



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Hydrocarbures et des Énergies Renouvelables et des Sciences de la Terre  
et de l'Univers

Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

### *Thème*

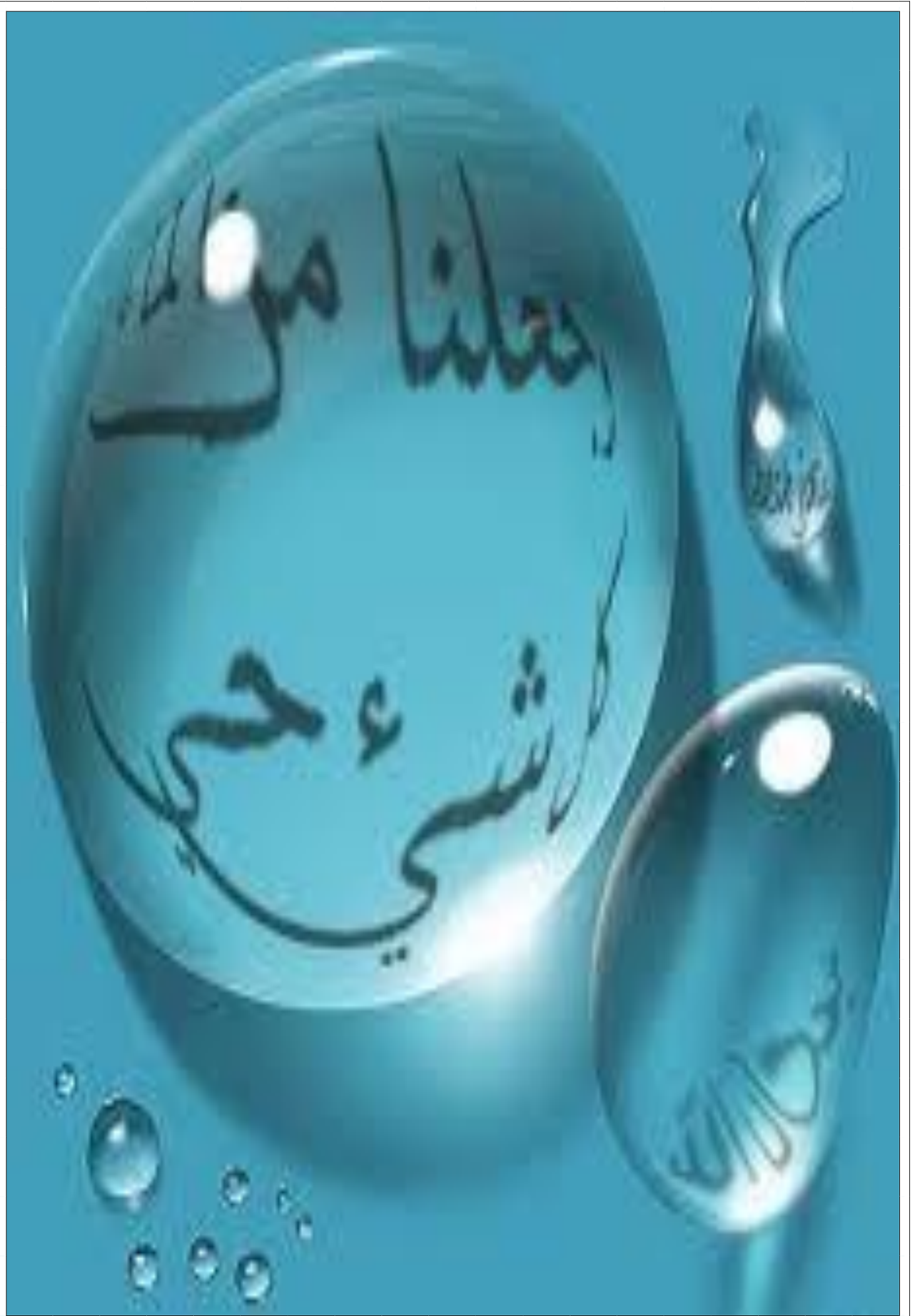
Étude du fonctionnement de la station d'épuration à boues activées en  
matière de l'élimination de la pollution azotée "cas de la station de  
Touggourt"

Présenté par : sidane mohammed tahar

Baadi mohcene

<b>Président :</b>	GURRADI.H	M.C.B	Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	ZEDDOURI AZIEZ	Pr.	Univ. Ouargla
<b>Co-Promoteur :</b>	BEKKARI NACER EDDINE	M.C.B	CRSTRA TOUGGOURT
<b>Examineur :</b>	HADJ SAID .S		Univ. Ouargla

Année universitaire 2020 /2021



## **Dédicace**

C'est avec toute mon affection que je dédie ce modeste travail :  
A celui qui m'a donné vie et qui m'as apporté sans cesse son amour, mon  
Père.

A ma mère qui m'a apporté sans cesse amour, et ma famille

## **Reconnaisances.**

à mes frères et sœurs grand -mère et tante

A tous mes amis:

Brahim et Khaled merouane Oussama ABBASSI Madjid BEN ARABI et  
khireddine et Mohamed al aide et Nasser et je remercie tous ceux qui m'ont  
apporté un soutien moral , et al et tous mes autres amis..

**Baadi mohcene**





## **Dédicace**

C'est avec toute mon affection que je dédie ce modeste travail :  
A celui qui m'a donné vie et qui m'as apporté sans cesse son amour, mon  
Père.

A ma mère qui m'a apporté sans cesse amour, et ma famille

### **Reconnaisances.**

à mes frères et sœurs grand -mère et tante

A tous mes amis:

Brahim et Khaled merouane Oussama ABBASSI Madjid BEN ARABI et  
khireddine et Mohamed al aide et Nasser et je remercie tous ceux qui m'ont  
apporté un soutien moral , et al et tous mes autres amis..

**Saidane mohammed tahar**



---

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions dans un premier temps, notre Créateur ALLAH qui nous a donné la puissance, la patience, la volonté et l'énergie pour terminer ce travail. Je tiens à remercier mon encadreur de mémoire, Pr. Zeddouri Aziez, nous le remercions d'avoir proposé ce sujet, de nous avoir encadré et consacré une grande partie de son précieux temps pour la réalisation de ce travail. Merci pour vos orientations rigoureuses et vos conseils constructifs. Nous adressons également nos remerciements au Dr. Nacer Eddine Bekkari du CRSTRA Touggourt, pour toutes les efforts fournis et ses orientations précieuses.

Nous remercions tous les membres de Jury à savoir le président de Jury Mr. .... Et l'examineur Mr. .... pour avoir accepté à juger ce travail.

Et Nous remercions aussi la STEP de Touggourt pour les donner d'étude et nous remercions tous ceux qui nous ont apporté leur soutien moral et nous remercions également tout au long de la période scolaire et nous remercions tout l'équipe pédagogique et le personnel respecté. Nous tenons à exprimer notre gratitude aux personnes suivantes pour leur aide dans la réalisation de ce travail nous considérons chanceux d'être étudiants dans cette université Nous remercions également tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

---

## Liste de figure

<b>Figure 1:</b> Situation géographique de la région du Touggourt .....	5
<b>Figure 2:</b> Températures moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017). .....	7
<b>Figure 3:</b> précipitation moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017).....	8
<b>Figure 4:</b> Humidité moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017).....	8
<b>Figure 5:</b> Evaporation moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017).....	9
<b>Figure 6:</b> Vitesses moyennes mensuelles des vents de la zone du Touggourt (2007-2017).....	10
<b>Figure 7:</b> Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen appliqué de la région de Touggourt (1997-2007).....	10
<b>Figure 8:</b> Etage bioclimatique de la région de Touggourt selon le climagramme d'Emberger.....	11
<b>Figure 9 :</b> Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique 1/500000 d el'Algérie...13	
<b>Figure 10:</b> Les différentes étapes de la métabolisation de la pollution azotée (DJOUAHI, 2019).....	25
<b>Figure 11:</b> Mécanismes d'élimination de l'azote en station d'épuration.....	28
<b>Figure 12:</b> Schéma réactionnel de la minéralisation de l'azote.....	31
<b>Figure 13:</b> localisation de la station d'épuration des eaux usée de Touggourt.....	40
<b>Figure 14:</b> Schéma de procédé d'épuration des eaux usées de la STEP de Touggourt.....	41
<b>Figure 15:</b> Vis d'Archimède.....	45
<b>Figure 16:</b> Représentation graphique de la variation de la Température à l'entrée et à la sortie de STEP de Touggourt (2016-2017).....	55
<b>Figure 17:</b> Représentation graphique de la variation de l'OD à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	56
<b>Figure 18 :</b> Représentation graphique de la variation de MES à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	58
<b>Figure 19:</b> Représentation graphique de la variation de DBO5 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	58
<b>Figure 20 :</b> Représentation graphique de la variation de DCO à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	59
<b>Figure 21:</b> Représentation graphique de la variation de NH4 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	60
<b>Figure 22:</b> Représentation graphique de la variation de NO2 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	61
<b>Figure 23:</b> Représentation graphique de la variation de NO3 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).....	62

---

## Liste de tableau

Tableau 1: Données climatiques de la région de Touggourt pour la période 2007-2017 (ONM, 2017) .....	(06)
Tableau 2 : Énergie libérée lors du processus de la nitrification (Henze et al, 1996) .....	(33)
Tableau 3 : Les normes des eaux usées rejetées selon l’OMS (1971) .....	(51)
Tableau 4: les valeurs limites maximales de rejet selon les normes Algériennes .....	(52)
Tableau 5 : Synthèse de l'analyse statistique des données à l'entrée de la STEP de Touggourt .....	(53)
Tableau 6 : Synthèse de l'analyse statistique des données à la sortie de la STEP de Touggourt .....	(54)
Tableau 7: Caractéristiques du rapport de biodégradabilité « K » .....	(54)
Tableau 8: rapports exprimant la pollution organique des eaux brute de la STEP Touggourt.....	(55)
Tableau 9: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la STEP de Touggourt ..	(63)

---

### Liste des abréviations

<b>STEP</b>	Stations d'épurations
<b>pH</b>	Potentiel hydrogène
<b>T</b>	Température de l'eau
<b>OD</b>	Oxygène dissout
<b>DBO5</b>	La demande biochimique en oxygène
<b>DCO</b>	La demande chimique en oxygène
<b>MES</b>	Les matières en suspension
<b>NH<sub>4</sub></b>	L'azote ammoniacal
<b>NO<sub>3</sub></b>	Le nitrate
<b>NO<sub>2</sub></b>	Le nitrite



## ملخص

تحتوي مياه الصرف الصحي على كم هائل من الملوثات المختلفة، الأمر الذي يشكل خطرا على الصحة العمومية خاصة عند إعادة استخدامها أو تصريفها في البيئة الطبيعية، لذا يجب نقلها إلى محطة الصرف الصحي لمعالجتها. الهدف من عملنا هذا هو دراسة فعالية محطة تطهير مياه الصرف بطريقة الحماة المنشطة بمدينة تڤرت. مراقبة سير المحطة يتضمن دراسة التغيرات لمختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف قبل وبعد المعالجة. وقد تم ذلك لمدة 9 أشهر.

تضمنت البيانات التي تمت دراستها و تحليلها إحصائيا درجة حرارة الماء (T) والأوكسجين الذائب (OD) والطلب على الأوكسجين الكيميائي الحيوي (DBO5) والطلب على الأوكسجين الكيميائي (DCO) المواد الصلبة العالقة (MES) نيتروجين الأمونيا (NH4) النترات (NO3) , النترت (NO2) عند مدخل ومخرج المحطة. تم تقييم أداء تنقية هذه المحطة من خلال التحليلات الإحصائية للبيانات التي تم جمعها خلال فترة الدراسة. تظهر النتائج أن كفاءة تنقية محطة معالجة مياه الصرف الصحي هذه مرضية للغاية لإزالة الملوثات وفقاً لمعايير التصريف باستثناء NO3 الذي اظهر قيم متطرفة خلال هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: محطة تطهير المياه، الحمئة النشطة، التلوث الازوتي، المناطق الجافة، تڤرت

## Résumé

Les eaux usées contiennent une énorme quantité de divers polluants, ce qui constitue une menace pour la santé publique, surtout lorsqu'elles sont réutilisées ou rejetées dans l'environnement naturel, elles doivent donc être transportées vers une station d'épuration pour traitement.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'efficacité d'une station d'épuration par boues activées à Touggourt.

Le suivi du fonctionnement de la station comprend l'étude de l'évolution des paramètres physicochimiques et biologiques des eaux usées avant et après le traitement, cela a été fait pendant 9 mois.

Les données qui ont été étudiées et analysées statistiquement comprenaient la température de l'eau (T), oxygène dissous, (OD) et la demande biochimique en oxygène, (DBO5) et la demande chimique en oxygène, (DCO), matière en suspension, (MES), azote, ammoniac (NH4), nitrates (NO3) et nitrites (NO2) à l'entrée et à la sortie de la station. Les performances d'épuration de cette station ont été réalisées grâce à des analyses statistiques des données recueillies au cours de la période d'étude.

Les résultats montrent que l'efficacité d'épuration de cette station d'épuration est très satisfaisante pour l'élimination des polluants selon les normes de rejet, sauf pour le NO3 qui a montré des valeurs aberrantes dans cette étude.

Mot clé: station d'épuration, boues activées, pollution azotée. Zones arides. Touggourt

---

## Abstract

Wastewater contains a huge amount of various pollutants, which poses a threat to public health, especially when reused or discharged into the natural environment, so it must be transported to a sewage treatment plant for treatment.

The objective of our work is to study the efficiency of an activated sludge treatment plant in Touggourt.

The monitoring of the operation of the station includes the study of the evolution physicochemical and biological parameters of the wastewater before and after the treatment, this was done for 9 months.

The data that were studied and statistically analyzed included water temperature (T), dissolved oxygen, (OD) and biochemical oxygen demand, (DBO5) and chemical oxygen demand, (DCO), suspended matter, (MES), nitrogen, ammonia (NH<sub>4</sub>) The purification performance of this station was achieved through statistical analyzes of the data collected during the study period.

The results show that the purification efficiency of this purification plant is very satisfactory for the elimination of pollutants according to the discharge standards, except for NO<sub>3</sub>, which showed outliers in this study.

Keyword: wastewater treatment station, activated sludge, nitrogen pollution. Arid zones. Touggourt.

---

## SOMMARE

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUD

I. 1. Introduction .....	4
I.2.Situation géographique et administrative de la région de Touggourt .....	4
I.3. Climatologie.....	6
I.3.1. Données météorologiques de la région de Touggourt.....	6
I.3.1.1. La température.....	7
I.3.1.2.Précipitation .....	7
I.3.1.3.Humidité relative .....	8
I.3.1.4. Evaporation .....	8
I.3.1.5. Insolation: .....	8
I.3.1.6. Vent: .....	9
I.3.2. Classification du climat.....	10
*. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	10
*. Le Climagramme d'EMBERGER :.....	11
I.4. Structure géomorphologique .....	11
I.5. Géologie .....	12
I.6. Hydrogéologie .....	13
I.6.1. Nappe du continental intercalaire CI (Albien) .....	14
I.6.2. Nappe du complexe terminal(CT) .....	14
I.6.3. Nappe phréatique .....	14
I.7.Pédologie.....	14
I.8. Conclusion .....	15

### CHAPITRE II : synthèse Bibliographique

II.1. Introduction.....	17
II.2. Les eaux usées.....	17
II.2.1. Définition des eaux usées .....	17
II.2.2. Origine des eaux usées urbaines .....	17
II.2.2.1. Les eaux usées domestiques : .....	17
II.2.2.2. Les eaux usées industrielles :.....	18
II.2.2.3. Les eaux usées agricoles :.....	18
II.2.2.4. Les eaux pluviales :.....	18
II.2.3. Caractéristiques des eaux usées urbaines .....	19

---

II.2.3.1. Température.....	19
II.2.3.2. Le pH.....	19
II.2.3.3. L'oxygène dissous.....	19
II.2.3.4. Matières En Suspension (MES) .....	19
II.2.3.5. Demande Biochimique en Oxygène (DBO) .....	19
II.2.3.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....	19
II.2.3.7. Le phosphore .....	20
II.2.3.8. Les composés azotés.....	20
II.3. Épuration des eaux usées.....	20
II.3.1. Définition de l'épuration :.....	20
II.3.2. Rôle des stations d'épuration .....	20
II.3.3. Les procédés de traitements des eaux usées : .....	21
II.3.3.1. Le prétraitement : .....	21
II.3.3.1.1. Dégrillage.....	21
II.3.3.1.2. Dessablage.....	21
II.3.3.1.3. Dégraissage déshuilage.....	22
II.3.3.2. Le traitement primaire (traitement physico-chimique).....	22
II.3.3.3. Traitement secondaire (traitement biologique).....	23
II.3.3.3.2. Traitement biologique extensifs : .....	24
II.3.3.4. Le traitement tertiaire .....	24
II.3.3.4.1. Elimination de l'azote : .....	24
II.3.3.4.2. Elimination du phosphore :.....	25
II.3.3.4.3. Traitement des boues .....	25
II.4. La pollution azotique: .....	27
II.4.1. L'azote des eaux résiduaires .....	27
II.4.2. Problématique de la pollution azotée.....	27
II.4.3. Les formes d'azote .....	27
II.4.4. Le mécanisme de l'élimination de l'azote.....	29
II.4.4.1. Elimination physique de la pollution azotée.....	29
II.4.4.2. Elimination physico-chimiques de la pollution azotée.....	29
II.4.4.3. Elimination biologique de la pollution azotée .....	30
II.4.4.3.1. L'ammonification.....	30
II.4.4.3.2. Processus de nitrification.....	31
II.4.4.3.3. Processus de la dénitrification .....	35
II.5. Conclusion .....	38

---

## CHAPITRE III : matériel et méthodes

<b>III.1. Introduction .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2. Description de la station d'épuration de Touggourt .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.1 Données techniques .....</b>	<b>41</b>
<b>III.2.2. Etapes de traitement .....</b>	<b>41</b>
<b>III.2.3. Equipement de la station.....</b>	<b>42</b>
<b>III.2.3.1. Station de refoulement :.....</b>	<b>42</b>
<b>III.2.3.2. Le dégrilleur :.....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.3.3. Dessableur-déshuileur.....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.3.4. Le bassin d'aération : (Traitement biologique).....</b>	<b>43</b>
<b>III.2.3.5. Décanteur secondaire :.....</b>	<b>44</b>
<b>III.2.3.6. Bassin de chloration:.....</b>	<b>44</b>
<b>III.2.3.7. Vis d'Archimède (boues de recirculation) :.....</b>	<b>45</b>
<b>III.2.3.8. L'épaississeur (boues en excès) :.....</b>	<b>46</b>
<b>III.2.3.9. Les lits de séchage:.....</b>	<b>46</b>
<b>III.3. Les méthodes d'analyse : .....</b>	<b>46</b>
<b>III.3.1. Analyses physico-chimiques : .....</b>	<b>46</b>
<b>III.3.1.1. Mesure la température et l'oxygène dissous.....</b>	<b>46</b>
<b>III.3.1.2. Mesure de la matière en suspension MES:.....</b>	<b>47</b>
<b>III.4. Analyses des paramètres indicateurs de pollution .....</b>	<b>47</b>
<b>III.4.1. La demande chimique en oxygène (DCO) .....</b>	<b>47</b>
<b>III.4.2. La demande biochimique en oxygène (DBO5) :.....</b>	<b>47</b>
<b>III.4.3. Dosage de Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : .....</b>	<b>48</b>
<b>III.4.4. Dosage de Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : .....</b>	<b>48</b>
<b>III.4.5. Azote ammoniacal N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: .....</b>	<b>49</b>
<b>III.5. Description et collecte des données .....</b>	<b>49</b>
<b>III.5.1. Normes de rejets dans un milieu récepteur.....</b>	<b>50</b>
<b>III.5.1.1. Normes de rejets international.....</b>	<b>50</b>
<b>III.5.1.1.1. Selon l'OMS.....</b>	<b>50</b>
<b>III.5.1.2. Normes Algériennes :.....</b>	<b>51</b>
<b>III.6. Conclusion.....</b>	<b>51</b>

---

## CHAPITRE: IV RESULTATS ET DISCUSSIONS

<b>IV.1. Introduction.....</b>	<b>53</b>
<b>IV.2. Paramètres de pollution :.....</b>	<b>53</b>
<b>IV.3. Evaluation de la pollution organique des eaux brutes.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.3.1. Rapport de biodégradabilité : .....</b>	<b>54</b>
<b>IV.4. Rendement d'épuratoires de la STEP de Touggourt.....</b>	<b>55</b>
<b>IV.4.1. La température .....</b>	<b>55</b>
<b>IV.4.2. Oxygène dissout .....</b>	<b>56</b>
<b>IV.4.3. Matières en suspension (MES) .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.4.4. La demande biochimique en oxygène(DBO5) .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.4.5. Demande chimique en oxygène (DCO) .....</b>	<b>59</b>
<b>IV.4.6. Matières azotées (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>).....</b>	<b>60</b>
<b>IV.4.6.1. NH<sub>4</sub>.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.4.6.2. NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.4.6.3. NO<sub>3</sub>.....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5. Matrice de corrélation.....</b>	<b>62</b>
<b>IV.6. Conclusion .....</b>	<b>64</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>65</b>

### Introduction générale

L'eau est nécessaire à tous les êtres vivants à la surface de la terre. Elle permet de garantir tous les éléments du confort humain, comme elle aide à construire l'économie des pays. Le problème de pénurie d'eau est devenu l'une des causes principales des conflits dans le monde, d'où la nécessité de préserver cette ressource naturelle. Nous rappelons que les usages de l'eau sont différents, y compris l'usage domestique, industriel et agricole.

