



## Département des sciences de la terre

### Licence en Sciences et Techniques

#### Eau et Environnement

# Evaluation des performances épuratoires et rendements du traitement secondaire de la STEP Marrakech-Maroc

Réalisé par :

**BAISSANE Soukaina et BASIT Hala**

Soutenu le : **24/06/2019**

Devant le jury composé de :

- **Y.BOURGEOINI** FST Marrakech- Encadrante
- **A.BOURASSE** STEP (Co-encadrant)
- **M.E. SAIDI** FST Marrakech- Examen

**ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018/2019**

## Remerciements

Avant tout, nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH**, le tout puissant, qui nous a donné la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Pr. YAMINA BOURGEOINI pour l'encadrement de notre travail, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous remercions également tous les membres de la Station de Traitement et d'Épuration des Eau Usées surtout Mr AZIZ BOURASSE, notre encadrant, pour ses précieux conseils et Mr ABDELOUAHID DRIOUCH pour ses aides durant toute la période du stage.

Nous remercions la direction et le personnel de la station d'épuration des eaux usées de Marrakech pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.

## Liste des abréviations :

**RADEEMA** : Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech.

**STEP** : Station de Traitement des Eaux Polluées.

**ONS** : Organisation nationale de la santé

**UV** : Ultra-Violet.

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**MES** : Matière En Suspension

**NTK** : Azote Totale Kjeldahl.      **PT** : Phosphore Totale.

**CE** : Conductivité Electrique      **TS** : Temps de séjour

## Liste des figures

**Figure 1** : Origine des eaux usées au Maroc.

**Figure 2** : les étapes de prétraitement des eaux

**Figure 3** : les étapes de traitement de la boue

**Figure 4** : coupe longitudinale d'un épaisseur.

**Figure 5** : Variation journalière de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

**Figure 6** : Variation journalière de la concentration de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

**Figure 7** : Variation journalière de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

**Figure 8** : Variation journalière de la concentration d'azote do Kjeldahl (NTK) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

**Figure 9** : Variation journalière des phosphates totaux à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

**Figure 10** : variation journalière de  $\text{NH}_4$  à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019.

**Figure 11** : variation journalière de  $\text{NO}_3$  à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019.

**Figure 12** : Variation journalière de la biodégradabilité (K) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

## Liste des photos :

**Photo 1** : Exemples des eaux usées.

**Photo 2** : localisation de la STEP.

**Photo 3** : Pré-dégrilleur

**Photo 4** : dégrillage grossier

**Photo 5** : dégrillage fin

**Photo 6** : les bassins de dessablage-dégraissage.

**Photo 7** : bassin circulaire de la décantation primaire.

**Photo 8** : Bassin biologique

**Photo 9** : clarificateur

**Photo 10** : Filtration sur lit de sables

**Photo 11** : les tubes de désinfection

**Photo 12** : Digesteur

**Photo 13** : Gazomètre

**Image 14** : Gazomètre

**Image 15** : Prélèvement à l'entrée du traitement primaire

**Image 16** : Le pH mètre.

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Les valeurs limites des rejets domestiques.

**Tableau 2** : la charge hydraulique de la STEP

**Tableau 3** : la charge polluante entrante le traitement secondaire

**Tableau 4** : Les analyses d'entrée du traitement secondaire I

**Tableau 5** : Les analyses de la sortie du traitement secondaire I

**Tableau 6** : les analyses de la sortie du traitement secondaire II

## **1) Présentation de la RADEEMA et la STEP**

### **2.1 Historique :**

La société d'Electricité de Marrakech est constituée le 27 juin 1922.

Le 17 juillet 1964, la ville de Marrakech a signé un protocole pour le rachat de la concession, laquelle fut confiée à la Société Marocaine de Distribution (SMD) Le 26 Décembre 1970 et suite aux délibérations du conseil communal de la ville de Marrakech, il a été décidé de créer à partir du premier janvier 1971, la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech, dénommée RADEEMA et ce en vertu du Décret n° 2-64-394 du 29 Septembre 1964 relatif aux Régies communales. Le premier janvier 1998, la RADEEMA a pris en charge la gestion du service de l'assainissement liquide suite aux délibérations de la communauté urbaine de Marrakech.

Le 09 Juillet 2010, la RADEEMA est passée au contrôle d'accompagnement en substitution du contrôle préalable conformément aux dispositions de l'article 18 de la loi 69.00.

### **2) Présentation de la STEP :**

La station de traitement et d'épuration des eaux usées de Marrakech est le premier projet du genre au niveau du continent africain, c'est une station qui permettra de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne dégrade pas ce dernier. Le traitement des eaux usées obéit à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement.



## Sommaire :

**Remerciements**

**Liste des Abréviations et Liste des figures**

**Liste des photos et Liste des tableaux**

**Présentation de la RADEEMA et de la STEP**

**Introduction.....1**

### **Chapitre I : Généralités sur les eaux usées**

1. Introduction ..... 2

2. Définition des eaux usées .....2

3. Les principaux rejets polluants .....3

3.1 Eaux usées domestiques .....3

3.2 Eaux usées industrielles ..... 3

3.3- Eaux usées pluviales ..... 3

3.4- Eaux usées agricole .....3

4. La pollution des eaux ..... 4

4.1 Définition..... 4

5. Les normes nationales de rejet des eaux usées ..... 4

### **Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech.**

1. Introduction ..... 5

2. Présentation de la STEP ..... 5

2.1 Situation géographique de la STEP..... 5

2.2 Le choix du site de la STEP .....6

2.3 La capacité de la STEP .....6

3. Les procédés de traitement d'épuration des eaux usées..... 6

3.1 Ligne d'eau..... 6

3.1.1 Prétraitement..... 6



3.1.2 Traitement primaire .....	8
3.1.3 Traitement secondaire .....	9
3.1.4 Traitement tertiaire.....	12
3.2 Ligne de boue.....	13
3.2 Ligne de gaz.....	14

### **Chapitre III : Analyses et méthodologies des paramètres physico-chimiques et organiques**

1. Introduction.....	15
2. les paramètres physico-chimiques et organoleptiques.....	15
2.1 Paramètres organoleptiques.....	15
2.2 Paramètres physiques .....	15
2.3 Paramètres chimiques .....	16
3. Prélèvement et échantillonnage.....	17
4. Analyses et méthodologies.....	17
4.1 Analyses physico-chimiques.....	17
4.2 Analyses organiques.....	21
4.3 Les paramètres de marche.....	23

### **Chapitre VI : Les performances du traitement secondaire**

1. Le traitement secondaire.....	25
2. Résultats et discussions.....	26
3. Conclusion .....	34
4. L'impact environnemental.....	34

**Conclusion et Perspectives .....** 36

**Recommandations.....** 37



**Bibliographie..... 42**



## Introduction

Au cours de ces dernières décennies, le Maroc a connu un développement exponentiel touchant plusieurs secteurs ; démographique, économique et touristique, ce qui a causé plusieurs problèmes socio-économiques et surtout environnementaux liés à la rareté des précipitations, aux risques sanitaires, à la carence du pouvoir réglementaire et d'assainissement.

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques.

Parmi les villes les plus affectées par ces problèmes, la ville de Marrakech, les autorités de Marrakech ont pensé à la réalisation d'une station de traitement des eaux usées (STEP) pour les réutiliser surtout en arrosage des espaces verts.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'occasion d'effectuer un stage dans la station de traitement des eaux usées de la ville de Marrakech, afin de suivre les divers traitements que subissent les eaux usées et les analyses effectués au cours de ces traitements.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements du traitement secondaire de la station d'épuration de la ville de Marrakech en analysant les paramètres physico-chimiques, organiques et de marche.



# Chapitre I : Généralités sur les eaux usées :

## 1) Introduction :

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

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

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

## 2) Définition des eaux usées :

Les eaux usées [photo 1], ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel (Thomas O., 1955).



**photo 1** : Exemples des eaux usées

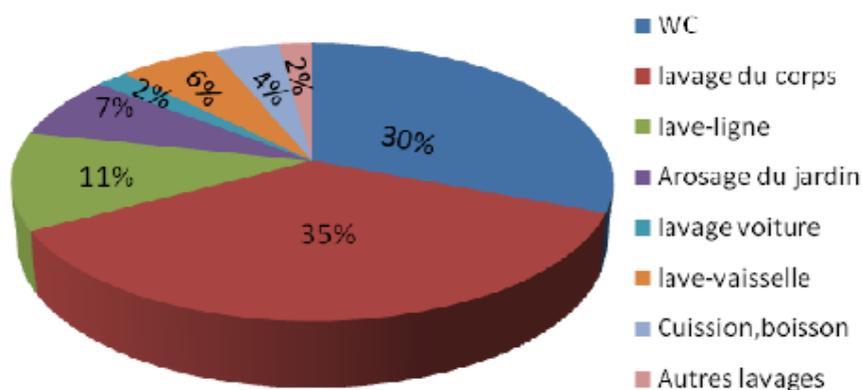


### 3) Les principaux rejets polluants :

Les rejets sont de diverses origines classées en :

#### 3.1 Eaux usées domestiques :

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



**Figure 1** : Origine des eaux usées au Maroc, (plan\_GPI.Doc1, 1996)

#### 3.2 Eaux usées industrielles :

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

#### 3.3 Les eaux usées pluviales :

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

**3.4 Eaux usées agricole :** Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ✓ Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.



