effondrements gênent l'écoulement normal des eaux. Le canal est

subdivisé en 4 tranches qui sont :

1. Tranche I

Canal secondaire n° 18, Réseau d'assainissement de palmeraie de Ghamra et d'El Harihira.

2. Tranche II

Réseau d'assainissement de la commune de Djamaa.

3. Tranche III

Réseau d'assainissement des communes de Touggourt, Mégarine et Temacine.

4. Tranche IV

Réseau d'assainissement de la commune D'EL Meghaier (Subdivision de Touggourt, 2008).

I.3. Localisation et historique de la STEP

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Ben Yass Oued, dans l'APC de Tebesbest, sur la route d'El Oued, elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares.



Photo.01 : photo de la station d'épuration de Touggourt.

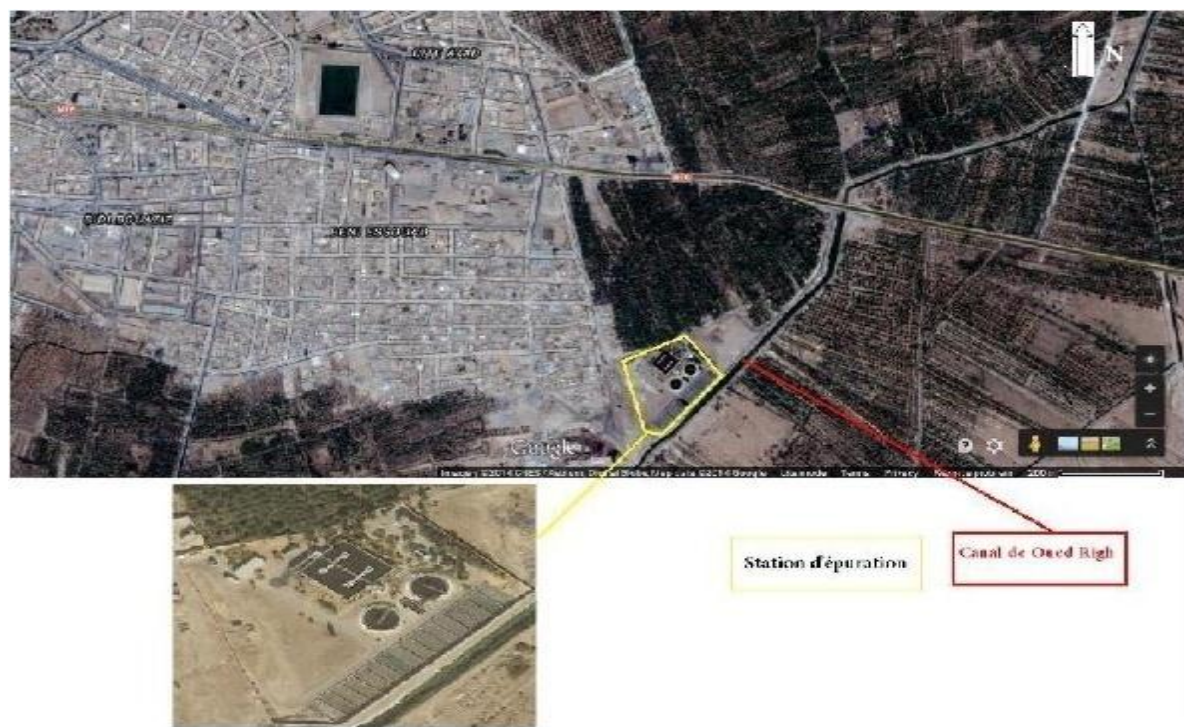


Fig.17 : Positionnement de la station dans la commune de Tbesbest (Google earth,fr, 2017).

Elle a été mise en service le 20/11/1993, réhabilitée en 2003 et traite aujourd'hui une partie des eaux usées rejetées par la ville de Touggourt. L'étude a été élaborée par le BNEH et par SEE de la Belgique 1982.

N° de l'opération : 5.392.1. 666. 00.02

Intitulé de l'opération : assainissement de l'unité de Touggourt.

Elle est localisée selon les coordonnées suivantes :

Latitude : 33° 16' Nord.

- Longitude : 6° 04' Est.

Située au Nord Est la wilaya d'Ouargla.

Entreprise de réalisation : HYDRO-TECHNIQUE (issue De La Restructuration De SONAGHTER).

Délai d'exécution : 24 mois

Ordre de service : 04-02-1987

Début des travaux : Octobre 1987

Fin des travaux : 30-06-1989

Réception provisoire : 02-07-1989

I.3.1. Mode de réalisation

Entreprise nationale : HYDRO-TRAITEMENT Alger

Début des travaux : Janvier 1990

Fin des travaux : Septembre 1991

Mise en service : Novembre 1993

Coût total de projet: 57.705.973.40 DA

Réhabilitée en 2003, L'exploitation et la gestionnaire par: Office National D'assainissement ONA
17/04/2005 jusqu'à ce jour,

I.3.2. Données techniques

C'est une station d'épuration à boues activées, prévue pour 62500 équivalents habitants (STEP Touggourt, 2014)

La capacité nominale de traitement et qualité requise des eaux usées avant traitement sont :

- Débit moyen: $9\,360\text{ m}^3/\text{j}$;
- Débit de pointe: $3\,90\text{ m}^3/\text{h}$;
- Demande biologique en oxygène(DBO): 54g/habitant ;
- Charge moyenne de DBO/j: $3\,375\text{kg/j}$;
- Charge moyenne de DCO/j: $5\,625\text{kg/j}$ (STEP Touggourt, 2016).

I.4. Conclusion

Généralement, la région de Touggourt est de perturbation climatique comme toutes les régions Sahariennes, donc c'est un climat aride, chaud, vents et orages de sables en été et froid en hiver et plus de faible précipitation de pluie. Une difficile topographie (dunes de sables).

La nappe phréatique est non utilisée (trop salée) d'où le recours à la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation.

CHAPITRE II : La pollution

des eaux

II.1. Introduction

Il est nécessaire d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel pour faciliter la protection de notre environnement en évitant les mauvaises odeurs surtout lorsque l'importance des rejets excèdent la capacité d'auto-épuration des cours d'eau, car ces derniers sont une capacité naturelle d'épuration, mais cette capacité a pour effet de consommer de l'oxygène et n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques.

II.2. Définition de la pollution

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de cette eau, provoquée par le rejet de substances indésirables qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique, et induisent d'importantes nuisances : mauvaises odeurs, fermentations, inconforts divers, et des risques sanitaires qui se répercutent, à court terme, sur notre organisme, à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

II.3. Origine et nature des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue trois catégories d'eaux usées :

II.3.1. Les eaux pluviales

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

II.3.2. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...etc. Et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

II.3.3. Les eaux industrielles

Provenant des usines, elles sont caractérisées par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produits de l'activité industrielle se retrouve concentrée dans

l'eau :

- Matières organiques et graisses (industrie agroalimentaire, équarrissage, ...).
- Sels métalliques (traitement de surface, métallurgie).
- Acides, bases, produits chimiques divers (industrie chimique, tannerie ...).
- Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

II.4. Composition des eaux usées

Les impuretés contenues dans les eaux usées urbaines contiennent des matières minérales et des matières organiques (qui sont entraînées par le courant liquide) sous forme de matières en suspension (décantables, flottantes, et colloïdales).

II.5. Pollution des eaux usées

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- D'origine organique.
- D'origine microbiologique.
- D'origine minérale.
- D'origine toxique (minérale et organique).

A chacune de ces formes de pollutions correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu.

II.5.1. Pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acception la plus large, cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales) chaque activité rejette des composées spécifiques biodégradables ou pas. On distingue pour les eaux usées urbaines les matières organiques banales (protides, lipides, glucides), les détergents (anioniques, cationiques, non ioniques), les huiles et goudrons.

II.5.2. Pollution microbiologique

Cette pollution est due à la présence d'une multitude d'organismes vivants dans les eaux usées apportés par les excréments d'origines humaine ou animale. Ces bactéries jouent le rôle de témoins de pollution. La pollution microbiologique devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu récepteur pouvant provoquer des maladies dangereuses pour l'individu.

II.5.3. Pollution minérale

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que :

Les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore.

Ces substances suscitent :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- Affectant sérieusement les cultures.

II.5.4. Pollution toxique

La toxicité présente dans les eaux usées peut être organique ou minérale, les substances organiques toxiques sont entrées autres les pesticides, les hydrocarbures et les produits organiques de synthèse industriels (aldéhydes, phénols, produits azotes ...etc.).

Les substances minérales toxiques sont : les sels à fortes concentration, les ions métalliques rejetés par les effluents industriels.

II.6. Caractéristiques des paramètres de pollution étudiés

II.6.1. Les paramètres physiques

II.6.1.1. La Température

La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur:

- Les processus biologiques et physico-chimiques.
- La solubilité des sels et des gaz: Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue pour une augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous.
- Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer,

ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition dans les processus d'auto- épuration.

- Sur la multiplication des micro- organismes, affectant ainsi l'épuration biologique.

II.6.1.2. L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde (Ladjel, 2006).

II.6.1.3. La couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine, naturelle, soit associés à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (Thomas, 1995).

II.6.1.4. Les matières en suspension

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (Gaid, 1984).

II.6.2. Les paramètres chimiques

II.6.2.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est important pour la vie et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau. Cependant, sa valeur peut être à l'origine des ennuis dans les canalisations (corrosion et dépôts calcaires) (Belkhiri, 1999).

II.6.2.2. L'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, 2006).

II.6.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO 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. Mesuré en mg d'O₂/l (Taradat, 1992).

II.6.2.4. La demande biologique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/l consommé dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Taradat, 1992).

- **DBO₅**

On utilise conventionnellement la DBO₅ au lieu de la DBO, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation. La DBO₅ n'est normalement représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable.

La DBO₅ est la masse d'oxygène moléculaire (exprimée en mg) utilisé par les microorganismes pour dégrader en cinq jours à 20°C et à l'obscurité les matières oxydables contenues dans un litre d'eau. Elle varie considérablement selon l'origine de l'eau. La DBO₅ est mesurée par une méthode physicochimique en utilisant un oxymètre muni d'une électrode de Clark.

II.6.2.5. La conductivité

La mesure de conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées (Thomas, 1995). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau. (tableau 02, annexe) (Gaid, 1984).

II.7. Autres éléments

II.7.1. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0.1 et 10 µm. Le taux moyen de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Asano, 1998).

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/100 ml dont la plupart sont des portes et des entérobactéries, 10³ à 10⁴ streptocoques et 10² à 10³ clostridies. La concentration

en bactéries pathogènes est de l'ordre de 104 germes/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermo-tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Belaid, 2010).

II.7.2. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle vital une forme de résistance, appelée kyste qui peut être véhiculé par les eaux usées (Baumont et al, 2005). Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (CAMPOS, 2008).

II.7.3. Azote

L'azote peut être présent dans les eaux usées sous plusieurs formes:

- Forme réduite: Azote organique (N) et Azote ammoniacal (NH_4^+).
- Forme moléculaire: Azote dissous (20mg/1 à la température ambiante).
- Forme oxydée: Azote nitreux (NO_2) et Azote nitrique (NO_3^-).

L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques est essentiellement sous forme ammoniacale. Les formes oxydées n'apparaissent pas ou seulement en faibles quantités dans les effluents urbains, ce qui s'explique par le fait qu'une eau usée est toujours considérée comme étant un milieu réducteur.

II.7.4. Phosphore

Le phosphore se présente dans les eaux résiduaires brutes sous deux formes :

- Organique: d'origine industrielle ou biologique provenant des matières fécales.
- Minérales: les ortho et poly phosphates provenant de lessive, d'engrais phosphatés.

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant et jour. La connaissance de la quantité du phosphore dans les eaux résiduaires permet de savoir si un traitement biologique est envisageable.

Dans les bassins biologiques, le phosphore organique et les poly phosphates sont rapidement transformés par les micro-organismes en ortho-phosphates. Une partie de ces derniers est utilisée pour la synthèse de nouvelles cellules.

II.7.5. Les nutriments

Sont les éléments chimiques tels que l'azote et le phosphore responsable de l'eutrophisation des milieux aquatiques. C'est pour cela que la connaissance des quantités présentes dans les eaux usées est indispensable pour le contrôle des rejets dans les milieux récepteurs. Par ailleurs, l'azote et le phosphore sont des constituants essentiels et leur présence est indispensable pour assurer un traitement biologique des effluents urbains et industriels biodégradables.

Un rapport $DBO_5/N/P$ (minimum 100/5/1) permet le développement normal des microorganismes épurateurs aérobies.

II.7.6. Huiles et graisses

Les huiles et les graisses que l'on peut trouver dans l'eau sont très souvent sous forme d'émulsions ou saponifiées sous l'action de produits chimiques, de détergents, etc.... Il est clair que la présence de graisses et d'huiles constitue une gêne considérable pour le fonctionnement des stations d'épuration des eaux. Indépendamment de l'origine domestique, une partie de ces produits peut provenir de rejets intempestifs qu'il peut être utile de dépister dans certains secteurs de collecte des eaux usées.

II.7.7. Métaux lourds

Les métaux lourds pouvant freiner, gêner ou encore annuler le processus d'épuration biologique. C'est ainsi qu'il est nécessaire de procéder aux analyses chimiques des eaux résiduaires afin de déterminer la présence de ces métaux provenant essentiellement des rejets industrielles.

II.8. Risques de la pollution par les eaux usées

Les eaux usées ont des impacts sur les milieux aquatiques mais également sur la santé de l'homme. La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

II.8.1. Risque sur l'environnement

- Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- Présence de produits toxiques.
- Prolifération d'algues.
- Modification physique du milieu récepteur.

- Présence de bactéries ou virus dangereux

II.8.1.1. Effets sur le sol

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable.

Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (FAO, 2003).

II. 8.1.2.Effet sur les eaux superficielles

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (Baumont et al, 2004).

Il arrive que ces déchets soient déversés directement dans le milieu naturel. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui diminue la quantité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer à terme la mort des poissons et des autres organismes aquatiques qu'y vivent.

Les métaux lourds comme le mercure, le chrome et l'arsenic peuvent avoir des effets sur les espèces aquatiques les plus fragiles. Sous certaines conditions physico-chimique, certains métaux lourds tel que mercure peuvent s'accumuler le long de la chaîne trophique et avoir un impact sur l'homme.

Actuellement, il n'existe pas de filière de valorisation pour les boues issues de l'assainissement, ainsi que les matières de vidanges de fosse septique.

Lorsque les eaux usées sont rejetées dans la mer après un traitement insuffisant ou sans épuration, elles polluent les eaux de baignades. Ainsi, plusieurs plages dans le monde sont interdites à la baignade. Ces sites sont contaminés par des bactéries, des virus et des parasites issus des eaux usées domestiques rejetées en mer sans traitement.

Ces eaux peuvent transmettre à l'homme des maladies, en cas d'ingestion ou de contact.

II.8.1.3.Eaux souterraines

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être dégradée par les eaux usées, si l'étanchéité de la station d'épuration ou de la lagune est défectueuse ou lorsque le système d'assainissement non collectif présente des dysfonctionnements.

II.8.2. Sur la santé de l'homme

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé (OMS, 2005).

II.9.Conseils pour diminuer les risques de pollution des eaux

Le principe du pollueur-payeur pour tous les utilisateurs de l'eau, principe selon lequel tous les consommateurs d'eau doivent participer à la protection de la ressource puisqu'ils participent à sa pollution par le rejet de leurs eaux usées.

Qu'ils dépendent d'un réseau d'assainissement collectif ou qu'ils utilisent une installation d'assainissement autonome, le consommateur supporte la charge de l'assainissement au coût du service rendu. La facturation de l'assainissement des eaux usées fait l'objet d'une rubrique distincte sur la facture d'eau.

Elle est calculée sur la base de la consommation d'eau et comporte, parfois, une partie fixe correspondant à l'abonnement. En outre, une redevance appelée « lutte contre la pollution » est perçue pour le compte des agences de l'eau. Elle est notamment affectée au financement des équipements de collecte et de traitement.

En plus de ce principe, il y a certaines réglementations pour éviter ou diminuer la pollution aux eaux usées et les maladies :

- l'utilisation d'équipements de protection individuelle ;
- l'accès à une eau de boisson saine et à des installations d'assainissement dans les fermes ;
- la promotion de la santé et de l'hygiène ;

- la chimiothérapie et la vaccination ;
- la lutte contre les vecteurs et les hôtes intermédiaires ;
- la réduction du contact avec les vecteurs.

II.10. La Règlementation

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration des divers composants de ces eaux.

II.10.1. Selon l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial en 1989. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Pourtant, ces normes sont aujourd'hui extrêmement loin d'être appliquées en monde.

Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. (tableau 03, annexe).

II.10.2. Selon les normes européennes

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires dans des délais qui s'échelonnent entre fin 1998 et fin 2005.

Le traitement correspond à un traitement biologique :

- DBO₅: 25 mg/L ou 70 à 90 % de réduction
- DCO : 125 mg/L ou 75 % de réduction
- MES : 35 mg/L ou 90 % de réduction

Les niveaux de rejet ou les pourcentages de réduction sont à respecter 95 % du temps. La transcription de cette directive européenne en droit français a été prise en compte dans les arrêtés du 22 décembre 1994 et du 12 mai 1995 (Gaïd, 2007) (tableau 04, annexe).

II.10.3. Selon les normes nationales

La réglementation algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilités d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamental, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales (JORA, 2012) (tableau 05, annexe).

II.11. Conclusion

Les eaux usées ont des origines différentes. On distingue en particulier les eaux usées domestiques des eaux usées industrielles. Celles-ci contiennent différents polluants qu'il faut éliminer avant le rejet de ces eaux en milieu naturel. Ces polluants sont éliminés par le biais de stations d'épuration. Il existe différents types de station d'épuration qui traite les eaux usées de différentes manières. Le traitement diffère surtout dans la chaîne biologique.

Chapitre III : Les procédés d'épuration *des eaux usées*

III.1. Introduction

Les eaux usées peuvent contenir des matières minérales et organiques, pouvant être dissoutes ou en suspension, et dont certaines sont indésirables ou toxiques. De ce fait, l'épuration des eaux usées est souvent obligatoire pour éviter toute nuisance sur les eaux naturelles et l'environnement.

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories: les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires. Ce chapitre vise essentiellement à donner un aperçu sur les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

III.2. Etapes d'épuration des eaux usées

Les procédés de traitement des eaux usées reposent essentiellement sur des processus physiques, chimiques et biologiques.

D'une manière générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes:

- Prétraitements.
- Traitements primaire.
- Traitements secondaire.
- Traitements tertiaires ou de finition.

III.2.1. Prétraitements

L'ensemble des eaux usées collectées par le système d'assainissement sont apportées vers station, sont relevées, comptabilisées et passent dans un ouvrage assurant les fonctions de dessablage-déshuilage.

L'objectif est de permettre la séparation des matières légères en les faisant remonter à la surface. Les sables, plus lourds, sont recueillis en fond d'ouvrage.