Les populations des pays hydro sensibles ne cessent d'augmenter considérablement et leurs besoins en nourriture et en eau croissent continuellement. Traditionnellement, cette situation a été solutionnée en développant l'agriculture extensive et/ou en augmentant simplement la mobilisation des ressources en eau conventionnelle disponibles qui, actuellement, s'approchent de leurs limites naturelles. De plus, ces dernières décennies ces mêmes ressources sont exposées à diverses pollutions qui limitent leur utilisation normale et leur vocation principale qui est l'alimentation en eau potable (METAHRI.S., 2012).

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme pour ses propres besoins et au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles, les eaux usées constituent un milieu de culture pour de très nombreuses espèces de microorganismes pathogènes et à ce titre elles peuvent être à l'origine de graves problèmes de santé publique surtout dans les pays où les conditions d'hygiène sont défavorables.

Les stations d'épuration des eaux usées sont considérées comme la première ligne dans la bataille de l'humanité pour éliminer la pollution de l'eau et restaurer la qualité de l'eau dans les cours d'eau. Les stations d'épuration des eaux usées sont conçues et construites de manière à éliminer une quantité prédéterminée des polluants contenus dans les eaux usées brutes. La quantité de polluant à enlever répond aux critères standards de qualité de l'eau correspondant à la quantité de polluant qui peut être contenue dans l'eau et ne pas avoir un impact négatif surtout si on va la réutiliser. Une défaillance dans l'élimination de la quantité de polluants requis peut signifier non seulement que l'eau ne peut pas être utilisée comme prévu mais aussi des millions de dinars algériens perdus (Djeddou, 2014, Bekkari, 2017).

L'azote fait partie des substances toxiques que l'on rencontre lors du traitement des eaux usées, car ses sources sont nombreuses, notamment les matières organiques ou le sang provenant des

## Introduction générale

---

abattoirs, les pesticides, les produits chimiques...etc. ou se forme minérale  $\text{NH}_4$  (l'ammonium), nitrate ( $\text{NO}_3$ ), nitrite ( $\text{NO}_2$ ). Des concentrations excessives d'azote le rendent d'une part impropre à la consommation, et d'autre part il peut provoquer une eutrophisation. L'élimination de la matière azotée généralement se base du processus du bous active.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier et de comprendre le processus de l'élimination de la matière azotée (les différentes formes de l'azote) dans la station d'épuration de Touggourt par les différentes étapes de traitement ainsi que de connaître l'aptitude de l'eau traitée par cette station à point de rejet dans le milieu récepteur (canal d'oued Righ) à travers l'analyse des paramètres de pollution notamment (DBO, DCO, MES, OD,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ).

- Le premier chapitre: présentation de la zone d'étude (Touggourt)
- Le deuxième chapitre : synthèse bibliographique (les eaux usées et leur traitement et la pollution azotique)
- Le troisième chapitre matériels et méthodes de travail
- Le quatrième chapitre les résultats et les discussions

Enfin, nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.



# **CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **I. 1. Introduction**

Dans ce chapitre on va présenter la zone de Touggourt la localisation de cette zone et la nature de climat et sa caractéristique géologique et les différentes nappes hydrogéologiques.

### **I.2.Situation géographique et administrative de la région de Touggourt**

Touggourt était la capitale historique de la région de l'Oued-Righ comprise entre le grand Erg Oriental, au Sud -Est et la zone des chotts, au Nord.

D'un point de vue administratif, (Figure 1). Elle est située à 600 Kms au sud-est d'Alger dans le Sahara nord oriental entre le grand Erg oriental et le massif des Aurès.

La région de Touggourt est située entre les latitudes nord 32° 54' et 34°9' et les longitudes est 5°30' et 6°20'. L'altitude est proche de 70 m (HELAL et al, 2004).

Cette région, peuplée d'environ 206868 habitants, couvre une superficie de 1874 km<sup>2</sup>.

Elle est divisée administrativement en 3 daïras et 8 communes qui sont les suivantes:

❖ TOUGGOURT.

- ZAOUIA
- NEZLA.
- TEBESBEST.
- TOUGGOURT.

❖ MEGGARINE.

- SIDI SLIMANE.
- MEGGARINE.

❖ TEMACINE.

- BELIDET AMOR.
- TEMACINE.

La station d'épuration de Touggourt, est une station d'épuration à boue activée traite les eaux usées domestiques. Elle est située au sud de la région d'Oued Righ (région aride au sud-est de l'Algérie). Elle s'étend sur une superficie de 5 hectares. Elle a été mise en service le 20/11/1993 et réhabilitée en 2004 et traite aujourd'hui une partie des rejets d'eaux usées déversées par la ville de Touggourt.

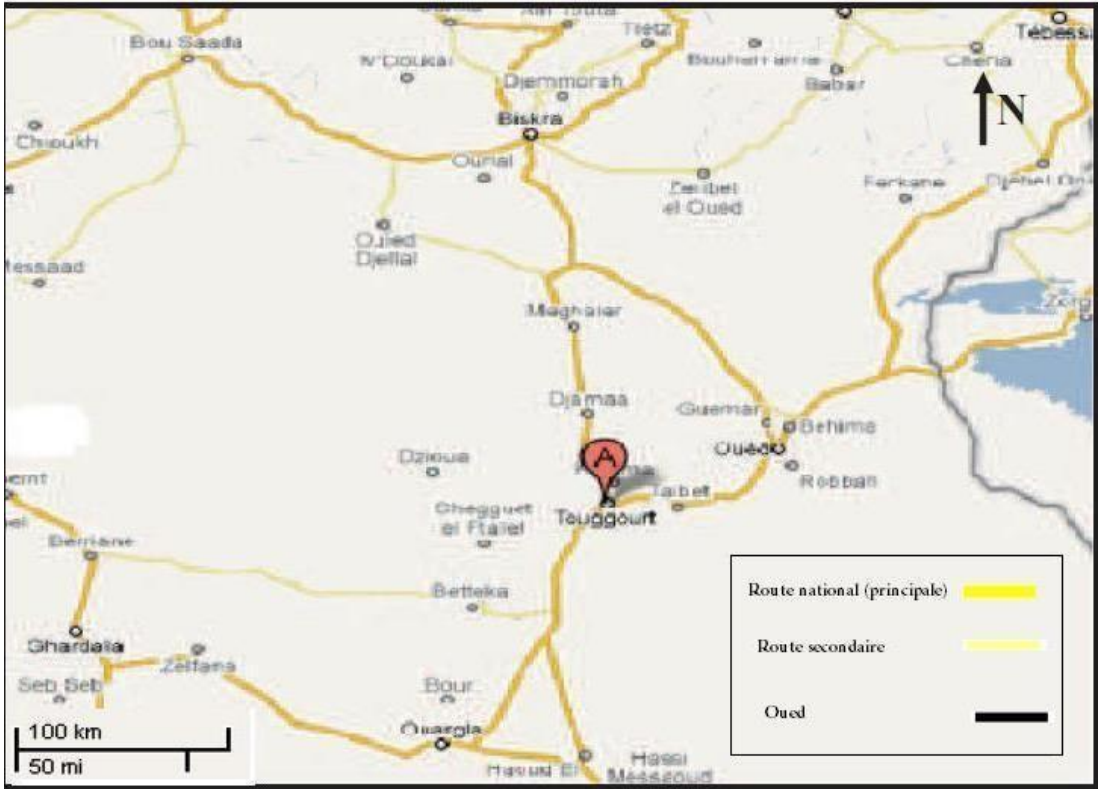


Figure 1: Situation géographique de la région du Touggourt

### I.3. Climatologie

#### I.3.1. 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, se rapportant à une période de dix ans (2007-2017). Les données sont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau 1: Données climatiques de la région de Touggourt pour la période (2007-2017)**

(ONM, 2017)

	T M (°C)	T m (°C)	H (%)	V (m/s)	Evap. (mm)	Ins. (h)	Tmoy. (°C)	Préc. (mm)
Jan	17,5	<b>3,7</b>	<b>48,44</b>	2,3	<b>81,59</b>	225,3	10,6	<b>20,41</b>
Fév	19,9	5,1	36,66	2,7	109,6	237,1	12,5	1,12
Mar	24,6	9,2	35,79	2,7	175	283,8	16,9	5,22
Avr	28,9	13,5	31,2	3,5	211,9	283,6	21,2	10,17
Mai	33,4	18	28,43	3,5	282,7	305,6	25,7	144
Juin	38,7	22,6	24,63	3,3	323,8	342	30,6	0,73
Juil	<b>41,9</b>	27,1	<b>22,38</b>	2,1	<b>347,4</b>	<b>355,5</b>	34,5	0,07
Août	41,3	25,7	24,22	2,3	297,2	312	33,5	4,49
Sept	35,7	21	31,3	2,9	226,6	265,6	28,3	5,06
Oct	30,6	16,3	37	2,0	180,6	251,1	23,5	7,43
Nov	23	8,8	43,46	2,2	130,6	224,4	15,9	4,12
Déc	17,1	5,4	48,4	1,4	85,05	<b>217</b>	11,7	4,69
Moy	<b>29,38</b>	<b>14,7</b>	<b>34,33</b>	<b>2,58</b>	<b>2452*</b>	<b>275,25</b>	<b>22,08</b>	<b>64,95*</b>

T M : température maximale.

T m : température minimale.

H : Humidité relative.

V : vents.

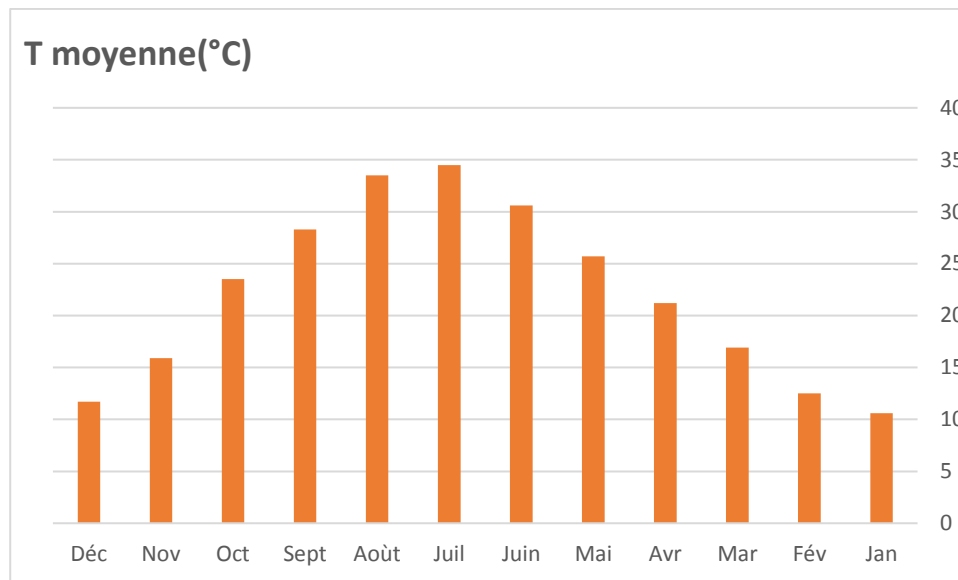
Ins. : Insolation.

T moy. : Température moyenne.

Préc. : Précipitations.

### I.3.1.1. La température

Le maximum des moyennes mensuelles est atteint en mois juillet avec 34,5 °C et la température moyenne minimale du mois le plus froid en Janvier avec 10,6 °C. La moyenne annuelle est de 22,8 (°C)

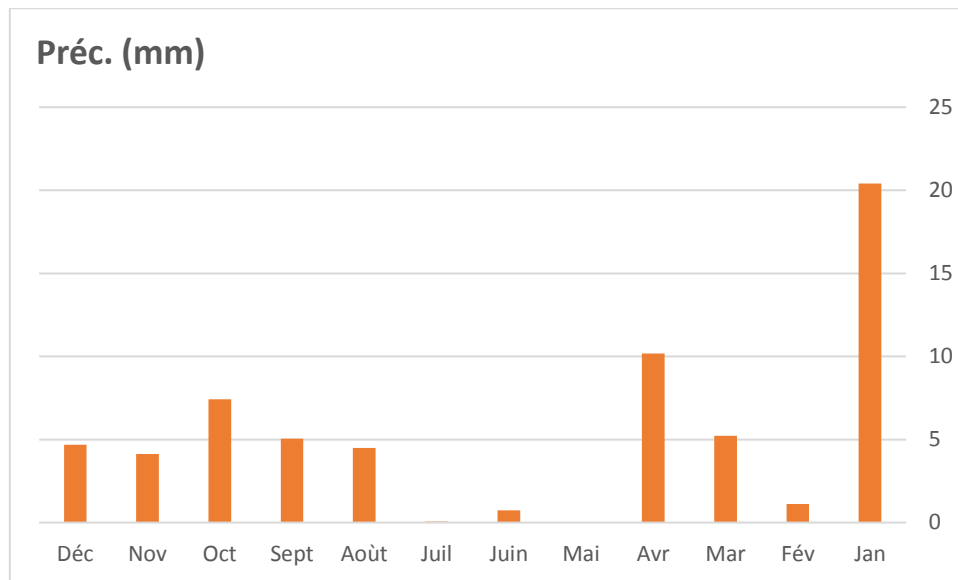


**Figure 2: Températures moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017).**

### I.3.1.2. Précipitation

La région de Touggourt subit l'influence d'un gradient pluviométrique décroissant du nord vers les sud; dans le régions sahariennes les pluies sont rares et aléatoire.

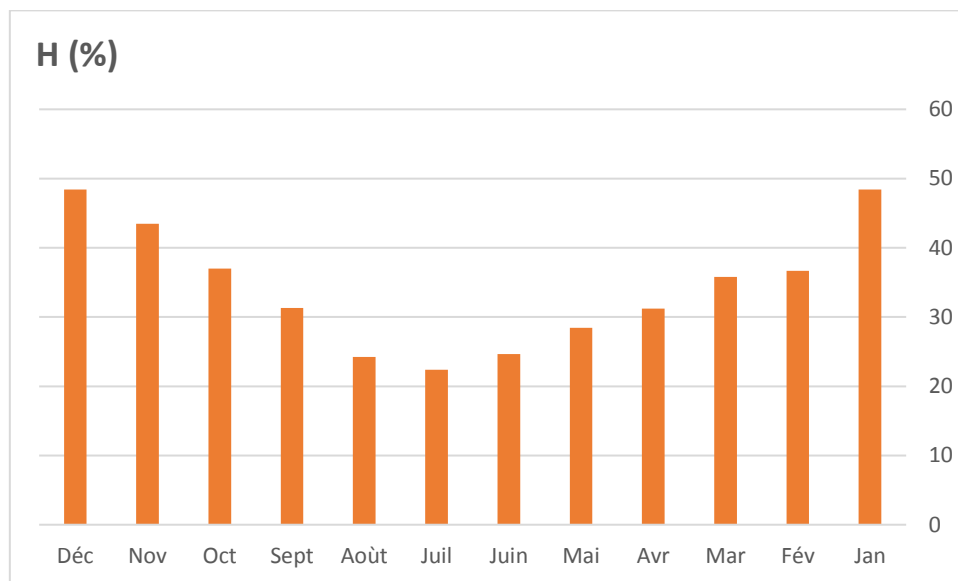
Leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue au mois d'Aout et un maximum au mois de Janvier avec 20,41mm. La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 64,95 mm (tableau. 01).



**Figure 3: précipitation moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017)**

**I.3.1.3. Humidité relative**

L'humidité relative de l'air est faible, elle est de l'ordre de 22.38% en juillet. Atteignant un maximum de 48.44% au mois de Janvier et une moyenne annuelle 34.33% (tableau 01)

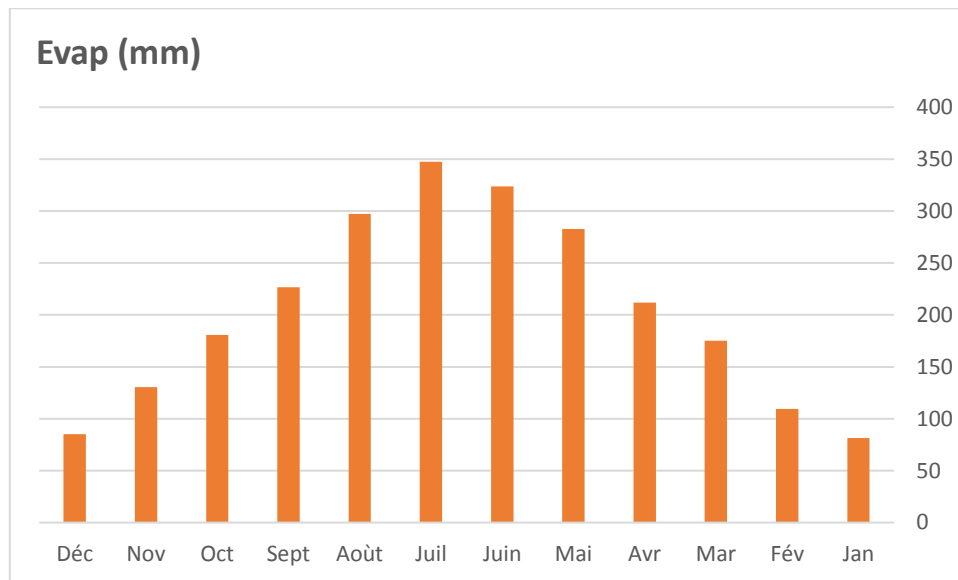


**Figure 4: Humidité moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017)**

**I.3.1.4. Evaporation**

L'évaporation est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chaud.

La moyenne annuelle de 2452 mm/an avec un maximum mensuel de 347,4 mm au mois de Juillet et un minimum de 81,59 mm en mois Janvier (tableau 01).



**Figure 5: Evaporation moyennes mensuelles de la zone du Touggourt (2007-2017)**

**I.3.1.5. Insolation:**

L'ensoleillement est considérable à Touggourt., avec un maximum de 355,5 heures en juillet et un minimum de 217 heures en décembre. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 275,25 h/mois, soit environ 9,17 h/jour (tableau 01).

**I.3.1.6. Vent:**

Le vent joue un rôle important dans le vol et la migration des oiseaux (DORST, 1971). 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'Avril et

Mai avec 3,5 m/s, et une vitesse minimal en Décembre avec une valeur de 1.4 m/s (Tableau 01).

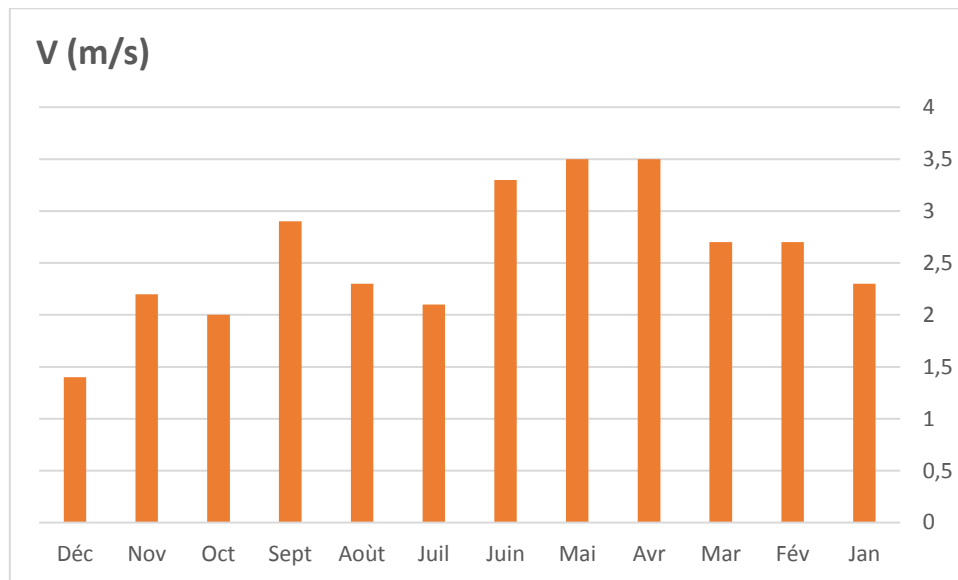


Figure 6: Vitesses moyennes mensuelles des vents de la zone du Touggourt (2007-2017)

I.3.2. Classification du climat

\*. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

La période sèche, dans la région de Touggourt cette période s'étale sur toute l'année Le diagramme ombrothermique de (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953 in DADDI BOUHOUN, 1997) permet de suivre les variations mensuelles des températures et des précipitations. Il est représenté à travers une échelle où  $p = 2T$ . L'aire comprise entre les deux courbes (figure.7) représentés.