- ✓ Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides.
- ✓ Apport de sulfate de cuivre de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes.

### 4) La pollution des eaux

#### 4.1 Définition :

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. La pollution de l'eau a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels.

### 5) Les normes nationales de rejet des eaux usées (EU) :

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. Les valeurs limites spécifiques de rejet selon ONS sont fixées dans le tableau suivant :

**Tableau 1** : Les valeurs limites des rejets domestiques.

Charge polluante	Valeurs (mg/l)
MES	< 30
DCO	125
DBO5	120
NTK	< 5



## **Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)**

### **1) Introduction :**

La station de traitement située sur la route de SAFI, s'étalant sur une superficie de 17 ha, a été réalisée en deux phases. La première phase déroulée sur 2 ans (2006-2008) a concerné la construction et la mise en service du traitement primaire. La deuxième phase a été lancée dès fin 2008 et a pris fin en septembre 2011 avec la réalisation des traitements secondaire et tertiaire. La deuxième composante du projet qui est le réseau de réutilisation comprend 5 stations de pompage situées le long du parcours des conduites du nord vers le sud de la ville et 80 km de conduites reliant la station aux projets golfs et la palmeraie. La réalisation de ce projet a nécessité la mobilisation d'expertises nationales et internationales de haut niveau faisant bénéficier cette station des technologies de pointe. Son financement qui s'élève à 1 232 MDH, s'intègre dans le cadre d'un partenariat public privé premier dans son genre caractérisé par la participation de la RADEEMA, l'Etat et les promoteurs des projets golfs.

### **2) Station de traitement et d'épuration des eaux usées :**

#### **2.1 Situation géographique de la STEP :**

La station d'épuration se situe au nord de la ville de Marrakech [photo2], sur la route de Tamensourt, près du quartier El Azouzia sur la rive gauche de l'Oued Tensift. Elle occupe une superficie globale de 17 Hectares avec une capacité de traitement de 90720 m<sup>3</sup>/ jour, et de production de 20 000 Nm<sup>3</sup>/ jour de biogaz couvrant 45 % des besoins de la station.



**photo 2 : localisation de la STEP**



### 2.2 Le choix du site de la STEP :

Le choix du site de la station s'est basé sur plusieurs facteurs tels que :

- **Les facteurs climatiques** : la station est installée à la sortie au Nord de la ville parallèlement à la direction du vent pour que les odeurs émis par les eaux au cours du traitement n'aient aucune nuisance pour la population.
- **Les facteurs topographiques** : la STEP est implantée sur un site dont sa cote la plus basse permet la collecte et le transport gravitaire des eaux usées, et par sa situation très proche de la décharge publique prévue pour l'évacuation des déchets du prétraitement et des boues déshydratées.

### 2.3 La capacité de la STEP :

**Tableau 2** : la charge hydraulique de la STEP

Charge hydraulique	Débit moyen journalier	Le volume total de l'influent brut	
		Entrée des installations existantes	Entrée des installations extension
Valeurs	115557 m <sup>3</sup> /j	2 529 155 m <sup>3</sup> /mois	1 277 890 m <sup>3</sup> /mois

## 3) Les procédés de traitement d'épuration des eaux usées :

### 3.1 Ligne d'eau :

#### 3.1.1 Prétraitement :

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particulaires les plus grossiers. Il comporte 3 parties principales :



**Dégrillage** > **Déssablage** > **Déshuilage**

**Figure 2** : les étapes de prétraitement des eaux

► **Dégrillage** :

Les déchets solides véhiculés par l'effluent sont éliminés dès leurs arrivées dans la station grâce au dégrillage mécanique. Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, on faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé. L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue :



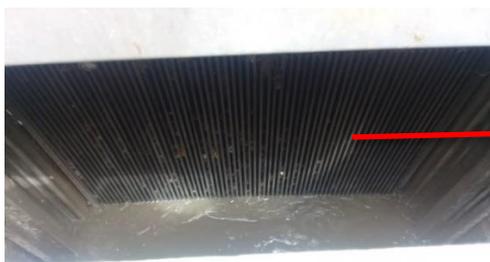
**photo 3** : Pré-dégrilleur

Espace entre les barreaux : 200 mm.



**photo 4** : dégrillage grossier

Espace entre les barreaux : 80 mm.



**Photo 5** : dégrillage fin

Espace entre les barreaux : 10 mm.

## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



### ► Dessablage :

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

### ► Déshuilage / Dégraissage :

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

- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs, et envahissement des décanteurs
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes;



Pompes injectives d'air

Bassin rectangulaire de dessablage/dégraissage.

**photo 6** : les bassins de dessablage-dégraissage.

### 3.1.2 Traitement primaire :

#### ► Décantation primaire :

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle.

## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



Raclettes des boues décantées

Bassin de décantation

**photo 7** : bassin circulaire de la décantation primaire.

### 3.1.3 Traitement secondaire ou traitement biologique :

#### ► Bassin biologique :

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

Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floccs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes.



**Photo 8** : Bassin biologique

Il s'agit de 7 bassins d'aération de 6.27m de profondeur, 4 bassins [photo 9] dans la première partie de la station et 3 autres dans la partie de l'extension. Les eaux prétraitées arrivent dans un chenal de répartition aboutissant en tête des bassins de dénitrification. Ce chenal permettant d'ajuster le débit nominal de chaque ligne de traitement et d'en assurer l'équipartition.

## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



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

- L'azote total de Kjeldahl (NTK);
- Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>);
- Et les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

### ✓ L'azote kjeldahl :

L'azote kjeldahl = Azote ammoniacal + azote organique

### ✓ L'azote organique :

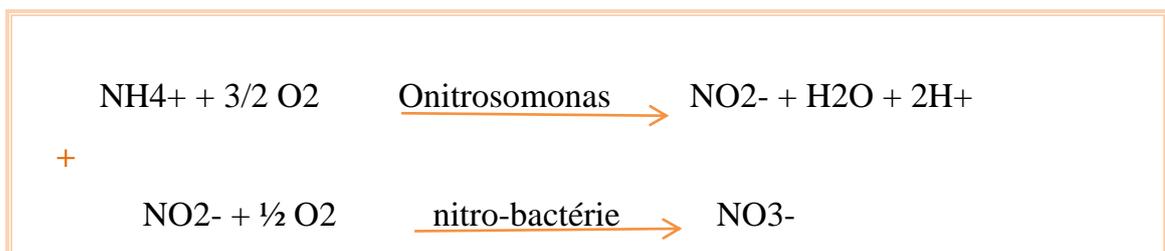
L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines.

### ✓ L'azote ammoniacal :

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH<sub>3</sub> et l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate.

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation, c'est pour cela une étape de nitrification et dénitrification est très importante.

**La nitrification** : Se fait dans des conditions d'aérobie, c'est l'oxydation de l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puis en nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> à noter que pour 1 Kg d'azote, la nitrification a besoin de 4,57 Kg d'O<sub>2</sub>.



## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



### ► La dénitrification :

C'est la réduction de nitrate en azote gazeux inerte, qui s'évapore vers l'atmosphère. Cette réaction se fait en l'absence d'O<sub>2</sub>.



### ► Décanteur secondaire ou clarificateur :

Le clarificateur [photo 10] est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotateur.



**Photo 9 :** clarificateur

Ces eaux clarifiées qui déversent à travers la goulotte ne sont plus nocives et peuvent être jetés sans aucun problème dans la nature car elles sont conformes aux normes de rejets.

## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



### 3.1.4 Traitement tertiaire :

#### ► Filtration sur lit de sable :

C'est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers des lits de sables [photos 11]. Ces lits sont au nombre de 20 est d'une capacité unitaire de 27,5m<sup>3</sup>. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau est améliorée considérablement par la diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique.



**Photo 10** : Filtration sur lit de sable

#### ► La désinfection :

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques ou dans le cadre d'une réutilisation par les rayons UV. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.