Les eaux ainsi prétraitées sont envoyées vers le traitement biologique. En temps de pluie ou lors des vendanges, une partie du débit et/ou de la charge, qui ne pourrait pas être traitée immédiatement est déviée vers des bassins d'orage, pour une reprise ultérieure.

III.2.1.1. Dégrillage

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation.

L'eau brute passe à travers d'une grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés à un angle sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Gaïd, 2007). Selon l'espacement entre les barreaux de la grille on distingue :

- **Un pré dégrillage:** l'espacement des barreaux varie de 30 à 100 mm.
- **Un dégrillage moyen:** l'espacement des barreaux varie de 10 à 25mm.
- **Un dégrillage fin:** l'espacement des barreaux varie de 3 à 10 mm.

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants, la nature de l'effluent à traiter et le mode de nettoyage des grilles, nous citons:

a)-Grilles manuelles:

Grilles manuelles composées par de barreaux droits en acier. Elles peuvent être verticales mais le plus souvent inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale. Dans les petites stations d'épuration rurales, les grilles sont quelquefois remplacées par des paniers perforés relevables, lorsque les collecteurs d'arrivée sont très enterrés (Laurent, 1994). Elles sont réservées à la petite station.

b)-Grilles mécaniques:

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations.

III.2.1.2.Tamisage

Cette opération utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase du prétraitement; elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de matières en suspension de petite taille. On distingue :

- Le macro tamisage (dimensions de mailles $> 250 \mu\text{m}$).
- Le micro tamisage ($30 \mu\text{m} < \text{vide de maille} < 150 \mu\text{m}$) (Abdi, 2008).

III.2.1.3. Dessablage

Le dessablage c'est un procédé consiste à l'élimination des sable présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 μm , la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du dessableur calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, et éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables (Gaïd, 2007).

Les types des dessableurs à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont :

- **Les dessableurs couloirs** : dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.
- **Les dessableurs circulaires** : à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air.
- **Les dessableurs rectangulaires** : à insufflation d'air. L'insufflation de l'air provoque une rotation de liquide et crée une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit (Gaïd, 2007).

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.

III.2.1.4. Dégraissage-déshuillage

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines,...etc.

Le déshuillage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières s'estiment par la mesure des «matières extractibles par solvants». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Le temps de séjour dans cet ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h (Gaïd, 2007).

III.2.2. Traitements primaires

III.2.2.1. Décantation primaire

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension 'MES' naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse) (Aouabed, 2009).

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur, les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaire.

En moyenne elle élimine jusqu'à 80% de MES et 30% à 40% de la DBO₅. La décantation primaire s'impose généralement pour les stations d'épuration des grandes agglomérations (Aouabed, 2009).

Pour avoir une bonne qualité d'eau décantée, une sédimentation efficace et un épaissement correct des boues, différentes zones horizontales de l'ouvrage sont déterminées : la zone d'eau claire est comprise entre 0,5 et 1 m de haut, la zone de sédimentation entre 1,5 et 2,5 m et enfin la zone d'épaissement entre 0,5 et 1,5 m (Gaïd, 2007). Il y a plusieurs types de décantation parmi lesquels on distingue :

➤ **Décantation classique:**

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classique est essentiellement la vitesse ascensionnelle V (m/s). Il existe de nombreux types de décanteurs classiques, selon le sens d'écoulement des eaux et, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues on trouve (Gaïd, 2007):

- Décanteur horizontal avec raclage des boues ;
- Décanteur cylindro-conique ordinaire ;
- Décanteur circulaire avec raclage des boues.

➤ **Décantation lamellaire:**

De conception plus moderne, le principe de la décantation lamellaire consiste à utiliser des plaques proches les unes des autres pour accroître la surface de décantation disponible par volume d'ouvrage. Afin d'assurer l'évacuation des boues, les plaques sont inclinées d'un angle par rapport à l'horizontale (Gaïd, 2007).

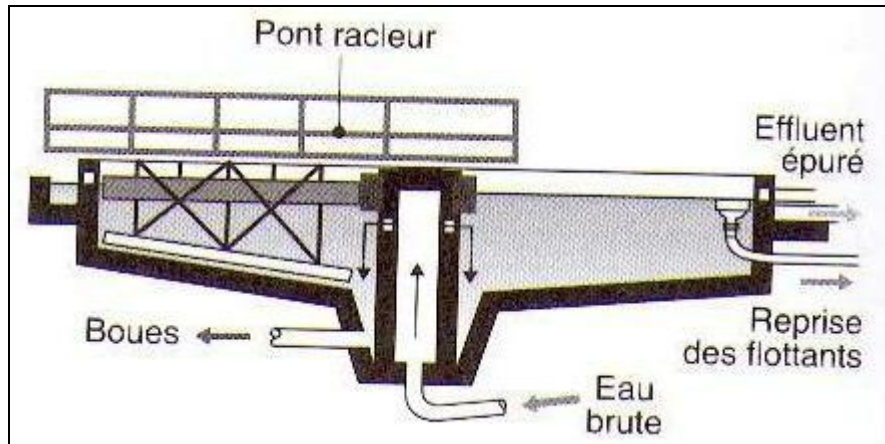


Fig.18 : Schéma d'un décanteur primaire (Laurent, 1994).

III.2.2.2.Traitement physico-chimiques

Après une étape de prétraitement, le traitement physico-chimique consiste en une séparation physique solide-liquide après un ajout de réactifs chimiques ayant provoqué l'agglomération des matières en suspension (MES) (Cardot, 1999). Le traitement se déroule 4 phases :

III.2.2.2.1.Coagulation

Consiste à déstabiliser des suspensions pour faciliter leur agglomération. Il faut neutraliser leurs charges de manière à réduire leurs forces de répulsion. Ainsi, les colloïdes présents dans les eaux de rivière sont généralement chargés négativement; il faut donc ajouter des coagulants de charge positive telle que les sels de fer ou d'aluminium, minéraux ou cations trivalents employés notamment dans le traitement de l'eau potable. En eaux industrielles, on utilise plutôt des coagulants organiques (Cardot, 1999).

III.2.2.2.2.Floculation

Permet l'agglomération des particules neutralisées par la coagulation. Les flocculant, polymères organiques de synthèse (anioniques, neutres ou cationiques), piègent dans leurs mailles les petites particules déstabilisées pour former un floc. Les flocculants existent sous forme solide, en billes ou en solution (Cardot, 1999).

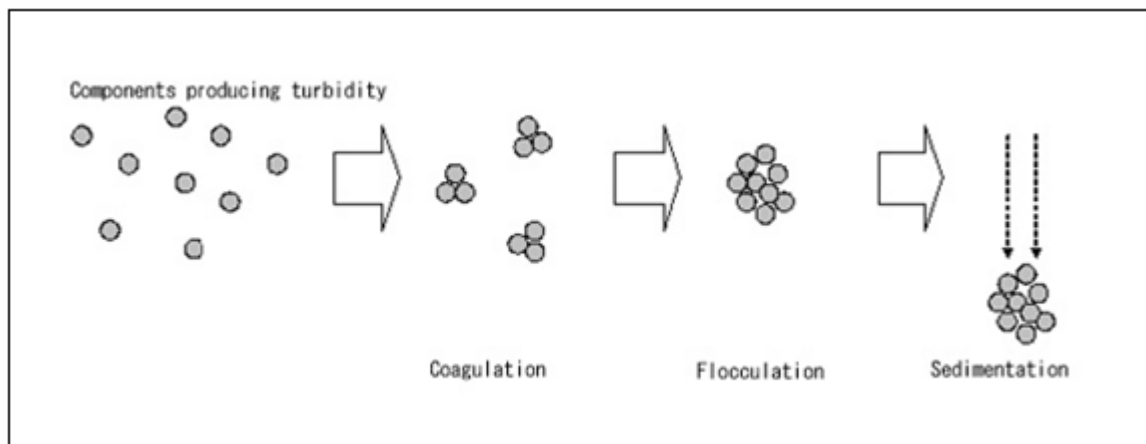


Fig.19: Processus de coagulation, floculation et de sédimentation.

III.2.2.2.3. Neutralisation

Consiste à optimiser le pH des réactions précédentes par ajout d'une base (chaux) (Cardot, 1999).

III.2.2.2.4. Décantation

La décantation, est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau (Cardot, 1999).

Tableau .01: Avantages et inconvénients du traitement physico-chimique.

Avantages	Inconvénients
• Bonne élimination des MES et du Phosphore. • Adapté aux variations de charges (zone touristique, industriels). • Insensible au non biodégradabilité des effluents zones urbaines denses, etc.).	• Coûts d'exploitation élevés (réactifs) • Elimination incomplète de la pollution organique et de l'azote • Plus grande quantité de boues produites

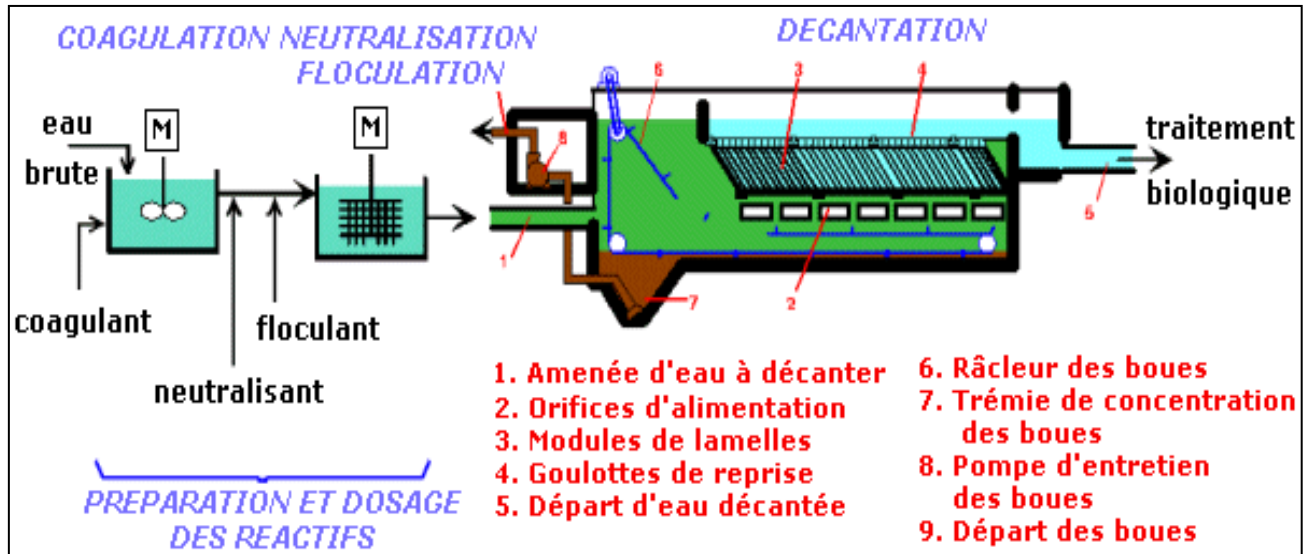


Fig .20 : Traitement physico-chimique

III.2.3. Traitement secondaire

III.2.3.1. Traitement biologique

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique (décantée ou non) en la transformant en matières en suspension microorganismes et leurs déchets, plus facilement récupérables.

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). Dans ce dernier cas, où les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO_2 , méthane et biomasse.

Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonée, de type industriel (brasserie, sucrerie, conserverie...).

Le traitement biologique classique des eaux domestiques s'effectue par voie aérobie.

Le traitement consiste à dégrader les impuretés grâce à l'action d'une biomasse épuratrice, à laquelle doit être fourni l'oxygène nécessaire à son développement (Gaid, 1984)

Les différents procédés biologiques d'épuration sont :

A. Les procédés biologiques extensifs

Les procédés extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

A.1. Procédé des filtres plantés de roseaux

Les filtres plantés de roseaux c'est un procédé biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre. Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter (Perera et Baudot, 1991).

➤ Principe de fonctionnement

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racines des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins.

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées, mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés (Perera et Baudot, 1991).

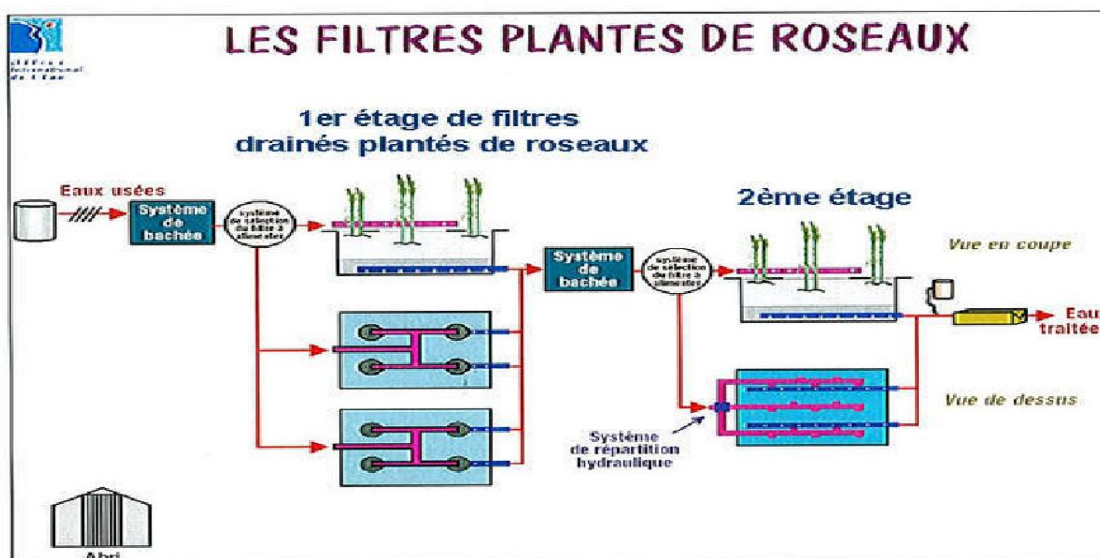
La caractéristique principale des "Filtres plantés de roseaux" réside dans le fait que les filtres du 1^{er} étage de traitement, dont le massif filtrant actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec des eaux usées brutes (sans décantation préalable).

Les processus épuratoires sont bien sûr assurés par des micro-organismes fixés, présents dans les massifs filtrants mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration. Les filtres du **2^{ème} étage**, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, complètent le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés (Alexandre et al, 1997).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par filtres plantés de roseaux sont cités dans le tableau suivant (tableau 2):

Tableau.02: Avantages et inconvénients du traitement biologique par filtres planté de roseaux.

Avantages	Inconvénient
• Facilité et faible coût d'exploitation. • Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisant • Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. • Gestion réduite au minimum des boues. • Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.	• Risque de présence d'insectes ou de rongeurs. • Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux • Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. • Nécessité d'un dessaleur en tête sur réseau unitaire.

**Fig.21:** Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux (Alexandre et al, 1997).

A.2. Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable

Les lits d'infiltration-percolation sur sable d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration (Perera et Baudot, 1991).

➤ **Principe de fonctionnement:**

L'infiltration-percolation consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux rapportés. Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant phases d'infiltrant et phases de séchage. L'épuration nécessite une infiltration en milieu poreux non saturé et le renouvellement de la phase gazeuse par l'air atmosphérique qui apporte l'oxygène indispensable à l'oxydation des matières organiques et de l'azote (Faby, 1999).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par les lits d'infiltration percolation sur sable sont cités dans le tableau suivant:

Tableau.03: Avantages et inconvénients du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable.

Avantages	Inconvénients
• Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques). • Rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO₅ et MES. • Capacité de décontamination intéressante • Nitrification importante des composés azotés. • Surface nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.	• Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace. • Risque de colmatage à gérer. • Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants. • Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

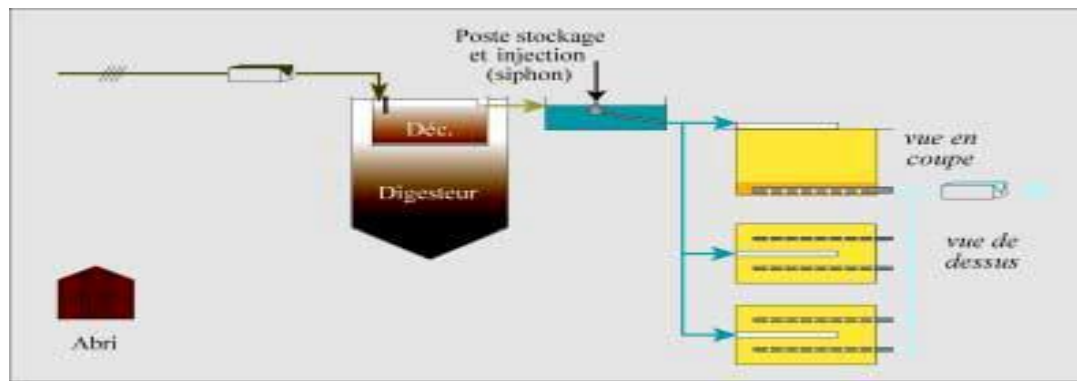


Fig.22: Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable (Alexandre et al, 1997).

A.3. Procédé de lagunage

Le lagunage est un procédé de traitement biologique, en cultures libres. Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.

➤ Principe de fonctionnement:

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques.

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries (Dhaouadi, 2008). Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

- **Le lagunage aéré**

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées (Alexandre et al, 1997).

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique (aérateurs de surface), on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (Dhaouadi, 2008).

- **Le lagunage naturel**

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (Gaïd, 2007).

L'épuration par lagunage naturel 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 (Alexandre et al, 1997).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lagunage sont cités dans le tableau suivant :

Tableau.04: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
• Fiabilité et facilité d'exploitation. • Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants. • Investissement modéré si l'on dispose de surfaces en terrains importantes dont la nature, la structure et la topographie sont adaptées. • Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	• Nécessité de surfaces importantes en terrains. • Contraintes de sous-sol : terrains imperméables (protection de la nappe). • Risques de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies). • Curage périodique indispensable.