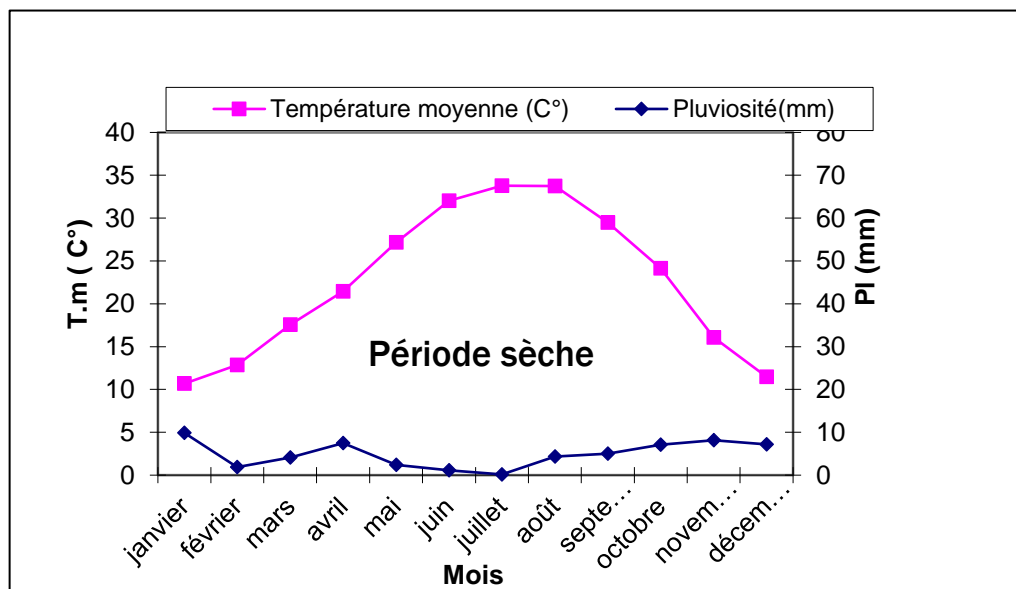


Figure 7: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен appliqué de la région de Touggourt (1997-2007).



**\*. Le Climagramme d'EMBERGER :**

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté ;  
 En abscisse, par la moyenne des minimas du mois le plus froid En ordonnées, par le quotient pluviométrique (Q2). (Fig. n°5) sur le climagramme sont portés les différents étages bioclimatiques sahariens, arides, semi-arides, semi-humides et humides.

Nous avons utilisé la formule de (STEWART, 1969 in BOUZID, 1993) adopté pour l'Algérie, qui se présente comme suit:

$$Q3 = 3,43 * P/M-m.$$

Q 2: quotient pluviothermique d'EMBERGER Q2= 4.83.

P : cumul pluviométrie moyenne annuelle en mm est égale à 64.95

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud en °C est égal à 41.9

m : moyenne des minimas du mois plus froid en °C est égale à 14.7.

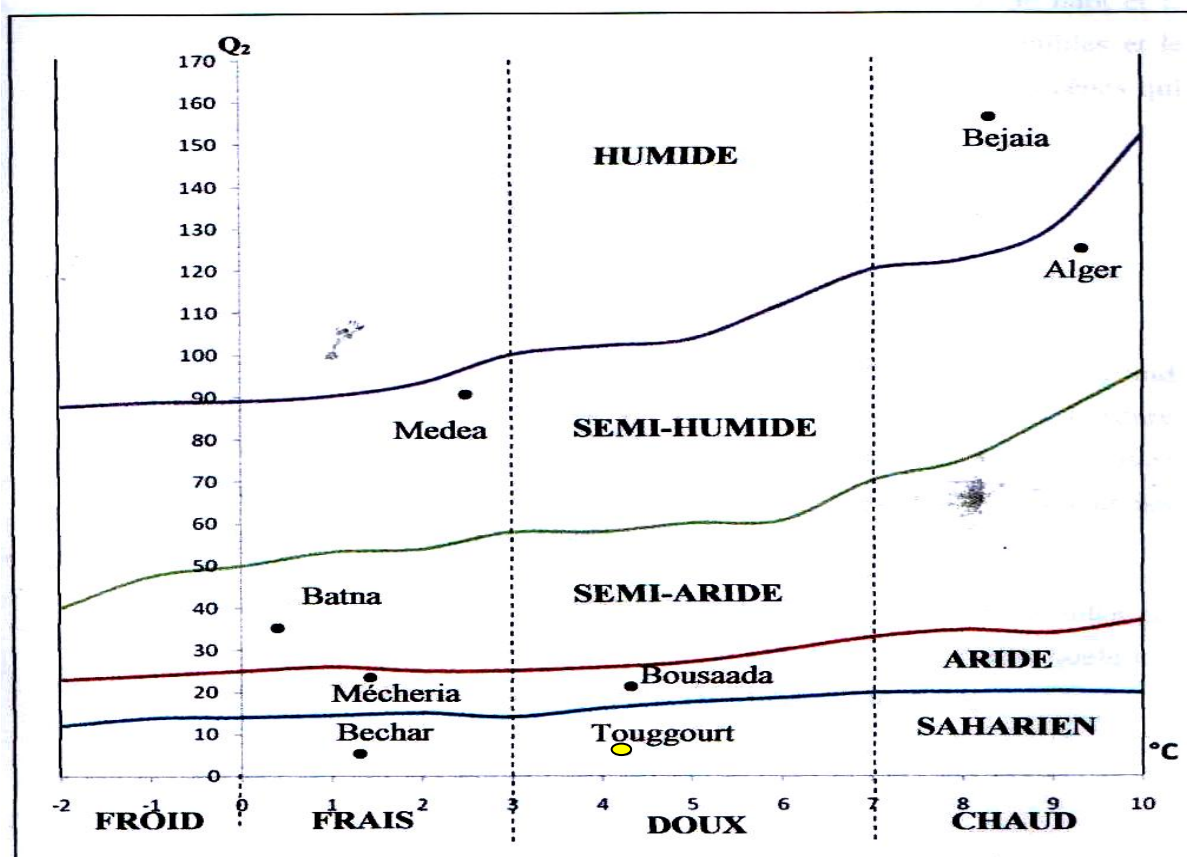


Figure 8: Etage bioclimatique de la région de Touggourt selon le climagramme d'Emberger

**I.4. Structure géomorphologique**

## CHAPITRE I

---

La vallée d'Oued-Righ est une large fosse de direction Sud Nord, prenant son origine au Sud de la palmeraie d'El- Goug et débouchant sur le chott Merouane.

La pente générale est de l'ordre de 1%. La dénivellation entre le haut et le bas du paysage est de quelques mètres seulement. Les pentes sont faibles et le relief est peu marqué, reposant sur les formations mio-pliocènes et éocènes qui s'enfoncent progressivement vers le Nord (HELAL et al, 2004 in Berritima et al, 2006)

### **I.5. Géologie**

La région de Touggourt fait partie du bas Sahara, et elle est limitée :

- Au nord, par l'accident sud Atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès.
- Au sud, par la falaise méridionale du TINHERT
- A l'est, par les affleurements crétacés du DAHRA.
- A l'ouest, par la dorsale du M'Zab.

La région de Touggourt se présente comme une cuvette synclinale du grand bassin sédimentaire du Bas Sahara. Ce dernier se situe entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas Saharien, avec plus de 600 Km de diamètre. Elle couvre 720 000 km<sup>2</sup> de superficie. Il s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassili au sud.

Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand Erg oriental, soit 125 000 km<sup>2</sup>. Cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures (HELAL et al, 2004 in Berritima et al, 2006).

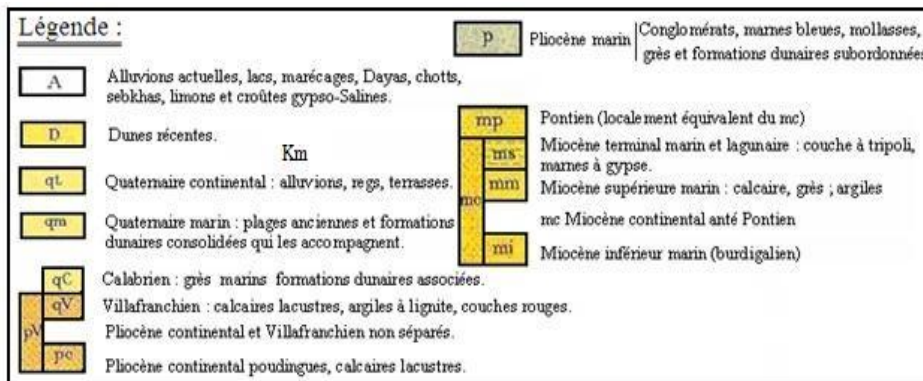
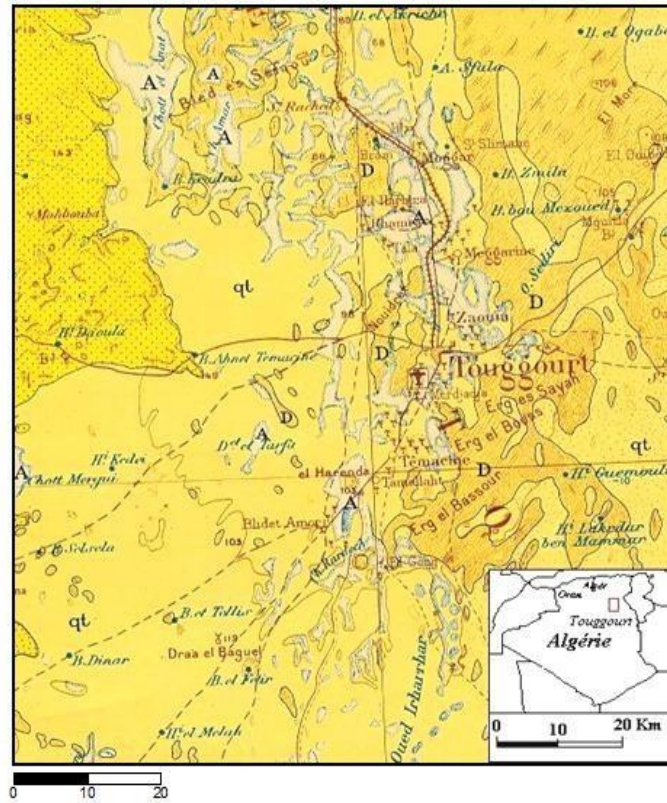


Figure 9 : Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique

1/500000 de l'Algérie

### I.6. Hydrogéologie

Les ressources en eau souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères, qui s'étendent au-delà des frontières algériennes. Ceux du continental Intercalaire (CI) et du complexe Terminal (CT). Les formations sont constituées par une série de dépôts, alternativement marins et continentaux, déposés dans un vaste bassin sédimentaire.

Dans la région d'Oued-Righ, il existe plusieurs niveaux aquifères dont: la nappe phréatique au nord ; le complexe terminale d'âge du sénono-éocène carbonaté et d'âge du Mio-pliocène sablo argileux, et le continental Intercalaire d'âge du crétacé inférieur (HELAL et al, 2004).

### **I.6.1. Nappe du continental intercalaire CI (Albien)**

C'est un aquifère qui est partagé entre les trois pays maghrébins ; l'Algérie, Libye, Tunisie" (figure n. 6), le CI de la partie algérienne couvre 600 000 km<sup>2</sup>, elle stocke un volume d'eau estimé à environ 60 000 milliards de m<sup>3</sup>, Elle se situe à une profondeur de 1400 à 2200 m dans la région d'Oued-Righ.

Du point de vue lithologique, le continental intercalaire est formé par une succession de deux couches de sable et de grès argileux.

La porosité moyenne de cette nappe se situe entre 22 et 29 % (A.N.R.H, 2005).

### **I.6.2. Nappe du complexe terminal(CT)**

Le complexe couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional (figure n°,8), avec une superficie de 350 000 km<sup>2</sup> environ, sa profondeur oscille entre 100 et plus de 500 m, et une épaisseur moyenne de 50 à 100 m.

Dans la vallée de l'Oued-Righ, les nappes du CT étaient à l'origine jaillissantes. Le complexe Terminal est constitué par des formations d'âge et de lithologie différents : à la base, il y a le sénono-éocène carbonaté, et au sommet, on trouve le mio-pliocène sablo-argileux. Cette nappe était artésienne historiquement dans la région. Mais actuellement, elle est exploitée par pompage, visant à assurer un débit régulier pour l'irrigation (A.N.R.H., 2005).

### **I.6.3. Nappe phréatique**

Par convention, on désigne sous le nom de nappe phréatique, les aquifères superficiels, dont la profondeur n'excède pas 50 m et dont les eaux sont généralement exploitées par des puits. Ces nappes sont partout présentes au Sahara dans les dépressions ou les vallées. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les écoulements diffus, les eaux de drainage et aussi par les remontées naturelles en provenance des aquifères plus profonds (DUBOST, 1991).

La salinité de cette nappe est très élevée (9 g/l), ce qui rend son utilisation dans les palmeraies très délicate (DUBOST,1991).

## **I.7.Pédologie**

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes: sols 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, et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles, car leur rétention en eau est très faible, elle représente environ 8 % en volume d'eau disponible (DAOUD et al, 1994).

### **I.8. Conclusion**

A travers notre étude du chapitre précédent, nous avons constaté que la région de Touggourt se distingue en termes de climat sec avec température élevée Et la rareté des précipitations, qui n'est pas un facteur majeur contribuant à la reconstitution des nappes phréatiques.

D'autre part, surtout sur le plan géologique, nous avons remarqué que la zone d'étude est constituée de couches de sable et d'argile de l'ère quaternaire.

# **CHAPITRE II : généralités sur le traitement des eaux**

### **II.1. Introduction**

L'eau nécessaire pour tous les êtres vivants à la surface de la terre. Elle permet de garantir tous les éléments du confort humain, et nous rappelons que les usages de l'eau sont différents, y compris l'usage (domestique, industrielle et agricole). Le traitement de l'eau dépend de méthodes physiques et biologiques pour s'éliminer des polluants, y compris la pollution azotée, l'azote est de nutriment indispensable pour le développement des êtres vivants et l'intensification des rendements agricoles d'une part, d'autre part leurs rejets excessifs et leurs présences dans les milieux aquatiques est indésirable et contribuent à l'eutrophisation de ces derniers, qui trouvent leurs équilibres bouleversés avec le constat d'une menace aussi bien sur la faune que sur la flore. D'une manière générale, les perturbations engendrées par de tels gestes peuvent être de nature physico-chimique ou biologique.

### **II.2. Les eaux usées**

#### **II.2.1. Définition des eaux usées**

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme pour ses propres besoins et au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles, les eaux usées constituent un milieu de culture pour de très nombreuses espèces de micro-organismes pathogènes et à ce titre elles pouvant être à l'origine de graves problèmes de santé publique surtout dans les pays où les conditions d'hygiène sont défavorables (HOUASNI F +BENSMAILI S 2018).

#### **II.2.2. Origine des eaux usées urbaines**

Les principales sources des eaux usées urbaines sont :

##### **II.2.2.1. Les eaux usées domestiques :**

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent (CHOCAT. B 1997 et FRANCK.R 2002).

- ❖ Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents;
- ❖ Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;

- ❖ Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ;
- ❖ Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes.

### **II.2.2.2. Les eaux usées industrielles :**

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences, etc. Qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution. Elles sont très différentes des eaux usées domestique, Leur caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, En plus de matière organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargée sen substances chimiques, organique et métallique, selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir (HOUASNI F., BENSMALI S., 2018) :

- ✓ Des hydrocarbures (raffineries)
- ✓ Des métaux (métallurgie)
- ✓ Des acides, des bases et diverse produits chimiques
- ✓ De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermique)
- ✓ Des matières radioactives (centrales nucléaires)

### **II.2.2.3. Les eaux usées agricoles :**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux (Gérard Grosclaude 1999). Il s'agit principalement des:

- ✓ Fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)
- ✓ Produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides).

### **II.2.2.4. Les eaux pluviales :**

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc. (Desjardins R, 1997).



### **II.2.3. Caractéristiques physicochimiques des eaux usées**

Les caractéristiques des eaux usées son :

#### **II.2.3.1. Température**

Elle indique la quantité d'énergie thermique que contient une eau usée, elle est légèrement supérieure à la température ambiante à cause des rejets à température élevée des ménages et des industries, les eaux de pluie ou d'infiltration peuvent être à l'origine de grande fluctuation de température; en général le taux d'activité en dépend, dans les climats à forte amplitude cette l'activité peut être fortement affectée (F. R. Spellman, 2003).

#### **II.2.3.2. Le pH**

Ce paramètre traduit la basicité ou l'acidité d'une eau usée, il a une grande influence sur toutes les réactions chimiques qui se déroulent au sein d'un processus de traitement. La sélection et la croissance bactérienne sont étroitement liées à ce paramètre (*BENYAHIA M, 2007*).

#### **II.2.3.3. L'oxygène dissous**

Dans un cours d'eau il indique le degré d'avancement de la pollution. C'est un élément indispensable à la vie des écosystèmes (*BENYAHIA M, 2007*).

#### **II.2.3.4. Matières En Suspension (MES)**

Les MES représentent l'ensemble des matières solides et colloïdales floculées, organiques ou minérales, contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation.

- Matières Volatiles Sèches (MVS) : les MVS représentent la partie organique de MES, la partie restante représentant les matières minérales. Cette partie organique comprend les particules de biomasse, vivante ou morte, ainsi que certaines particules organiques n'intervenant pas dans le processus de dépollution biologique (*BENYAHIA M, 2007*).

#### **II.2.3.5. Demande Biochimique en Oxygène (DBO)**

La DBO permet de quantifier la matière organique, dissoute ou particulaire, pouvant être consommée par la biomasse dans un échantillon. Le résultat sera obtenu au bout d'une durée de 5 (DBO5) ou 21 jours (DBO21) (*BENYAHIA M, 2007*).

#### **II.2.3.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

## CHAPITRE II

---

Cette mesure permet la quantification de l'ensemble des composés organiques, présents sous forme solide, colloïdale ou dissoute ainsi que celle des minéraux oxydables. Lorsque l'ensemble des composés est pris en considération, on parle de DCO totale (DCOT) et lorsque seuls les composés solubles sont analysés, il s'agit de la DCO soluble (DCOS). La différence entre ces deux mesures constitue la DCO particulaire (DCOP) (BENYAHIA M, 2007).

### II.2.3.7. Le phosphore

C'est un nutriment pour les bactéries et des microorganismes aquatiques, il se trouve à l'état naturel dans l'eau sous la forme de l'orthophosphore, c'est l'activité humaine (détergents et industrie) qui enrichissent l'eau par les autres formes (polyphosphates).

### II.2.3.8. Les composés azotés

L'azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique, azote ammoniacal (ammonium  $\text{NH}_4^+$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). Plusieurs analyses sont possibles :

- azote total : représente la somme de tous ces composés,
- azote Kjeldahl : cette mesure représente l'azote organique et l'azote ammoniacal,
- azote ammoniacal,
- nitrates
- nitrites.

## II.3. Épuration des eaux usées

### II.3.1. Définition de l'épuration :

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable (Saggai M. 2004).

### II.3.2. Rôle des stations d'épuration

- ❖ Ce rôle peut être résumé dans les points suivants (Banzaoui N, Elbouz F, 2009) :
- ❖ Traiter les eaux.
- ❖ Protéger l'environnement.
- ❖ Protéger la santé publique.
- ❖ Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.

### **II.3.3. Les procédés de traitements des eaux usées :**

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire, le traitement secondaire et tertiaire. Dans certains cas des traitements tertiaires sont nécessaires notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (HOUASNI F, BENMAILI S, 2018).

#### **II.3.3.1. Le prétraitement :**

Avant leur traitement, les eaux brutes subissent un prétraitement qui a pour objectif d'extraire la plus grande quantité possible de matières pouvant gêner le traitement ultérieur (Ouli M, 2001)

##### **II.3.3.1.1. Dégrillage**

L'épuration de dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille, dont l'espacement est déterminé de sorte qu'il puisse retenir matières grossières les plus volumineuses et flottantes charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire, obstruer ou provoquer des bouchages dans conduites d'alimentation de l'installation, et nuire à l'efficacité de la station. Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets, les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les ordures ménagères.

Cette opération est effectuée avant le poste de relevage afin de protéger les pompes ou les vis d'Archimède et de ne pas gêner leur fonctionnement (BEKKARI N, 2020).