**Photo 11** : les tubes de désinfection

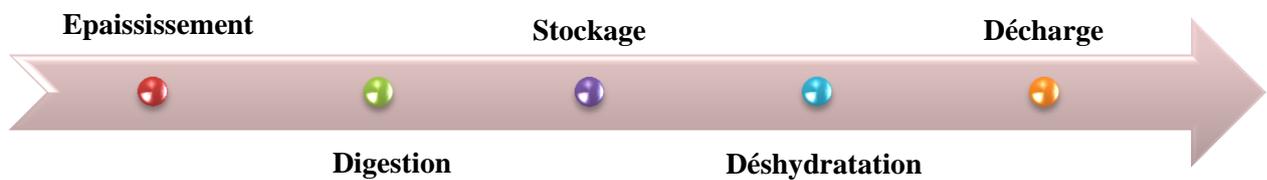
## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



### ► **Chloration :**

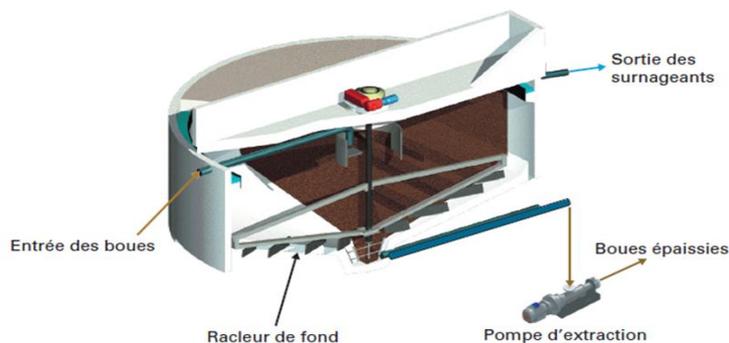
Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont: le chlore gazeux ( $Cl_2$ ) et l'hypochlorite de sodium ( $NaClO$ ).

### 3.2 Ligne de boue :



**Figure 3 :** les étapes de traitement de la boue

### ► **L'épaissement :**



**Figure 4 :** coupe longitudinale d'un épaisseur.

Le rôle de L'épaissement c'est réduire le volume des boues pour les prochaines étapes de traitements par l'extraction de l'eau. Dont le souci environnemental est de limiter la consommation de réactifs sur la station, l'épaissement gravitaire se présente comme un meilleur choix en lieu et place de l'épaissement mécanique au polymère.

### ► **Flotateur :**

Les boues activées sont envoyées vers deux flotateurs, de forme cylindrique et d'un volume unitaire de 275m<sup>3</sup>. Ils sont composés d'une cloison verticale positionnée entre l'axe

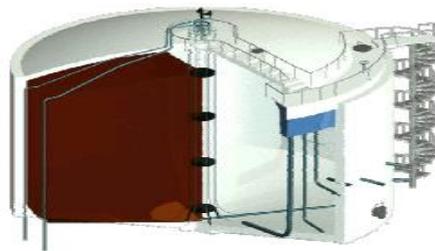
## Chapitre II : Description de la station de traitement et d'épuration de Marrakech (STEP)



central et un bord du flottateur assure une séparation dans l'appareil. Les matières qui flottent remontent en surface de l'ouvrage. Cette remontée est favorisée par l'action de microbulles d'air injectées dans l'eau à traiter.

### ► Digestion :

La boue mixte (mélange de boue primaire et secondaire) est transmise vers des enceintes confinées appelées les digesteurs portés à une température de 37 °C et prévus d'Oxygène. Ces conditions d'anaérobiose favorisent la méthanisation, appelée aussi fermentation en anaérobiose. Celle-ci permet la transformation de déchets organiques par des bactéries en biogaz composé majoritairement de méthane.



**Photo 12** : Digesteur

### 3.2 Ligne de gaz :

Le biogaz de la station d'épuration est récupéré au niveau des digesteurs. Il subit un traitement spécial afin de valoriser pour la production de 45 % de l'électricité de la STEP.



**Image 13** : Gazomètre



## **Chapitre III : Analyses et méthodologies de paramètres physico-chimiques et organiques**

### **1) Introduction :**

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : T°, CE, pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub>.

### **2) les paramètres physico-chimiques et organoleptiques**

#### **2.1 Paramètres organoleptiques :**

##### **a) Couleur :**

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

##### **b) Odeur :**

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

#### **2.2 Paramètres physiques :**

##### **a) Température :**

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O<sub>2</sub>) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau.

##### **b) Turbidité :**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le





paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

### c) Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à  $1\mu\text{m}$  contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques.

## 2.3 Paramètres Chimiques :

### a) Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies (Rodier, 1996). Elle est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. La DCO est utilisée pour mesurer le degré de contamination, elle est exprimée en milligrammes d'oxygène diatomique par litre ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ).

- $\text{DCO} = 1.5 \text{ à } 2$  fois DBO pour les eaux usées urbaines ;
- $\text{DCO} = 1 \text{ à } 10$  fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire ;
- $\text{DCO} > 2.5$  fois DBO pour les eaux usées industrielles.

### b) La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à  $20^\circ\text{C}$  et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours.



### c) La biodégradabilité de la biomasse DCO/DBO5 :

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

### 3) Prélèvement et échantillonnage :

Les analyses sur lesquelles on va parler dans cette partie concernent les effluents d'eau usée de la station de Marrakech. Chaque jour, un certain volume d'eau usée est prélevé [photo 13], à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie. Ceci est effectué une seule fois par jour, en aval du traitement primaire, secondaire et tertiaire, pour avoir enfin l'échantillon final à analyser qui se compose du mélange des volumes prélevés. Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des concentrations de l'échantillon. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.



**Photo 14** : Prélèvement à l'entrée du traitement primaire

### 4) Analyses et méthodologies :

#### 4.1 Analyses physico-chimiques :

##### a) La température :

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



### b) Le pH :

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium ( $H^+$ ) ou d'ions hydroxyde ( $OH^-$ ) contenus dans la substance. La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et aussi quand certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH.



**Photo 15** : Le pH mètre

#### ► Principe :

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

#### ► Mode opératoire :

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

- ✚ Dégager l'électrode de son support
- ✚ Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée
- ✚ Essuyer l'extrémité de l'électrode
- ✚ Replacer l'électrode sur son support
- ✚ Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée puis avec l'échantillon
- ✚ Remplir le vase de mesure avec l'échantillon



- ✚ Immerger l'électrode avec précaution habituelles et agiter
- ✚ Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée.

### c) La conductivité :

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

#### ► Principe :

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau. A cet effet on utilise un conductivimètre qui n'est en fait qu'un résistivimètre un peu particulier. La conductivité est fonction de la température. Toute mesure de conductivité doit donc se faire à température connue et stabilisée. En général les résultats sont mesurés à 20°C.

#### ► Mode opératoire :

- ✚ L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour prolonger la sonde de conductivité.
- ✚ Vérifier les connexions cellule/conductivimètre
- ✚ Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement.
- ✚ Rincer et essuyer soigneusement la cellule.
- ✚ Immerger la cellule dans l'eau.
- ✚ Agiter la sonde légèrement.
- ✚ Lire le résultat
- ✚ La mesure terminée, éteindre l'instrument et, si nécessaire, nettoyer la sonde.
- ✚ Après chaque série de mesure, rincer l'électrode à l'eau déminéralisation



d) Nitrite :

► Mode opératoire :

- ✚ On ajoute 2 ml de l'échantillon filtré au kit. On inverse la position du bouchon.
- ✚ On malaxe l'ensemble et on le laisse 10 min.
- ✚ On lit la valeur de la concentration sur le spectrophotomètre.

e) Le phosphore :

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

► Mode opératoire

- ✚ Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette de l'échantillon mère
- ✚ Introduire ce 1 ml dans un bécher
- ✚ Compléter à 10 ml avec de l'eau distillée
- ✚ Ajouter le réactif (phosphore PGT) à cette eau
- ✚ Faire une agitation légère.
- ✚ Laisser la solution se reposer pendant 2 min.
- ✚ Lire le résultat sur le spectrophotomètre

f) Nitrates (N-NO<sub>3</sub>) :

Le mode opératoire consiste à

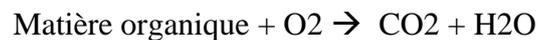
- ✚ Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette jaugée de l'échantillon mère
- ✚ Introduire ce 1 ml dans un bécher
- ✚ Compléter à 30 ml avec de l'eau distillée.
- ✚ Ajouter le réactif (nitrate 30) à cette eau.
- ✚ Faire une agitation pendant 3 min
- ✚ Laisser la solution reposer pendant 2 min.
- ✚ Après avoir enlevé 5 ml, ajouter le réactif (nitrate 25), faire une agitation légère et laisser la solution se reposer pendant 10 min.
- ✚ Lire le résultat sur le spectrophotomètre



## 4.2 Analyses organiques

### a) Demande chimique en oxygène :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène (exprimée en mg O<sub>2</sub>/L = 10<sup>-3</sup> kg DCO/m<sup>3</sup>) nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organique avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement de la STEP et l'activité des microorganismes.



#### ► Mode opératoire :

Une solution de dichromate de potassium est utilisée pour la détermination de la concentration en DCO d'une eau. Le dichromate de potassium est un oxydant fort, capable de casser la plupart des liaisons organiques à l'exception des chaînes d'hydrogène carbone linéaires et aromatiques.