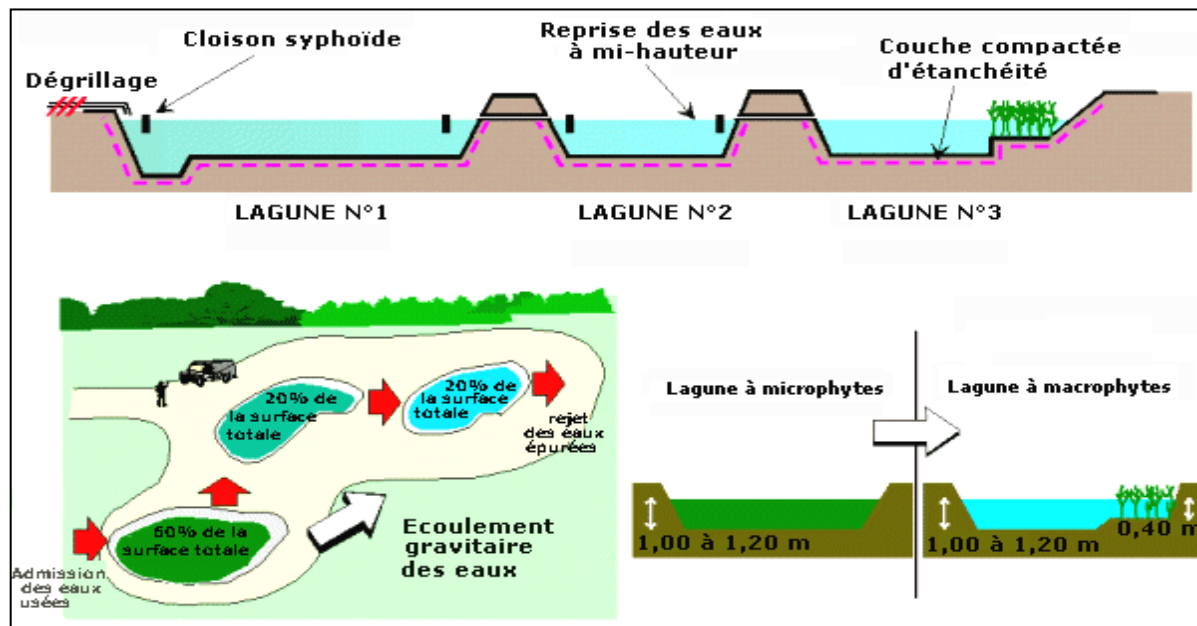


Fig .23 : Schéma du traitement biologique par Lagunage naturel (Alexandre et al, 1997).

III.2.3.2. Décantation secondaire

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (Boumediene, 2013).

Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

B. Les 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 (Perera et Baudot, 1991). Parmi ces procédés on distingue :

B.1. Procédé de lit bactérien

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (Alexandre et al, 1997).

➤ Principe de fonctionnement:

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. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. 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 (Perera et Baudot, 1991).

Le tableau 5 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lits bactériens.

Tableau. 05: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
• Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. • Faible consommation d'énergie. • Bonne décantabilité des boues. • L'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.	• Coûts d'investissement assez élevés. • Source de développement d'insectes et d'odeurs. • Sensibilité au colmatage et au froid. • Boues fermentescibles.

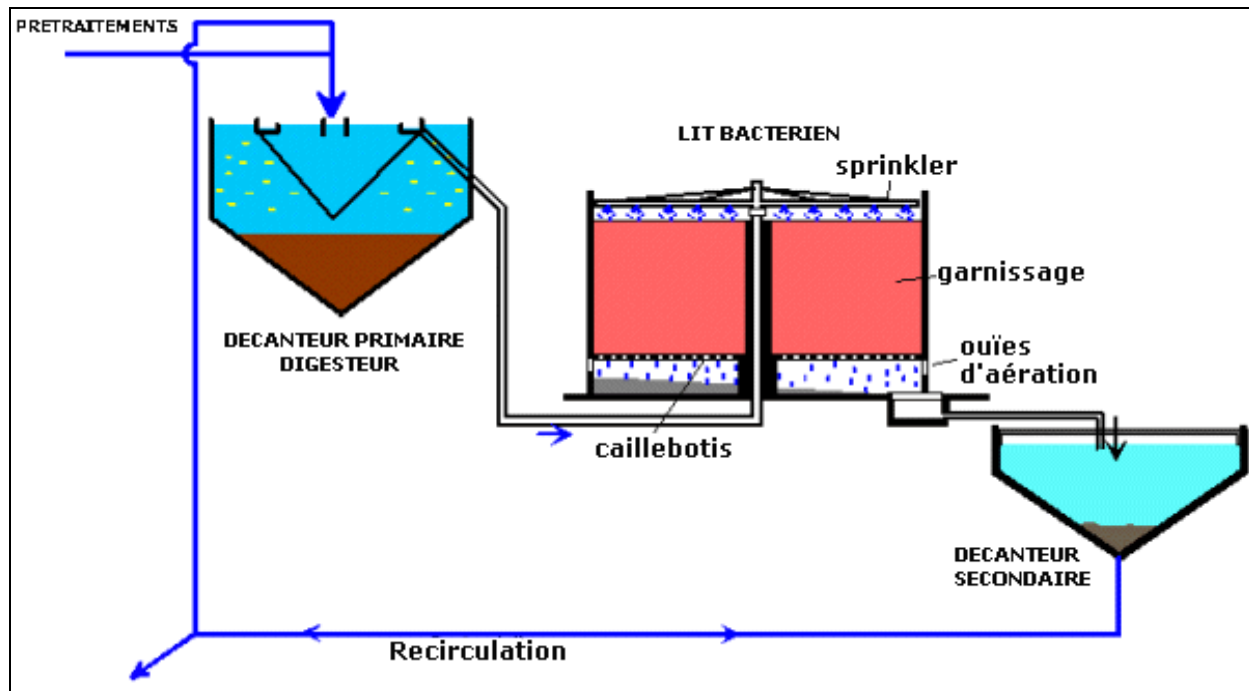


Fig.24: Schéma du traitement biologique par lit bactérien.

B.2. Procédé de disques biologiques

Les disques biologiques ou biodisques 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, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/mn (Dhaouadi, 2008). Les disques biologiques c'est un procédé biologique à cultures fixées.

➤ Principe de fonctionnement:

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (Aouabed, 2009).

Le tableau 04 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques.

Tableau.06: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disques biologiques.

Avantages	Inconvénients
• Résistance au froid (les disques sont -toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). • L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. • Généralement adaptés pour les petites collectivités. • Faible consommation d'énergie.	• Très sensibles à la qualité des eaux à traiter. • La sensibilité au gel et aux huiles et graisses. • Coûts d'investissement assez élevés. • Ce procédé pose des problèmes dans la construction.

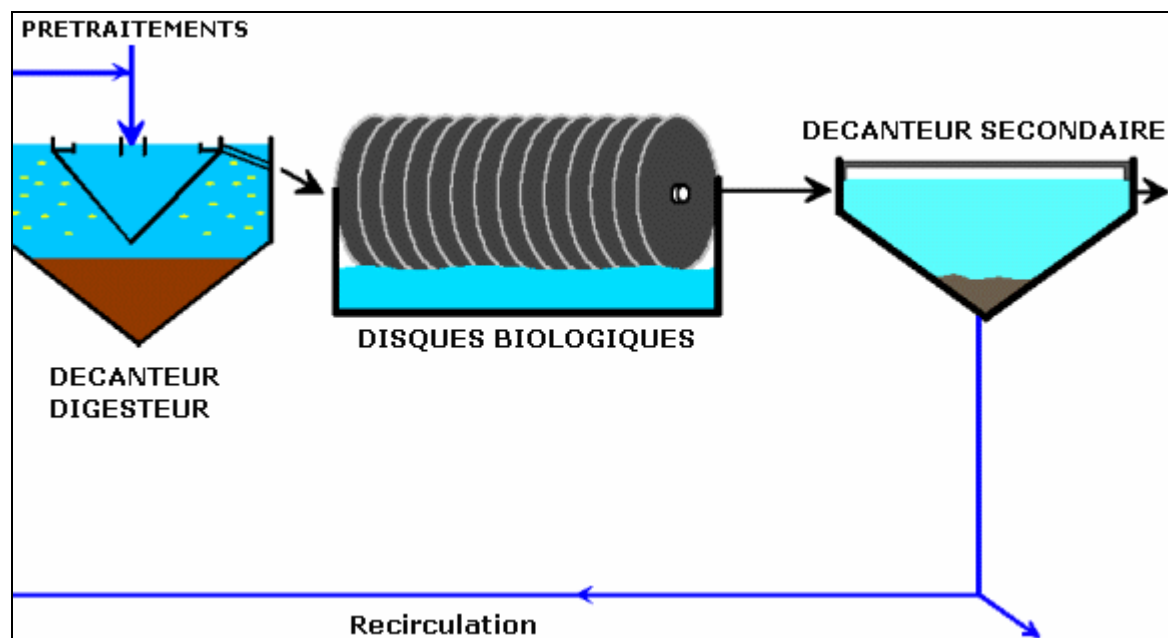


Fig .25: Schéma du traitement biologique par disques biologiques (Perera et Baudot, 1991).

B.3. Procédé de boues activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

➤ Principe de fonctionnement

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le 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'activation).

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

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).

Le tableau 7 qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par boues activées.

Tableau. 07: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
• Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification). • Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). • Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles • Boues légèrement stabilisées.	• Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser. • Consommation énergétique importante. • Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. • Sensibilité aux surcharges hydrauliques.

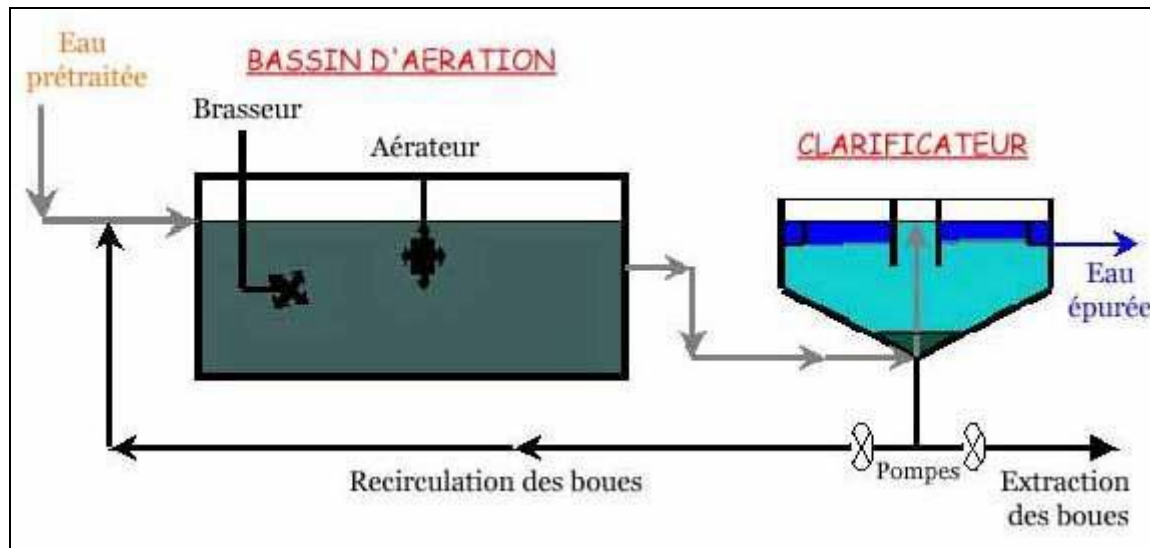


Fig.26: Schéma du traitement biologique par boues activées.

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin(ou plus) dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur(ou plus) dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurée et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation des boues(ou plus) assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne(ou plus) présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène (Cardot, 1999).

III.2.4.Traitement tertiaires

L'expression « traitement tertiaire » peut désigner plusieurs types de traitements ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement attendre d'un traitement secondaire.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie

III.3. Station de Touggourt (boue activée)

III.3.1. Les composants de l'unité biologique de la step de Touggourt

III.3.1.1. Dégrilleur

Ce dégrillage prendra place dans regard en tête de la station, après le poste de relevage. Les eaux usées, chargées en matières solides, passent au travers d'une grille, les matières solides restant ainsi piégées. Le dégrillage consiste à retirer manuellement ou automatiquement ces matières de la grille, et à les récupérer dans un conteneur, comme une poubelle ou un bac à déchets. L'installation comporte:

- Une grille mécanisée, type inclinée.
- Une grille de by-pass à raclage manuelle.
- Largeur de canal : 800 mm.
- Espace entre barreaux : 20 mm.
- Hauteur d'eau : 400mm.
- Epaisseur des barreaux : 20 m.
- Surface mouillée : 0,32 m.
- Angle d'inclinaison : 60^0 .



Photo.02: Dégrilleur mécanique.

III.3.1.2. Dessableur-déshuileur

Après le dégrillage, les sables et les huiles sont éliminés par le dessableur et le déshuileur. Les sables sont piégés par décantation au fond du bassin et sont évacués par une pompe à sable submersible dans un container en acier galvanisé. Les graisses remontent à la surface et sont récupérées par raclage.

- Longueur de dessableur 2 m.
- Largeur de déshuileur 1,10 m.
- Hauteur d'eau maximum 2,65 m.
- Dispositif d'aération 02
- Débits $70 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Racleur :
 - Longueur : 2500 mm.
 - Largeur 900 mm.
 - Vitesse de translation : aller 2 cm/s, retour 4 cm/s.



Photo.03: Dessablage- déshuilage.

III.3.1.3. Bassin d'aération (Bassin biologique)

Les eaux prétraitées sont ensuite dirigées vers deux bassins d'aération rectangulaires. Ce bassin, contient les boues activées. Ces dernières (micro-organismes) présentent des formes variées en fonction de l'aération des effluents. L'apport en oxygène est assuré par 04 turbines d'aération,

- Type de traitement: biologique.
- Capacité de traitement en DBO_5 : 3375 kg/j.
- Capacité totale $7\,200\text{ m}^3$.
- Longueur : 40m.
- 4 aérateurs de 45 KW.
- Temps de passage moyen : 18,5 h.
- Largeur: 20m.
- Capacité d'aération $80\text{ kg O}_2/\text{h}$.
- Vitesse entrée/sortie : 1450/31 tour/min.
- Profondeur d'eau : 4,5 m.



Photo.04: Bassin d'aération.

III.3.1.4. Clarification (Décanteur secondaire)

L'eau aérée est transférée vers les deux décanteurs à partir de deux goulottes de longueur 40m installées latéralement. L'eau décantée est évacuée par des lames déversantes crantée disposées réglementé sur le pourtour du bassin de décantation.

- Hauteur périphérique: 2,60 m .
- Surface unitaire: 452 m^2 .
- Temps de passage moyen : 3,5 h.
- Diamètre extérieur: 24 m.
- Volume cylindrique: 1175 m^3 .



Photo.05: Décanteur

III.3.1.5. Bassin de chloration

La désinfection se fait dans le bassin de chloration rectangulaire, il est assurée par de l'hypochlorite de sodium " NaOCl ". Le passage obligé imposé par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer.

L'eau désinfectée est évacuée à partir d'un puisard vers conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans le canal de l'oued Righ.

- Longueur: 15,7 m.
- Profondeur utile: 2,96 m.
- Volume utile: $278,8 \text{ m}^3$.
- Largeur: 6 m.
- Profondeur totale: 3,20.
- Temps de séjour: 27 min.



Photo.06: Bassin de chloration.

III.3.1.6. Epaisseur de boues

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues en vue de les rendre plus faciles à manipuler.

- Débits de pompe : $20 \text{ m}^3/\text{h}$
- Hauteur d'eau périphérie: 4 m.
- profondeur conique : 0,5 m.
- Volume: 208 m^3 .
- Vitesse de rotation : 450 T/min.
- Hauteur cylindrique: 4,3 m.
- Diamètre: 8 m.
- Surface: 50 m^2 .
- Temps de stockage: 3, 3 jour.
- Volume de boues épaissies: 62,5.



Photo.07: Epaisseur de boues.

III.3.1.7.Retour des boues

- vis d'Archimède à débit unitaire de 500 l/s.
- Hauteur de relevage: 1,05 m.
- Angle: 30°.
- Diamètre de vis: 0,85 m.
- Diamètre poutre: 0,455 m.
- Hauteur de remplissage: 0,565 m.
- Longueur vis: 3,23 m.
- Vitesse d'entrée/sortie : 1500/50 T/min.
- Rendement de réducteur 97%
- Rendement accouplement: 98%.



Photo.08: vis d'Archimède.

III.3.1.8.Lits de séchage des boues

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



Photo. 09: lit de séchage.

III.3.2. Procédé de fonctionnement de la station

Le style de fonctionnement de cette station est comme suite : L'eau brute qui entre dans la station contient des déchets, ils véhiculent par l'effluent sont éliminés dès leur arrivée dans la station grâce au dégrillage mécanique. Les eaux usées passent par des grilles de plus en plus fines où les matières volumineuses sont retenues.

Après ça, Les eaux usées passent ensuite successivement dans deux fosses confinées, le dessableur et le déshuileur. Les effluents passent dans la fosse de dessablage où le courant est ralenti, permettant ainsi que les sables et gravions tombent au fond de la fosse. Le dessableur-déshuileur aéré ou elle sera débarrassé de ses huiles et sable. L'aération du dessableur-déshuileur est assurée par 02 presseurs d'air. L'air maintient une turbulence qui empêche les matières organiques de se déposer. Le sable décantée est évacuée par une pompe portée par pont racleur, les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation à partir de laquelle sont raclées en surface pour être récupérées dans un container à huile, s'appelle la phase de prétraitement.

Après le prétraitement, l'eau passe vers les bassins d'aération qui subit une stabilisation au bout de laquelle, la matière organique se trouve presque intégralement minéralisées.

Il y a deux décanteurs après les bassins d'aérations que se trouvent le MES de forme minérale et organique. L'eau se trouve décantée soit une réduction de 99,5 % après 6 heures, il décantée passe de puisard au bassin de chloration, tandis que les boues sont piégées au fond à partir duquel elles sont transférées vers la bache de recirculation.

Après ça, les boues collectées sont des boues secondaire; la plus grande partie des boues de recirculation est recyclée vers les bassins d'aération, il est assurée par 02 vis d'Archimède de $500 \text{ m}^3/\text{h}$, et l'autre partir des boues en excès est pompée vers l'épaisseur par pompage de $23 \text{ m}^3/\text{h}$ avant d'être séchées. Après épaissement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe ; le séchage s'effectue dans 16 lits, les boues exposées à l'air libre subissent une double déshydratation ; par drainage et évaporation.

III.4. Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger

l'environnement. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes (tertiaires).



PARTIE II: Expérimentale

Chapitre IV : Méthode *et Matériel*

IV.1.Introduction

L'analyse des eaux résiduaires est une opération nécessaire pour la gestion de station d'épuration et optimisation le fonctionnement cette station et qualité d'eau, elle caractérise les paramètres de pollution de l'eau usée comme :

La DBO, DCO, MES, PH ...etc. qui vont ensuite exprimer la charge polluante.

IV.2.Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement des échantillons et sa conservation conditionnent les résultats des analyses et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon prélevé doit être homogène et représentatif de l'effluent, il convient donc que la qualité prélevée soit proportionnelle au débit d'eau usée.

Par ailleurs, l'échantillon prélevé doit être conservé dans de bonnes conditions, à défaut ses caractéristiques subiront une transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse, ce qui fausse les résultats d'analyse.

La période des prélèvements a été choisie compte tenu des heures de pointes de pollution.