##### **II.3.3.1.2. Dessablage**

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables, les verres brisés, les coquilles d'œufs, et les particules minérales plus ou moins fines ayant une vitesse de sédimentation sensiblement supérieure à la matière organique. Le dessablage est prévu pour protéger les équipements mécaniques à l'abrasion et à l'usure, de réduire la formation de dépôts dans les canalisations et les canaux, et de réduire la fréquence de nettoyage du digesteur qui est nécessaire en raison des particules accumulés.

Un but secondaire, mais cependant pas le moins extrêmement souhaitable du système d'élimination du sable est de séparer les grains de la matière organique dans les eaux usées. Cette séparation permet à la matière organique d'être traité dans les processus subséquents (BEKKARI N, 2020).

Dans un dessabler à flux horizontal, pour assurer l'élimination des grains et empêcher que la matière organique se dépose, trois conditions doivent être remplies (Steel *et* Mcghee, 1979) :

## CHAPITRE II

---

1. La vitesse d'écoulement à la sortie du dessabler doit être égale à la vitesse de sédimentation des particules inertes.
2. La vitesse horizontale doit être inférieure à la vitesse d'érosion des particules inertes.
3. La vitesse horizontale doit être supérieure à la vitesse de décantation des particules organiques.

### **II.3.3.1.3. Dégraissage déshuilage**

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime 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. Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300- 350 mg/L (BEKKARI N, 2020).

Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération (BEKKARI N, 2020).

Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m<sup>3</sup> par mètre cube d'eau et par heure.

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage (Gaïd, 1993).

### **II.3.3.2. Le traitement primaire (traitement physico-chimique)**

#### **II.3.3.2.1. La décantation**

La décantation, processus essentiel du traitement primaire, a pour but:

- De retenir une fraction importante de la pollution organique.
- D'alléger la charge du traitement biologique ultérieure.
- De réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologiques par culture fixée (lits bactériens, disques biologiques, etc).

D'éliminer 30 à 35% de la DBO<sub>5</sub> et 60% à 90% des matières décantables (pour une eau usée domestique) (Ladjel, 2006).

#### **II.3.3.2.2. La flottation**

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Pour

## CHAPITRE II

l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau (Satin, M., Bourrier, R., Selmi, B 2010). Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO5 et de la DCO (Vilaginès, R 2002).

### II.3.3.3. Traitement secondaire (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 : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables (Dufournet, 1974 ; Gaïd, 1993).

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène), pour les eaux usées et en anaérobie (en l'absence d'oxygène) pour le traitement des boues.

Traitement biologique classique des eaux domestiques s'effectue par voie aérobie, qui consiste à dégrader les impuretés grâce à l'action d'une biomasse épuratrice, à laquelle doit être fourni l'oxygène nécessaire à son développement (Gaïd, 1993).

#### II.3.3.3.1. Traitement biologique intensifs :

Les techniques les plus développées au niveau des STEP 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. Trois grands types de procédés sont utilisés :

- ❖ Les lits bactériens.
- ❖ Les disques biologiques.
- ❖ Les boues activées.

##### II.3.3.3.1.1. Boues activées

Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées. La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes flocculant, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension.

L'aération des eaux résiduaires a lieu dans des bassins en béton qui ont une forme appropriée en fonction du système d'aération, du mode d'introduction des eaux et de la boue activée. On appelle ces bassins des bassins d'aération ou bassins à boues activées. Afin de maintenir une biomasse suffisante, la boue est recyclée par pompage dans le bassin de décantation secondaire.

Il existe de nombreux systèmes différents pour l'aération dans le procédé à boues activées. Le choix dépend de la composition de l'eau résiduaire, ainsi que des conditions de construction et d'exploitation de l'installation au point de vue technique et économique. Les trois modes essentiels sont : pneumatique (aération sous pression), mécanique (uniquement aération de surface) et aération combinée.

### **II.3.3.3.2. Traitement biologique extensifs :**

Ce sont les procédés utilisant de grandes surfaces (lagunes, infiltration-percolation) s'appuyant sur les propriétés épuratrices d'un plan d'eau peu profond.

### **II.3.3.4. Le traitement tertiaire**

Les traitements tertiaires ou d'affinage visent principalement l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution bactériologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour répondre aux normes de rejet. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux récepteurs (BEKKARI N, 2020).

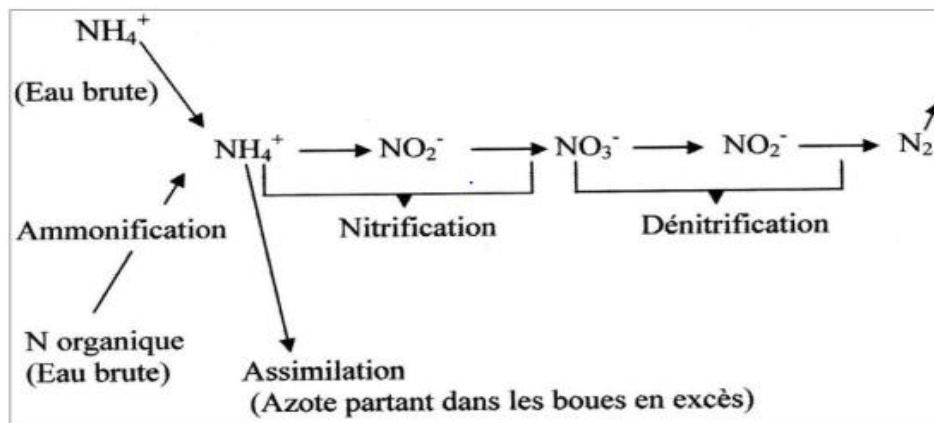
#### **II.3.3.4.1. Elimination de l'azote :**

Les stations d'épuration classique, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de « nitrification-dénitrification ».

Les procédés physique et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de cout (HOUASNI F +BENSMAILI S 2018).

Les étapes présentées sur la figure 10



**Figure 10: Les différentes étapes de la métabolisation de la pollution azotée (DJOUAHI, 2019)**

#### II.3.3.4.2. Elimination du phosphore :

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

#### II.3.3.4.3. Traitement des boues

La réduction de volume est classiquement obtenue à travers des opérations de séparation de phases liquide/solide par décantation, filtration ou évaporation rencontrées dans les techniques d'épaississement, de déshydratation et de séchage thermique. La dégradation des matières organiques de la boue par des procédés biologiques (digestion, compostage) ou thermiques (incinération à 850 °C, oxydation par voie humide de boues liquides épaissies sous 45 bar à 250 °C) conduira également à un volume final moindre.

La stabilisation sera concrètement obtenue en ralentissant, voire en supprimant, la biodégradation putride des matières organiques de la boue, à travers différentes voies, biologique, chimique ou physique avant (phase liquide) ou après (phase pâteuse) l'étape de déshydratation.

La déshydratation constitue souvent l'étape ultime de la filière de traitement des boues :

Une siccité minimale peut en effet être imposée contractuellement (généralement > 30 %) en vue de l'évacuation de la boue ou être requise en vue d'une incinération dans des conditions d'auto combustibilité.

Les principaux débouchés des boues produites par les STEP restent la possibilité d'une valorisation agricole (Gaïd, 1993).

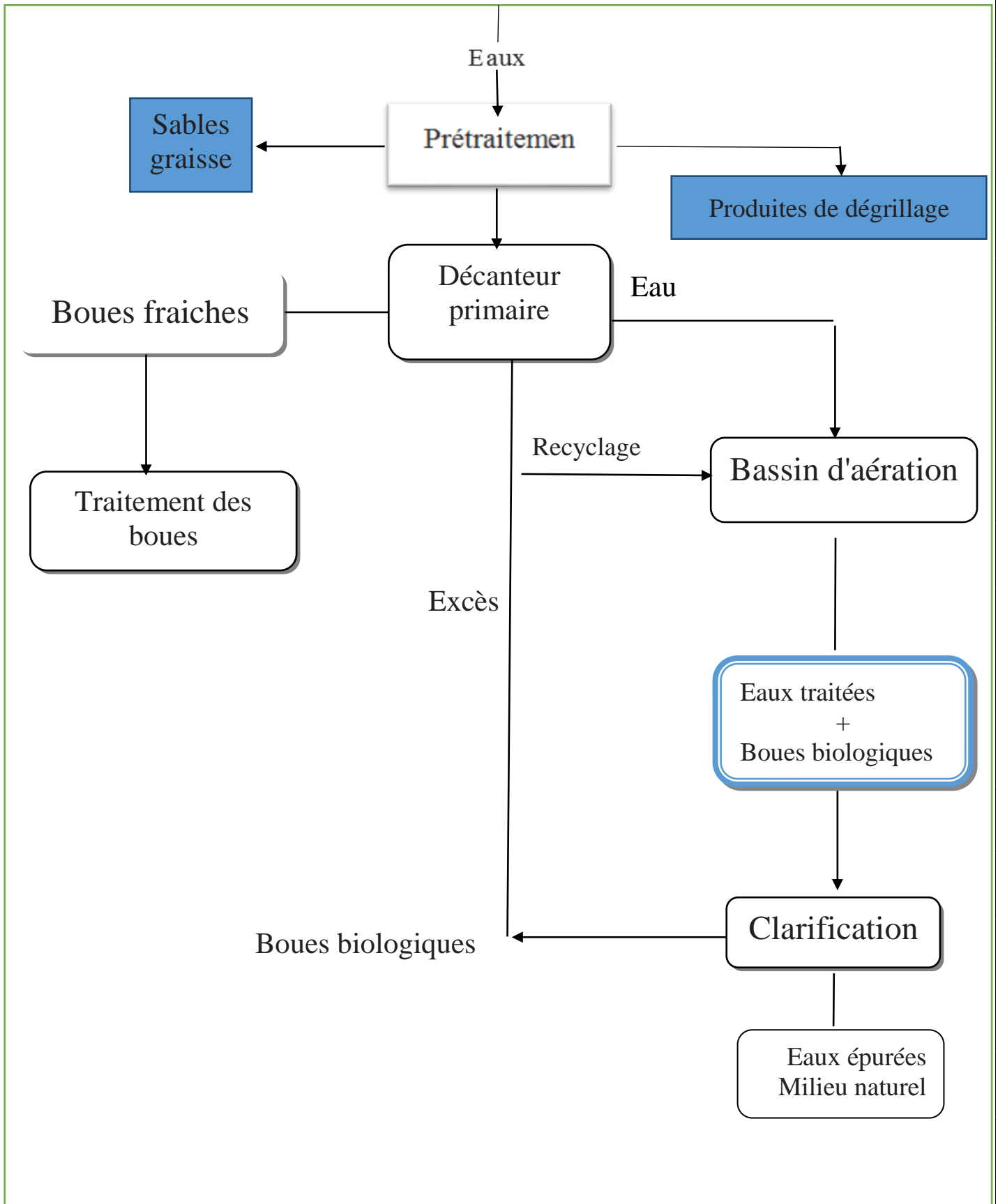


Schéma 1: fonctionnement d'un traitement par boue activée (Ladjel, 2006)



### **II.4. La pollution azotique:**

#### **II.4.1. L'azote des eaux résiduaires**

L'azote présent dans les eaux résiduaires provient principalement des déjections humaines. Les urines contribuent largement à cet apport essentiellement sous forme d'urée, d'acide urique et d'ammoniaque. Par ailleurs, les eaux de cuisine véhiculent des protéines comportant des acides aminés, et certains agents de surface (assouplissant,) qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés (Groupement d'Antony, 2001).

#### **II.4.2. Problématique de la pollution azotée**

Dans la nature l'azote représente le principal composant de la biosphère figure 11 (environ 78%), ce dernier constitue paradoxalement à l'heure actuelle d'une part un élément principal de la productivité agricole et de l'autre part une des substances principales de nuisance à l'environnement, malgré son appartenance à un cycle naturel très complexe. Il figure parmi les composés d'intérêt prioritaire des lois de protection de l'environnement de la plupart des pays.

En effet, la pollution azotée sous toutes ces formes, se justifie par le déversement abusif, direct ou indirect, d'impuretés dérivées de l'azote dans l'atmosphère, dans les eaux naturelles et dans le sol. L'introduction accrue de cet élément dans les différents milieux récepteurs est préjudiciable à la santé humaine, nuisible aux ressources biologiques terrestres comme aquatiques et à l'ensemble des écosystèmes naturels (METAHRI S, 2012).

#### **II.4.3. Les formes d'azote**

L'azote dans les eaux usées se trouve par sa nature minérale ou organique.

##### **4.3.1. Azote organique**

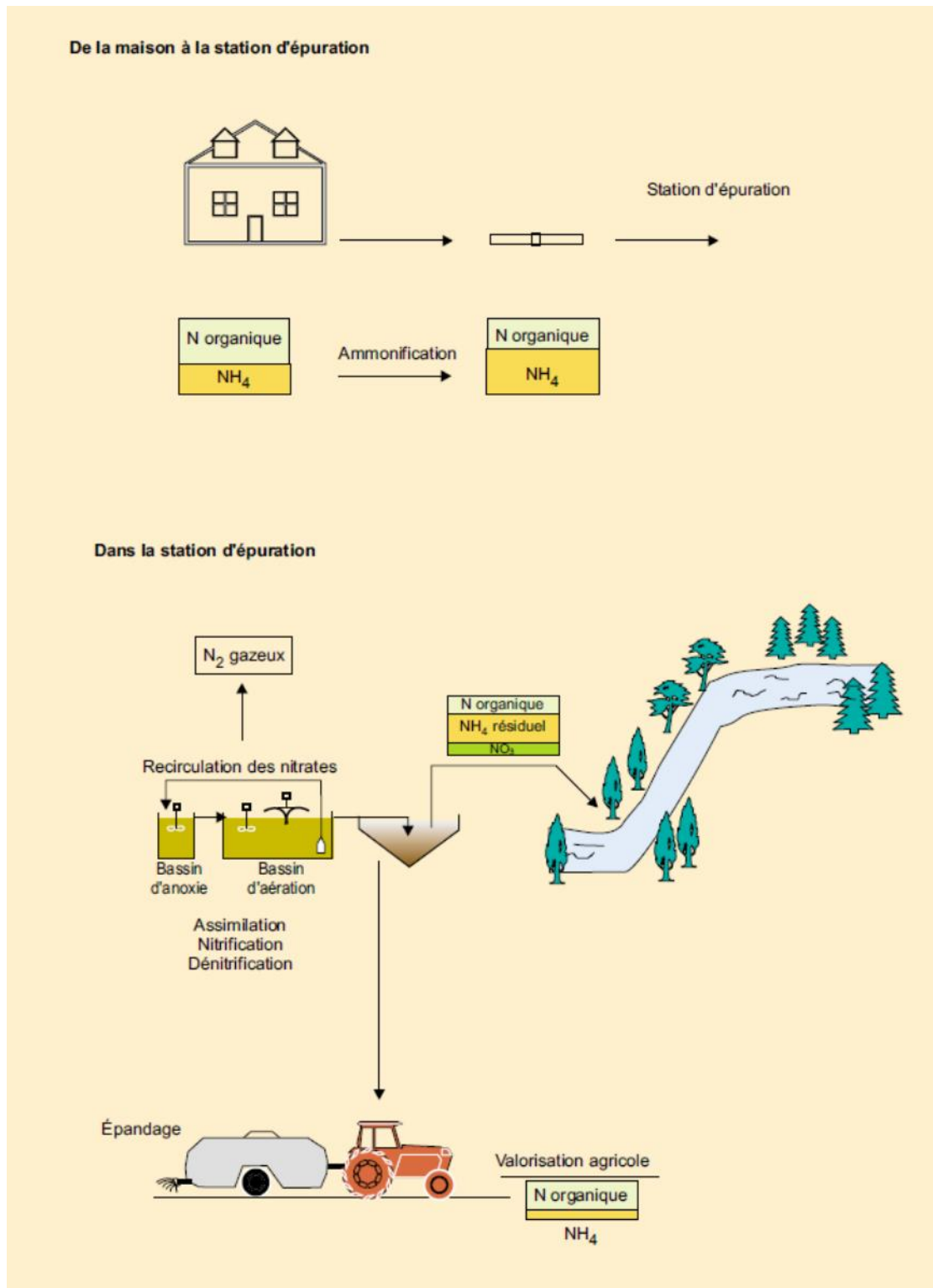
Est principalement un composant de :

- Protéines
- de polypeptides
- d'acides aminés et d'urées.

##### **4.3.2- Azote minérale**

, et l'azote est minéralisé, c'est-à-dire transformation de l'azote organique qui constitue la majeure partie de l'azote total

- NH<sub>4</sub>, Ammonium
- NO<sub>3</sub> Nitrate



### **II.4.4. Le mécanisme de l'élimination de l'azote**

L'azote peut être séparé des eaux par différents mécanismes : physique (par décantation lorsqu'il est lié aux matières en suspension), physico-chimique (stripping sous forme de gaz ammoniac lorsque le pH est basique, oxydations et réductions chimiques) et biologique (incorporation aux bactéries produites, transformation en nitrates puis en azote gazeux lors des processus de nitrification-dénitrification).

#### **II.4.4.1. Elimination physique de la pollution azotée**

##### **II.4.4.1.1. Décantation**

De nombreuses filières d'épuration comportent une décantation primaire, L'extraction des boues qui s'y accumulent permet naturellement de séparer la fraction de l'azote liée aux matières en suspension des eaux brutes retenues par l'ouvrage.

En fonction de la longueur et de la pente du réseau, l'élimination d'azote par décantation primaire est comprise entre 5 et 10 % de l'azote total reçu par temps sec, et plus en temps de pluie, en réseau unitaire, lorsque s'effectue un auto-curage du réseau.

Lorsque les boues primaires séjournent longuement au contact de l'eau, la libération progressive d'azote ammoniacal produit par la lyse des bactéries réduit le rendement de la décantation des influents bruts : c'est le cas pour les procédés extensifs d'épuration tels le lagunage naturel et le lagunage aéré ou encore pour les filières précédées par une fosse septique ou un décanteur-digesteur, de façon moindre d'ailleurs, pour lesquels on doit considérer que la part de l'élimination d'azote par la décantation primaire qui s'y effectue est négligeable (Groupement d'Antony 2001).

#### **II.4.4.2. Elimination physico-chimiques de la pollution azotée**

##### **II.4.4.2.1. Procédé par échange d'ions**

Le traitement des eaux par échange d'ions est un procédé ancien et largement répandu. Aux Etats-Unis, la première réalisation industrielle de dénitrification de l'eau potable par cette voie a été mise en application en 1974. En Grande-Bretagne, deux stations réalisées par l'Anglian Water Authority ont démarré en 1976 et en 1978. En France, il a fallu attendre l'agrément des résines anioniques en 1985.

### ➤ *Principe de l'échange d'ions*

Le principe d'échange ionique consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute sur un support insoluble, appelé échangeur d'ions, qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions dont la présence n'est pas gênante.

L'échangeur d'ions possède une capacité limite de stockage sur son support (capacité d'échange) et doit être régulièrement régénéré, par une solution fortement concentrée d'ions choisis.

Dans le cas de l'élimination des nitrates, on utilise des résines de type anionique (échangeurs d'anions). Comme la plupart des échangeurs, ces résines se présentent sous forme de billes de diamètre compris entre 0,4 et 0,8 mm, Ce sont des polymères de composés aromatiques comprenant des groupes ionisés de type basique.

Si on désigne par RI<sup>+</sup>, les groupements structuraux et fixes de la résine, la réaction peut se résumer de la façon suivante :



L'ion échangeable X<sup>-</sup> peut être Cl<sup>-</sup> ou HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Les anions nitrates ne sont pas les seuls retenus. Il existe même une sélectivité différente suivant l'espèce anionique. Des plus retenus aux moins retenus, l'ordre généralement cité est:



Ainsi, une eau riche en sulfates pourra être gênante dans l'élimination des nitrates, la résine fixant préférentiellement les sulfates.

### **II.4.4.3. Elimination biologique de la pollution azotée**

#### **II.4.4.3.1. L'ammonification**

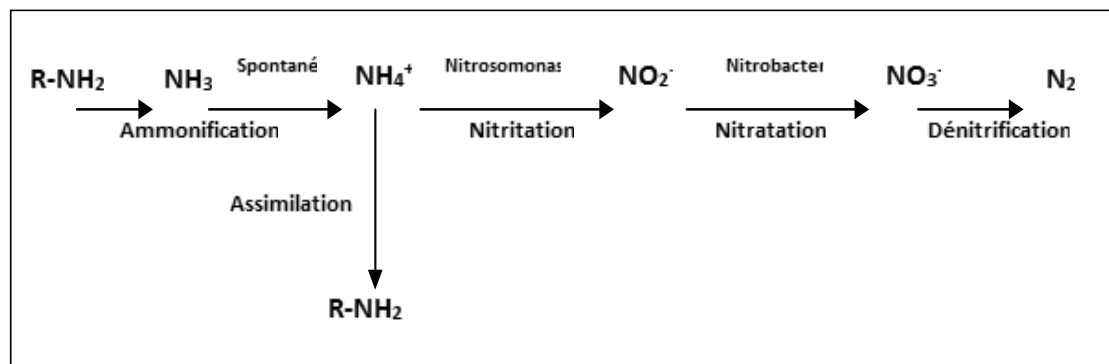
Elle est réalisée, par des germes hétérotrophes, elle ne permet pas de fournir un abattement en azote de Kjeldahl important mais simplement de fournir une source d'azote minéral pour que les bactéries puissent minéraliser et assimiler la pollution carbonée. L'azote minéral est transféré de la phase liquide vers la phase solide (biomasse) par assimilation et sera éliminée en fin de filière.