La précision de la mesure en DCO est très bonne (5-10%) et le temps d'analyse relativement court (environ 3 heures). Les valeurs de DCO peuvent être utilisées comme mesure de la quantité totale de contamination organique (et inorganique) dans une eau usée.

La concentration DCO de l'eau usée combinée au débit détermine la charge organique que la station d'épuration devra supporter.

$$\begin{aligned} \text{Charge DCO} &= \text{DCO} \times \text{débit} \\ (\text{kg DCO/jour}) &= (\text{kg DCO/m}^3) \times (\text{m}^3/\text{jour}) \end{aligned}$$



### c) Demande biochimique en oxygène :

La DBO représente la quantité d'oxygène (exprimée en  $\text{mg O}_2/\text{L} = 10^{-3} \text{ kg DBO}/\text{m}^3$ ) pour oxyder la matière organique d'une manière biologique en simples matières de combustion telles que le  $\text{CO}_2$  ou  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### ► Principe :

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

#### ► Mode opératoire :

Pour déterminer la DBO d'une eau usée, un échantillon d'eau usée est inoculé à l'aide de micro-organismes et placé 5 jours à l'abri de la lumière (cellule noire) à une température de  $20^\circ\text{C}$ . La consommation d'oxygène est alors mesurée.

L'échantillon reste placé dans le noir de manière à éviter les réactions photosynthétiques des algues présentes. Le résultat obtenu est noté DBO<sub>520</sub>, ceci représente la mesure de la quantité totale de contamination organique dégradable biologiquement.

Toute la matière organique n'est pas dégradée pendant ces 5 jours. Plus le pourcentage d'oxydation est important, meilleure est la biodégradabilité de l'eau.

Le ratio de DBO/DCO est une mesure pour la biodégradabilité d'une eau usée. Généralement, une eau usée est bonne biodégradable lorsque le ratio est supérieur à 67%.

### d) Matière en suspension :

#### ► Mode opératoire :

Les matières en suspension sont mesurées par pesée après filtration et séchage à  $105^\circ\text{C}$  pendant 24h, un volume connu d'échantillon d'eau préalablement mélangé est filtré sur un filtre sec standard en fibre de verre (taille des pores :  $0,45 \mu\text{m}$ ). Les particules trop grosses pour passer sont retenues sur le filtre ; les composés dissous (sels, acides aminés, etc.) peuvent



passer sans contraintes. Le filtre est ensuite rincé à l'aide d'eau déminéralisée puis séché à 105°C. L'augmentation de poids correspond à la concentration de matières en suspension.

$$\text{MES} = (A-B) / \text{volume d'échantillon}$$

Avec : MES = matières en suspensions totales (mg/l)

A = poids (mg) du filtre avec résidu

B = poids (mg) du filtre propre

Ces matières en suspension peuvent être partiellement supprimées par les bactéries et micro-organismes présents ou se mélangent à la boue active et sont donc supprimés lorsque la boue en excès est retirée. Evidemment, une concentration élevée de matières en suspension conduit à une augmentation de la production de boue (croissance plus importante).

### 4.3 Les paramètres de marche :

Les paramètres de marche des bassins d'aération sont des paramètres qui contrôlent le fonctionnement du traitement secondaire, ces paramètres sont : l'Oxygène dissout, la matière en suspension, la matière en suspension volatile, le volume décanté pendant 30 min, indice de Mohlmann et l'énergie d'aération.

#### a) Oxygène dissous :

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

#### b) Indice des boues (IB) ou Indice de Mohlmann (IM) :

L'indice de MOHLMANN permet de traduire la bonne disponibilité ou non, des boues à la décantation

- Si  $80 < IM < 150$  bonne décantation.
- $IM < 50$  boues d'aspect granuleux, risque de former des dépôts.



- IM > 200 boues en gonflement développement exagéré des bactéries filamenteuses. L'indice des boues est exprimé en ml.g-1 de MES et est défini par la formule suivante :

$$IM = Vd30/MES$$

Vd30 : volume de boue décanté en trente minutes (en ml.l-1).

MES : concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (en g.l-1).

#### c) VD30 :

Il est mesuré à l'aide d'un cône d'Imhoff, cette valeur exprime le volume de boue activée décantée pendant 30 min sous l'unique effet de la gravité.

Ce test permet d'évaluer la qualité de la boue (sa concentration, son état de minéralisation ou son aspect filamenteux etc.). Une boue activée de bonne qualité à un VD30 inférieur ou égal à 250 ml/l. Si la valeur de VD30 est inférieure à 50 ml/l, on peut conclure que l'aspect de la boue est granuleux, induisant la formation des dépôts. Si cet indice est supérieur à 250 ml/l, on assiste au développement des boues filamenteuses.



## **Chapitre IV : Les performances du traitement**

### **secondaire de la STEP :**

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée par la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech, spécifiquement au niveau du traitement secondaire du mois mars et d'avril 2019, où les réactions de nitrification et de dénitrification se déroulent dans les bassins d'aération. Afin de déterminer la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Marrakech, nous avons effectué les analyses de différents paramètres de pollution qui sont : les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>), le nitrate (NO<sub>3</sub>), le nitrite (NO<sub>2</sub>) et le phosphate totale (Pt).

#### **1) Le traitement secondaire :**

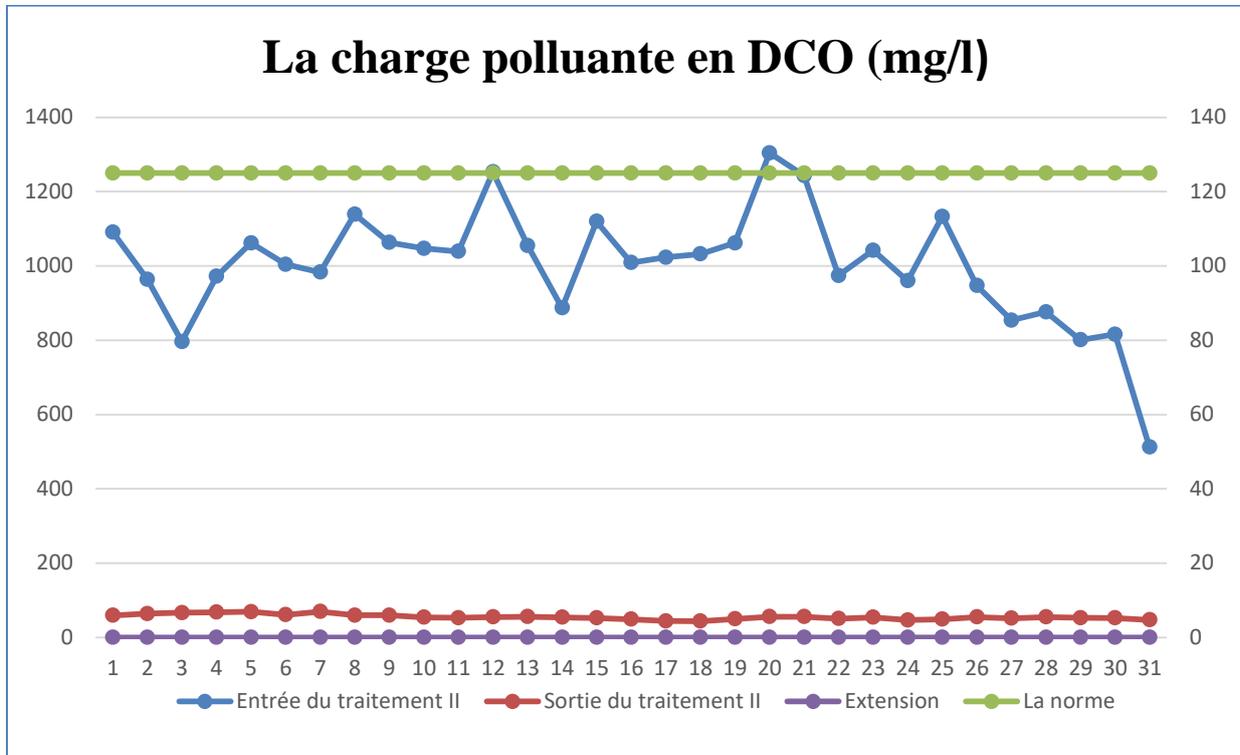
**Tableau 3** : la charge polluante entrante le traitement secondaire

	<b>Le volume total de l'effluent</b>	<b>Le débit moyen journalier</b>
<b>Traitement secondaire I</b>	2 574 409 m <sup>3</sup> /mois	83045 m <sup>3</sup> /j
<b>Traitement secondaire II</b>	1 277 941 m <sup>3</sup> /mois	41224 m <sup>3</sup> /j