Il est donc indispensable d'arrêter ou de ralentir toute évolution biologique, chimique ou physique qui peut avoir lieu entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. (tableau Annex 6)

IV.3.Les matériels

Les paramètres mesurées et son appareilles sont :

- La température : Thermomètre (**HACH sension1**)
- Le PH : pH mètre (**HACH sension1**)
- MES : Centrifugeuse et étuve (**D1600 u 25**), Balance d'analyse(**Rs2620**), Distillateur(**RS 4**), Plaque chauffante (**CK 112**).
- DCO : Reactor et calorimètre (HACH DR 820), spectrophotomètre (HACH DR 3900).
- DBO₅ : Appareil DBO₅ (Mf 120)
- Oxygène dissous : Oxymétrie (HACH sension6)
- Conductivité électrique : Conductivité mètre (HACH sension5)
- NO₂⁻ et NO₃⁻ : colorimètre(DR820)

IV.4. Les analyses physico-chimiques

IV.4.1. Température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physicochimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude et plus sa concentration limite diminue le pH et la conductivité est dépendante de la température de même que les processus de biodégradation carbonée (Thomas, 1995). Le dispositif utilisé pour la mesure la température est le pH-mètre.

IV.4.2. Potentiel hydrogéné (pH)

Le potentiel d'hydrogène PH caractérise le degré d'acidité ou de basicité d'un milieu, il joue un rôle capital dans le traitement biologique, de préférence il doit être compris entre 6 et 8 pour une bonne performance du traitement. La conclusion qui s'impose est celle relative au fait que la valeur moyenne du PH du rejet est conforme à la normale et par conséquent, nous pouvons dire que notre PH se situe dans la bonne gamme d'activité des micro-organismes en favorisant aisément un traitement biologique étant donné qu'il n'est pas loin de la neutralité. L'appareille de mesure est de PH mètre.



Photo.10: PH mètre.

IV.4.3.Détermination de la conductivité

Elle indique l'aptitude d'une eau à conduire le courant électrique. Celle-ci dépend de la teneur en sels dissous dans l'eau. Si les sels dissous augmentent, la conductivité augmente. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002). Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm}/\text{cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire.



Photo.11 : Conductivitémètre.

IV.4.4.Détermination d'O₂

On pose un l'électrode d'oxymètre dans béccher que contient une quantité d'eau et lit le résultat sur l'appareil de mesure (d'oxymètre).



Photo.12 : Oxymètre.

IV.4.5.Détermination la NO_2^- , NO_3^-

Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l.

On lit le résultat de concentration de NO_2^- , NO_3^- sur l'écran de spectrophotomètre après ajoutation le produit chimique et agitation la bouteille et la pose dans l'appareil. On prend l'unité de mesure en mg/l.



Photo.13: DR 3900™ spectrophotomètre.

IV.5. Les analyses biochimiques

IV.5.1. La matière en suspension (MES)

Il est d'usage en traitement des eaux d'appeler «Matières en suspension», des impuretés séparables par filtration ou centrifugation. Les matières en suspension se composent des matières organiques et des matières minérales.



Photo.14: les appareils utilisés pour la détermination de MES (centrifugeuse .Plaque chauffante).

IV.5.2. Détermination de DCO

On ajoute quelque millimètre d'échantillon en tube de réactif DCO et place le tube bouché dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 150 °C. Par utilisation le réacteur et le spectrophotomètre DREL/820, on lit la DCO.



Photo.15: la DCO-mètre.

IV.5.3.Mesure de la DBO₅

La demande biochimique en oxygène (DBO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer (par oxydation, et avec l'intervention de micro-organismes), les matières organiques seulement biodégradables contenues dans une eau usée.



Photo.16: DBO mètre pour la détermination de DBO₅.

On prend l'échantillon selon la charge, 164 ml d'eau à analyser pour une charge de 200 à 400 est introduite dans des flacons DBO ambrés de 500 ml, 250 ml pour une charge de 40 à 200, et 432 ml pour une charge de 0 à 40. Les flacons sont placés sur l'appareil connecté par leurs bouchons aux capteurs de pression.

La consommation d'oxygène induit une production de CO₂ par les micro-organismes qui oxydent les matières organiques et doit être éliminée du système de manière à ce que la différence de pression mesurée dans le système soit seulement proportionnelle à la quantité d'oxygène utilisée. Des cristaux d'hydroxyde de lithium placés dans la coupole de chaque flacon absorbent le gaz carbonique. Le tout est laissé pendant 5 jours à l'obscurité et à une température de 20 °C. La période de mesure pendant l'échantillon est continuellement agitée. L'agitation aide le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon et permet de simuler des conditions naturelles.

IV.6.Conclusion

On conclusion, on dit que le choisir la place approprié de prélèvement des échantillons et leur conservation dans le condition idéale jouent un rôle importance dans les analyses pour obtenir de bien résultat .Donc, les analyses des paramètres polluantes sont nécessaire pour connaitre degré de pollution et son risque à l'aide des appareilles à technologie moderne.

Chapitre V : Analyse des eaux
usées et estimation
de la pollution

V.1.Introduction

L'analyse expérimentale nous permet d'évaluer les différents paramètres de pollution d'une eau usées est de suivre la variation de ces paramètres au cours du temps. Ceci est un préalable obligatoire pour toute étude de diagnostic d'une station ou d'un ouvrage d'assainissement. De plus, le suivi des caractéristiques de l'effluent permet de saisir les causes de ce mauvais fonctionnement et de mettre en œuvre les moyens adéquats d'y remédier.

Dans ce chapitre nous allons étudier le fonctionnement de la station d'épuration de Touggourt, d'une part, et d'autre part de suivre l'efficacité de dépollution des effluents domestiques (charge organique, matière minérale, nitrates,..., etc.) à la sortie de la station.

V.2.Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle

Nous allons regrouper tous les résultats des paramètres physico-chimiques analysés dans des tableaux ou sous forme des courbes et histogrammes pour mieux examiner l'efficacité du processus de l'épuration.

V.2.1. Variation mensuelle de la température

La température influence la solubilité des gaz et en particulier la teneur en oxygène dissous, Une augmentation de la température induit une diminution du taux d'oxygène dissous, ce qui est néfaste pour la faune, la flore du milieu aquatique,

Les températures des eaux entrées sont enregistrées entre 17⁰C et 35 ⁰C et entre 14 ⁰C et 34 ⁰C pour les eaux épurées (entre 2012 et 2016), D'une façon générale, nous pouvons marquer que tous les mesures sont conformes aux normes des eaux rejetées (tableau 06, annexe).

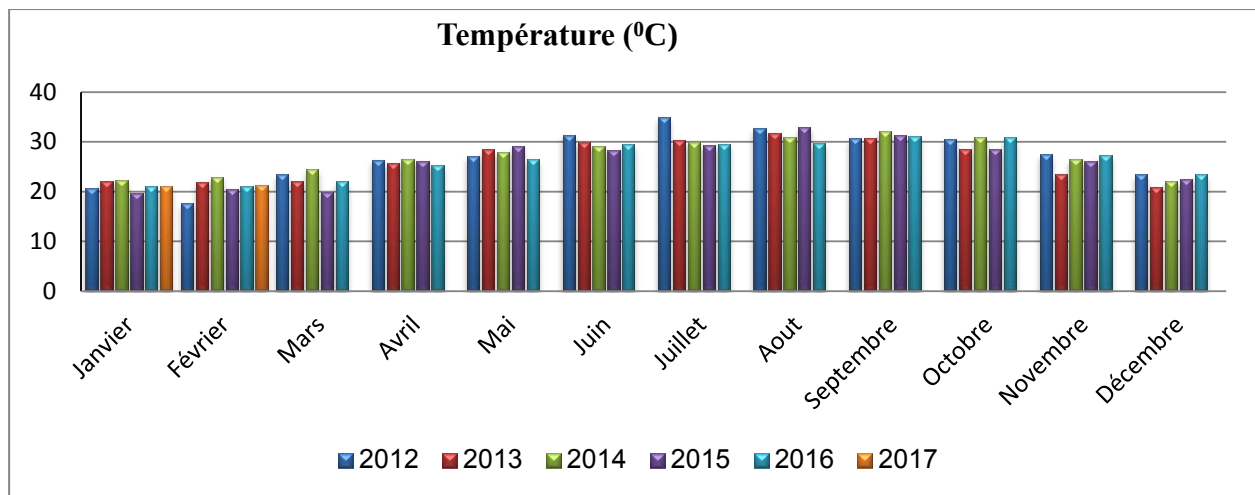


Fig. 27 : Variation mensuelle de la température des eaux brutes (période 2012-2017).

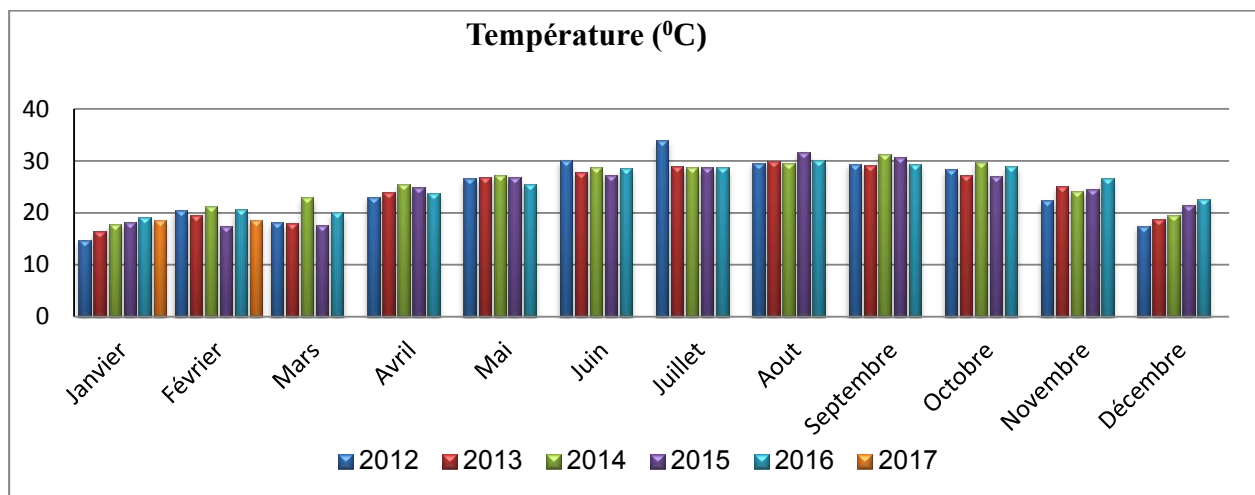


Fig. 28 : Variation mensuelle de la température des eaux épurées (période 2012-2017).

IV.2.2. Variation mensuelle de la valeur de pH

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). Généralement, on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH, $\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$.

Le pH des eaux usées que ce soit brutes ou épurées est proche de la neutralité (varié entre 6,09 et 8), ces valeurs restent dans la gamme donnée par le Journal Officiel e la République Algérienne réglementation (JORA, 2011) (tableau 07, annexe).

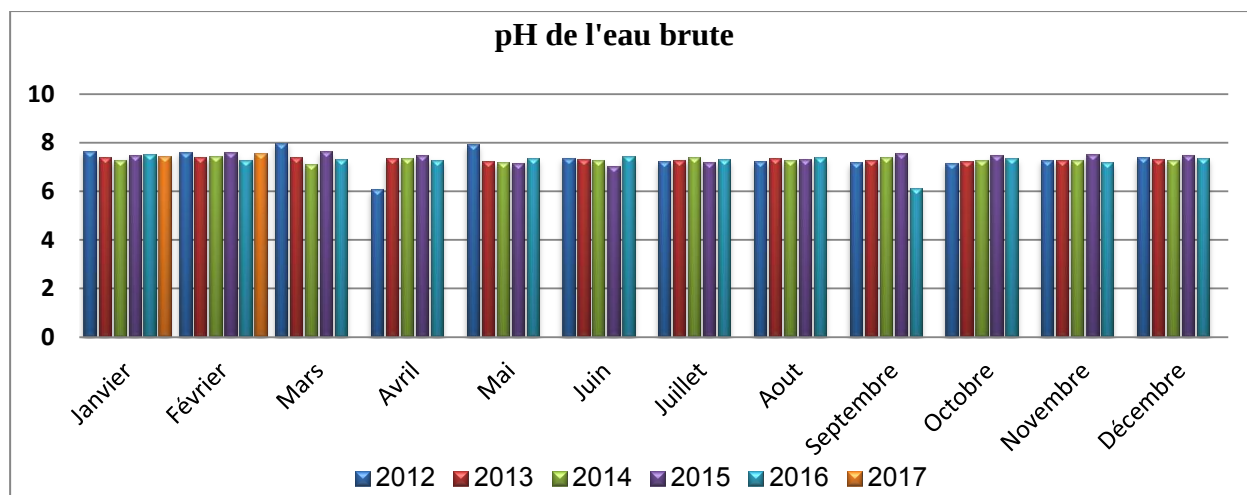


Fig. 29 : Variation mensuelle des valeurs de pH des eaux brutes (période 2012-2017).

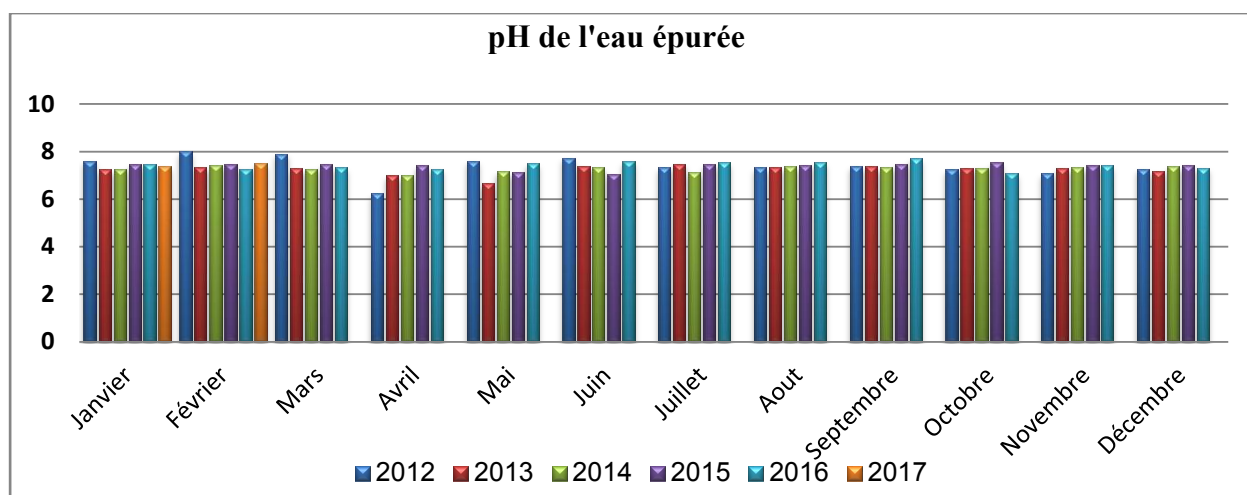


Fig. 30 : Variation mensuelle des valeurs de pH des eaux épurées (période 2012-2017).

V.2.3. Variation mensuelle de la DBO₅

On mesure la DBO₅ avec le test de microorganismes pour suivre l'évaluation du degré de la pollution organique de l'eau. Elle exprime la fraction biodégradable de la matière organique. La DBO est définie comme la concentration d'oxygène consommée pour réaliser la destruction des composés organiques dans les conditions de l'essai : incubation à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air, et pendant un temps donné. La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protéiques des matières organiques commence immédiatement et dure environ 20 jours à la température de 20°C.

Par convention, la mesure de la DBO se fait après 5 jours d'incubation et appelée DBO₅, cette valeur ne représente qu'une fraction de la DBO ultime, soit environ 70%, car la minéralisation complète des matières organiques nécessite un temps de 20 jours ou plus.

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la DBO_5 varient d'un mois à l'autre, ceci peut s'expliquer par la variation des conditions climatiques et par les fluctuations du débit des eaux usées.

La variation mensuelle de la DBO_5 durant le période 2012-2017 est représentée dans les figures 31 et 32.

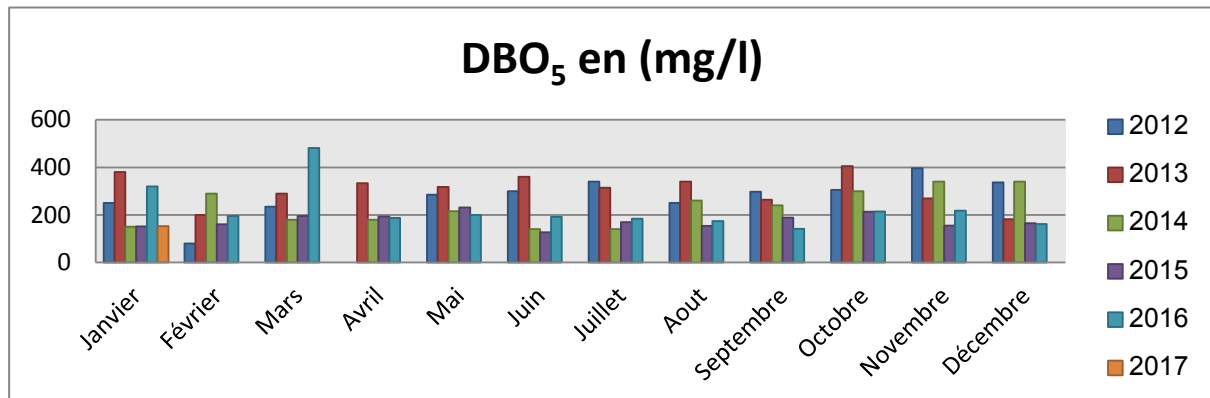


Fig. 31 : Variation mensuelle de la DBO_5 des eaux brutes (période 2012-2017).

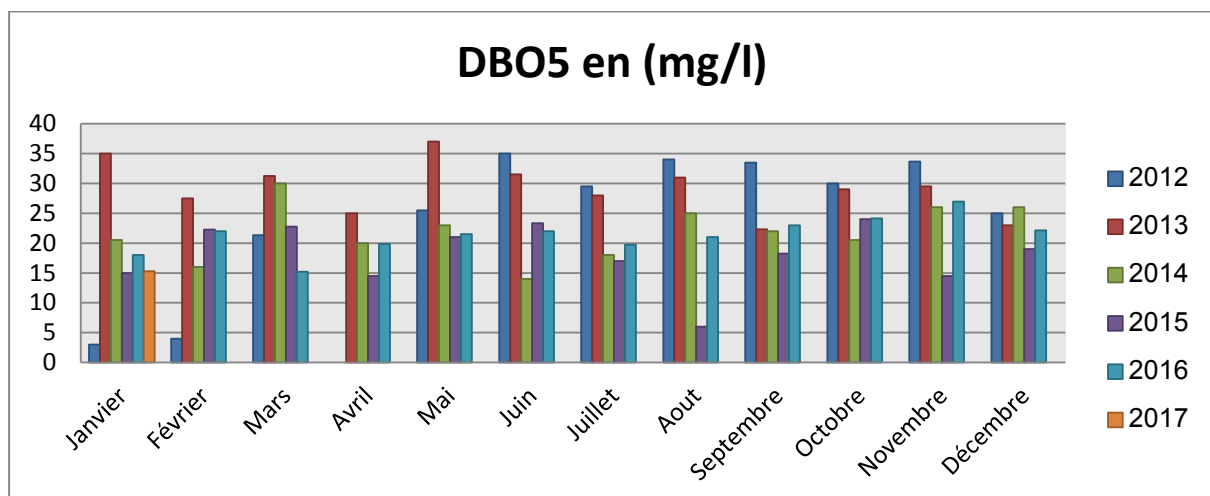


Fig. 32 : Variation mensuelle de la DBO_5 des eaux épurées (période 2012-2017).