Les stations d'épuration soumises à des contraintes sévères en terme de rejets azotés (zones sensibles à l'eutrophisation) doivent compléter ce traitement par un traitement tertiaire qui permettra de transformer l'ammonium en diazote par les réactions de nitrification - dénitrification.

### II.4.4.3.2. Processus de nitrification

La nitrification est le processus biologique résultant de l'activité de microorganismes qui oxydent séquentiellement l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).

L'élimination de l'azote par voie biologique requiert des bactéries aux types trophiques très différents, les différentes formes de l'azote servant tour à tour de source d'azote, de source d'énergie et d'accepteur final d'électrons et de protons. Le processus peut être schématisé ainsi figure 12 (Kouakou, 2007) :



**Figure 12: Schéma réactionnel de la minéralisation de l'azote**

Ce schéma réactionnel d'apparence simple fait partie du cycle complexe de l'azote. Dans ce schéma, deux types de nitrification doivent être distingués:

- La nitrification **litho trophée** ou autotrophe est caractérisée par l'utilisation de substrats inorganiques comme source d'énergie pour la croissance bactérienne. Elle concerne deux groupes de bactéries spécialisées dans cette fonction ;
- La nitrification **hétérotrophe** est réalisée par des organismes hétérotrophes, elle concerne plusieurs groupes de bactéries, de champignons et d'algues, etc. elle est encore assez mal connue et peu maîtrisée (METAHRI S, 2012).

#### II.4.4.3.2.1. Notions microbiologique de la nitrification

##### a) Taxonomie

Les microorganismes nitrifiants tableau 1 se composent de deux groupes physiologiques de bactéries non phylogénétique ment liées (Watson et al, 1989). Dans la nature, elles vivent en communauté. Dans le cas des milieux de cultures tout comme en station d'épuration, elles ont la propension de coloniser les surfaces et croître en amas appelés agrégats biologiques (METAHRI S ,2012).

## CHAPITRE II

- Le premier groupe qui oxyde l'ammonium en nitrite est composé de bactéries nitrifiantes ou nitrifiantes, ou également appelées nitreuses. Ce groupe renferme plusieurs genres dont les noms portent le préfixe "nitroso".

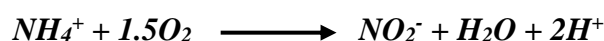
- Le deuxième groupe qui oxyde le nitrite en nitrate est constitué par les bactéries nitrifiantes (ou nitrifiantes). Le nom des genres porte le préfixe "nitro" (METAHRI S, 2012).

### II.4.4.3.2.2. Métabolisme nitrifiant

Les biomasses responsables de la nitrification ont un métabolisme autotrophe (Schmidt et al, 2002) et aérobie strict (Shin et al, 2005). On les retrouve dans plusieurs écosystèmes naturels notamment les eaux usées, les milieux aquatiques, les sols et les roches (Mansch et al, 1998 ; Bothe et al, 2000). Leur source d'énergie provient de l'oxydation de l'ammonium (les nitrifiants) ou du nitrite (les nitrifiants) en assimilant le CO<sub>2</sub> via le cycle de Calvin. Cependant, longtemps considérées comme exclusivement autotrophes, les bactéries nitrifiantes peuvent dans certaines conditions assimiler des composés organiques grâce à des métabolismes mixotrophes (se développent en utilisant à la fois des composés organiques et minéraux comme source de carbone et d'énergie.) (Féray, 2000). C'est le cas par exemple de *Nitrosomonas eutropha*, qui dans des conditions particulières d'anoxie peut simultanément nitrifier et dénitrifier (Schmidt et Bock, 1997).

### II.4.4.3.2.3. Métabolisme énergétique et schéma réactionnel de la nitrification

Le schéma réactionnel simplifié de la nitrification se subdivise en deux étapes successives bien connues de la littérature. La première étape mise en œuvre par l'espèce *Nitrosomonas* souche nitrifiante, correspond à l'oxydation de l'ammonium en nitrite (nitritation) au cours de laquelle l'oxygène moléculaire est consommé et l'ion ammonium sert de source d'énergie. Elle est suivie de l'oxydation du nitrite en nitrate (nitratisation) réalisée par l'espèce *Nitrobacter* souche nitrifiante, tableau 1. Le nitrite formé précédemment sert de source d'énergie. Les valeurs d'énergie libérées respectivement par ces processus sont reportées dans le tableau 2 Ces valeurs relativement faibles seraient à l'origine d'un faible taux de croissance des souches correspondantes (Henze et al, 1996).



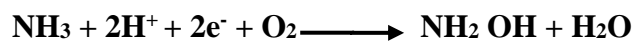
**Tableau 2: Énergie libérée lors du processus de la nitrification (Henze et al, 1996)**

Processus réactionnels	Energie libérée
$\text{NH}_4^+ + 1.5\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^-$	-270 kJ /mol N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
$\text{NO}_2^- + 0.5\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$	-80 kJ /mol N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>

**a. Oxydation de l'ammonium en nitrite : la nitritation**

En réalité, la nitritation proprement dite se déroule en deux étapes (Suzuki, 1974; Drozd, 1976; Jianlong and Ning, 2004) (Equations. suivantes) au cours desquelles l'ion ammonium s'oxyde d'abord en hydroxylamine (Hollocher et al, 1981), qui ensuite se réduit en nitrite. La formation de l'hydroxylamine serait catalysée par une enzyme, l'ammonium mono oxygénase (AMO) (Rees and Nason, 1966; Dua et al, 1979; Wood, 1986) alors que la réduction du nitrite est catalysée par l'hydroxylamine oxydoréductase (HAO) (Hooper and Terry, 1979).

Le substrat de l'AMO serait l'ammoniac NH<sub>3</sub> plutôt que l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Bock et al, 1991).



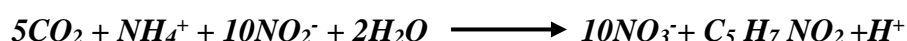
**a. Oxydation du nitrite en nitrate : la nitratisation**

La formation de nitrite résulte de deux réactions en série d'oxydoréduction, l'oxydation du nitrite en nitrate se déroule en une seule étape (Henze et al, 1996). La source du substrat est encore mal connue et pourrait être soit l'ion NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, soit l'acide nitrique non dissocié (Bock et al, 1986). Toutefois, selon les travaux de (Meinck et al, 1992), cette réaction impliquerait la nitrite-oxydoréductase (NOR), enzyme localisée dans le système membranaire des souches concernées (METAHRI S, 2012).

**b. Assimilation du carbone et acidification**

Les microorganismes nitrifiants utilisent usuellement le CO<sub>2</sub> comme source de carbone.

Cependant, ce dernier devra être réduit pour son assimilation par la biomasse en vue de la constitution cellulaire. Pendant la nitrification, l'assimilation du carbone se déroule simultanément avec l'oxydation des sources d'énergie correspondantes conduisant à la croissance des microorganismes telle que présentée par les équations suivantes (Henze et al, 1996). Ici, les microorganismes sont représentés par le composé C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> dit bio mole (METAHRI S, 2012).



Ces équations montrent que le processus de la nitrification est acidificateur (production de protons), notamment l'étape de la nitratisation (Henze et al, 1996).

### II.4.4.3.2.2. Capacité de Co-métabolisme des nitrifiant

Dans les processus de biodégradation, il est important de rappeler que deux situations peuvent se présenter en ce qui concerne la source de carbone et d'énergie :

Lorsque le polluant à dégrader sert de source de carbone ou d'énergie, celui-ci est qualifié de substrat primaire. Cependant, lorsqu'il ne sert pas de source de carbone ou d'énergie, il est considéré comme substrat secondaire, imposant aux microorganismes le besoin d'une source primaire. C'est le Co-métabolisme au cours duquel le substrat secondaire est dégradé au même moment que le substrat primaire (METAHRI S, 2012).

De cette manière, (Ely et al, 1997) affirment que les nitritants sont capables de dégrader des rejets industriels de type organochlorés, ainsi que des hydrocarbures halogénés (Ou et al, 1997), et des alcènes halogénés (Ensign et al, 1992; Hyman et al, 1995).

### II.4.4.3.2.3. Caractéristiques de la croissance des souches nitrifiantes en culture

Pendant la nitrification, une grande partie (80%) de l'énergie libérée par l'oxydation des sources d'énergie respectives ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_2^-$ ), est utilisée pour la fixation du  $\text{CO}_2$ , une autre sert à la croissance cellulaire (2 à 11% chez *Nitrobacter* par exemple) (Bock et al, 1986) et le reste sous forme de réserve (METAHRI S, 2012).

### II.4.4.3.2.4. Facteurs influençant la croissance et l'activité des bactéries nitrifiantes

Les facteurs principaux qui influencent la croissance des microorganismes nitrifiants sont divers. Cependant, en dehors de certaines substances toxiques auxquelles ils sont très sensibles (mercure, cyanure, etc.), on peut distinguer globalement les facteurs physiques et les facteurs biologiques. L'influence de ces deux catégories de facteurs est montrée par le modèle généralisé suivant (Henze et al, 1996).

$$\mu = \mu_{\max} \cdot f(S) \cdot f(\text{O}_2) \cdot f(\text{pH}) \cdot f(T)$$

En explicitant ce modèle et en estimant les constantes caractéristiques que contient l'expression

#### a) Temperature

La gamme des températures favorables à la nitrification est très large. La limite inférieure serait 5°C (Jones and Hood, 1980; Bouillot et al, 1992; Niquette et al, 1998), alors que la limite supérieure se situerait entre 40°C et 45°C (Gay, 1983; Henze et al, 1996). Dans cette large gamme, les microorganismes nitrifiants présentent une température optimale qui se situe entre 25 et 36°C. Cette température optimale, souvent discutée, se justifie par une variété des conditions de culture, des



souches privilégiées dans la culture et de la nature du substrat.

### **b) Teneur en oxygène dissous**

Le comportement des microorganismes nitrifiants en milieu sous aéré laisse prévoir que ceux-ci sont sensibles aux concentrations en oxygène dissous. Leurs constantes d'affinité sont faibles et se situent dans l'intervalle 0.15 - 2.0 mg.l<sup>-1</sup> (USEPA, 1990 ; Henze et al, 1996). Suite à une baisse persistante du niveau de l'oxygène, les espèces Nitrosomonas et Nitrobacter peuvent abaisser leurs constantes de saturation en oxygène.

Cependant, Nitrosomonas présente une relativement plus grande affinité pour l'oxygène, ce qui constitue un avantage pour cette espèce à pouvoir nitrifier en milieu faiblement aéré (Laanbroek and Gerards, 1993).

### **c) PH**

La vitesse de nitrification n'est pas influencée par le pH dans une gamme comprise entre 7,2 et 8,5. Un pH un peu plus acide (supérieur à 6,5) ou un peu plus basique peut la ralentir, bien que les bactéries puissent s'adapter à ces conditions. En deçà de 6, la nitrification est complètement inhibée ce qui est également le cas pour les pH très basiques.

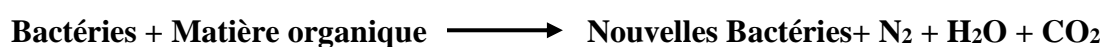
Une alcalinité très faible de l'eau potable couplée à une introduction importante d'eaux claires parasites est susceptible de conduire à une acidification de la culture bactérienne. Dans ce cas, de la Chaux doit être ajoutée en tête de traitement.

### **d) Concentration en produits d'oxydation**

En situation de substrat non limitant, les bactéries nitrifiantes peuvent être inhibées par les produits de leur propre activité biologique. Ainsi, les produits d'oxydation (notamment le nitrite et le nitrate) peuvent être inhibiteurs respectivement pour les genres Nitrosomonas et Nitrobacter à des concentrations extrêmement élevées (300 - 4000 mg.l<sup>-1</sup>), quasi-inexistantes dans l'environnement (Bock et al, 1989).

#### **II.4.4.3.3. Processus de la dénitrification**

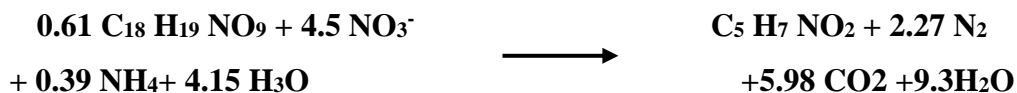
La réaction d'assimilation de matière organique par les bactéries hétérotrophes en l'absence d'oxygène dissous et de présence de nitrates peut être représentée par la réaction suivante:



Cette réaction est dite « de dénitrification » car elle se traduit par la réduction des nitrates en azote moléculaire (N<sub>2</sub>), gaz qui retourne à l'atmosphère. Cette transformation est également appelée

## CHAPITRE II

réduction dissimilative. La dénitrification est le mécanisme qui permet à un grand nombre de bactéries hétérotrophes – vis-à-vis du carbone – aérobies facultatifs de couvrir leurs besoins énergétiques à partir des nitrates lorsque l'oxygène dissous fait défaut. Ces germes qui ont besoin de carbone organique utilisent préférentiellement l'azote ammoniacal pour couvrir leurs besoins d'azote. De nombreuses bactéries (environ 50 % des espèces présentes en station d'épuration) seraient susceptibles d'effectuer cette « respiration des nitrates ». (Groupement d'Antony, 2001). La dénitrification biologique peut être décrite par cette autre réaction :



Cette réaction de dégradation de la matière organique, toutes autres conditions égales par ailleurs, est plus lente que celle qui se produirait en présence d'oxygène. Elle est d'autant plus lente que le carbone disponible est moins rapidement biodégradable (étape d'hydrolyse préalable du carbone exogène requise ou production du carbone endogène par lyse des bactéries).

- La dénitrification d'un gramme d'azote nitrique assure une dégradation de substrat carboné équivalente à celle obtenue avec 2,85 g d'oxygène.
- La dénitrification assure une restitution d'alcalinité égale à la moitié de la consommation nécessaire à la nitrification : 1 kg d'azote nitrique dénitrifié est de ce point de vue équivalent à l'addition de 1,95 kg de chaux vive CaO. (Groupement d'Antony, 2001).

### II.4.4.3.3.1. Condition de la dénitrification

#### a) Oxygène dissous

La dénitrification ne se produit de manière significative que si la concentration d'oxygène dissous dans le milieu est nulle. Cette absence d'oxygène est nécessaire pour que les bactéries adoptent une voie métabolique plus complexe, lente et énergétiquement plus coûteuse que celle utilisant directement l'oxygène dissous.

#### b) Charge

La dénitrification est d'autant plus rapide que la quantité de carbone disponible est importantes que ce carbone est rapidement biodégradable. Le carbone rapidement biodégradable est essentiellement constitué de petites molécules (comme les acides gras volatiles) et peut être estimé en première approximation par la DCO de l'eau usée filtrée. Pour une eau usée donnée, la vitesse de dénitrification est une fonction croissante de la pression de carbone exercée sur la biomasse.

Les processus de nitrification et de dénitrification étant souvent mis en œuvre au sein de la même culture bactérienne, il s'agit donc de trouver un compromis entre la nécessité de travailler à faible

## CHAPITRE II

charge pour favoriser le processus de nitrification et l'intérêt de maximiser la vitesse de dénitrification en maximisant la charge appliquée.

### c) **Temperature**

La température influe peu sur la vitesse de dénitrification lorsque ses variations sont progressives (acclimatation des bactéries) et que le substrat carboné interstitiel rapidement assimilable est peu abondant.

En revanche, une variation brutale de température (exposition du soleil, par exemple : voile de boues des décanteurs secondaires, éprouvettes) active de manière très nette la dénitrification et l'on constate alors des remontées de boues entraînées par de petites bulles d'azote gazeux.

De même, lorsque le substrat rapidement assimilable est abondant (bassins d'anoxie en tête de station d'épuration ou dénitrification tertiaire avec ajout de carbone rapidement assimilable), la vitesse de dénitrification peut être exprimée en fonction de la température et de la charge en substrat par l'équation :

$$V_{\text{dénit T}} = B \times \Theta^{T-20} \times C_V$$

**B**: constante

**V<sub>dénit T</sub>**: vitesse de dénitrification à la température T (mg N / l .h)

**T** : température (°C)

**Θ** : coefficient correctif : valeur retenue = 1,05. Pour un bassin d'anoxie en tête

**C<sub>V</sub>**: charge volumique en DCO (DCO apporté/m<sup>3</sup> de réacteur. Jour)

### d) **PH**

Les pH optimaux se situent entre 6,5 et 7,5 et ne constituent donc pas un facteur particulièrement limitant dans la plupart des cas de stations d'épuration. En milieu faiblement tamponné, des pH acides pourraient conduire à des réductions incomplètes des nitrates aboutissant à des oxydes nitriques et nitreux, Encore convient-il de souligner que la dénitrification ne peut être que postérieure à la nitrification et qu'il convient d'abord de maintenir le pH à des valeurs proches de la neutralité pour assurer la nitrification.

### **II.5. Conclusion**

Parmi les plaintes contre la pollution azotée et les atteintes à la santé publique d'une part, d'autre part, la fortification des rivières, lacs et réservoirs en nutriments reste l'un des principaux problèmes.

Rappelons que l'eutrophisation est un enrichissement en nutriments (composés d'azote et de phosphore utilisés par l'activité industrielle et agricole).

Les conséquences de l'enrichissement des eaux de surface en nutriments sont multiples : développement excessif d'algues qui augmente sa turbidité, change sa couleur et peut être source d'odeurs désagréables, De plus, un traitement adéquat des eaux usées par un canal de dimension et d'exploitation appropriés est plus que nécessaire, afin de réduire les flux de pollution rejetés dans le milieu naturel et d'éliminer tous les effets indésirables.

***CHAPITRE III :***  
***matériel et méthodes***

### III.1. Introduction

La station d'épuration de Touggourt couvre un tiers de la population de la ville, à partir des matérielle permettant un traitement physique et chimique de l'entrée de l'eau polluée à sa sortie vers le milieu récepteur, Le pourcentage de polluants dans l'eau est analysé à l'entrée et à la sortie par des appareils et méthodes que nous découvrirons dans ce chapitre.

### III.2. Description de la station d'épuration de Touggourt

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

Latitude : 33° 16' Nord. Longitude : 6° 04' Est. Située au Nord Est la wilaya d'Ouargla. Elle a été mise en service le 20/11/1993 et réhabilitée en 2004 extraite aujourd'hui une partie des rejets d'eaux usées déversées par la ville de Touggourt. L'office National d'Assainissement est chargé de son exploitation.

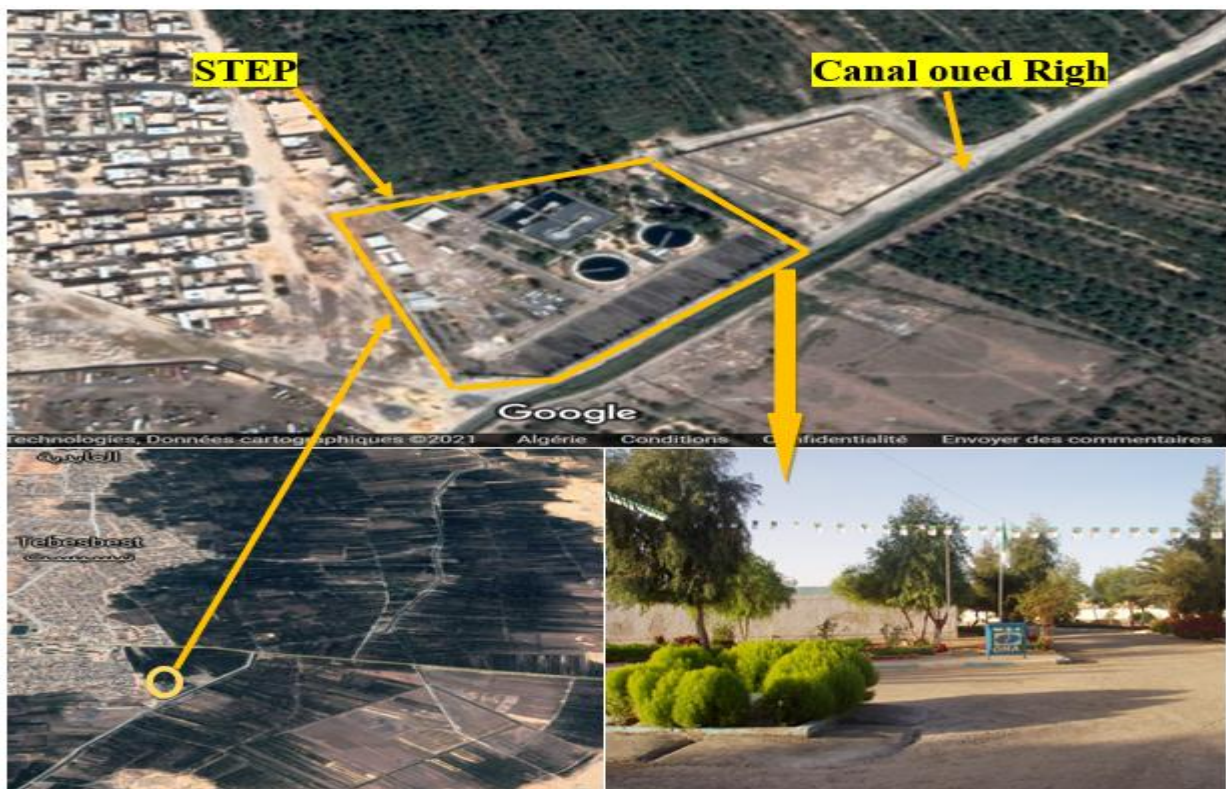


Figure 13: localisation de la station d'épuration des eaux usée de Touggourt

### III.2.1 Données techniques

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

- ✓ Débit moyen : 9 360 m<sup>3</sup>/j ;
- ✓ Débit de pointe : 670 m<sup>3</sup>/h ;
- ✓ Demande biologique en oxygène(DBO) : 54g/habitant ;
- ✓ Charge moyenne de DBO/j : 3 375kg/j ;
- ✓ Charge moyenne de DCO/j : 5 625kg/j (source : S.T.E.P Touggourt, 2008).