## 2) Résultats et discussions :

### ✓ La demande chimique en oxygène (DCO) :

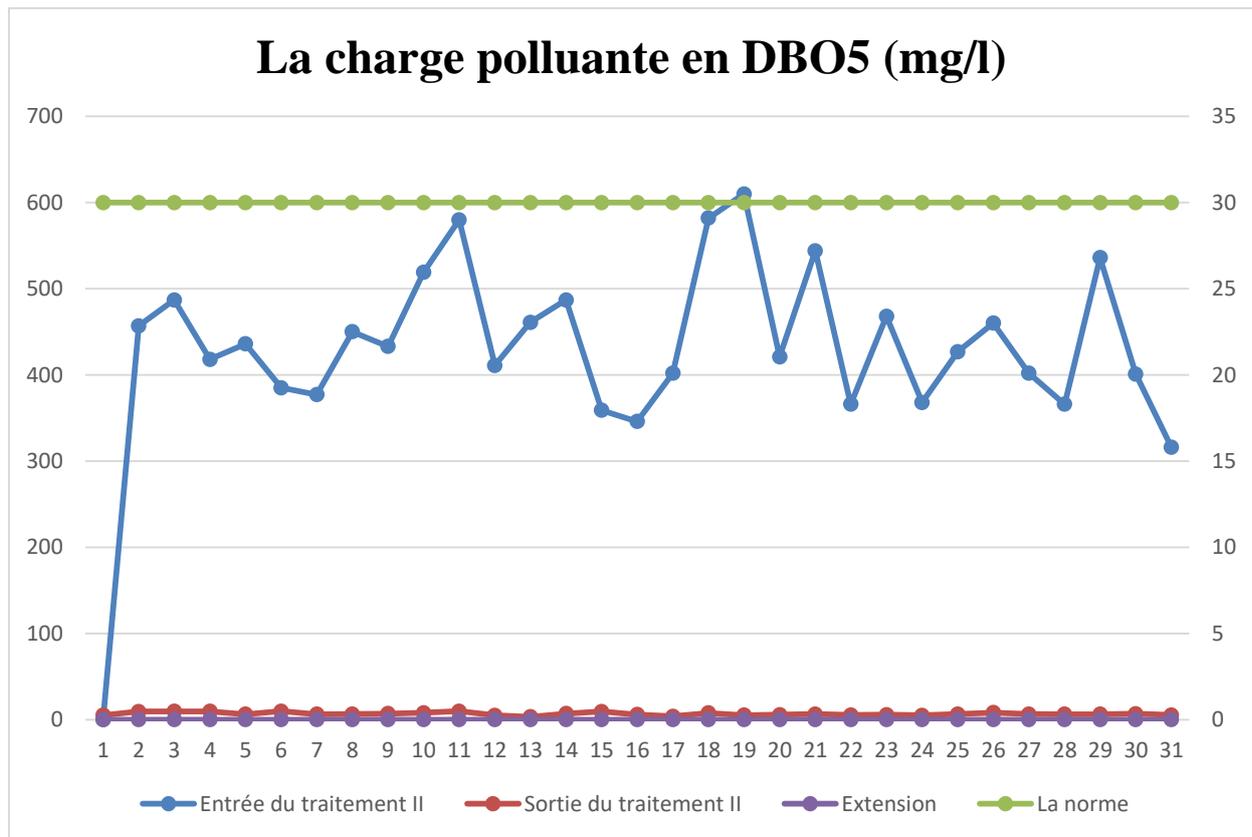


**Figure 5 :** Variation journalière de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Les valeurs de concentration de la DCO des eaux brutes de la STEP varient entre un maximum de 1304 mg/l et un minimum de 512 mg/l avec une moyenne de 1002 mg/l. En revanche, les valeurs des concentrations des eaux traitées varient entre un maximum de 69.5 mg/l et un minimum de 43.5 mg/l, avec une moyenne de 55.1 mg/l, et entre 124 mg/l et 67 mg/l avec un rendement d'abattement de DCO est environs 94%. Ces valeurs sont conformes à la norme marocaine de rejet (<125 mg/l), donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante.



✓ Demande biologique en oxygène (DBO5) :



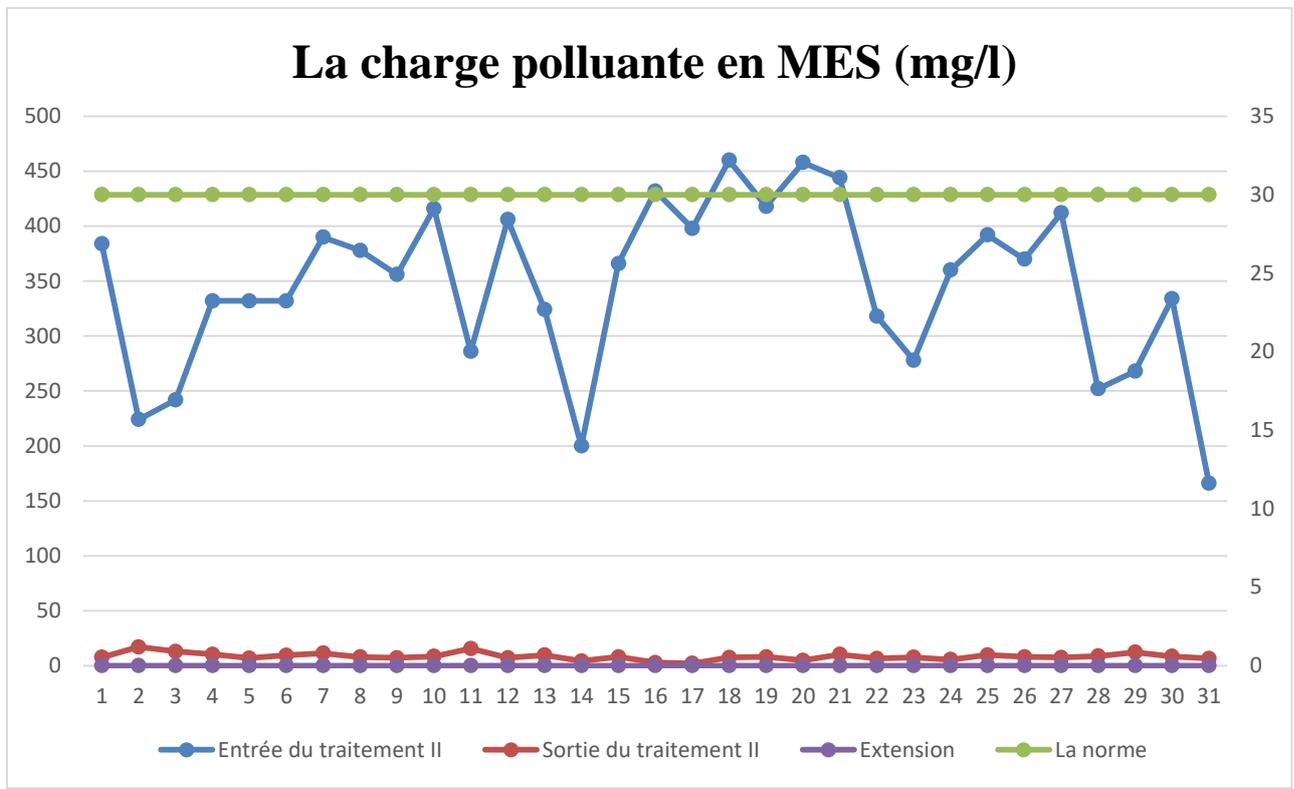
**Figure 6 :** Variation journalière de la concentration de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l’entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

La figure représente la variation de la DBO5 de l'eau brute et de l'eau traitée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO5 qui varie entre 610 et 310 mg /l. Il est à noter que ces valeurs sont élevées par rapport aux eaux usées domestiques, cette augmentation est marquée à cause de la charge polluante importante qui a entrée dans la station, les rejets sauvages (huileries, les rejets industriels qui sont raccordées au même réseau d'assainissement).

Par contre, pour l'eau traitée, on remarque que la DBO5 à la sortie de la STEP pendant cette période a pour valeurs max et min (9.7, et 3.2 mg/l) respectivement, et (32 et 4 mg/l) dans l'extension. Ces valeurs sont généralement toutes dans les normes de rejet (inférieur à 30 mg/l).