La comparaison des valeurs de la DBO_5 de l'eau entrante avec celles de l'eau sortante (eaux épurées), nous avons pu observer une diminution importante de la pollution organique au cours des étapes de traitement. Cependant, nous remarquons qu'il y a quelques mesures des eaux traitées qui ne sont pas conformes aux normes algériennes des eaux épurées (> 40 mg/l).

L'élimination de la DBO₅ dans la station est traduit par l'élimination d'une fraction de la DBO₅ au cours de la décantation d'une part, et par la dégradation biologique dans le réacteur biologique de l'autre part.

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées pour les eaux brutes (entre 80 et 481,25 mg/l) et pour les eaux épurées (entre 3 et 35 mg/l) indiquent une bonne réduction de la fraction biodégradable de la matière organique dans le processus d'épuration (tableau 08, annexe).

V.2.4. Variation mensuelle de la DCO

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent, cette oxydation détruit jusqu'à 90 à 95% des composés organiques. La DCO correspond à l'ensemble des matières organiques biodégradable et non biodégradable. 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 (Rodier et al, 2005).

La variation mensuelle de la DCO au cours de la période 2012-2017 est illustrée par les figures 33 et 34. Selon ces résultats, les mesures de la DCO présentent des fluctuations d'un mois à l'autre.

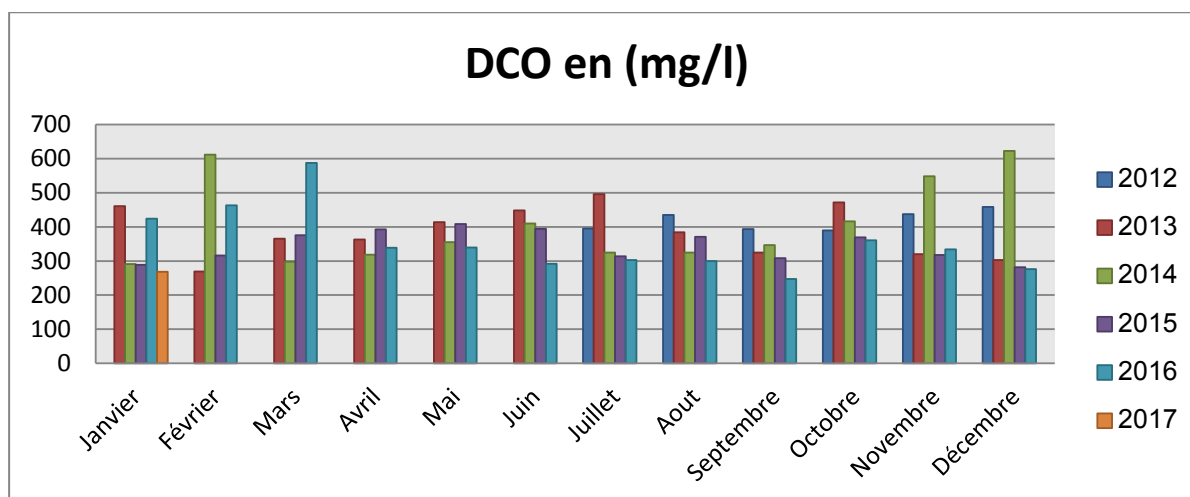


Fig. 33 : Variation mensuelle de la DCO des eaux brutes (période 2012-2017).

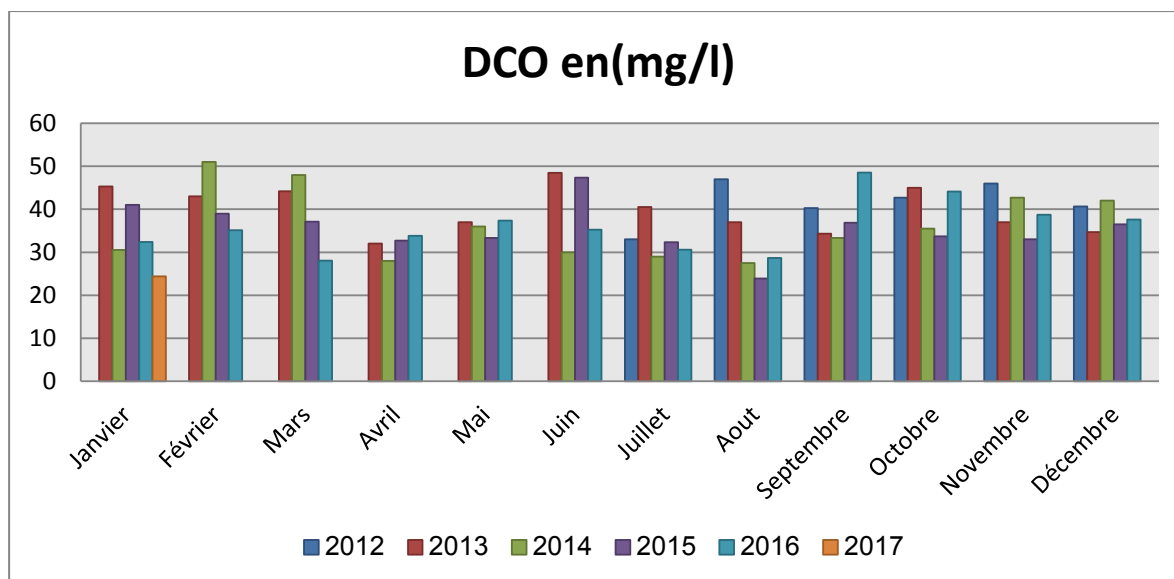


Fig. 34 : Variation mensuelle de la DCO des eaux épurées (période 2012-2017).

En comparant les mesures enregistrés avant traitement (entre 247et 548,67mg/l) et à la sortie de la station (entre 23,86et 51mg/l), nous pouvons remarquer une bonne élimination de la DCO, ceci s'est traduit par une élimination considérable de la matière oxydable, les valeurs de la DCO dans l'eau épurée sont toujours conformes aux normes (tableau 09, annexe).

V.2.5. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ permet d'indiquer la nature de la charge organique de l'effluent. Ce rapport a une grande importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO₅ indique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique(Rodier, 1996).

Selon la valeur du rapport DCO/DBO₅, on peut distinguer:

- Effluent facilement biodégradable lorsque le rapport $DCO/DBO_5 < 2$,
- Effluent est moyennement biodégradable lorsque le rapport $2 < DCO/DBO_5 < 3$,
- Effluent est difficilement biodégradable lorsque le rapport $DCO/DBO_5 > 3$.

Les résultats de l'indice de biodégradabilité lors de la période étudiée sont représentés sur les figures (35 et 36):

Les résultats obtenus indiquent que toutes les valeurs de ce rapport sont entre 1 et 3 (inférieur à 3) que ce soit pour les eaux brutes ou épurées (tableau 10, annexe). Ceci confirme que l'effluent testé est généralement facilement et moyennement biodégradable. Toute augmentation du

rapport DCO/DBO₅ signifie qu'une grande partie de la matière organique est non biodégradable, ce qui diminue par la suite l'efficacité du traitement biologique.

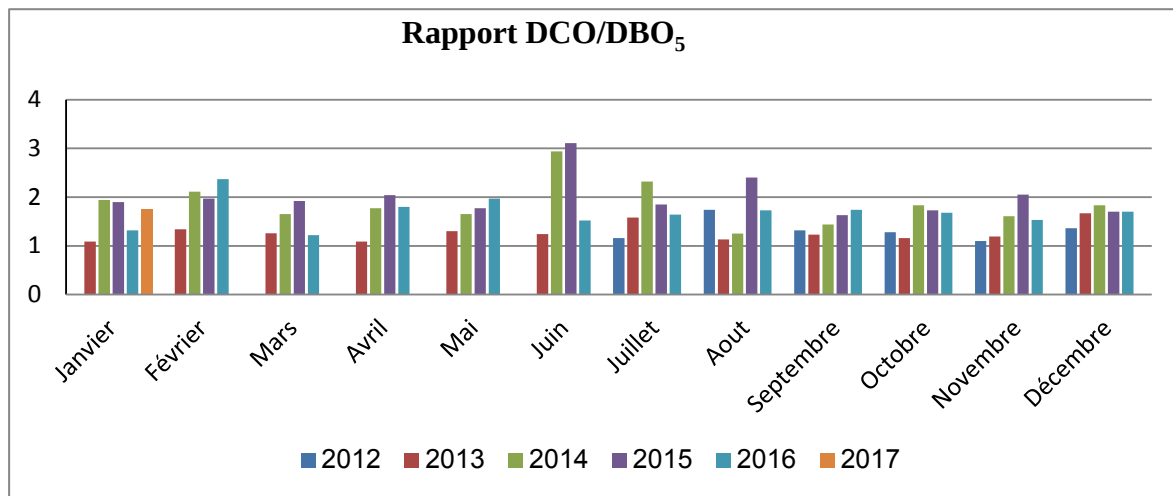


Fig. 35 : Variation mensuelle du rapport DCO/DBO₅ des eaux brutes (période 2012-2017).

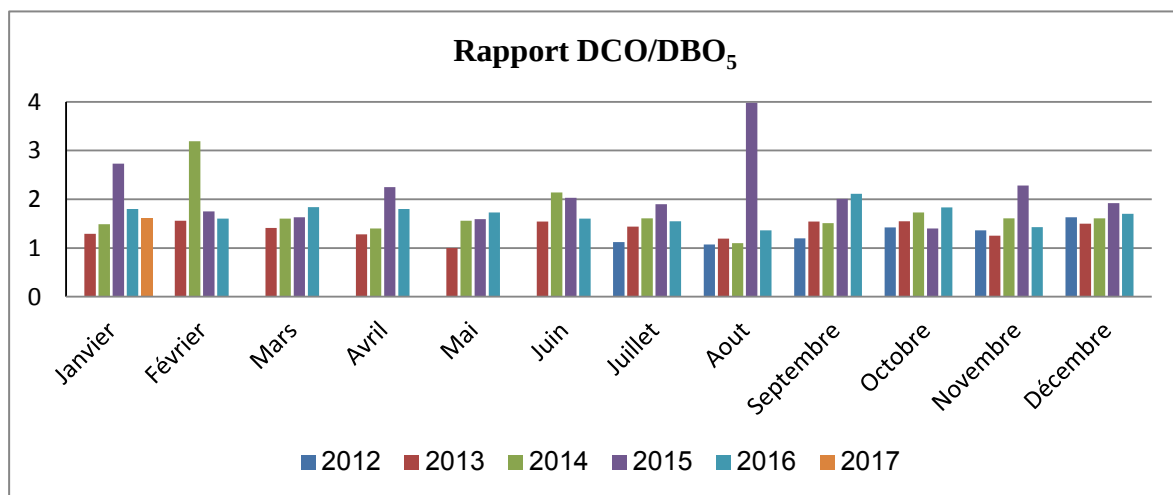


Fig. 36 : Variation mensuelle du rapport DCO/DBO₅ des eaux épurées (période 2012-2017).

V.2.5. Variation mensuelle de MES

Les MES expriment la matière décantables et non décantables, organique ou minérale. La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, boues, particules organiques, plancton,.. etc.). Les données de la variation de MES sont présentées sur figures 37 et 38.

Selon ces résultats et en comparant les valeurs de MES des eaux brutes et celles des eaux traitées, nous pouvons marquer la bonne efficacité du procédé étudiée vis-à-vis l'élimination de

la matière en suspension. Les valeurs de MES à la sortie de la station respectent les normes des rejets durant la période étudiée (tableau 11, annexe).

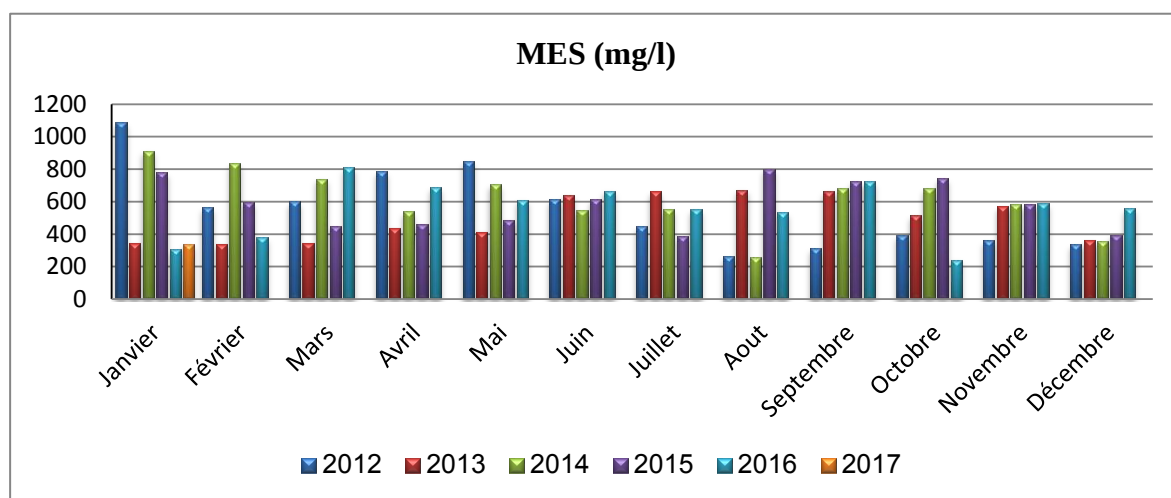


Fig. 37 : Variation mensuelle de MES des eaux brutes (période 2012-2017).

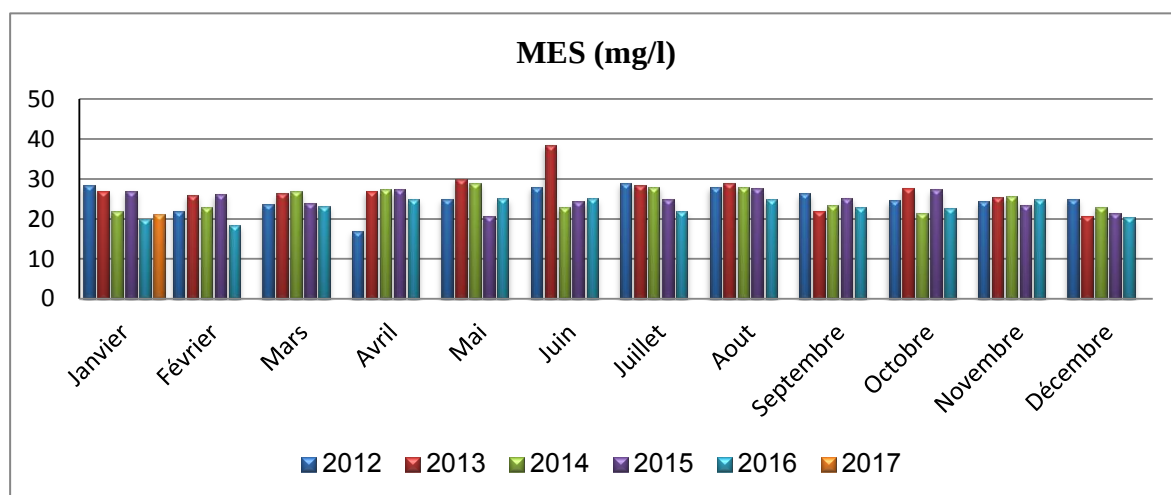


Fig. 38 : Variation mensuelle de MES des eaux épurées (période 2012-2017).

V.2.6. Variation mensuelle de NO_2^- (les nitrites)

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral, l'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total. Les résultats sur les courbes ci-dessous représentent la différence des valeurs de nitrites dans les eaux brutes et épurées. Ces données ont montré qu'il y a une bonne élimination des nitrites dans la chaîne de traitement (tableau 12, annexe).

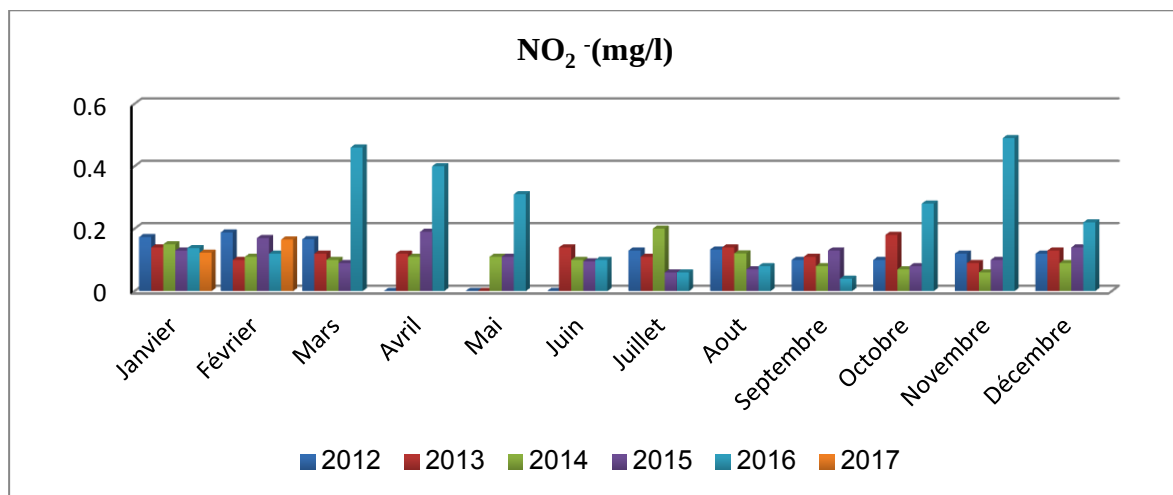


Fig. 39 : Variation mensuelle de NO₂⁻ des eaux brutes (période 2012-2017).

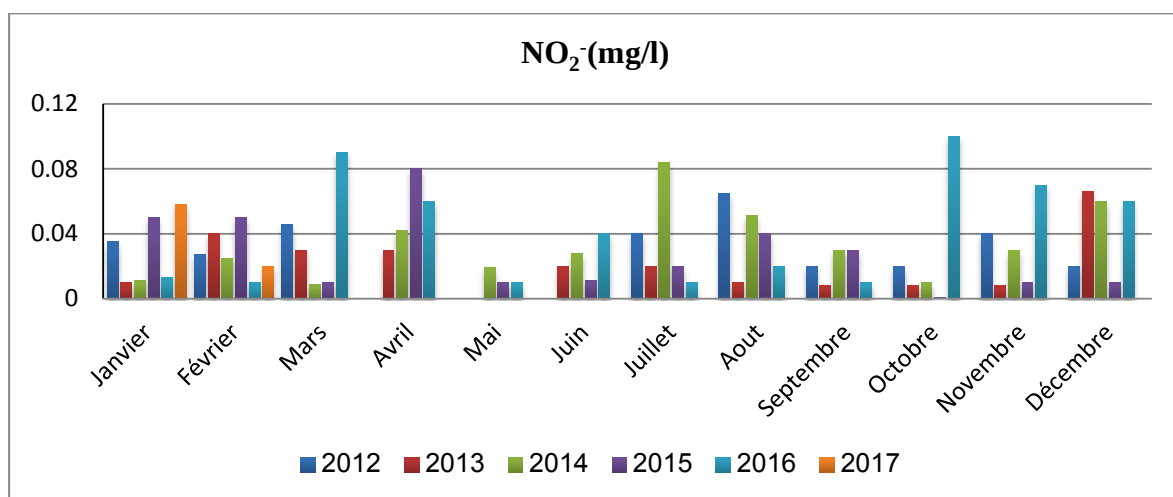


Fig. 40 : Variation mensuelle de NO₂⁻ des eaux épurées (période 2012-2017).