### III.2.2. Etapes de traitement

Comme le montre la figure 14, le plan de traitement consiste en une installation conventionnelle à boues activées dans laquelle les eaux usées entrant passent à travers le dégrillage et le dégraissage, puis entrent directement dans deux bassins d'aération. Après le traitement secondaire dans ces bassins d'aération, l'eau passe dans deux bassins de décantation et finalement dans une chambre de désinfection avant d'être rejetée dans les eaux réceptrices. (S.T.E.P Touggourt, 2008)

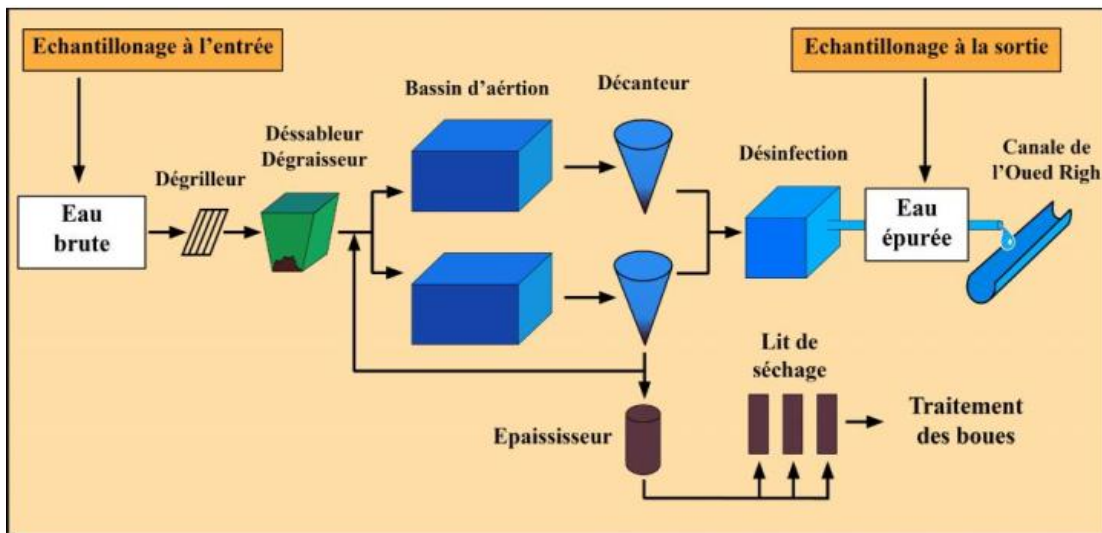
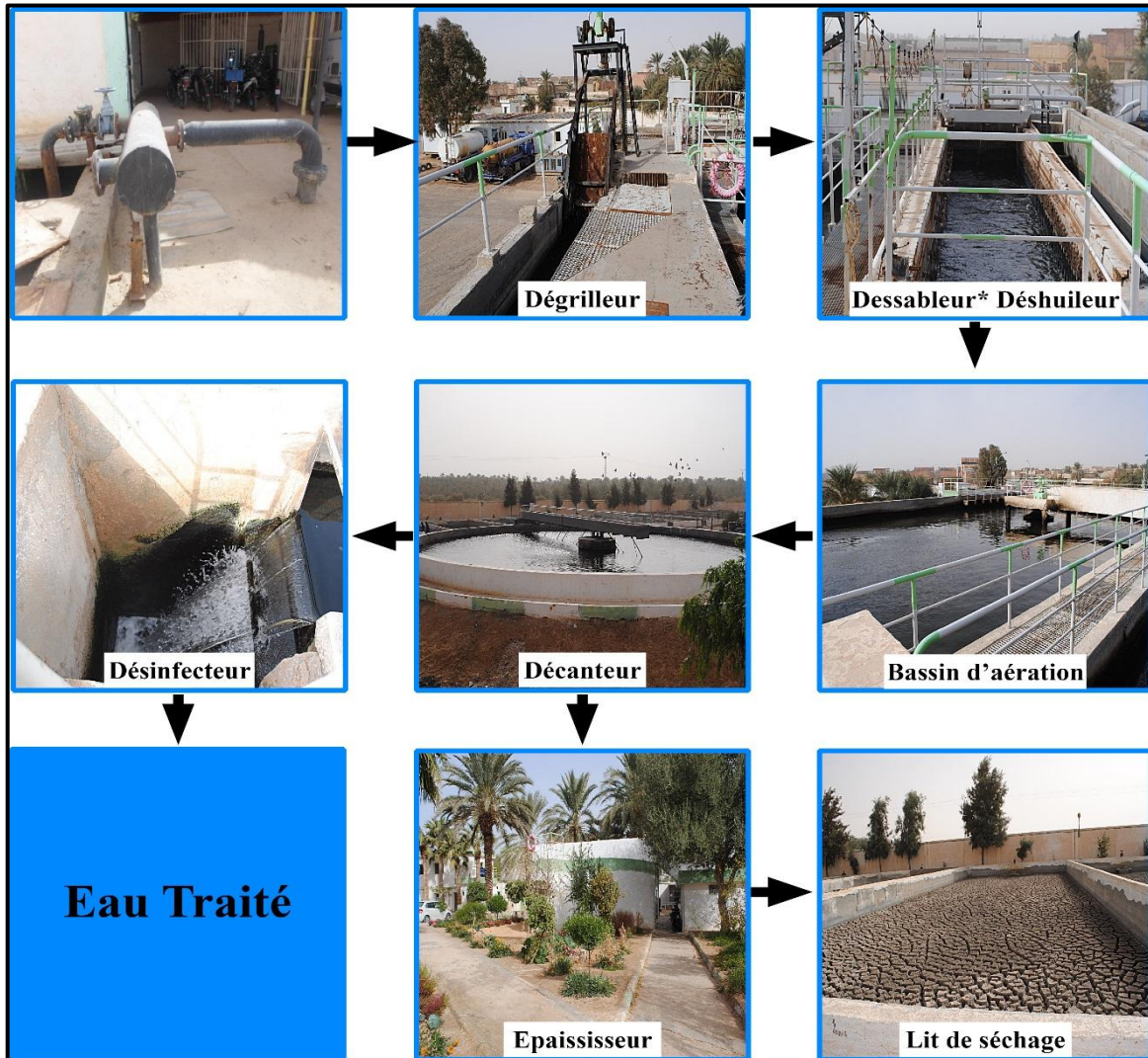


Figure 14: Schéma de procédé d'épuration des eaux usées de la STEP de Touggourt.

**III.2.3. Equipement de la station**



**III.2.3.1. Station de refoulement :**

L'eau brute arrivée sous pression par une conduite de refoulement à partir de réseau de la ville, l'eau chargée coule gravitaire ment dans un canal de 800 mm de large. Au moment où le débit se présente, on démarre une seule pompe de relevage.

Hauteur manométrique totale : 06 m

Débit de chaque pompe : 586 m<sup>3</sup>/h

Marque : HOMA

Puissance : 55 Kw



### **III.2.3.2. Le dégrilleur :**

Ce dégrillage prendra place dans un regard en tête de la station, après le poste de relevage.

L'installation comporte:

- Une grille mécanisée, type inclinée.
- Une grille de by-pass à raclage manuel.

Largeur du canal : 800 mm

Hauteur d'eau : 400 mm

Surface mouillée : 0.32 m<sup>2</sup>

Espace entre barreaux : 20 mm

Epaisseur des barreaux : 40 mm

Angle d'inclinaison : 60°

### **III.2.3.3. Dessableur-déshuileur:**

L'eau dégrillée passe dans le dessableur-deshuileur aéré. L'aération du dessableur-deshuileur est assurée par 02 surpresseurs d'air.

Le sable décanté est évacué par une pompe à sable submersible portée par un pont racleur qui fait le " va- et- vient", il est évacué dans un container en acier galvanisé.

Les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation, elles sont raclées en surface pour être récupérées dans un container à huile.

Longueur: 15 m

Largeur du dessaleur: 2 m

Largeur du deshuileur: 1.10 m

Hauteur d'eau maximum: 2.65 m

Dispositif d'aération (Suppresseur): 02

Débit: 70 m<sup>3</sup>/h

### **III.2.3.4. Le bassin d'aération : (Traitement biologique)**

L'eau est répartie dans deux bassins d'aération rectangulaires. L'apport en oxygène est assuré par 04 turbines d'aération, l'eau aérée est transférée vers les deux décanteurs à partir de deux goulottes installées latéralement.

Capacité de traitement en DBO<sub>5</sub>: 3.375 kg/j

Volume utile du 02 bassin : 7.200 m<sup>3</sup>

Longueur: 40 m

Largeur: 20 m

Profondeur d'eau: 4.5 m

Temps de passage moyen: 18.5 h

### **III.2.3.5. Décanteur secondaire :**

L'eau décantée est évacuée par des lames déversâtes crantées disposées réglementer sur le pourtour du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goulotte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration.

Hauteur périphérique: 2.60 m

Dianext.: 24 m

Surface unitaire: 452 m<sup>2</sup>

Volume cylindrique : 1.175 m<sup>3</sup>

Temps de passage moyen: 3.5 h

### **III.2.3.6. Bassin de chloration:**

La désinfection 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 une conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued Righ.

Longueur: 15.7 m

Largeur: 6 m

Profondeur utile: 2.96 m

Profondeur totale: 3.20 m

Volume utile: 278.8 m<sup>3</sup>

Temps de séjour pour le débit de pointe: 27 min

### III.2.3.7. Vis d'Archimède (boues de recirculation) :

Les boues proviennent des fonds des deux décanteurs. Elles sont raclées et collectées dans la fosse centrale à partir de laquelle, elles sont transférées gravitairement vers une bêche à boues par une conduite. La plus grande partie, dite " boues recirculation" est recyclée vers le bassin d'aération et l'autre partie, dite "boues en excès" est pompée vers l'épaississeur.



**Figure 15: Vis d'Archimède**

Débit de vis : 500 m<sup>3</sup>/h

Débit de pompe 384m<sup>3</sup>/h

Hauteur de relevage : 1.05 m

Angle: 30

Diam. Vis : 0.85 m

Diam. Poutre: 0.455

Hauteur de remplissage : 0.565 m

Longueur vis : 3.23 m

Puissance installée : 4 kW

Vitesse d'entrée/sortie : 1500/50 T/min

Rendement de réducteur : 97 %

Rendement accouplement : 98 %

### **III.2.3.8. L'épaississeur (boues en excès) :**

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 pelle tables

Débit de pompe : 20 m<sup>3</sup>/h

Hauteur cylindrique : 4.3 m

Hauteur d'eau en périphérie : 4 m

Diamètre : 8 m

Profondeur conique : 0.5 m

Surface : 50 m<sup>2</sup>

Volume : 208 m<sup>3</sup>

Temps de stockage : 3.3 jour

Vitesse de rotation : 450 T/min

Concentration atteinte : 4 à 6 %

Volume moyen des boues épaissies: 62.5 m<sup>3</sup>/j

### **III.2.3.9. Les lits de séchage:**

Après épaississement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues expansées à l'air libre subissent une double déshydratation : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité).

Longueur: 25 m

Largeur: 8 m

Surface unitaire : 200 m<sup>2</sup>

Nombre de lits: 16

Hauteur de remplissage: 0.4 m

Volume total annuel vers le lit de séchage: 18.250 m<sup>3</sup>/an

## **III.3. Les méthodes d'analyse :**

### **III.3.1. Analyses physico-chimiques :**

#### **III.3.1.1. Mesure la température et l'oxygène dissous**

- **Matériel:**

Multi-paramètre muni.

### III.3.1.2. Mesure de la matière en suspension MES:

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration.

- **Principe :**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenus par le filtre est déterminé par pesées différentielle.

- **Matériel :**

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression
- Disque filtrants en fibre de verre.
- Etuve

### III.4. Analyses des paramètres indicateurs de pollution

#### III.4.1. La demande chimique en oxygène (DCO)

**Le but :**

L'objectif de ce protocole est de définir la procédure pour mesurer la demande chimique en oxygène (DCO).

- **Principe :**

L'échantillon est chauffé pendant 2 heures en présence d'un oxydant (le dichromate de potassium). Les composés organiques oxydables réagissent l'ion bichromate en ion chromique de couleur verte.

- **Matériels :**

- Cuve ronde.
- Spectrophotomètre UV.
- thermoréacteur (CR 2200).
- Pipette.

- **Réactifs:**

- Boîte de réactif : LCK 514 (90% d'acide sulfurique, sulfate de mercure, agent sulfate).

#### III.4.2. La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

- **Principe :**

C'est une méthode manométrique avec des manomètres de marque DBO Sensor à affichage numérique qui se fixe directement sur le flacon DBO, Il permet de mesurer la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader la matière organique dans l'eau.

- **Matériels :**

- Bouteille DBO Sensor.
- Armoire thermorégulatrice.

- **Réactifs :**

- NaOH.
- inhibiteur de nitrification

### III.4.3. Dosage de Nitrate $\text{NO}_3^-$ :

- **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium.
- Acide sulfurique concentré.
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.
- Solution mère étalon d'azote nitrique.
- Solution fille étalon d'azote nitrique.

- **Matériels :**

- Etuve.
- Spectrophotomètre.

### III.4.4. Dosage de Nitrite $\text{NO}_2^-$ :

- **Principe :**

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

- **Réactifs :**

- Ammoniaque pure
- Réactif de zambelli :
  1. Acide chlorhydrique pure

2. Acide sulfanilique
3. Phénol cristallisé
4. Chlorure d'ammonium
5. Eau distillée

- **Matériels :**

- Etuve.

### **III.4.5. Azote ammoniacal N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:**

- **Principe:**

L'ammonium est libéré par l'ajout d'une base avant d'être distillé dans une solution d'acide borique.

Dosage de l'ion d'ammonium du distillat par titrimétrie avec de l'acide titré.

- **Réactifs :**

- Eau, exempte d'ammonium
- Acide chlorhydrique
- Hydroxyde de sodium
- Acide borique indicateur,

- **Matériels :**

Distillateur kjeldahl

### **III.5. Description et collecte des données**

Une base de données journalière décrivant l'exploitation de la STEP de Touggourt pendant une période d'une année avec un total de 150 vecteurs de données a été obtenue. Les données ont été échantillonnées et analysées tous les 2 à 3 jours entre 8 heures et 10 heures lorsque la station a reçu le débit de pointe. Les échantillons sont prélevés à travers : l'influente la station (qui se trouve dans la fosse principale de collecte des eaux usées avant le dégrillage), et les effluents de la station (qui se trouvait dans la fosse de mesure et du contrôlées eaux épurées). Les paramètres étudiés ont été choisis parmi ceux couramment utilisés dans les procédés de traitement aérobie des eaux usées que l'on trouve dans la littérature. Ces données proviennent de différentes sources. Les paramètres effectués sur le terrain juste après le prélèvement des échantillons comprennent le débit, la température, la conductivité électrique et le pH. Les paramètres analysés au laboratoire du Centre de recherche scientifique et technique pour les zones arides (CRSTRA-Touggourt), incluent, OD, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>.

### III.5.1. Normes de rejets dans un milieu récepteur

En termes d'épuration, les eaux traitées sont rejetées dans l'environnement, généralement dans le milieu naturel récepteur précis : rivière, lac, mer, etc. Il est institué des contrôles périodiques et inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets (Thomas, 1995)

#### III.5.1.1. Normes de rejets international

Des normes commencent à être établies pour les divers usages de l'eau qui précisent les teneurs limitées des différents composants dissous ou transportés pour permettre une utilisation sans risque.

Parmi les normes de rejet internationales appliquées dans le but de préserver un environnement sain, on peut citer les plus répondues (Bechak et Boutin et Mercier, 2003).

##### III.5.1.1.1. Selon l'OMS

Les normes caractéristiques par la suppression de certains éléments contenus dans l'eau usées sont notées dans le tableau (Traitement proposé pour répondre aux critères sanitaires applicables à la réutilisation des eaux usées selon l'OMS) (Mekkaoui et Hamdi, 2006).

**Tableau 3: Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971)**

Paramètres	Bonne ou très bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise
O <sub>2</sub> dissous Mg/L	>5	≥ 3	≥ 1	< 1
O <sub>2</sub> dissous %	≥70	≥ 50	≥ 10	< 10
DBO <sub>5</sub> Mg/L	≤ 5	≤ 10	25	>25
DCO Mg/L	≤ 25	≤ 40	80	> 80
NO <sub>3</sub> Mg/L	≤ 25	≤ 50	80	> 80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Mg/L	≤ 0.5	≤ 2	8	>8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> Mg/L	≤ 0.3	≤ 1	> 1	-
MES Mg/L	≤ 70	-	> 70	-
PH	≥ 6.5 et ≤ 8.5	-	< 6.5 ou > 8.5	-



### III.5.1.2. Normes Algériennes :

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

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau 4

**Tableau 4: les valeurs limites maximales de rejet selon les normes Algériennes**

Les paramètres	Les valeurs maximales	Unités
Températures	30	C°
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/l
DBO <sub>5</sub>	35	Mg/l
DCO	120	mg/l
Azote Kjeldahl	30	mg/l

### III.6. Conclusion

Cette étude nous permet d'évaluer la qualité de l'eau après traitement par rapport aux normes internationales et algériennes, et celle-ci est analysée grâce à des appareils spécialisés dans la mesure du pourcentage de polluants avant et après traitement.

***CHAPITRE: IV  
RESULTATS ET  
DISCUSSIONS***

## CHAPITRE IV

### IV.1. Introduction

Dans ce chapitre on va présenter des courbes graphiques pour estimer les performances de la station par rapport aux normes. Cette présentation a été faite sur les paramètres de qualité pour les eaux brutes et les eaux épurées afin de construire un aperçu globale sur cette station, et ses rendements en particulier les paramètres azotiques. Cette étude a été réalisée sur la base des données de 9 mois d'exploitation d'octobre 2016 jusqu'au juin 2017 pour la T, OD, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> à l'entrée et à la sortie de la station. On a utilisé pour cette étude le logiciel de calcul statistique (EXCEL).

### IV.2. Paramètres de pollution :

On va résumer dans les tableaux 5 et 6 les principales caractéristiques descriptives de la qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la station durant la période d'étude de la STEP de Touggourt et l'observation de variation de chaque paramètre.

Pour les données d'entrée de la station, on constate que les valeurs de l'écart-type des paramètres de pollution sont assez variées dues principalement à la variabilité moyenne de la charge polluante à l'entrée de la STEP.

L'analyse de l'écart-type annuelle de la DBO<sub>5</sub> à la sortie montre que la station de Touggourt est statistiquement stable pour la période d'étude. (Une station est statistiquement stable lorsque l'écart-type pour la DBO<sub>5</sub> des effluents est inférieur à 10 mg/l, et l'écart-type pour la MES des effluents est inférieur à 70 mg/l) (Nikuet *al.*,1982).

**Tableau 5: Synthèse de l'analyse statistique des données à l'entrée de la STEP de Touggourt**

	Nomenclature	Unité	Min	Max	Moy	Ecart-type
Demande biochimique en oxygène	DBO <sub>5</sub>	mg/l	90,00	240,00	146,1745	33,26485
Demande chimique en oxygène	DCO	mg/l	79,00	398,00	258,2584	63,68282
Azote Ammoniacale	NH <sub>4</sub>	mg/l	18,03	52,29	35,4451	5,56323
Oxygène dissout	O.D	mg/l	0,08	1,15	0,1973	0,13892
Matière en suspension	MES	mg/l	100,00	542,00	238,9866	103,95435
Température	T	°C	18,20	33,00	25,6554	3,47961
Nitrites	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,21	3,62	0,7998	0,51637
Nitrates	NO <sub>3</sub>	mg/l	0,02	5,61	1,5280	1,40357

## CHAPITRE IV

**Tableau 6: Synthèse de l'analyse statistique des données à la sortie de la STEP de Touggourt**

Paramètre	Nomenclature	Unité	Min	Max	Moy	Ecart-type
Demande biochimique en oxygène	DBO <sub>5</sub>	mg/l	7,00	28,00	14,3389	3,26233
Demande chimique en oxygène	DCO	mg/l	12,00	40,00	25,0738	6,30030
Azote Ammoniacale	NH <sub>4</sub> e	mg/l	0.2	7.2	2.22	1.9
Oxygène dissout	O.D	mg/l	1,21	6,93	3,8603	1,26666
Matière en suspension	MES	mg/l	8,56	52,42	23,1116	7,97703
Température	T	°C	13,10	30,70	24,0805	3,90416
Nitrites	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,02	2,49	0,5750	0,41637
Nitrates	NO <sub>3</sub>	mg/l	0,02	33,93	9,1900	10,03854

### IV.3. Evaluation de la pollution organique des eaux brutes

#### IV.3.1. Rapport de biodégradabilité :

Le rapport de biodégradabilité K est défini par  $K = DCO/DBO_5$ , il représente la fraction de la DCO qui est biodégradable [7].

**Tableau 7 : Caractéristiques du rapport de biodégradabilité « K ».**

Valeur de K	Caractère de l'effluent
1,5	Bonne biodégradabilité
2 A 3	Biodégradabilité moyenne
4 A 5	Biodégradabilité faible
> 5	Non biodégradable

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées brutes entrantes à la STEP de Touggourt, le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne un aperçu très important afin d'estimer le degré de pollution de ces eaux (Tableau 8).

## CHAPITRE IV

**Tableau 8: rapports exprimant la pollution organique des eaux brute de la STEP de Touggourt**

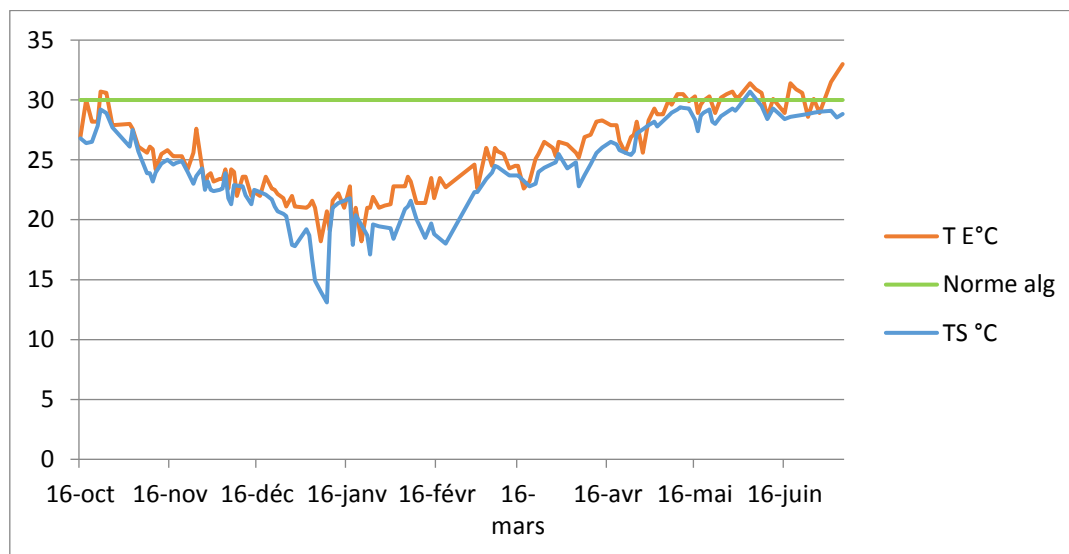
Matière	DCO/DBO <sub>5</sub>
<b>Moyenne</b>	<b>1,78</b>
<b>Minimum</b>	<b>0,72</b>
<b>Maximum</b>	<b>2,80</b>

D'après le tableau 8 on note que ce rapport est varié entre 0.72 et 2.22, ce qu'implique que les eaux brutes entrantes à la STEP sont biodégradables avec un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> inférieur à 3, même s'ils contiennent des charges polluantes élevées et assez variées (Petry et al., 2002).

### IV.4. Rendement d'épuratoires de la STEP de Touggourt

Les courbes graphiques ci-dessous expriment les variations de la concentration des différents paramètres physico-chimiques des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP de Touggourt.

#### IV.4.1. La température



**Figure 16: Représentation graphique de la variation de la Température à l'entrée et à la sortie de STEP de Touggourt (2016-2017).**

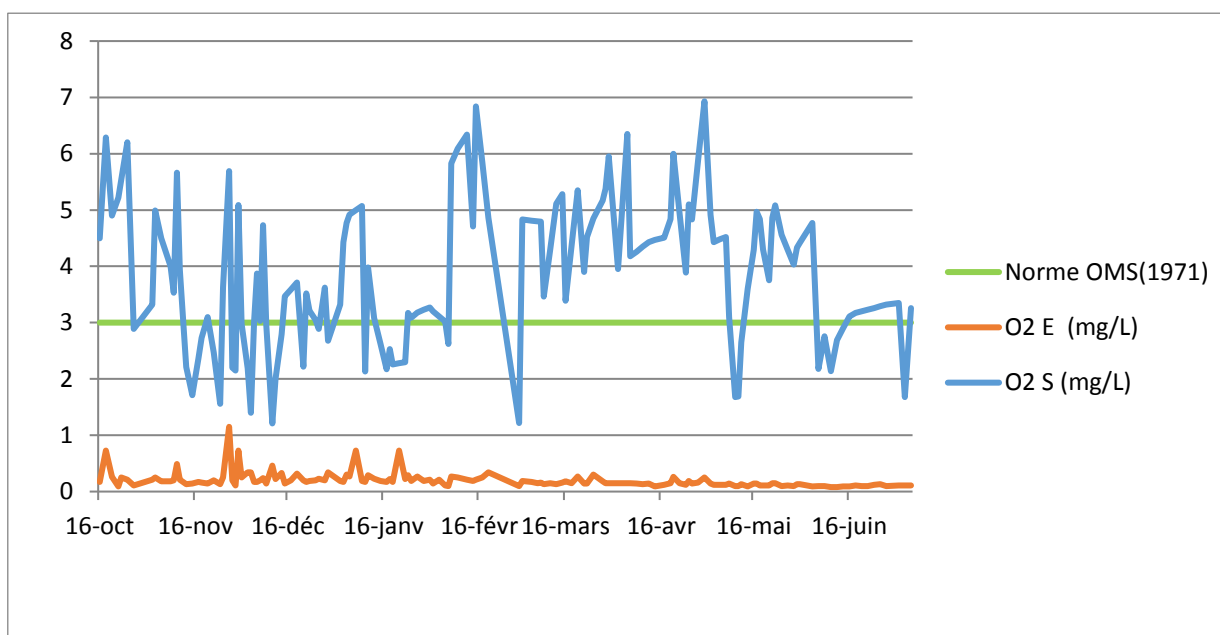
D'après la figure 16, on remarque que les valeurs de la température à l'entrée varient entre 18.2 et 33 °C, et entre 13,1 et 28 °C à la sortie en dessous de 30 °C (Norme algérienne). Et On remarque aussi que les valeurs sont approchées dans les mois octobre jusqu'à décembre et mai jusqu'à juin. Et elles sont divergentes dans les mois janvier jusqu'à avril, le maximum de divergence est dans le mois de janvier (18.2 C° entrée et de 13.5C° du sortie).

## CHAPITRE IV

Avant que l'eau n'entre dans la station, elle est dans un réseau d'assainissement (milieu fermé) Ceci explique la température élevée de l'eau à l'entrée, et la diminution de la température de l'eau à la sortie de la station est due à plusieurs facteurs, dont le fait qu'elle soit devenue en milieu libre, ainsi que son transfert d'un procédé de traitement à un autre et le fait d'être soumis à une aération dans le bassin d'aération.

### IV.4.2. Oxygène dissout

D'après la figure 17, l'oxygène dissout au cours de la période d'étude est très faible dans les eaux d'entrée, il varie de 0,08 à 0.7 mg/l et entre 2.4 mg / l et 6,2 mg/ l dans les eaux de sortie.



**Figure 17: Représentation graphique de la variation de l'OD à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

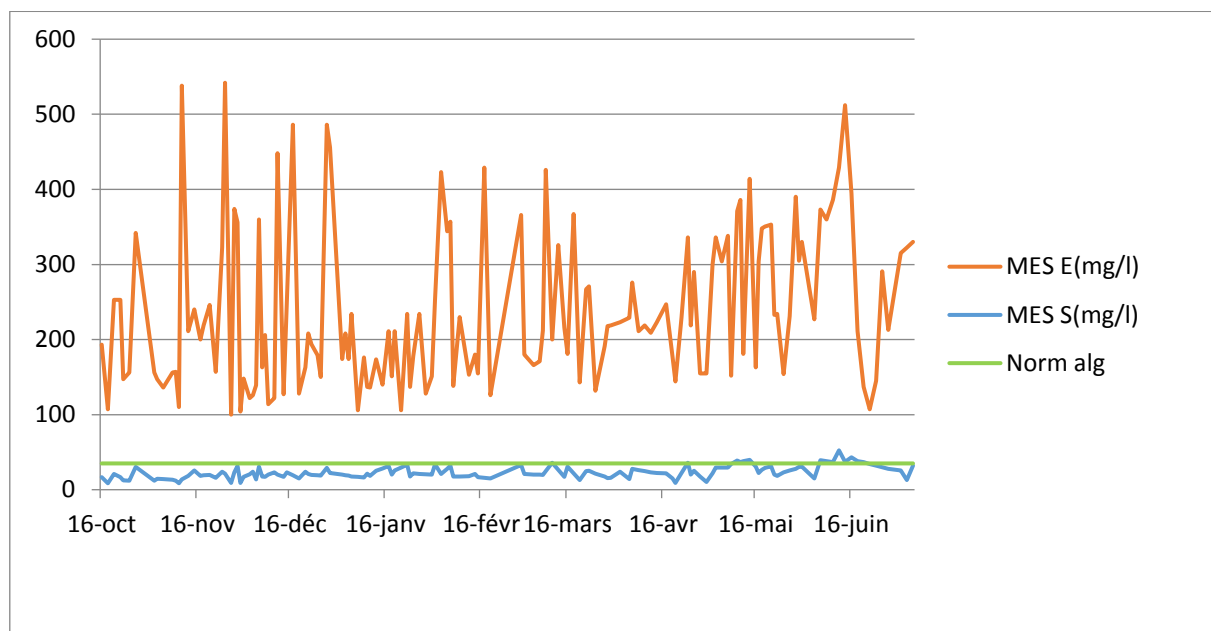
On remarque sur le graphique que les teneurs d'O2 dissous de l'eau à l'entrée de la station (avant traitement) sont faibles par rapport à la sortie. Les valeurs les plus élevées à l'entrée de la station ont été enregistrées en janvier, c'est-à-dire pendant la période hivernale, et les valeurs les plus faibles étaient d'environ 0,08 et enregistrer pendant la période estivale. La raison en est l'utilisation fréquente de l'eau pendant la période hivernale, car la nature de l'eau dans la région et albien et donc elle est abondante dans le réseau d'assainissement, ce qui entraîne une augmentation de l'O2 dissous dans l'eau. L'inverse se produit pendant la période estivale, la diminution de l'O2 dissous dans l'eau est causée par la diminution de l'utilisation de l'eau, en particulier l'utilisation domestique.

Nous remarquons également sur le graphique que les valeurs d'OD dans l'eau sont élevées à la sortie de la station, cette augmentation peut être expliquée par la présence de l'aération artificielle et

## CHAPITRE IV

la diminution de la charge polluante dans ces eaux. La variabilité de l'OD dans les eaux traitées peut également être due au taux d'oxygène fournis par les aérateurs des bassins d'aération. Les concentrations en OD à la sortie de la STEP respectent les normes de l'OMS (3mg/l), sauf dans la période hivernale où on constate que les valeurs d'OD sont inférieures à la norme.

### IV.4.3. Matières en suspension (MES)



**Figure 18 : Représentation graphique de la variation de MES à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

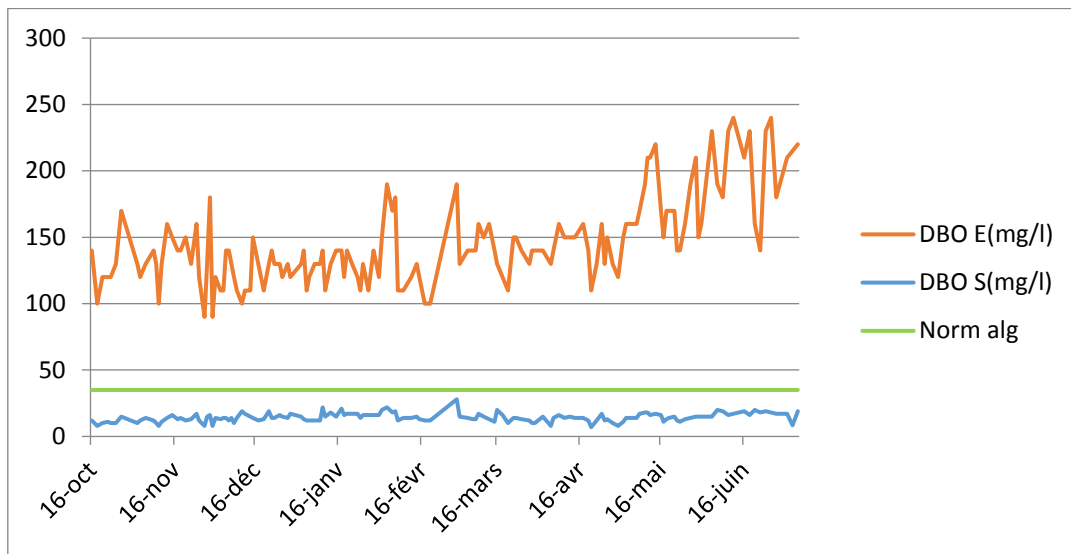
D'après la figure 18 on observe que la concentration de la matière en suspension (MES) à l'entrée de la STEP varie d'un mois à un autre où elle arrive jusqu'à 542 mg/l en raison du charriage des travaux de maintenance au niveau des réseaux d'assainissement et l'instabilité de la qualité des eaux à l'entrée.

La concentration en MES est importante durant la période sèche à cause de l'évaporation de l'eau et le manque d'apports liquide.

À la sortie, la concentration en MES reste inférieure à la norme algérienne de rejet (30 mg / l) dans la plupart de la période d'étude.

## CHAPITRE IV

### IV.4.4. La demande biochimique en oxygène(DBO5)



**Figure 19: Représentation graphique de la variation de DBO5 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

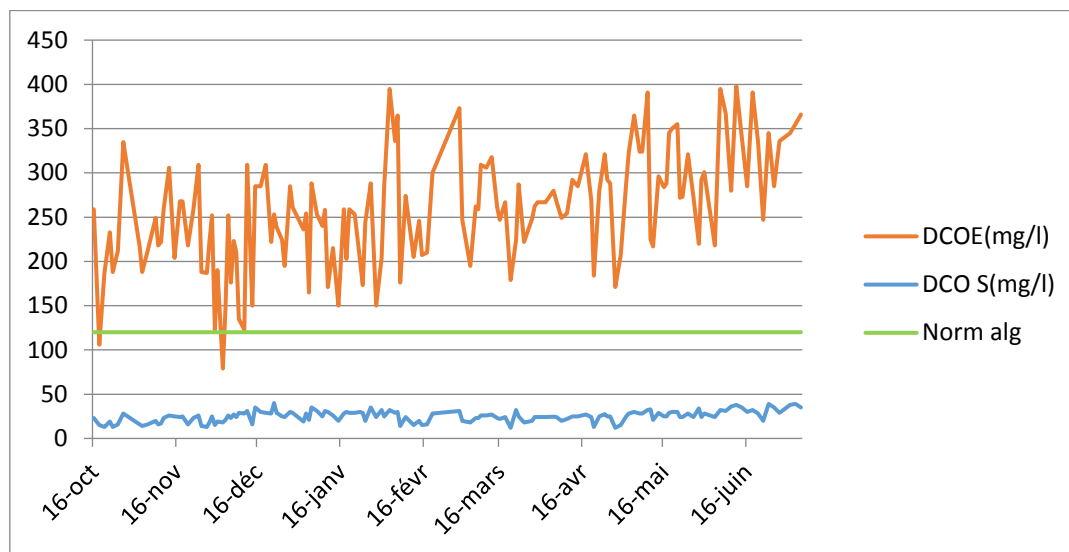
La DBO5 est le paramètre le plus largement utilisé pour mesurer la qualité de l'eau. Il est également pris comme mesure de la concentration en matières organiques présente dans l'eau. D'après la figure 19, on remarque que la demande biologique en oxygène varie de 90 mg / l à 240 mg / l dans les eaux brutes. La valeur minimale a été observée aux mois de l'hiver, tandis que la valeur maximale a été observée aux mois chauds dans les eaux brutes cela est dû au pourcentage de consommation des bactéries de l'O<sub>2</sub> nécessaire pour décomposition des matières organiques qui est être en abondance à cette période (la bactérie a été plus active à la période sèche).

On remarque aussi que toutes les valeurs de DBO5 des eaux traitées respectent les normes algériennes de rejets (35 mg/l). En comparant entre les valeurs de DBO5 des eaux brutes et celles traitées, on remarque un bon rendement épuratoire de la STEP du Touggourt à cette pollution organique.



## CHAPITRE IV

### IV.4.5. Demande chimique en oxygène (DCO)



**Figure 20 : Représentation graphique de la variation de DCO à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la consommation en oxygène pour l'oxydation non biologique de toutes les matières organiques de l'effluent, qu'elles soient biodégradables ou non. Il permet d'évaluer la concentration de matières organiques ou inorganiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau à travers la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique totale (Rodier, 1996).

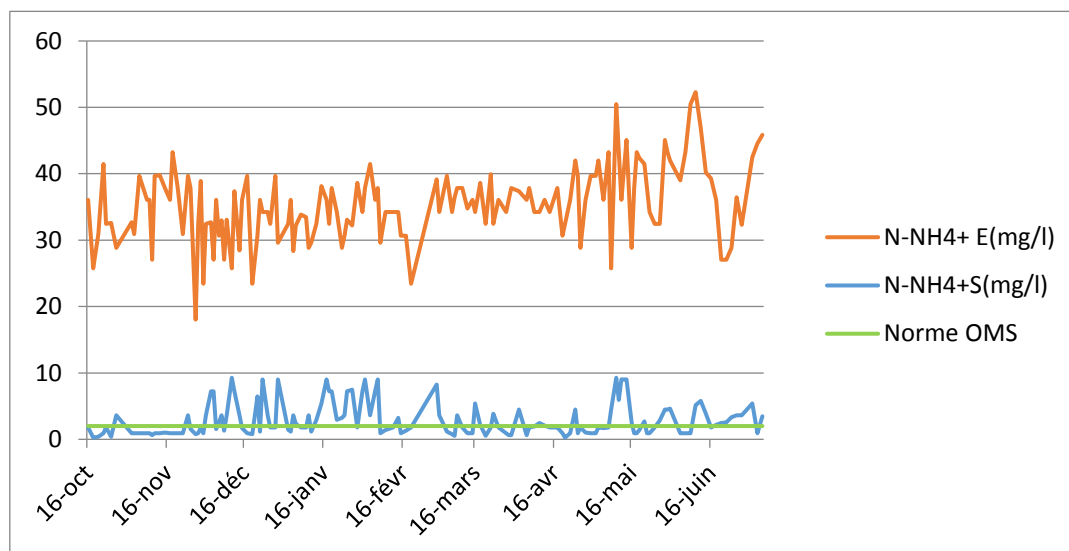
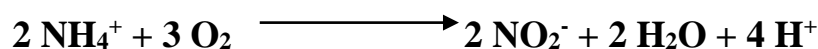
Les valeurs moyennes mensuelles de DCO (figure 20) des eaux brutes varient entre 79 et 398 mg / l, elles décroissent en hiver et s'augmentent en été suivant celles de MES et DBO5. Il existe une corrélation très significative entre la DCO et la DBO5. La DCO des eaux traitées de la STEP de Touggourt se situe entre 12 et 40 mg / l, en dessous de la norme algérienne des rejets (120 mg / l). De plus, le rapport annuel moyen DCO / DBO5 est de 1.76, ce qui permet de déduire que les eaux usées chargées de matière organique sont biodégradables avec certaines souches (Henze *et al.*; 1997). On note que l'augmentation de la DCO à l'entrée de la STEP est due à des rejets contenant des produits chimiques tels que les détergents, ou à cause de l'augmentation de la température qui implique l'augmentation de l'évaporation dans les mois chauds. Notant aussi que l'abattoir de Touggourt fait partie du réseau de la station dont les jours de l'abattage correspondent aux valeurs les plus importantes de la DCO.