✓ **Matières en suspension (MES) :**



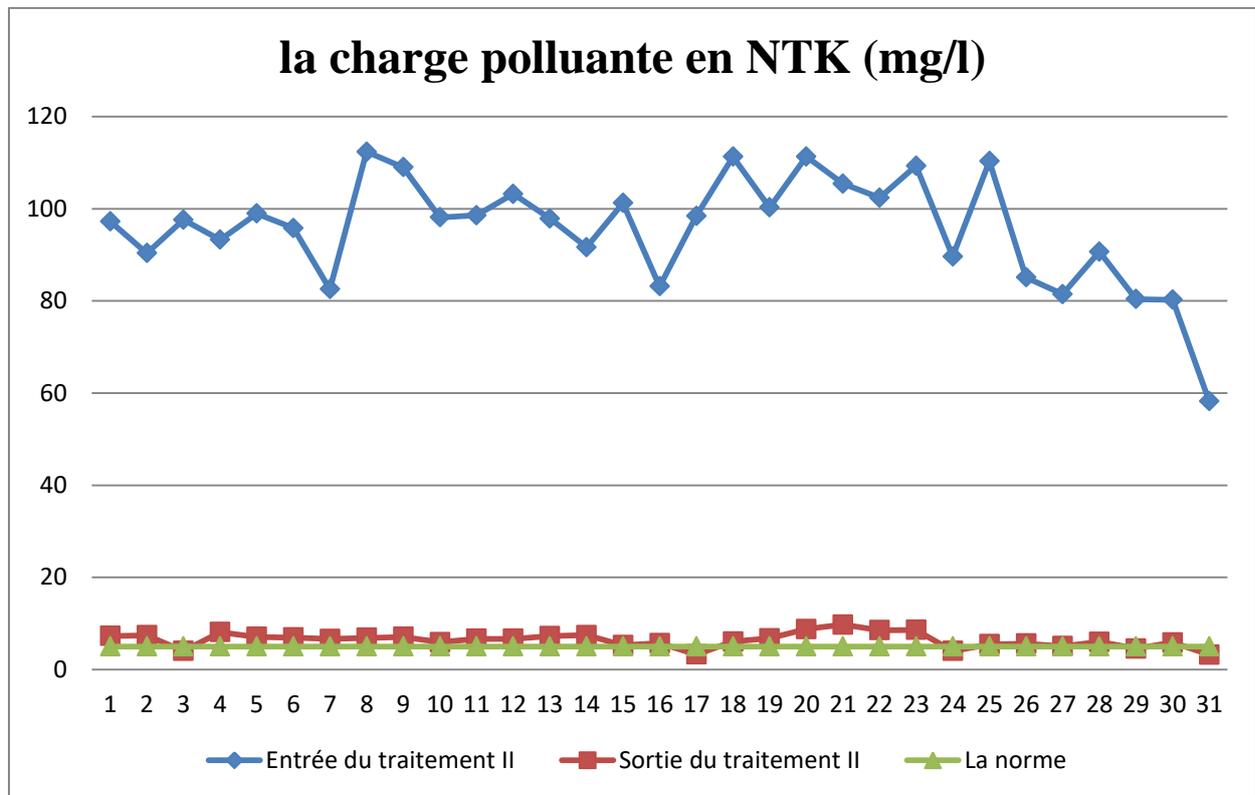
**Figure 7 :** Variation journalière de la concentration des matières en suspension (MES) à l’entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

Les matières en suspension, représentent l’ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux usées est nécessaire dans l’évaluation de l’impact de la pollution sur le milieu aquatique.

La quantité de la matière en suspension à l’entrée du traitement secondaire varie entre 460 mg/l et 166 mg/L, avec une moyenne de 346 mg/l. La concentration à la sortie varie entre 17 mg/l et 2 mg/l avec une moyenne de 8.38 mg/l, et entre 32 mg/l et 5 mg/l pour l’extension. A la sortie, nous avons obtenu une valeur moyenne de l'ordre de 346 mg/l sur la durée de l'expérience. Cette valeur est inférieure à la norme du rejet de directive des communautés : Normes extrêmes limitées (30 mg/l).



✓ L'azote de Kjeldahl :

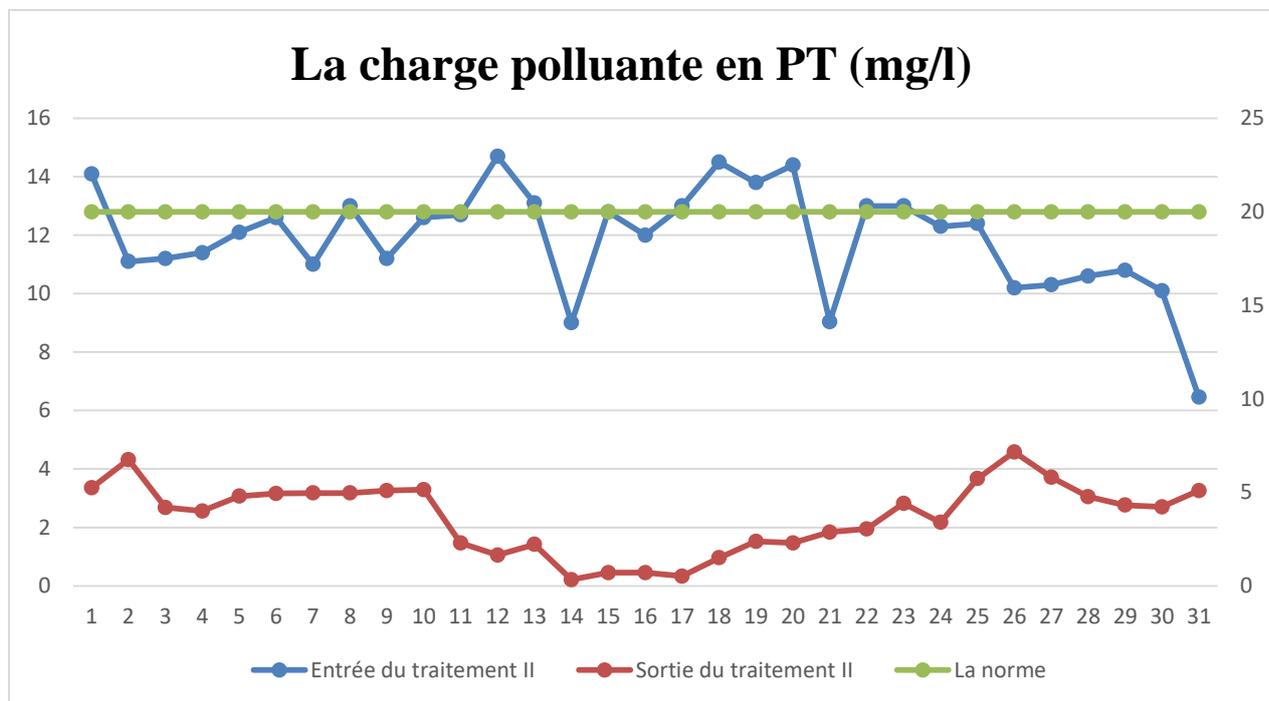


**Figure 8 :** Variation journalière de la concentration d'azote de Kjeldahl (NTK) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

A la lumière des résultats obtenus dans la figure, les teneurs en NTK enregistrées au niveau des eaux brutes (entrée) de la station sont comprises entre 5496 et 9990 mg/l, et pour les eaux épurées (sortie) sont variées entre 3.2 et 9.8 mg/l, avec une moyenne de 6.38 mg/l. On observe que ces valeurs sont plus grandes que la valeur limite des normes (<5 mg/l), elles ne sont pas conformes à la norme marocaine, c'est à cause de la réception des graisses qui favorise la croissance d'organisme filamenteux hydrophobe qui vont diminuer les transferts d'oxygène par adsorption sur les floes.



✓ Phosphate totale (Pt) :

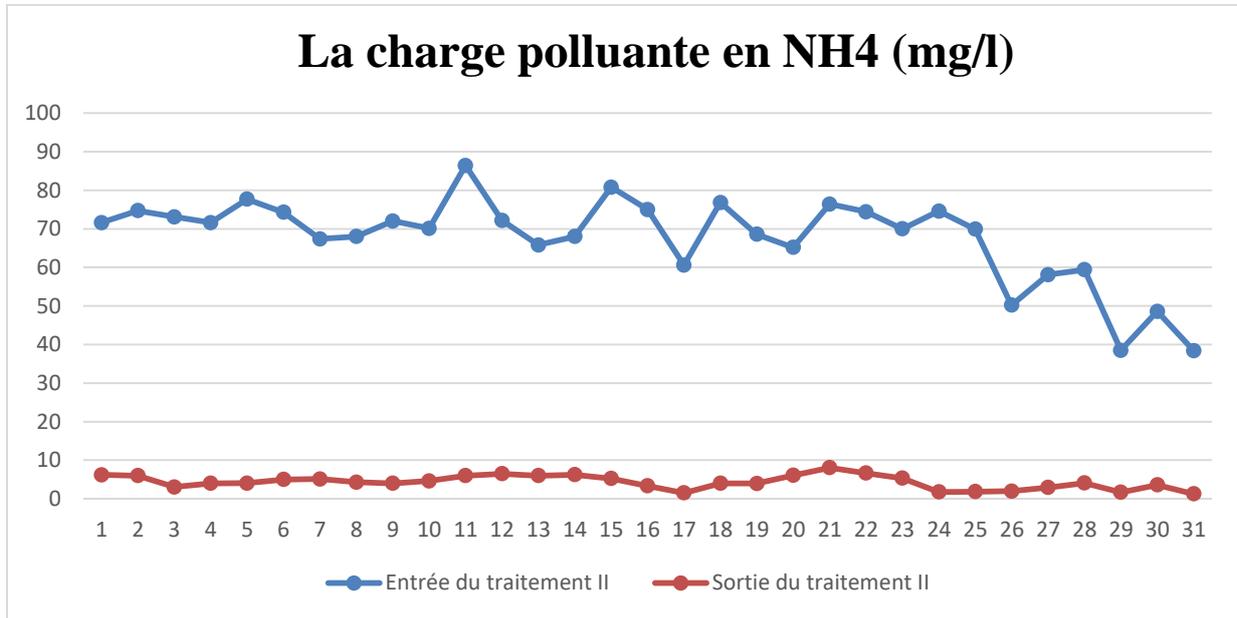


**Figure 9 :** Variation journalière des phosphates totaux à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019

D'après les résultats obtenus, les valeurs des phosphates totales varient d'un minimum de 6.46 mg/l à un maximum de 14.7 mg/l au niveau des eaux brutes. Concernant les eaux épurées, les concentrations oscillantes entre 0.2 mg/l et 4.6 mg/ l, avec une moyenne de 2.38 mg/l. On remarque que ces valeurs conformes aux normes marocaines et internationales.