V.2.7. Variation mensuelle des nitrates NO₃⁻

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux, leurs concentrations ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions.

Les figures suivantes (40 et 41) montrent que les valeurs de concentration des nitrates sont diminuées après traitement. La plupart des valeurs des nitrates de l'effluent épurées sont conformes aux normes (tableau 13, annexe).

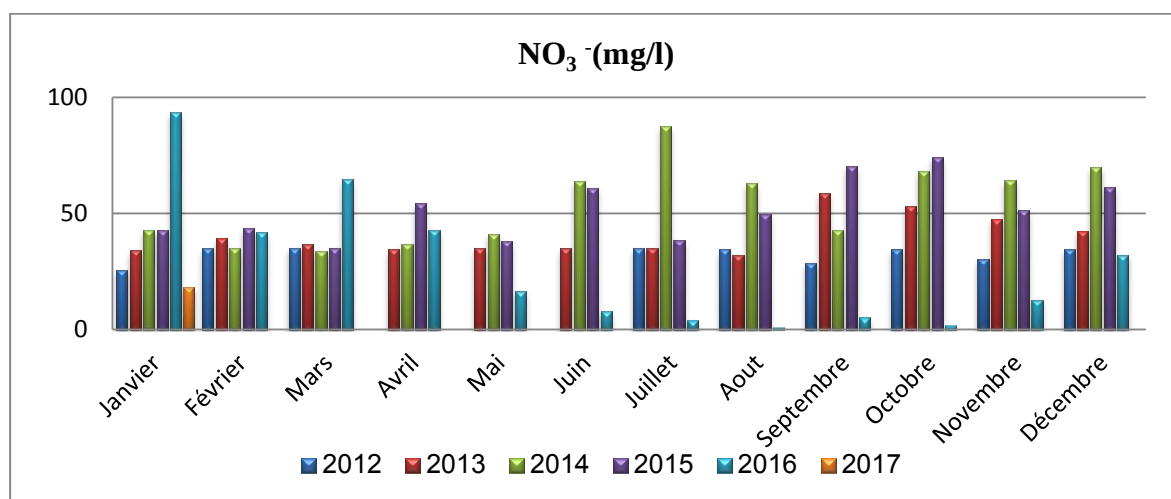


Fig. 40 : Variation mensuelle de NO₃⁻ des eaux brutes (période 2012-2017).

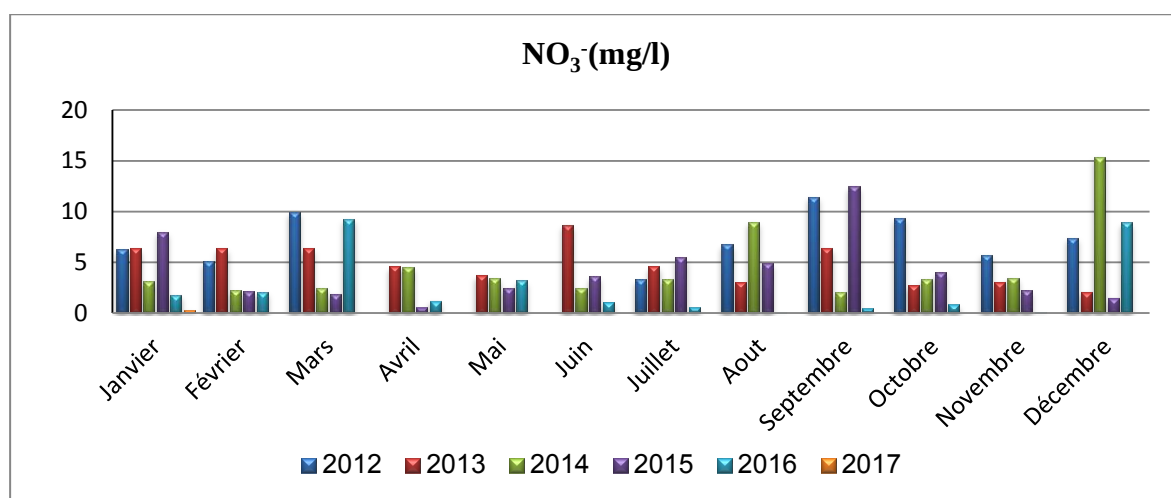


Fig. 41 : Variation mensuelle de NO₃⁻ des eaux épurées (période 2012-2017).

V.2.8. Variation mensuelle des phosphates (PO₄⁻³)

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphates. Le phosphore aide de développement des algues et conduit au phénomène d'eutrophisation. Les données des analyses sont indiquées dans sur les courbes 42 et 43.

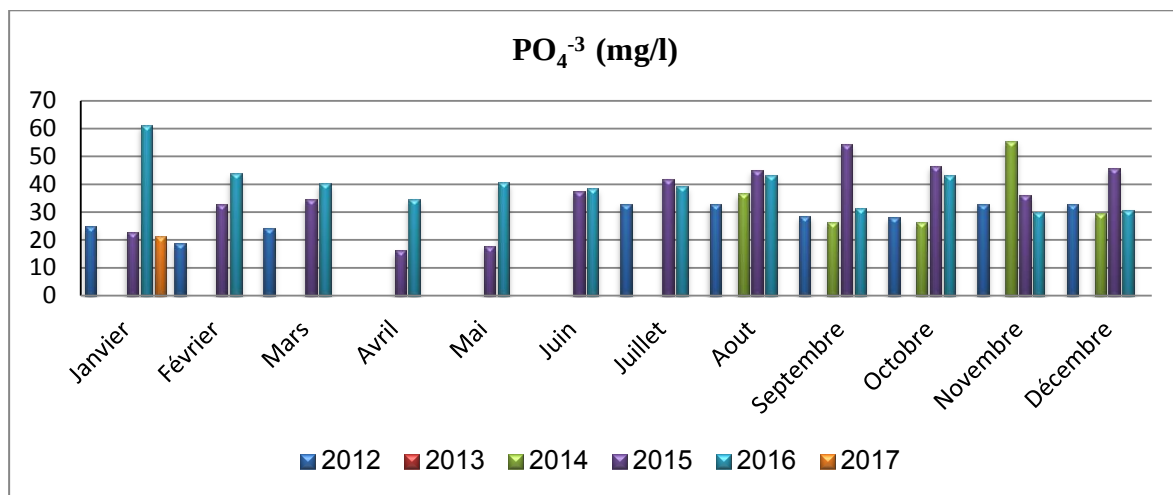


Fig. 42 : Variation mensuelle du PO_4^{3-} des eaux brutes (période 2012-2017).

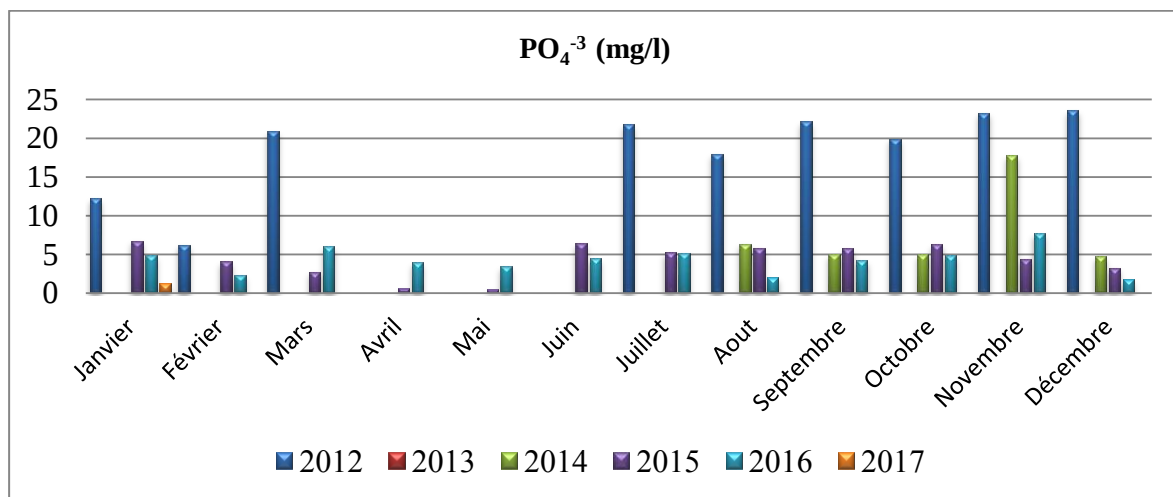


Fig.43 : Variation mensuelle du PO_4^{3-} des eaux épurées (période 2012-2017).

Les données des analyses de PO_4^{3-} dans l'eau brute sont élevées, après épuration nous observons qu'il y a une diminution des taux de phosphates. L'élimination des phosphates n'est pas suffisante et les valeurs de ces dernières dépassent 10 mg/l dans plusieurs cas (JORA, 2006) (tableau 14, annexe).

V.3. Etude de la corrélation

Nous avons étudié la matrice de corrélation en utilisant le logiciel SPSS Statistics dans le but de:

✓ Examiner les corrélations existantes entre les différents paramètres à travers leurs structurations et leurs orientations.

✓ Identifier les principaux facteurs influant la qualité des eaux usées à l'état brute et à la sortie de la station d'épuration.

L'analyse des paramètres statistiques à portée sur les 12 observations de l'année 2016 (moyenne mensuelle), et huit variables ont été pris en considération (rapport de dégradation DCO/DBO₅, température, pH, matière en suspension, demande chimique en oxygène, demande biologique en oxygène, NO₃⁻, PO₄⁻³).

Les résultats relatifs à la corrélation entre les différents paramètres analysés pour les eaux brutes et celles épurées sont représentés sous forme des matrices sur les tableaux 08 et 09.

Tableau. 08: matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à l'entrée de la station (année 2016).

	pH	Temp	MES	DCO	DBO	DCO/DBO5	No3	PO4
pH	1,000							
Temp	-0,538	1,000						
MES	-0,523	0,095	1,000					
DCO	0,397	-0,674	-0,038	1,000				
DBO	0,411	-0,524	0,155	0,881	1,000			
DCO/DBO5	-0,313	-0,030	-0,277	-0,184	-0,620	1,000		
No3	0,648	-0,881	-0,112	0,685	0,676	-0,280	1,000	
PO4	0,766	-0,357	-0,617	0,444	0,392	-0,157	0,587	1,000

Tableau. 09: matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à la sortie de la station (année 2015).

	pH	Temp	MES	DCO	DBO	DCO/DBO5	No3	PO4
pH	1,000							
Temp	0,690	1,000						
MES	0,428	0,600	1,000					
DCO	0,041	0,371	0,024	1,000				
DBO	0,079	0,566	0,210	0,680	1,000			
DCO/DBO5	-0,071	-0,209	-0,180	0,548	-0,231	1,000		
No3	-0,390	-0,597	-0,344	-0,273	-0,508	0,223	1,000	
PO4	-0,278	0,000	0,301	0,051	0,090	0,045	-0,123	1,000

L'examen de ces résultats nous a permis d'observer qu'il y a :

- Une bonne corrélation entre les valeurs de DCO et celles de la DBO₅ pour les eaux brutes.
- Absence de corrélation entre les MES et la matière organique, ce qui indique qu'une fraction importante de la matière organique est sous forme minérale.

V.4.Variation saisonnière des paramètres de pollution

V.4.1.Variation saisonnière de la DBO₅

Le tableau suivant regroupe les résultats de variation saisonnière de DBO₅ pendant cinq ans (2012-2016), et la figure montre la courbe de cette variation.

Tableau. 10: Variation saisonnière de la DBO₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).

Trimestre	T1/2012	T1/2013	T1/2014	T1/2015	T1/2016	T2/2012	T2/2013	T2/2014	T2/2015	T2/2016	T3/2012	T3/2013	T3/2014	T3/2015	T3/2016	T4/2012	T4/2013	T4/2014	T4/2015	T4/2016
DBO ₅ mg/l (EB)	188,33	290	206,67	169,15	332,08	292,5	336,94	178,33	183,28	193,08	295,83	305,69	213,33	171,01	166,53	345,89	285,11	326,67	177,77	198,17
DBO ₅ mg/l (EE)	9,44	31,3	22,2	20	18,4	30,3	31,2	28,5	19,6	21,1	35,7	27,1	21,7	13,8	21,2	29,6	27,2	24,2	19,2	24,4

D'après tous ces résultats, nous avons observé que les valeurs de la DBO₅ à l'entrée de la station sont un peu proches de la norme relative aux eaux des rejets, et qu'il y a un dépassement de la valeur limite dans quelques valeurs pour le deuxième et le quatrième trimestre.

Pour les eaux épurées, toutes les valeurs de la DBO₅ sont inférieures à la valeur limite ce qui montre une bonne élimination de la fraction biodégradable de la matière organique dans le réacteur biologique.

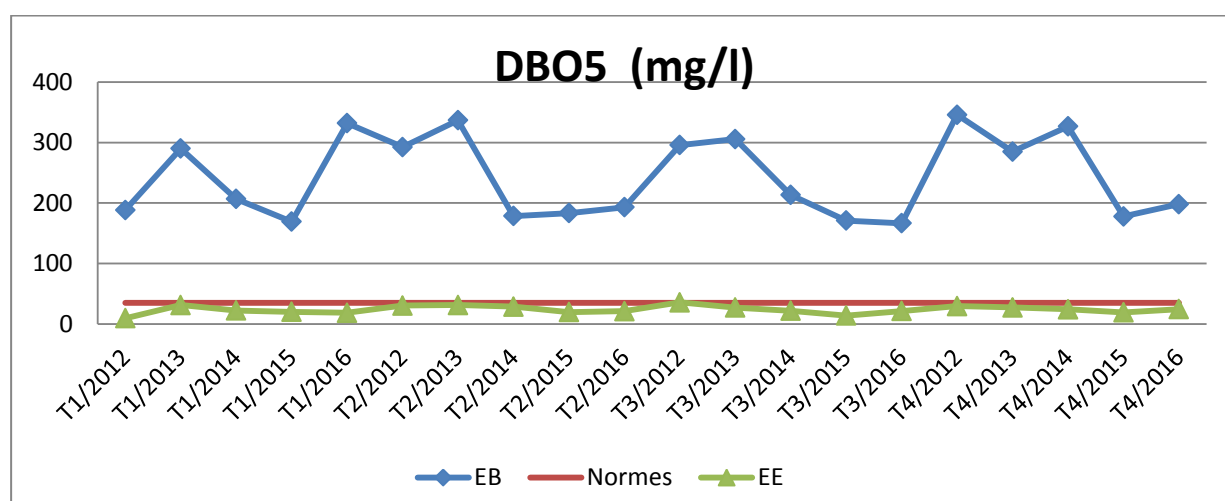


Fig. 44: Variation saisonnière de la DBO₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).

V.4.2. Variation saisonnière de la DCO

Les données de la variation saisonnière de la DCO au cours de la période étudiée (2012-2016) sont mentionnées dans le tableau et sur la figure suivante :

Tableau. 11 : Variation saisonnière de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).

Trimestre	T1/2012	T1/2013	T1/2014	T1/2015	T1/2016	T2/2012	T2/2013	T2/2014	T2/2015	T2/2016	T3/2012	T3/2013	T3/2014	T3/2015	T3/2016	T4/2012	T4/2013	T4/2014	T4/2015	T4/2016
DCO mg/l (EB)		365	400,3	326,8	491,5		408,3	361,2	398,5	323,5	407,9	401,6	332,3	331	283,2	428,4	364,8	529,4	322,8	323,5
DCO mg/l (EE)		44,16	43,17	39,17	31,84		39,17	31,33	37,78	35,48	40,08	37,28	29,93	31,01	35,94	43,11	38,89	40,06	34,39	40,15

Comparées aux normes qui fixent la valeur maximale de la DCO pour les eaux épurées, nous avons remarqué que toutes les mesures de la DCO sortant sont inférieures à la valeur limite durant la période étudiée.

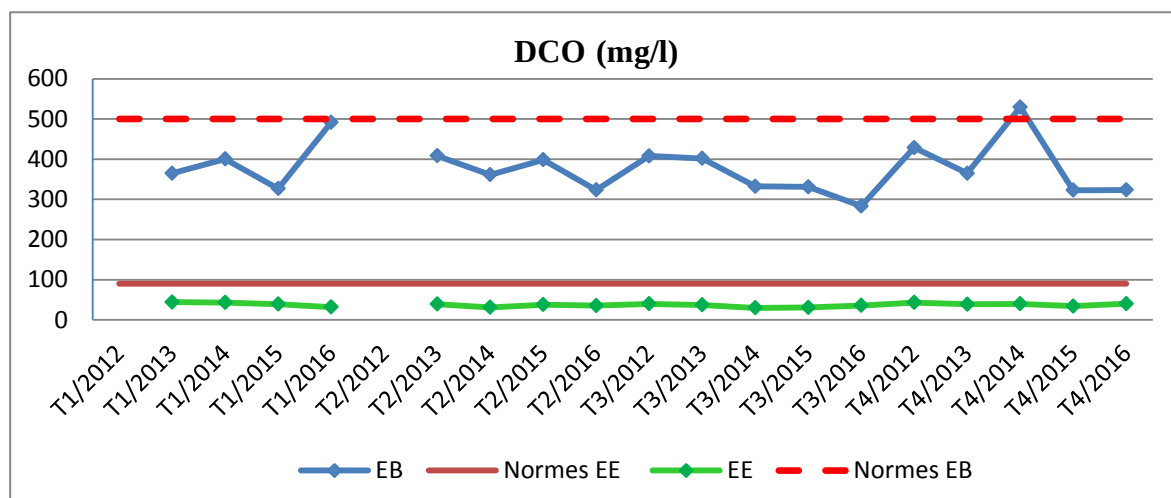


Fig. 45: Variation saisonnière de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).

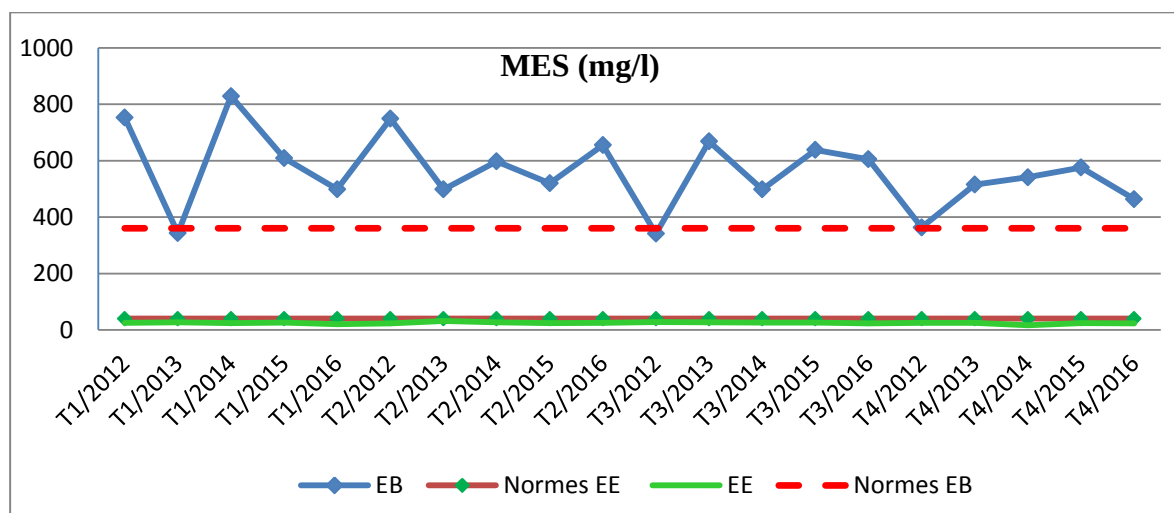
V.4.2. Variation saisonnière de MES

Les résultats de la variation saisonnière de MES au cours de la durée de cinq ans (2012- 2016) sont présentés dans le tableau 24 et sur la figure 46.

Tableau. 12: Variation saisonnière de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).

Trimestre	T1/2012	T1/2013	T1/2014	T1/2015	T1/2016	T2/2012	T2/2013	T2/2014	T2/2015	T2/2016	T3/2012	T3/2013	T3/2014	T3/2015	T3/2016	T4/2012	T4/2013	T4/2014	T4/2015	T4/2016
MES mg/l (EB)	752,72	343,2	829	609,2	498,7	749	498,4	597,7	520	655,4	341	668,3	498,2	638,2	605	363,5	515,3	541,3	575,7	463,5
MES mg/l (EE)	24,72	26,5	24	25,8	20,6	23,33	31,8	26,5	24,1	25,1	27,8	26,5	26,4	25,9	23,2	24,7	24,6	16,7	24,1	22,7

Au vu de tous ces résultats, nous avons observé que les valeurs de MES à l'entrée de la station sont très élevées et dépassent les normes des eaux usées brutes. Par contre, les données de MES sont conformes aux valeurs limites des eaux traitées.

**Fig. 46:** Variation saisonnière de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).

V.5.Variation annuelle des paramètres de pollution

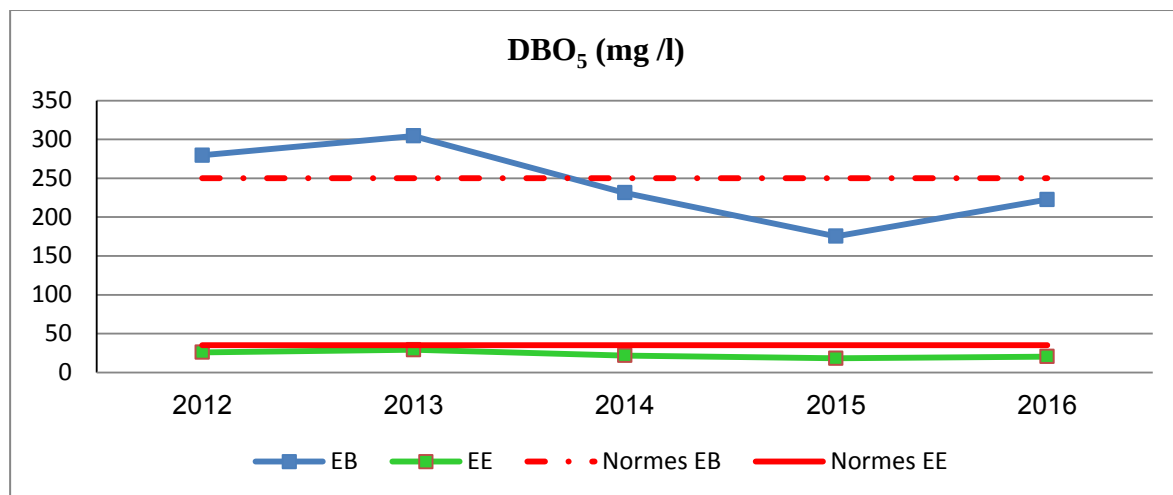
V.5.1. Variation annuelle de la DBO₅

La variation annuelle de la DBO₅ pendant les cinq ans étudiés (2012- 2016) est mentionnée dans le tableau suivant et sur la figure 45.

Tableau. 13: Variation annuelle de la DBO₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).

Année	DBO ₅ en mg /l (EB)	DBO ₅ en mg /l (EE)
2012	279,56	25,86
2013	304,43	29,17
2014	231,25	21,75
2015	175,3	18,13
2016	222,47	20,45

Les résultats représentent la valeur annuelle moyenne de DBO₅ subissent des fluctuations d'une année à une autre. Sur toute la période étudiée, les valeurs de DBO₅ pour les eaux traitées restent inférieures à la norme.

**Fig. 47:** Variation annuelle de la DBO₅ (step de Touggourt, période 2012-2016).

V.5.2. Variation annuelle de la DCO

Le suivi de la variation annuelle de la DCO au cours de la période considérée (2010-2016) est montré dans le tableau 26 et sur la figure 48.

Tableau. 14: Variation annuelle de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).

Année	DCO en mg /l (EB)	DCO en mg /l (EE)
2012	418,16	41,59
2013	384,91	39,87
2014	405,8	36,12
2015	344,79	35,55
2016	355,42	35,85

Les valeurs de DCO à l'entrée de la varient d'une année à une autre, ceci est due aux fluctuations de la quantité de la matière organique dans l'effluent brute. Les valeurs des eaux brutes et des eaux épurées sont conformes aux normes des eaux usées.

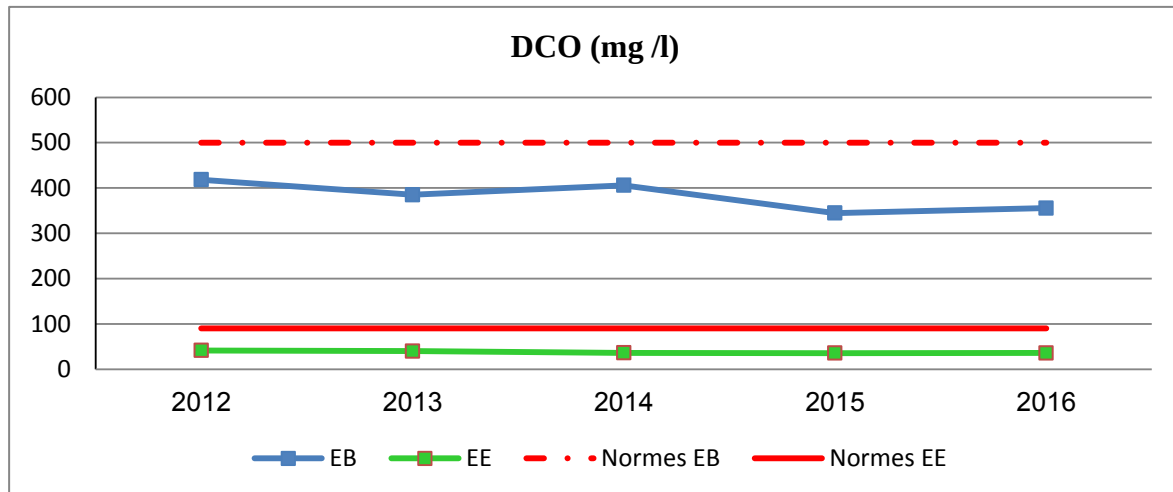


Fig. 48: Variation annuelle de la DCO (step de Touggourt, période 2012-2016).

V.5.3. Variation annuelle de MES

Les données de la variation annuelle de MES au cours de la période étudiée (2012- 2016) sont présentés dans le tableau 27 et sur la figure 49.

Tableau. 15: Variation annuelle de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).

Année	MES en mg /l (EB)	MES en mg /l (EE)
2012	551,57	25,13
2013	497,97	27,36
2014	616,54	25,08
2015	585,74	24,98
2016	555,66	22,9

Le suivi des analyses de la matière en suspension montre que la valeur maximal est enregistrée en 2014(616,54 mg/) à l'entrée de la station, Pour les eaux traités, tous les résultats de MES enregistrés sont conformement aux normes des eaux épurées sur toute la période considérée.

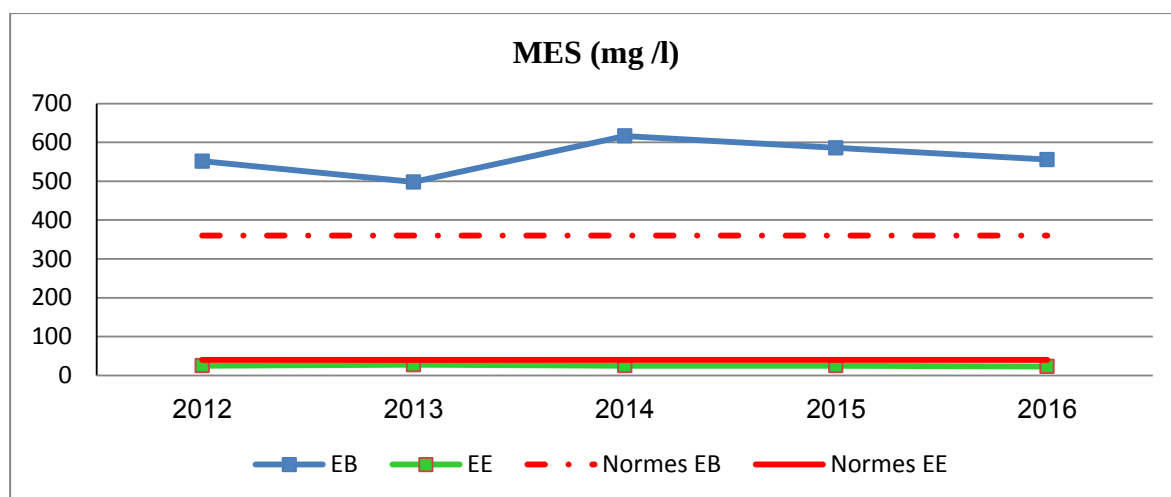


Fig. 49: Variation annuelle de MES (step de Touggourt, période 2012-2016).

V.6. Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination (Cr)

L'indice de Pollution Organique (IPO) a été proposé par Leclercq et Maquet (1987), Cet indice permet d'apprécier la qualité chimique des eaux impactées par la pollution organique réelle à partir des paramètres orthophosphates (PO_4), ammoniacque (NH_4), nitrites (NO_3) et la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5). Les valeurs de ces paramètres sont réparties en 5 classes ayant chacune une signification écologique liée aux modifications induites dans les peuplements benthiques. L'indice IPO représente la moyenne des numéros des classes pour chaque paramètre et les valeurs de cet indice sont réparties en cinq classes représentant des niveaux de pollution s'étendant du moins pollué (classe 5) au plus pollué (classe 1). Cet indice a été utilisé par de nombreux chercheurs (Fawzi, 2001; Bahroun et al. 2011; Chaoui et al., 2013).

La classification des paramètres organiques des eaux se fait selon cinq classes dans le tableau suivant :

Tableau. 16: Grille de la qualité (IPO) (Bahroun, 2007),

N° Classes	$\text{DBO}_5(\text{mgO}_2/\text{l})$	$\text{NH}_4(\text{mg N/l})$	$\text{NO}_2 (\text{mg N/l})$	$\text{PO}_4(\mu\text{gP/l})$
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2 - 5	0,1 - 0,9	6 - 10	16 - 75
3	5,1 - 10	0,91 - 2,4	11 - 50	76 - 250
2	10,1 - 15	2,5 - 6	51 - 150	251 - 900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

IPO = moyenne des numéros de classes des 4 paramètres (au mieux) :

IPO= 5,0 – 4,6 : pollution organique nulle, IPO= 4,5 – 4,0 : pollution organique faible, IPO= 3,9 – 3,0 : pollution organique modérée, IPO = 2,9 – 2,0 : pollution organique forte, IPO= 1,9 – 1,0 : pollution organique très forte.

L'indicateur de contamination **CR** est un nombre adimensionnel calculé pour chaque échantillon (j) et sur chaque élément (i) :

$$Cr_{ij} = (M_{mes})_{ij} / (M_{ref})_{ij}$$

Avec M_{Mes} et M_{ref} , les teneurs mesurées et de référence.

Les normes Marocaines fixent les valeurs pour la DCO: 500 mg/l, la DBO₅ :100 mg O₂/l et les MES: 50 mg/l. Donc, le calcul des rapports se fait comme suit: DCO/DCO₀, DBO₅/ DBO₅₀ et MES/MES₀.

La classification des eaux sur la base de la valeur de CR se fait selon 4 classes :

CR<1 faible facteur de contamination, **1<CR <3** facteur de contamination modéré.

3<CR <6 facteur de contamination considérable, **CR >6** facteur de contamination élevé.

Les résultats trouvés sont pour les deux indices sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau. 17: Les résultats pour les deux indices.

	IPO	Cr		
		DCO	DBO ₅	MES
Eau brute	Classe 1	0,764	2,43	11,23
Observation	pollution organique très forte	faible facteur de contamination	facteur de contamination modéré	facteur de contamination élevé
Eau épurée	Classe 1	0,075	0,23	0,51
Observation	pollution organique très forte	faible facteur de contamination	faible facteur de contamination	faible facteur de contamination

D'après les résultats obtenus, nous avons observé que l'eau usée que ce soit brute ou épurée se situe dans la classe 1 (pollution organique très forte) en utilisant l'indice de l'IPO.

Suivant la valeur de CR, les eaux usées à l'entrée ont présenté un facteur de contamination qui est faible pour la DCO, modérée pour la DBO₅ et fort pour les matières en suspension. Néanmoins, les eaux épurées ont un faible facteur de contamination.

V.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudiée les différentes variations des paramètres disponibles en comparant les données de ces paramètres avec les valeurs limites de la réglementation.

La DCO, DBO se trouvent autour de la valeur référence contrairement à la matière en suspension qui dépasse les limites pour les eaux entrées à la station.

Les valeurs de l'indicateur de contamination ont montré que l'effluent traité à un faible facteur de contamination, ceci montre également l'efficacité de ce type des traitements biologique pour l'épuration des eaux usées à dominance domestique.

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Le but de l'épuration des eaux usées non seulement la protection de la santé humaine, mais aussi pour protéger les ressources en eaux et l'environnement.

L'objectif de notre travail a été d'évaluer le traitement des eaux usées urbaines par le procédé de boues activées dans la station de l'ONA de la ville Touggourt. D'autre part, de suivre le fonctionnement et l'efficacité des étapes de traitement, la variation de plusieurs paramètres de pollution au cours du temps a été examiné.

Après avoir examiné l'état du lieu et recenser toutes les données sur la région et sur la station de Touggourt, nous avons donné un aperçu sur le matériel et les méthodes d'analyses utilisées dans le laboratoire de la station.

Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'il y ait une réduction remarquable des paramètres de pollution organique comme témoignent les données de la DCO et DBO₅, elles sont toujours conformes aux normes algériennes, les valeurs enregistrées ne dépassent pas 120 mg/l pour la DCO et 35 mg/l pour la DBO₅.

Le suivi des paramètres de pollution montre que la charge polluante de l'effluent brute subit des fluctuations mensuelles, saisonnières et annuelles.

En utilisant l'indice de l'IPO, nous avons marqué que l'eau usée que ce soit brute ou épurée se situe dans la classe 1 (pollution organique très forte). Selon la valeur de CR (indice de la contamination), les eaux usées à l'entrée ont présenté un facteur de contamination qui est faible pour la DCO, modérée pour la DBO₅ et fort pour les matières en suspension. Néanmoins, les eaux épurées ont un faible facteur de contamination.

A fin de ce travail, on peut dire que l'épuration des eaux usées à la STEP de Touggourt est généralement efficace et satisfaisante. L'eau traitée au niveau de cette station ne représente aucun danger pour l'environnement.

Références bibliographiques

- Abdi Saad Nouh.MEF (ENSH):** Conception de la step d'ELBAYDH.2008
- **Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D.,**
Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).
- Aouabed.,** Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009).
- Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A.** (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- BELAID N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, Thèse de Doctorat en co-tutelle de l'université de Sfax et de Limoges.
- Belkhiri D.** 1999. Traitement des eaux usées urbaines (aspects environnemental). Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier. Université de Sétif. 84p.
- Bel F et Cuche D 1969.-** Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal. Ed. ERESS, Ouargla, 20 p.
- **Bel F. et Dermagne F 1966.-** Etude géologique du Continental Terminal. OPU, Alger, 22p.
- Boeglin J.C.,** Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).
- Boumediene M.A.,** Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).
- Campos C.** (2008), New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. Desalination 218, 34–42
- Claude Cardot :** Les traitements physico-chimiques et biologiques Guide technique d'assainissement. Edition de moniteur. Paris 1999.
- Cornet A 1964.-** Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géog. Phys. et Géol. Dyn., vol. VI, fasc. 1,5: 72.
- **Cornet. A. et Gouscov N, 1952.-** Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien (nappe dite « albien »), in «la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie» XIXème congrès géologique international, T.II, 30 p.
- Dajoz 1971 :** DAJOZ R., 1971– Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.

- DEGREMONT Mémento** : technique de l'eau. Edition technique et documentation, Lavoisier. 1989.
- Dhaouadi H.**, Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration) Tunis, (2008).
- Dia Prosiun** : Technique et économie de l'épuration des eaux résiduaires Publication de bulletin sein. Normandie. Octobre 71.
- Edmunds D, Wollenburg E, Contreras A, Dachang L, Kelkar G, Nathan D, Sarin M, and Singh N. 2003** Introduction. *In*: Edmunds, D. and Wollenburg, E. (eds.) 2003 Local Forest Management: The Impacts of Devolution Policies, 1-19. Earthscan, London.
- Faby J.A et Brissaud.**, L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages, (1997).
- Gaid, A.** 1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition PU, Alger, 261p.
- Helal. F., & Ourihane. D.**, 2004. Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Touggourt. Aspect hydrochimique et problèmes techniques poses. Mémoire d'ingénieur, option: hydrogéologie. Univ. Houari Boumediene.
- Labed, F et Meftah 2007**. Contribution à la caractérisation et l'effet de l'écosystème sur l'agrosystème dans la Daïra de Touggourt. Mém. Ing. Eco et Env. Écosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla. 130p.
- Ladjel F et Bouchefer, S.** 2004. Exploitation, d'une station d'épuration à boues activées Niveau II. Thème. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement). Boumerdes. 90p.
- ONM** : office nationale de a métrologie.
- OULD BABA SY.M.(2005)**. Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional. Thèse de Doctorat en Géologie. Faculté des Sciences de Tunis. Tunisie. 277p.
- OULD BABA S, M., BESBES. M. (2006)**. Holocene recharge and present recharge of the saharan aquifers. A study by numerical modeling, Colloque international Gestion des grands aquifères - 30 mai-1er juin 2006, Dijon, France.
- PERERA-Bernard BAUDOT**. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées ADAPTES Aux petites et moyennes collectivités. (Mise en oeuvre de la direction du conseil n° 91/271 du 21 mai 1991)
- Rejsek F., (2002)**. Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.

- SKOOG, HOLLER, NIEMAN**: Principe d'analyse instrumentale, 5^{ème} édition. Edition de Boeck université. Paris, 2003. 938p. ISBN : 2-7445-0112-3.
- STEWART P 1969** – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique . Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, T. 59, (1 – 2): 23 - 36.
- Thomas O.** 1995. Météorologie des eaux résiduaires. Ed. Cedeboc. 135p.
- Tradat M H.** 1992. Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, Canada. 537p.
- TROYES-2002** : Eaux usées et assainissement. Les traitements ADAPTES-CCI.
- [J, Rodier,** « L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaires, eau de mer », 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, (1996),],

Annexe

Tableau.01: Données climatiques de la région de Touggourt pour la période 2004-2013(ONM, 2014)

	Tm(°C)	TM(°C)	H%	Eva (mm)	V(m/s)	In s(h)	T moy(°C)	Pré (mm)
Janvier	4,4	18,2	48,95	82,13	2,8	266,3	11,3	20,92
Février	5,8	20,6	37,2	110,3	3,2	251,7	13,2	1,16
Mars	9,8	25,2	36,3	175,7	3,1	225	17,5	5,71
Avril	14,2	29,6	31,8	212,6	4	217,7	21,9	10,5
Mai	18,7	34	28,97	283,4	4	225,9	26,35	1,41
Juin	23,3	39,3	25,2	324,5	3,7	237,7	31,3	0,7
Juillet	27,8	42,5	22,9	348	2,7	284,4	35,15	0,065
Aout	26,4	41,9	24,74	297,8	2,9	284,2	34,15	5
Septembre	21,7	36,3	32,6	227,2	3,5	306,3	29	5,58
Octobre	16,9	31,2	37,7	181,3	2,5	342,7	24,05	7,95
Novembre	6	23,7	44	131,2	2,6	356,2	16,6	4,65
Decembre	4,4	18,8	48,92	85,57	1,95	312,7	12,4	5,2
Moyen	15,37	30,10	34,94	2460*	3,079	275,9	22,74	68,845

M: température maximale, **Tm:** température minimale, **H:** Humidité relative, **V:** vents,

Ins : Insolation, **T moy :** Température moyenne, **Préc :** Précipitations, ***** : Cumul

Le tableau. 02: La relation entre la conductivité et la minéralisation est représentée

Conductivité (µs/cm)	Appréciation
• Conductivité <100µs/cm • 100 µs/cm <Conductivité <200µs/cm • 200 µs/cm <Conductivité <333µs/cm • 333 µs/cm <Conductivité <600µs/cm • 600 µs/cm <Conductivité <1000µs/cm • Conductivité >100µs/cm	• Minéralisation très faible • Minéralisation faible • Minéralisation moyenne accentuée • Minéralisation moyenne • Minéralisation importante • Minéralisation excessive

Tableau .03 : Les normes des eaux rejetées selon l'OMS.

Paramètres	Valeurs	Unités
Température	30	C°
PH	5.5 - 8.5	-
MES	<20	mg/l
DBO₅	<30	mg/l
DCO	<90	mg/l
NH⁺₄	0.5	mg/l
NO₂	1	mg/l
NO₃	1	mg/l
P₂O₅	2	mg/l
Couleur	incouleur	
Odeur	inodeur	

Tableau. 04 : Les normes européennes des eaux rejetées.

Paramètre	Normes	Unités
pH	5,5 <pH<9,5	
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO₅	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	mg/l
Plomb	0.1	g
Hydrocarbures totaux	5	g/jour
Composées phénoliques	5	g/jour

Tableau .05 : Les normes nationales des eaux rejetées

Paramètre	Normes	Unités
Température	30	C°
pH	6.5-8.5	-
O₂	5	mg/l
DBO₅	30	/
DCO	90	/
MES	30	/
Chrome	0.1	mg/l
Zinc	2	/
Azote	50	/
Phosphates	2	/
Huiles et graisses	20	/
Détergents	1	/
Hydrocarbures	10	/

Tableau.06 : Variation mensuelle de la température (step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	20.7	22.1	22.25	19.7	21	21.17
	épurées	14.7	16.37	17.85	18.3	19.1	18.54
Février	brutes	17.65	21.95	23	20.55	21.1	21.4
	épurées	20.5	19.45	21.2	17.48	20.65	18.58
Mars	brutes	23.4	22.02	24.5	19.92	22.1	-
	épurées	18.2	17.91	23	17.65	20.13	-
Avril	brutes	26.4	25.7	26.5	26.18	25.25	-
	épurées	23.1	23.93	25.5	24.94	23.9	-
Mai	brutes	27.2	28.5	27.85	29.2	26.54	-
	épurées	26.65	26.8	27.3	26.87	25.59	-
Juin	brutes	31.4	29.95	29.2	28.3	29.54	-
	épurées	30.1	27.75	28.7	27.3	28.61	-
Juillet	brutes	34.9	30.45	30	29.26	29.66	-
	épurées	34	29	28.8	28.76	28.73	-
Aout	brutes	32.7	31.83	31	32.84	29.79	-
	épurées	29.6	29.87	29.6	31.73	30.15	-
Septembre	brutes	30.73	30.8	32.1	31.23	31.18	-
	épurées	29.45	29.2	31.37	30.75	29.44	-
Octobre	brutes	30.57	28.63	30.9	28.53	30.98	-
	épurées	29.45	27.2	29.8	27.03	28.89	-
Novembre	brutes	27.43	23.55	26.5	26.15	27.35	-
	épurées	22.43	25.05	24.17	24.6	26.58	-
Décembre	brutes	23.43	20.97	22.1	22.55	23.49	-
	épurées	17.5	18.80	19.6	21.45	22.69	-

Tableau.07: Variation mensuelle de pH (step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	7.66	7.39	7.3	7.47	7.53	7.44
	épurées	7.61	7.25	7.24	7.45	7.46	7.37
Février	brutes	7.62	7.42	7.45	7.61	7.29	7.57
	épurées	8	7.35	7.43	7.45	7.28	7.5
Mars	brutes	7.99	7.41	7.1	7.64	7.32	-
	épurées	7.97	7.3	7.28	7.47	7.3	-
Avril	brutes	6.09	7.35	7.37	7.47	7.3	-
	épurées	6.23	7	7.01	7.43	7.2	-
Mai	brutes	7.94	7.24	7.19	7.16	7.36	-
	épurées	7.61	6.67	7.17	7.14	7.51	-
Juin	brutes	7.38	7.33	7.26	7.03	7.43	-
	épurées	7.74	7.38	7.34	7.04	7.6	-
Juillet	brutes	7.25	7.29	7.39	7.2	7.32	-
	épurées	7.34	7.48	7.13	7.46	7.53	-
Aout	brutes	7.23	7.35	7.28	7.32	7.41	-
	épurées	7.35	7.35	7.36	7.42	7.54	-
Septembre	brutes	7.19	7.26	7.41	7.57	6.12	-
	épurées	7.39	7.37	7.35	7.45	7.71	-
Octobre	brutes	7.18	7.24	7.28	7.49	7.5	-
	épurées	7.24	7.3	7.32	7.53	7.08	-
Novembre	brutes	77.29	7.28	7.29	7.51	7.2	-
	épurées	7.08	7.32	7.33	7.43	7.41	-
Décembre	brutes	7.41	7.34	7.29	7.5	7.38	-
	épurées	7.28	7.18	7.38	7.41	7.32	-

Tableau.08: Variation mensuelle de la DBO₅(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	250	380	150	151.7	320	153
	épurées	3	35	20.5	15	18	15.29
Février	brutes	80	200	190	160	195	-
	épurées	4	27.5	16	22.25	22	-
Mars	brutes	235	290	180	195.75	481.25	-
	épurées	21.33	31.25	30	22.75	15.2	-
Avril	brutes	MP	333.3	180	192.5	187.67	-
	épurées	MP	25	20	14.5	19.83	-
Mai	brutes	285	317.5	215	230.67	199.25	-
	épurées	25.5	37	23	21	21.5	-
Juin	brutes	300	360	140	126.67	192.33	-
	épurées	35	31.5	14	23.33	22	-
Juillet	brutes	340	313.75	140	170	184.29	-
	épurées	29.5	28	18	17	19.71	-
Aout	brutes	250	340	260	154.29	173.5	-
	épurées	34	31	25	6	21	-
Septembre	brutes	297	263.33	240	188.75	141.8	-
	épurées	33.5	22.33	22	18.25	23	-
Octobre	brutes	305	405	300	213.3	214.38	-
	épurées	30.5	29	20.5	24	24.13	-
Novembre	brutes	395.67	269	340	155	218	-
	épurées	33.67	29.5	26	14.5	26.95	-
Décembre	brutes	337	181.33	340	165	162.14	-
	épurées	25	23	26	19	22.14	-

Tableau.09: Variation mensuelle de la DCO(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	MP	461	291	289	424	268.71
	épurées	MP	45.33	30.5	41	32.4	24.37
Février	brutes	MP	269	612	316	463	-
	épurées	MP	43	51	39	35.1	-
Mars	brutes	MP	365	298	375.5	587.5	-
	épurées	MP	44.16	48	37.1	28.03	-
Avril	brutes	MP	363.33	318.5	392.5	338.83	-
	épurées	MP	32	28	32.68	33.82	-
Mai	brutes	MP	413.5	355	408.33	339.63	-
	épurées	MP	37	36	33.33	37.36	-
Juin	brutes	MP	448	410	394.67	292	-
	épurées	MP	48.5	30	47.33	35.26	-
Juillet	brutes	395	496	325	314	302.57	-
	épurées	33	40.5	29	32.33	30.61	-
Aout	brutes	435	384	325	370.71	299.88	-
	épurées	47	37	27.5	23.86	28.65	-
Septembre	brutes	393.63	324.67	347	308.25	247	-
	épurées	40.25	34.33	33.3	36.85	48.56	-
Octobre	brutes	389.33	471.5	416.5	369	360.75	-
	épurées	42.67	45	35.5	33.67	44.14	-
Novembre	brutes	437.67	320	548.67	317.5	333.88	-
	épurées	46	37	42.67	33	38.7	-
Décembre	brutes	458.33	303	623	282	276	-
	épurées	40.67	34.67	42	36.5	37.61	-

Tableau.10: Variation mensuelle du rapport DCO/DBO₅(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	/	1,09	1,94	1,9	1,32	1,75
	épurées	/	1,29	1,49	2,73	1.8	1.6
Février	brutes	/	1,34	2,11	1,97	2,37	-
	épurées	/	1,56	3,19	1,75	1.6	-
Mars	brutes	/	1,26	1,65	1,92	1,22	-
	épurées	/	1,41	1,6	1.6	1,84	-
Avril	brutes	/	1,09	1,77	2,04	1,8	-
	épurées	/	1,28	1,4	2.25	1,8	-
Mai	brutes	/	1,3	1,65	1,77	1,97	-
	épurées	/	1	1,56	1.59	1,73	-
Juin	brutes	/	1,24	2,94	3,11	1,52	-
	épurées	/	1,54	2,14	2.03	1,6	-
Juillet	brutes	1,16	1,58	2,32	1,85	1,64	-
	épurées	1,12	1,44	1,61	1.9	1,55	-
Aout	brutes	1,74	1,13	1,25	2,4	1,73	-
	épurées	1,07	1,19	1,1	3.98	1,36	-
Septembre	brutes	1,32	1,23	1,44	1,63	1,74	-
	épurées	1,2	1,54	1,51	2.01	2,11	-
Octobre	brutes	1,28	1,16	1,83	1,73	1,68	-
	épurées	1,42	1,55	1,73	1.4	1,83	-
Novembre	brutes	1,1	1,19	1,61	2,05	1,53	-
	épurées	1,36	1,25	1,61	2.28	1,43	-
Décembre	brutes	1,36	1,67	1,83	1,7	1,7	-
	épurées	1,63	1,5	1,61	1.92	1,7	-

Tableau.11: Variation mensuelle de MES(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	1089.5	345.33	912	778	306	340.5
	épurées	28.5	27	22	27	20	21.07
Février	brutes	565	341	835	599.5	379	-
	épurées	22	26	23	26.25	18.5	-
Mars	brutes	603.67	343.17	740	450	81.2	-
	épurées	23.67	26.5	27	24	23.25	-
Avril	brutes	785	438.67	540.5	459.6	687.5	-
	épurées	17	27	27.5	27.4	25	-
Mai	brutes	848.5	414	704.5	487.33	610.75	-
	épurées	25	30	29	20.67	25.13	-
Juin	brutes	613.5	342.5	548	613	667.86	-
	épurées	28	38.5	23	24.33	25.14	-
Juillet	brutes	447	665	555	387.67	554.7	-
	épurées	29	28.5	28	25	21.86	-
Aout	brutes	263	672.67	258.5	802.29	535.63	-
	épurées	28	29	28	27.57	24.88	-
Septembre	brutes	313	667.33	681	724.5	724.8	-
	épurées	26.5	22	23.33	25.25	22.8	-
Octobre	brutes	393.67	516.67	683	746	241.78	-
	épurées	24.67	27.67	2.5	27.33	22.78	-
Novembre	brutes	359.67	570	584	585	591	-
	épurées	24.33	25.5	25.67	23.5	25	-
Décembre	brutes	337	359.33	357	396	557.71	-
	épurées	25	20.67	23	21.5	20.43	-

Tableau.12: Variation mensuelle des nitrites(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	0.173	0.14	0.15	0.13	0.138	0.123
	épurées	0.035	0.01	0.011	0.05	0.013	0.058
Février	brutes	0.188	0.1	.11	0.17	0.12	-
	épurées	0.027	0.04	0.025	0.05	0.01	-
Mars	brutes	0.166	0.12	0.1	0.09	0.46	-
	épurées	0.046	0.03	0.009	0.01	0.09	-
Avril	brutes	MP	0.12	0.11	0.19	0.4	-
	épurées	MP	0.03	0.042	0.08	0.06	-
Mai	brutes	MP	MP	0.11	0.11	0.31	-
	épurées	MP	MP	0.019	0.01	0.01	-
Juin	brutes	MP	0.14	0.1	0.095	0.1	-
	épurées	MP	0.02	0.028	0.011	0.04	-
Juillet	brutes	0.130	0.11	0.2	0.06	0.06	-
	épurées	0.04	0.02	0.084	0.02	0.01	-
Aout	brutes	0.133	0.14	0.121	0.07	0.08	-
	épurées	0.065	0.01	0.051	0.04	0.02	-
Septembre	brutes	0.1	0.11	0.08	0.13	0.04	-
	épurées	0.02	0.008	0.03	0.03	0.01	-
Octobre	brutes	0.1	0.18	0.07	0.08	0.28	-
	épurées	0.02	0.008	0.01	0.001	0.1	-
Novembre	brutes	0.12	0.09	0.06	0.1	0.49	-
	épurées	0.04	0.008	0.03	0.01	0.07	-
Décembre	brutes	0.12	0.13	0.09	0.14	0.22	-
	épurées	0.02	0.066	0.06	0.01	0.06	-

Tableau.13: Variation mensuelle des nitrates(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	26.65	34.03	43	42.65	93.6	18
	épurées	6.3	6.37	3.1	8	1.8	0.3
Février	brutes	35	39.25	35	43.8	41.75	-
	épurées	5.1	6.4	2.2	2.1	2.1	-
Mars	brutes	35	36.64	33.6	35.1	64.7	-
	épurées	9.97	6.38	2.5	1.9	9.28	-
Avril	brutes	MP	34.67	36.8	54.3	42.55	-
	épurées	MP	4.6	4.55	0.55	1.2	-
Mai	brutes	MP	35	41.2	37.9	16.37	-
	épurées	MP	3.7	3.45	2.5	3.24	-
Juin	brutes	MP	35	64	60.9	7.89	-
	épurées	MP	8.7	2.5	3.65	1.1	-
Juillet	brutes	35	34.75	87.5	38.25	4.12	-
	épurées	3.3	4.5	3.3	5.5	0.59	-
Aout	brutes	34.5	31.83	63	49.5	0.73	-
	épurées	6.8	3	9	4.95	0.05	-
Septembre	brutes	28.65	58.33	42.63	70.35	5.07	-
	épurées	1.45	6.4	2.07	12.5	0.46	-
Octobre	brutes	34.67	53.33	68.25	74.25	1.67	-
	épurées	9.37	2.7	3.35	4	0.85	-
Novembre	brutes	30.3	47.5	64.23	51.4	12.72	-
	épurées	5.73	3.05	3.47	2.2	0.1	-
Décembre	brutes	34.67	42.33	69.9	61.4	32.15	-
	épurées	7.4	2.1	15.4	1.5	8.95	-

Tableau.14: Variation mensuelle des phosphates(step Touggourt, période 2012-2017).

moins	eaux	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janvier	brutes	24,85	MP	/	22,7	61,2	21,2
	épurées	12,3	MP	/	6,75	4,9	1,3
Février	brutes	18,8	MP	/	32,7	43,9	-
	épurées	6,25	MP	/	4,1	2,35	-
Mars	brutes	24,3	MP	/	34,6	40,37	-
	épurées	20,87	MP	/	2,77	6,07	-
Avril	brutes	MP	MP	/	16,25	34,65	-
	épurées	MP	MP	/	0,65	4	-
Mai	brutes	MP	MP	/	17,85	40,7	-
	épurées	MP	MP	/	0,5	3,45	-
Juin	brutes	MP	MP	/	37,55	38,5	-
	épurées	MP	MP	/	6,4	4,5	-
Juillet	brutes	33	MP	/	42	39,3	-
	épurées	21,8	MP	/	5,25	5,2	-
Aout	brutes	33	MP	36,8	45	43,4	-
	épurées	18	MP	6,4	5,85	2	-
Septembre	brutes	28,7	MP	26,6	54,45	31,35	-
	épurées	22,2	MP	5	5,75	4,2	-
Octobre	brutes	28,7	MP	26,6	46,7	43,3	-
	épurées	19,93	MP	5	6,3	4,9	-
Novembre	brutes	33	MP	55,6	36,25	29,95	-
	épurées	23,3	MP	17,8	4,45	7,75	-
Décembre	brutes	33	MP	29,5	5,75	30,8	-
	épurées	23,6	MP	4,8	3,3	1,8	-