## CHAPITRE IV

### IV.4.6. Matières azotées (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>)

#### IV.4.6.1. NH<sub>4</sub>

La réaction chimique de l'azote ammoniacal est exprimée par l'équation suivante :



**Figure 21: Représentation graphique de la variation de NH<sub>4</sub> à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

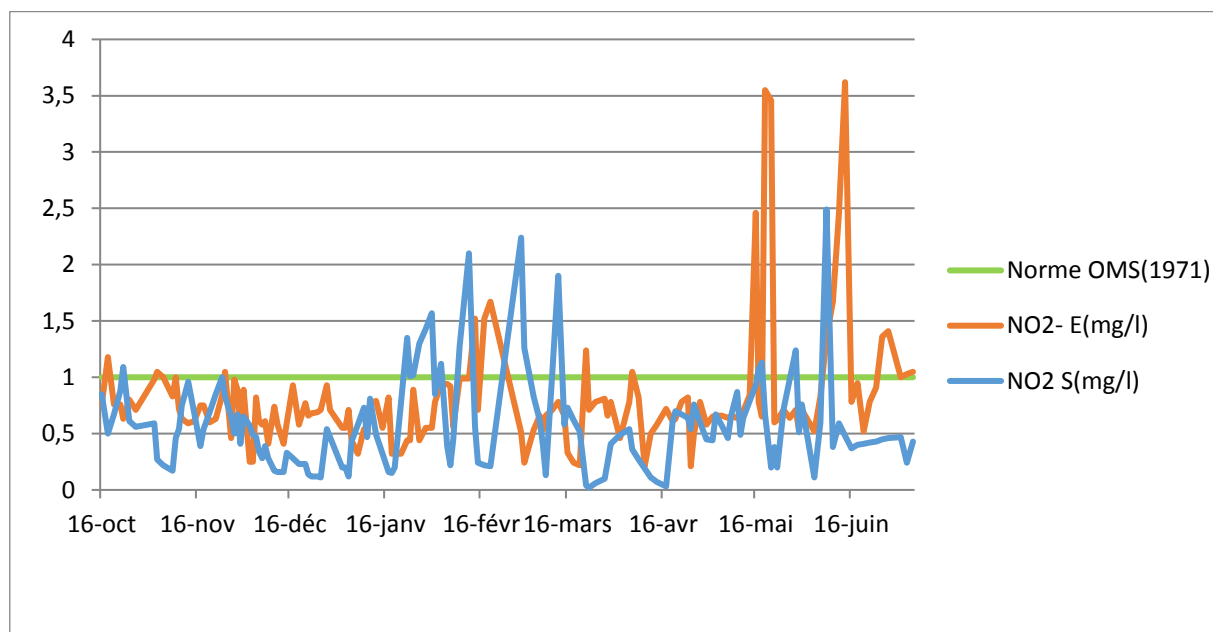
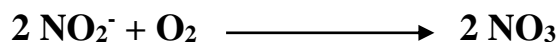
On remarque sur le graphique que le pourcentage de NH<sub>4</sub> est très élevé dans les eaux brutes à l'entrée de la station, où nous avons enregistré la valeur la plus élevée de 52,29 mg / l en juin. Ceci est dû à l'activité accrue des bactéries nécessaires pour assurer la transformation de la matière organique en NH<sub>4</sub> pendant la période estivale.

Tandis que les valeurs de sortie varient entre 0.25 et 9.27 mg /l. On remarque que plusieurs valeurs de NH<sub>4</sub> à la sortie dépassent la norme OMS (2 mg/l) notamment dans la période hivernale lorsque la teneur en oxygène est insuffisante et la température diminue pour assurer sa transformation.

## CHAPITRE IV

### IV.4.6.2. NO2

La nitratisation se produit en présence des bactéries nitratâtes (nitrobacters) qui transforment les nitrites en  $\text{NO}_3^-$ . La réaction chimique se présente par suit:



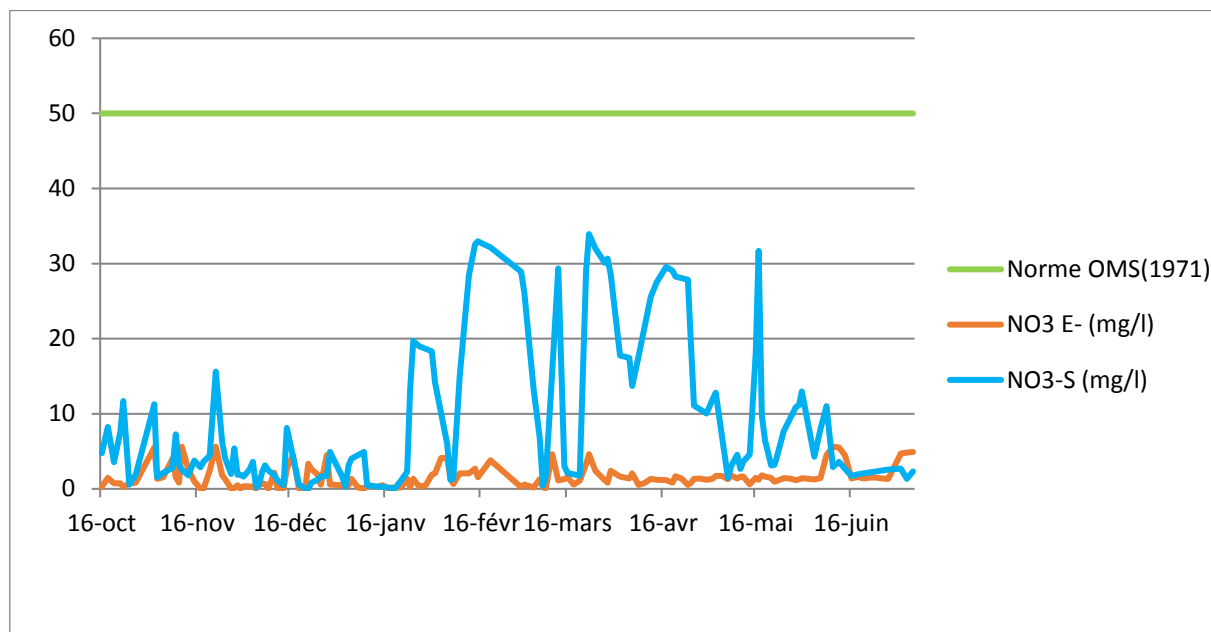
**Figure 22: Représentation graphique de la variation de NO2 à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

D'après la figure 22 on note que les teneurs en  $\text{NO}_2$  des eaux usées brutes sont élevées. Nous avons enregistré les valeurs les plus élevées en été et les valeurs les plus faibles en hiver, ce qui explique que le processus de conversion du  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_2$  (nitratisation) était abondant en raison des bactéries actives pendant la période de haute température, ce qui assure cette métamorphose.

Les valeurs mesurées après le traitement varient de 0,02 à 2,49 mg/l. Les valeurs de  $\text{NO}_2$  dans l'eau épurée sont largement inférieures à la limite fixée par l'OMS (1mg/l) sauf dans quelque jour du mois de février où on peut les considérer comme des points aberrants. Peut-être à cause du retard dans le processus de nitratisation, ou à cause de facteurs ou paramètre que nous avons négligé d'étudier.

## CHAPITRE IV

### IV.4.6.3. NO<sub>3</sub>



**Figure 23: Représentation graphique de la variation de NO<sub>3</sub> à l'entrée et à la sortie de STEP (2016-2017).**

On observe d'après la figure 23, que les valeurs de NO<sub>3</sub> obtenues d'après les analyses, varient entre 0,02 et 5.61 mg/l à l'entrée et de 0.02 et 33.93 mg/l à la sortie. On peut dire que les valeurs de NO<sub>3</sub> sont élevées mais restent au-dessous de la norme de rejet fixée par l'OMS (50 mg/l).

L'augmentation du NO<sub>3</sub> élevé pourrait être due à l'oxygène ajouté dans le réservoir d'aération. Alors que les bactéries qui sont censées consommer l'O<sub>2</sub> du NO<sub>3</sub> et consommeront automatiquement l'O<sub>2</sub> ajouté.

### IV.5. Matrice de corrélation

Comme première mesure et compte tenu de la taille de la base de données mesurées ; on a établi la matrice des corrélations, elle est par hypothèse symétrique par rapport au diagonal, elle présente une première idée des relations entre les différentes variables. La matrice de corrélation de Pearson est obtenue par le calcul des valeurs de coefficient de corrélation (R). Les valeurs des coefficients R compris entre -1,0 et 1,0 et s'agissant d'un index sans dimension. Il convient d'affirmer qu'une valeur positive indique une relation fonctionnelle croissante entre deux variables et inversement lorsque cette valeur est négative. Ce dernier concerne la relation entre les variables considérées deux à deux, il va permettre de déceler toutes les variables explicatives potentiellement intéressantes pour la simulation de la STEP.

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 9.

## CHAPITRE IV

**Tableau 9: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la STEP de Touggourt**

	DBO <sub>5e</sub>	DCO <sub>e</sub>	NH <sub>4e</sub>	O <sub>2e</sub>	MES <sub>e</sub>	Te	NO <sub>2e</sub>	NO <sub>3e</sub>	DBO <sub>5s</sub>	NH <sub>4s</sub>	DCO <sub>s</sub>	O <sub>2s</sub>	MES <sub>s</sub>	Ts	NO <sub>2s</sub>	NO <sub>3s</sub>
DBO <sub>5e</sub>	1	0,641	0,593	-0,549	0,468	0,614	0,354	0,341	0,467	0,204	0,579	-0,328	0,686	0,527	-0,053	-0,102
DCO <sub>e</sub>	0,641	1	0,477	-0,474	0,524	0,419	0,321	0,357	0,405	0,086	0,629	-0,171	0,535	0,319	-0,017	0,079
NH <sub>4e</sub>	0,593	0,477	1	-0,548	0,596	0,379	0,231	0,341	0,232	0,094	0,378	-0,191	0,429	0,332	0,057	0,013
O <sub>2e</sub>	-0,549	-0,474	-0,548	1	-0,393	-0,371	-0,184	-0,227	-0,339	-0,091	-0,327	0,190	-0,449	-0,347	0,004	-0,109
MES <sub>e</sub>	0,468	0,524	0,596	-0,393	1	0,263	0,331	0,351	0,262	0,153	0,396	-0,218	0,464	0,200	-0,030	-0,034
Te	0,614	0,419	0,379	-0,371	0,263	1	0,325	0,236	-0,043	-0,152	0,088	0,112	0,331	0,873	-0,187	0,032
NO <sub>2e</sub>	0,354	0,321	0,231	-0,184	0,331	0,325	1	0,382	0,093	-0,029	0,206	-0,021	0,283	0,258	-0,063	0,032
NO <sub>3e</sub>	0,341	0,357	0,341	-0,227	0,351	0,236	0,382	1	0,026	-0,041	0,280	-0,075	0,177	0,114	-0,028	0,129
DBO <sub>5s</sub>	0,467	0,405	0,232	-0,339	0,262	-0,043	0,093	0,026	1	0,620	0,531	-0,676	0,701	0,014	0,188	-0,141
NH <sub>4s</sub>	0,204	0,086	0,094	-0,091	0,153	-0,152	-0,029	-0,041	0,620	1	0,355	-0,576	0,463	-0,130	0,218	-0,148
DCO <sub>s</sub>	0,579	0,629	0,378	-0,327	0,396	0,088	0,206	0,280	0,531	0,355	1	-0,493	0,539	0,012	0,078	-0,162
O <sub>2s</sub>	-0,328	-0,171	-0,191	0,190	-0,218	0,112	-0,021	-0,075	-0,676	-0,576	-0,493	1	-0,486	0,092	-0,090	0,422
MES <sub>s</sub>	0,686	0,535	0,429	-0,449	0,464	0,331	0,283	0,177	0,701	0,463	0,539	-0,486	1	0,361	0,045	-0,111
Ts	0,527	0,319	0,332	-0,347	0,200	0,873	0,258	0,114	0,014	-0,130	0,012	0,092	0,361	1	-0,200	-0,028
NO <sub>2s</sub>	-0,053	-0,017	0,057	0,004	-0,030	-0,187	-0,063	-0,028	0,188	0,218	0,078	-0,090	0,045	-0,200	1	0,223
NO <sub>3s</sub>	-0,102	0,079	0,013	-0,109	-0,034	0,032	0,032	0,129	-0,141	-0,148	-0,162	0,422	-0,111	-0,028	0,223	1

**e** : paramètre de l'entrée sont mentionnes

**s** : paramètre de sortie sont mentionnes

D'après la matrice de corrélation, on a remarqué que le coefficient R varie entre 0.904 et 0.003. On trouve que la corrélation entre plusieurs variables de système est inférieure à 0,5. Cela peut être attribué aux conditions de fonctionnement non uniformes caractérisées par la variabilité en R, aux relations non linéaires entre les paramètres de système, ainsi qu'aux erreurs dans les mesures. L'analyse entre les paramètres physico-chimiques étudiés montre qu'il existe :

- ✓ Une bonne corrélation positive entre la NH<sub>4e</sub> et (DBO<sub>5e</sub>, DCO<sub>e</sub>, MES<sub>e</sub>, Te, NH<sub>4s</sub>, DBO<sub>5s</sub>, DCO<sub>s</sub>, MES<sub>s</sub> et Ts) avec un coefficient de corrélation (R=0,593, 0,477, 0,596, 0,379, 0,094, 0,232, 0,378, 0,429 et 0,332) respectivement ;
- ✓ Une bonne corrélation positive entre la NH<sub>4e</sub> et (le NO<sub>2e</sub>, NO<sub>3e</sub>, NO<sub>2s</sub>, NO<sub>3s</sub>) avec un coefficient de corrélation (R= 0,231, 0,341, 0,057, 0,013) respectivement ;
- ✓ Le OD est négativement corrélé avec tous les paramètres où on remarque un coefficient de corrélation élevé avec les paramètres de pollution organique notamment la DBO<sub>5e</sub>, DCO<sub>e</sub>, MES<sub>e</sub>;
- ✓ La Te et Ts sont très corrélés (R= 0,873). Et la Te et la matière en suspension dans le bassin d'aération d'autre part avec un coefficient de corrélation (R=0.606 et 0.608) respectivement ;

## CHAPITRE IV

---

- ✓ La DBO<sub>5s</sub>, DCOs, NH<sub>4s</sub> et MESs sont plus liés entre elles. Ceci suggère l'existence des relations communes.
- ✓ L'absence de corrélation entre NO<sub>3e</sub> et (NO<sub>3s</sub>) ce qui pourrait suggérer que les formes azotées pourraient avoir plusieurs origines, une origine exogène (rejets industriels et domestiques) et une origine interne par le processus de nitrification et de dénitrification.

On constate, que les paramètres de pollution DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, NH<sub>4</sub> ont une bonne attirance entre eux.

Ces résultats montrent d'une part, qu'il existe une certaine redondance d'information, et d'autre part les différents paramètres ne présentent pas des hautes significations entre elles.

### IV.6. Conclusion

Les diagrammes montrent une grande différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et celles des eaux brutes. Ce dernier montre aussi que la STEP de Touggourt respecté les normes de rejet pour la plupart des paramètres.

D'après les résultats on remarque que les concentrations des paramètres de pollution augmentent dans la période estivale et diminuer dans la période hivernale.

L'augmentation d'azote ammoniacal NH<sub>4</sub> est lié avec l'augmentation des paramètres du polluiions (DBO, DCO, MES, et T) par contre le OD.

Ceci dénote que le procédé de boue activée et très utile pour l'épuration des eaux, est un bon résultat pour l'élimination des paramètres azotique par le processus du la nitrification et dénitrification sur le bassin d'aération. Nous obtient des résultats conformes aux les normes (algérienne ou OMS).

### Conclusion générale

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

Dans ce cas, nous avons pris comme lieu d'étude la S.T.E.P de Touggourt. Cette ville qui connaît une croissance démographique galopante dont le taux de croissance est estimé presque à 4% par an. Cette croissance rapide est accompagnée par une augmentation des quantités des eaux rejetées dans la nature et en générale une augmentation de la pollution du milieu environnemental.

Une augmentation du  $\text{NH}_4$  est liée à une augmentation des paramètres de polluant, car des bactéries actives travaillent à convertir cette substance par la température qui est un facteur important pour l'activité biologique ayant des répercussions écologiques, l'augmentation de la température implique une réduction de la viscosité, une élévation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation).

La concentration de  $\text{NH}_4$  augmente avec une diminution de l'OD, car les bactéries consomment de l'oxygène pour assurer cette transformation.

Le  $\text{NH}_4$  est transféré en nitrate et nitrite par deux processus de base nitrification et dénitrification.

Le pourcentage de  $\text{NO}_2$  augmente avec une augmentation de  $\text{NH}_4$  car le  $\text{NO}_2$  est causé par la transformation de  $\text{NH}_4$  par des bactéries actives, et ce processus est appelé nitritation.

Après cela, le  $\text{NO}_2$  est Transfer jusqu'à  $\text{NO}_3$  par l'effet de bactéries actives et de l'OD, et ce processus est appelé nitratisation.

Les résultats indiquent des rendements épuratoires satisfaisants pour l'élimination des matières polluantes en accord avec les normes de rejet des effluents de boues activées. Quant à la concentration  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DCO}$  elle montre qu'il y a une bonne biodégradation.

Le traitement de  $\text{NO}_3$  n'est pas efficace et reste inchangé ou même les valeurs sont plus élevées à la sortie.

### Référence bibliographie

**Bekkari N.** : Etude et suivi de procédé d'épuration des eaux usées sous climat aride (simulation par l'application des méthodes d'intelligence artificielle) cas de la station d'épuration de Touggourt. Année universitaire 2019/2020, p 9-10

**METAHRI M.S. 2012**, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas du STEP est de la ville de Tizi Ouzou. 2012, p 36-41

**Groupement d'Antony : G. Deronzier, S. Schétrite, Y. Racault, J-P. Canler, A. Liénard, A. Héduit, P. Duchène, 2001**: traitement de l'azote dans la station d'épuration biologique des petites collectivités 2001 p 9,11 ,12 ,16

**Kouakou, E, (2007)**. Étude de la nitrification partielle d'eaux ammoniacales, thèse ulg, fsa, P, 75.

**Choung Y.K, (2005)**. The removal nitrogen using an autotrophic hybrid hollow-fiber membrane biofilm reactor. Desalination, N 83, 447 – 454.

**Mansch R et Bock E, (1998)**. Biodeterioration of natural stone with special reference to nitrifying bacteria. Biodegradation, N 9, 47 64.

**Henze M; Harremoës P ; Jansen J.L.C ; Arvin E, (1996)**. Waste water treatment : biological and chemical processes, Springer, p114, 55-85.

**Meincke M ; Bock E ; Kastrau D ; Kroneek P.M.H, (1992)**. Nitrite oxidoreductase from *Nitrobacter hamburgensis* : redox centers and their catalytic role. Arch. Microbiol., N 158, p 127–131.

**Hooper A. B et Terry K. R, (1979)**. Hydroxylamine oxidoreductase of *Nitrosomonas* production of nitric oxide from hydroxylamine. Biochim. Biophys. Acta, N 571, p 12–20.

**USEPA, (1990)**. U.S. Environmental Protection Agency : Nitrogen control, Technomic, ISBN 1-56676-135-2, 311 p.

**Laanbroek H.J et Gerards S, (1993)**. Competition of limiting amounts of oxygen between *Nitrosomonas europaea* and *Nitrobacter winogradskyi* grown in mixed continuous cultures. Arch. Microbiol, N 159, p 53–59.

**Bock E ; Koops H.P ; Harms H, (1989)**. Nitrifying bacteria (ed.) Springer-Verlag, Berlin, p 11-14.

**Gaid, A. (1993)**. "Traitement des eaux usées urbaines", Techniques de l'ingénieur, C5220, Editions T. I., Paris, France, p 28.

**HOUASNI F. et BENSMAILI S. (2018)** : Evaluation de la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de Ain Defla. P18



## **CHAPITRE IV**

---

**Benyahia M. (2007) :** CARACTERISATION DES REJETS ORGANIQUES URBAINS ET ETUDE DE LA CAPACITE D'ASSIMILATION DU MILIEU RECEPTEUR page 8

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

**DJOUAHI O. (2019) :** Optimisation du traitement biologique dans une station d'épuration à boues activées: cas de la STEP de Touggourt p 5

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