✓ Azote ammoniacal NH<sub>4</sub> :



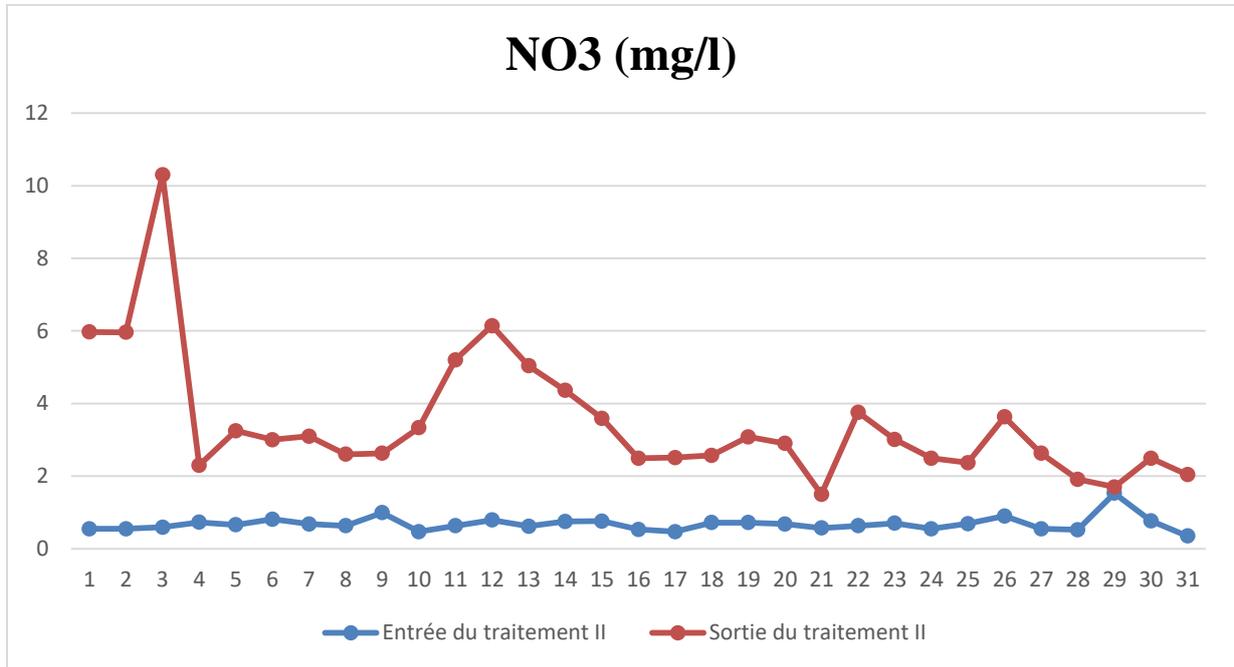
**Figure 10** : variation journalière de NH<sub>4</sub> à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019.

Selon les résultats présentés sur la figure, on remarque que la concentration de l'azote ammoniacal entrée dans la station a des valeurs comprises entre 86.4 mg/l et 38.4 mg/l avec une moyenne de 67.69 mg/l, alors qu'à la sortie, la valeur oscille entre 8.1 mg/l et 1.3 mg/l, avec une moyenne de 4.35 mg/l.

L'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale (ne doit pas dépasser les 5 mg/l), traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation de la teneur en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de l'eau usée avant le traitement.



✓ Nitrate (NO<sub>3</sub>-)



**Figure 11** : variation journalière de NO<sub>3</sub> à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire du mois mars 2019.

Selon les résultats indiqués sur la figure, on observe que les valeurs des nitrates obtenues d'après les analyses, varient entre 1.53 mg/l et 0.53 mg/l à l'entrée et de 10.3 mg/l à 1.5 mg/l à la sortie, avec une valeur moyenne de 3.48 mg/l. Les teneurs en nitrates diminuent de l'amont vers l'aval, ils sont conformes aux normes marocaines.



### **3) conclusion :**

La station de traitement des eaux usées de la ville de Marrakech a traité durant le mois de Mars 2019 un débit moyen égal à 115.557 m<sup>3</sup>/j.

Le traitement "secondaire I "a été marqué par d'excellents rendements épuratoires : 94% pour la DCO, 98% pour la DBO5, 97% pour les MES et 93% pour l'NTK.

En général le traitement secondaire I a été caractérisé par des rendements épuratoires satisfaisants pour tous les paramètres en termes de rendement et/ou concentration, sauf pour l'NTK on remarque qu'on terme de concentration ça dépasse légèrement la garantie, mais reste satisfaisante si on parle du rendement. Enfin on note que la STEP de Marrakech donne dans la plupart des cas de bon résultat qui sont conformes à la norme marocaine.

### **4) L'impact environnemental :**

Le traitement des eaux usées avant le déversement dans le milieu naturel diminue considérablement leurs impacts sur l'environnement. Les valeurs indiquées dans les histogrammes sont nettement inférieures à la norme, mais la qualité de l'eau secondaire présente encore une vraie menace de contamination de milieu naturel par les germes pathogènes essentiellement par des virus et des germes entériques. Leur concentration non négligeable en phosphore et en azote favorise l'eutrophisation au niveau des zones stagnantes de l'Oued Tensift, résultat prolifération des moustiques et des mauvaises odeurs.



### **Préservation des ressources en eaux :**

- Contrôle quotidienne de la qualité des effluents entrants, sortants (DCO, DBO5, MES) afin de préserver le lit bactérienne responsable de l'épuration biologique et de ne pas contaminer les eaux et le sol de l'oued Tensift.
- Sensibiliser les industrielles sur la gravité de leurs effluents qui sont très charger en polluants toxiques (Chrome, Cuivre, Pb, Cd...) et de les faire participer dans l'approche de développement durable dont le Maroc fait partie.
- Contrôle journalière de la qualité des eaux la rivière de Tensift et de faire des analyses bien détailler de même pour les eaux destiner à l'irrigation golfique.
- S'assurer que les normes en matière de DCO, DBO5 et MES sont respectées.
- Installation d'un bassin a l'entrée de la station pour faire une décantation primaire des polluants toxiques avant de faire un by-pass vers l'oued Tensift et donc minimiser les risques de contamination de milieu naturel.
- Assurer une bonne gestion des boues : réduire la siccité par l'amélioration de séchage mécanique, bien stabiliser les boues avant leur élimination dans la décharge.

### **Limitation des émissions de gaz à effet de serre :**

- Choix et dimensionnement des équipements (aération des effluents notamment) peu consommateurs en énergie.
- Amélioration de la performance d'élimination H2S.
- Être en mesure d'intervention contre toute fuite de CH4 au niveau des gazomètres.
- Adopter une technologie de réduction CO2 émis lors de la cogénération.
- Bien entretenir les moteurs à biogaz et les maintenir en bon état.



## Conclusion générale :

Le Maroc a connu ces dernières années un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances.

Notre étude a porté sur la station des eaux usées de Marrakech, assurée par un réseau d'assainissement unitaire qui est caractérisé par des débits d'entrée irréguliers dans le temps (influence des eaux de pluies, rejets d'abattoirs, rejets des stations de lavage). La station recueille des rejets contenant un très grand nombre de polluants selon les activités raccordées au réseau d'assainissement, ces eaux usées avant les rejets dans Oued Tensift subissent un ensemble de traitement pour les rendre moins dangereux, pour la vie, le sol et l'air.

Nous avons essentiellement analysé les paramètres suivants (DBO5, MES, DCO, NH4+, NO3-, NO2-, PO43-) Cette étude a montré que les valeurs trouvées respectent les normes de rejet à la sortie de la STEP, à l'exception du NTK où nous avons remarqué que les rejets dépassent les normes et cela est dû à la charge excessive entrante la STEP. En effet la station de traitement de Marrakech donne de bon rendement épuratoire et adapte des systèmes d'épuration susceptible de produire des eaux épurées répondant aux normes marocaines.



## Recommandations :

- Vacciner les employés de la STEP contre les maladies transmissibles par contact avec les eaux usées.
- Construire un centre hospitalier au sein de la station afin d'hospitaliser les cas d'urgence.
- Former les personnels et les agents d'exploitation sur les risques de travail et la manière d'intervention en cas d'accident du travail.
- Exiger l'application des consignes de sécurité sur tous les agents de la STEP essentiellement ceux qui travaillent dans des locaux à risque infectieux.
- Sensibiliser les industriels sur la gravité en dommageable de leurs effluents sur l'environnement
- Bien maîtriser la gestion des boues et les déchets solides afin de préserver l'environnement
- Incinérer les déchets solides peut résoudre le problème de la contamination de la nappe et de milieu naturel.
- Encourager les hôteliers à irriguer leurs golfs par les eaux traitées de la STEP dont l'objectif de préserver les ressources en eaux potables.
- Informer les promoteurs industriels sur la nécessité de la mise en place d'un réseau séparatif pour la collecte de leurs effluents toxiques et les encourager à investir dans ce sens.



## Annexes :

**Tableau 4** : Les analyses d'entrée du traitement secondaire I

Date	DCO mg O <sub>2</sub> /l	DBO5 mg O <sub>2</sub> /l	DCO/DBO5	MES mg/l	NTK mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	PT mg P/l
1	1091	0	2.3	384	97.25	71.6	0.55	14.1
2	964	457	2.1	224	90.35	74.7	0.55	11.1
3	796	487	1.6	242	97.61	73.1	0.59	11.2
4	972	418	2.3	332	93.27	71.6	0.73	11.4
5	1062	436	2.4	332	98.94	77.7	0.66	12.1
6	1004	385	2.6	332	95.79	74.3	0.81	12.6
7	983	377	2.6	390	82.52	67.4	0.68	11
8	1139	450	2.5	378	112.37	68	0.63	13
9	1063	433	2.5	356	109.01	72	0.99	11.2
10	1047	519	2	416	98.13	70.1	0.47	12.6
11	1039	580	1.8	286	98.57	86.4	0.63	12.7
12	1253	411	3	406	103.21	72.2	0.79	14.7
13	1055	461	2.3	324	97.88	65.8	0.62	13.1
14	887	487	1.8	200	91.65	68	0.75	9
15	1120	359	3.1	366	101.24	80.8	0.76	12.8
16	1009	346	2.9	432	83.17	75	0.53	12
17	1023	402	2.5	398	98.43	60.6	0.47	13
18	1032	582	1.8	460	111.28	76.8	0.72	14.5
19	1062	610	1.7	418	100.28	68.6	0.72	13.8
20	1304	421	3.1	458	111.32	65.2	0.68	14.4
21	1243	544	2.3	444	105.43	76.4	0.57	9.04
22	974	366	2.7	318	102.37	74.4	0.63	13
23	1042	468	2.2	278	109.3	70	0.7	13
24	960	368	2.6	360	89.65	74.6	0.55	12.3
25	1133	427	2.7	392	110.31	69.9	0.69	12.4
26	947	460	2.1	370	85.1	50.2	0.9	10.2
27	854	402	2.1	412	81.45	58.1	0.55	10.3
28	876	366	2.4	252	90.68	59.4	0.52	10.6
29	801	536	1.5	268	80.37	38.5	1.53	10.8
30	816	401	2	334	80.23	48.6	0.77	10.1
31	512	316	1.6	166	58.25	38.4	0.35	6.46
<b>MOY</b>	<b>1,002</b>	<b>444</b>	<b>2.3</b>	<b>346</b>	<b>95.66</b>	<b>67.69</b>	<b>0.68</b>	<b>11.89</b>



**Tableau 5** : Les analyses de la sortie du traitement secondaire I

Date	DCO mg O <sub>2</sub> /l	DBO5 mg O <sub>2</sub> /l	DCO/DBO5	MES mg/l	NTK mg N/l	NH4-N mg N/l	NO <sub>3</sub> - N mg N/l	PT mg P/l
1	59.1	5.2	11.4	7.6	7.29	6.2	5.97	3.35
2	63.7	9.3	6.8	17	7.42	6	5.96	4.32
3	66.4	9.6	6.9	13	4.01	3.05	10.3	2.68
4	67.8	9.5	7.1	10.4	8.1	4	2.3	2.56
5	69	6.3	11	6.8	7.07	4.05	3.25	3.07
6	60.7	9.7	6.3	9.4	6.92	5	3	3.16
7	69.5	6.3	11	11.4	6.63	5.15	3.1	3.18
8	59.5	6.4	9.3	7.8	6.86	4.3	2.6	3.18
9	59.7	7	8.5	7.2	7.06	4	2.63	3.26
10	54.1	7.9	6.8	8.4	5.94	4.65	3.33	3.29
11	52.7	9.7	5.4	15.6	6.67	6	5.2	1.47
12	54.8	5	11	7.2	6.64	6.5	6.14	1.05
13	55.7	3.2	17.4	9.6	7.26	6	5.04	1.42
14	53.8	6.9	7.8	4.2	7.45	6.26	4.36	0.21
15	52.3	9.4	5.6	8	5.27	5.28	3.59	0.45
16	48.8	5.8	8.4	2.8	5.72	3.37	2.49	0.45
17	44.1	3.8	11.6	2	3.26	1.53	2.51	0.33
18	43.5	7.8	5.6	7.4	6.07	4	2.57	0.96
19	49.8	5.1	9.8	8	6.75	3.98	3.08	1.52
20	55.6	5.7	9.8	4.8	8.78	6.08	2.9	1.47
21	55.7	6.5	8.6	10.2	9.75	8.09	1.5	1.84
22	50.7	5.3	9.6	6.6	8.54	6.65	3.76	1.95
23	54.1	5.7	9.5	7.6	8.6	5.33	3.01	2.82
24	46.5	5	9.3	5.6	4.02	1.8	2.49	2.17



25	48.7	6.4	7.6	9.8	5.47	1.86	2.37	3.67
26	55	8.1	6.8	8	5.61	2	3.63	4.58
27	51.4	6.4	8	7.4	5.06	2.96	2.63	3.72
28	54.7	6.3	8.7	8.8	5.98	4.12	1.91	3.05
29	52.9	6.3	8.4	12.2	4.53	1.69	1.7	2.76
30	52.3	6.7	7.8	8.4	5.86	3.59	2.49	2.7
31	47	5.3	8.9	6.6	3.24	1.3	2.04	3.26
<b>MOY</b>	<b>55.1</b>	<b>6.7</b>	<b>8.7</b>	<b>8.38</b>	<b>6.38</b>	<b>4.35</b>	<b>3.48</b>	<b>2.38</b>

**Tableau 6 : les analyses de la sortie du traitement secondaire II**

Date	DCO	DBO5	MES
1	80,0	11,0	28,0
2	77,0	11,5	27,0
3	80,0	11,8	21,0
4	82,0	11,1	28,0
5	90,0	22,0	28,7
6	86,2	3,7	28,0
7	91,7	13,4	23,0
8	90,0	23,0	20,2
9	79,0	28,0	25,3
10	87,6	25,0	26,7
11	77,0	4,6	16,0
12	74,0	13,0	32,0
13	100,0	29,0	28,8
14	74,4	23,0	9,4
15	67,4	25,0	25,0
16	71,6	29,0	15,3
17	76,8	28,0	19,7
18	86,0	21,0	5,0
19	105,0	26,0	25,0
20	96,6	30,0	18,7
21	86,0	27,0	26,0
22	98,2	32,0	31,5
23	123,0	28,0	29,5
24	106,0	22,0	12,5
25	120,0	26,0	29,0



26	124,0	24,0	29,0
27	100,0	24,1	23,0
28	123,0	25,0	22,5
29	118,0	23,0	29,0
30	116,0	28,0	28,0
31	101,0	21,0	17,5
<b>MOY</b>	<b>93</b>	<b>22</b>	<b>23</b>



## Bibliographie

- Hartani, T, (2004), La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat.
- Medkour M, (2003), Réutilisation des eaux usées épurées, Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau. 12 p.
- Thomas O, (1955), Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.
- Raissi O, (2005), « Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduaires des stations d'épuration ».
- Rodier J, (2005) L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- Alain Botta, Laurence Bellon, (2001) Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro Méditerranée TEHYS.
- Suschka J, Ferreira E. (1986), Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, pp.137-144.
- Desjardins Raymands, (1997), « Traitement des eaux », deuxième édition, Montréal
- Feray C, (2000), « Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », Thèse de doctorat sciences naturelles, Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 204 p.
- Asano T, (1998), Irrigation with Reclaimed municipal waste water: California Experiences. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1. Reuse of Low, Quality Water for Irrigation in Mediterranean Countries
- Franck R, (2002), Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.
- Référentiel d'étude d'impacts sur l'environnement - Maroc : *Secrétariat d'état chargé de l'eau et l'environnement département de l'environnement.*



- STEP, Note process de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech
- STEP, Rapport mensuel du mois mars 2019 de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech