



MARRAKECH  
جامعة القاضي عياض  
UNIVERSITÉ CADI AYYAD

كلية العلوم  
والتقنيات - مراكش  
FACULTÉ DES SCIENCES  
ET TECHNIQUES - MARRAKECH



RADEEMA  
REGIE AUTONOME DE DISTRIBUTION D'EAU  
ET D'EGOUTAGE DE MARRAKECH

**LA FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES GUELIZ DE MARRAKECH**

Département des Sciences de la Terre

Mémoire de Fin d'Etudes

**LICENCES SCIENCES ET TECHNIQUES**

**"EAU ET ENVIRENEMENT "**

Sous le thème

***Impacts des rejets industriels sur les  
performances de la station d'épuration de  
la ville de Marrakech***

ARBAA Sara

SALMAOUI Khaoula

*Sous la direction de :*

Mme N.Khamli, Professeur à la FSTG, Marrakech

Mme K.Benazouz, Responsable du Laboratoire de Contrôle Assainissement

Présenté le 28 juin 2017 devant le jury composé de :

A.RHOJJATI ..... Professeur à la FSTG, Marrakech

N.KHAMLI.....Professeur à la FSTG, Marrakech

*Année universitaire 2016-2017*

# *Avant-propos*

Ce mémoire est le résultat du stage de fin d'études pour l'obtention de la Licence "Eau & Environnement" tuteuré par la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech.

Au cours de ce stage, effectué au sein du département Qualité, Sécurité et Environnement et la Station d'épuration des eaux usées à Marrakech durant les mois d'Avril et Mai 2017, nous avons eu pour mission de révéler l'impact des rejets industriels sur le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées.

Cette expérience nous a permis d'apprendre énormément tant en termes de connaissances théoriques, (notamment concernant la réglementation et les normes environnementales), et pratiques que sur le plan personnel ceci grâce à l'assistance de notre encadrant Mme KARIMA BENAZOUZ chef de laboratoire de contrôle.

Vous trouverez donc dans ce mémoire, le résultat d'un stage que nous qualifierons à la fois de formateur et d'enrichissant à titre personnel.

# *Remerciements*

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadrant Professeur **NADIA KHAMLI** à la FST Marrakech, pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nos vifs remerciements vont également à notre encadrant Mme **KARIMA BENAZOUZ** Responsable du Laboratoire de Contrôle Assainissement, STEP de Marrakech, pour sa générosité et la grande patience dont il a pu faire preuve malgré ses charges professionnelles.

Ces remerciements vont également au corps professoral et administratif de la **Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech** pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous tenons à remercier également Professeur Ali **RHOJJATI** d'avoir accepté de présider ce jury.

Nos remerciements s'étendent encore à La Direction de la **RADEEMA** de nous avoir accordé ce stage.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant nos années d'études.

Finalement, nous tenons à ne remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

# *Dédicaces*

*Nous dédions ce modeste travail à nos chers parents pour tous leurs sacrifices et leurs encouragements tout au long de notre parcours, nous vous devons tout, notre excellente éducation, notre bien être aussi bien moral que matériel, aucune dédicace ne pourrait exprimer notre respect, et nos profonds sentiments envers eux. A nos professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, pour leur patience et leur assistance, à nos collègues pour leur soutien et nos chers amis pour leur aide et leur présence à nos côtés et à toutes les personnes qui ont contribué à notre formation.*



# Sommaire :

INTRODUCTION.....	1
Chapitre 1 : Etude bibliographique et présentation de la société d'accueil .....	3
I. Généralités sur la ville de Marrakech :.....	4
I-1- Climat du Marrakech : .....	4
I-2- Situation géographique la ville de Marrakech : .....	4
I-3- Description du système d'assainissement existant à Marrakech : .....	5
II. Présentation de la RADEEMA :.....	5
II-1- Historique : .....	6
II-2- Mission et actions de la RADEEMA :.....	6
II-3- Organigramme.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III. Présentation et situation de la Station d'Épuration (STEP) :.....	8
III-1- Situation géographique de la STEP :.....	8
III-2- Aspect généraux de la STEP : .....	8
III-3- Choix du site.....	9
III-4- Objectifs de mise en place de la station d'épuration.....	10
III-5- Origine des eaux usées : .....	10
IV. Les étapes d'épuration des eaux usées au sein de la station d'épuration de Marrakech : .	11
IV-1- Introduction : .....	11
IV-2- Filière eau :.....	12
IV-2-1- Prétraitement : .....	12
IV-2-2- Traitement primaire : .....	14
IV-2-3- Traitement secondaire/biologique :.....	15
IV-2-4- Traitement tertiaire : .....	17
IV-3- Filière boue : .....	18
IV-3-1- Epaissement : .....	18
IV-3-2- Flottation : .....	19
IV-3-3- Digestion : .....	20

IV-3-4- Stockage des boues : .....	20
IV-3-5- Déshydratation des boues.....	20
IV-4- Filière biogaz : .....	20
IV-5- Désodorisation : .....	21
V. les éléments de perturbation du système à boue activées.....	21
V-1- Les rejets industriels : .....	21
V-2- Les impacts des rejets industriels sur la station d'épuration des eaux usées :.....	22
V-3- Classement des unités industrielles selon leurs activités : .....	22
V-4- les différentes activités pour les industriels à titre d'exemple : les tanneries et les industries agro-alimentaires .....	23
V-4-1- Tannerie : .....	23
V-4-2- Industrie agro-alimentaire : .....	23
V-5- effets des éléments toxiques sur la biomasse. ....	25
VI. Présentation du laboratoire de contrôle des eaux usées de la RADEEMA : .....	26
VI-1- Objectives du laboratories.....	26
VI-2- Qualité des effluents bruts et traités .....	27
Chapitre 2 : matériels et méthodes d'analyses .....	28
I. Echantillonnage et méthodes d'analyses : .....	29
I-1- Echantillonnage : .....	29
II. Analyses physico-chimiques : .....	29
1. Les matières en suspension : .....	29
II-1-1- Chrome .....	32
II-1-2-Phénol : .....	33
II-1-3-Cuivre : .....	34
II-1-4-Sulfure : .....	35
II-1-5-Nikel: .....	36
Chapitre 3 : Résultats des analyses des métaux dans les effluents à l'entrée de la STEP.....	37
I. INTRODUCTION.....	38
II. Variation des concentrations moyennes journalières en métaux à l'entrée de la STEP : .....	39
II-1- Chrome hexavalent : .....	39
II-2- Cuivre : .....	40

II-3- Nickel :	42
II-4- Phénols :	43
II-5- Sulfures :	44
I. Impacts des métaux sur la l'efficacité du traitement secondaire.....	46
I-1- Impact du Ni et Cu sur la DBO5.....	47
I-1-1-Variation journalière de la DBO5 entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire .	47
I-1-2-Impact du Cu et Ni sur DBO5.....	48
I-2-Impact du Ni et CU sur la matière en suspension MES :.....	49
I-2-1-Variation journalière de MSE entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire ; .....	49
I-2-2-Impact du Cu et Ni sur MES.....	50
I-3- Impact du Cu et Ni sur les azotes total NKT : .....	50
I-3-1-Variation journalière de NKT entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire :.....	51
I-3-2-Impact du Cu et Ni sur NTK :.....	52
I-4- Impact sur les produits phosphorés :.....	53
I-4-1-Variation journalière de PT entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire : .....	53
I-4-2-Impact du Cu et Ni sur PT :.....	54
c) Observations et interprétations :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Conclusion générale.....	56
Références bibliographiques .....	58
Annexe .....	59



# *Liste des figures :*

Figure 1: Localisation géographique de la ville de Marrakech. ....	4
Figure 2: Historique de la RADEEMA. ....	6
Figure 3: organigramme de la RADEEMA. ....	7
Figure 4 : Satellite de la localisation de la STEP et les zones industriels dans la ville de Marrakech. ....	8
Figure 5 : Station d'épuration des eaux usées. ....	9
Figure 6 : Évacuation des déchets vers les bennes de décharge. ....	13
Figure 7 : Dessableur /Déshuileur. ....	14
Figure 8 : Décanteur primaire. ....	15
Figure 9 : Bassin d'aération (ou bassin biologique). ....	16
Figure 10 : clarificateur. ....	17
Figure 11 : Chaîne de traitement des boues. ....	18
Figure 12 : Épaississeurs. ....	19
Figure 13 : Flotateur. ....	19
Figure 14 : Photographie représentant la file gaz. ....	21
Figure 15 : Laboratoire de contrôle des eaux usées de la RADEEMA. ....	27
Figure 16: Préleveur automatique. ....	29
Figure 17 : Manipulation pour la détermination de la MES. ....	30
Figure 18: Le déroulement de la mesure de la DBO5 dans le laboratoire de la RADEEMA. ....	31
Figure 19 : Kit commercialisé pour le dosage de chrome. ....	32
Figure 20 : Manipulation pour la détermination de chrome. ....	32
Figure 21 : Kit commercialisé pour le dosage de phénol. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 22 : Manipulation pour la détermination de phénol. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 23 : Kit commercialisé pour le dosage cuivre. ....	34
Figure 24: Manipulation pour la détermination du cuivre. ....	34
Figure 25 : Kit commercialisé pour le dosage du sulfure. ....	35

Figure 26 : Manipulation pour la détermination du Sulfure.....	35
Figure26: Kit commercialisé pour le dosage du Nickel .....	36
Figure 27: Manipulation pour la détermination du Nickel.....	36
Figure28: Variation de la concentration moyenne journalière en chrome à l'entrée de la STEP. ....	39
Figure 39: Variation de la concentration moyenne journalière en Cu à l'entrée de la STEP. ....	41
Figure 30 : Variation de la concentration moyenne journalière en Nickel à l'entrée de la STEP. ..	42
Figure 31 : Variation de la concentration moyenne journalière en phénols à l'entrée de la STEP. .	43
Figure32 : Variation de la concentration moyenne journalière en sulfures à l'entrée de la STEP. .	44
Figure 33: Variations journalières de DBO5 entre l'entrée et à la sortie du traitement secondaire.	47
Figure 34: Variations du rendement d'abattement de DBO5 et des teneurs en Cu .....	48
Figure 35: Variations du rendement d'abattement de DBO5 et des teneurs en Ni. ....	48
Figure 36 : Variations journalières de MES entre l'entrée et à la sortie du traitement secondaire. .	49
Figure 37: Variations du rendement d'abattement de MES et des teneurs en Cu.....	50
Figure 38: Variations du rendement d'abattement de MES et des teneurs en Ni. ....	50
Figure. 39: Évolution de la concentration journalière de NTK à l'entrée et la sortie secondaire. ...	51
Figure 40: Variations du rendement d'abattement de NTK et des teneurs en Cu.....	52
Figure 41: Variations du rendement d'abattement de NTK et des teneurs en Ni. ....	52
Figure 42 : Variations journalières de la concentration du PT à l'entrée et la sortie secondaire. ....	53
Figure 43: Variations du rendement d'abattement de PT et des teneurs en Cu . ....	54
Figure 44: Variations du rendement d'abattement de PT et des teneurs en Ni .....	55

# *Liste des tableaux*

*Tableau 1 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : Activité textile.*

*Tableau 2 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech ; activité Conserverie.*

*Tableau 3 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : Activité Plastique.*

*Tableau 4 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : Activité des bâtiments et Travaux publics.*

*Tableau 5 : Différentes concentrations des métaux lourds des industries dans l'eau brute par jours.*

*Tableaux 6 : Garantie de concentration en mg/l des métaux lourds dans cahier de charge.*

*Tableau 7 : Résultats des analyses à l'entrée du traitement secondaire (eau décanté) du 17/04/2017 au 2017/05/2017.*

*Tableau 8 : Résultats des analyses à la sortie du traitement secondaire (eau clarifiée) du 17/04/2017 au 17/05/2017.*

*Tableau 9 : Les garanties de la concentration en mg/l du traitement secondaires.*

# INTRODUCTION

Le monde industriel est de plus en plus confronté au problème de contrôle des émissions de substances toxiques dans l'environnement, particulièrement sous forme d'effluent liquide. La complexité et la difficulté du problème résident dans la diversité des sources de rejets, dans l'importance quantitative des rejets et dans leur composition très variée.

Au Maroc, à l'instar d'autres régions du pays, la ville de Marrakech connaît de multiples agressions quotidiennes engendrées par la pollution industrielle, en particulier celle des tanneries et des industries agro-alimentaires. Les eaux usées de ces derniers sont rejetées directement dans les réseaux d'assainissement sans aucun prétraitement préalable. Il est admis que la présence accidentelle ou chronique des métaux lourds dans les déchets industriels liquides et solides peut atténuer gravement les capacités épuratrices des stations d'épuration et la qualité des eaux de surface et celle des eaux souterraines.

La présence des métaux lourds à de fortes concentrations dans les eaux usées brutes à l'entrée de la station d'épuration de la ville de Marrakech a pour effet de perturber par leur toxicité le traitement biologique des eaux usées, et par conséquent affectent les performances de la station.

Face à cette situation, il faut prévoir la mise en place des actions préventives permettant de réduire, voire même éliminer l'impact des rejets industriels sur la station de traitements des eaux usées de la ville de Marrakech.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'occasion d'effectuer un stage dans la station d'épurations des eaux usées de la ville de Marrakech, afin de suivre les divers traitements que subissent les eaux usées et comprendre le protocole de contrôle de leur qualité en laboratoire par des différentes techniques consistant à faire l'analyse des différents composés chimiques sur l'eau brute, les problèmes rencontrés au cours de ces traitements.

### Objectifs du travail

Le présent travail a deux objectifs principaux :

- Le premier objectif consiste à mesurer les concentrations journalières en certains métaux et micropolluants : Chrome (Cr VI), Nickel (Ni), Cuivre (Cu), Sulfures et Phénol dans les effluents de STEP de Marrakech.
- Le deuxième objectif est d'évaluer l'impact de ces métaux sur les performances du traitement biologique de la STEP.

### Démarche suivie

Pour atteindre ces objectifs, nous avons procédé comme suite :

- Effectuer le dosage journalier des métaux et micropolluants dans les effluents à l'entrée de la STEP,
- Obtenir les données des paramètres physico- chimiques (BCO, DBO5, MES,...) à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire,
- Faire corréler les variations journalières des teneurs en métaux avec les variations journalières des paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie du bassin à boue activé afin de déceler l'impact de ces métaux sur les performances de la station,

Ce travail est constitué de 3 chapitres :

- Le premier chapitre présente des données bibliographiques sur les eaux usées, les principaux types de traitement de ces eaux et un ensemble de généralités sur les rejets industriels,
- Le deuxième chapitre est consacré aux techniques d'échantillonnage et aux méthodes d'analyses,
- Le troisième chapitre présente les résultats des différentes analyses effectuées au laboratoire pour déterminer les teneurs en métaux dans les effluents à l'entrée de la STEP,
- Le quatrième chapitre présente les impacts des métaux sur les performances du traitement secondaire et par conséquent sur celles de la station,
- A la fin du mémoire, une conclusion qui présente les principaux résultats de ce travail.

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical bar on the left and a horizontal bar on the top and right. The corners are rounded, and there are small circular elements at the top-right and bottom-left corners, suggesting the scroll is unrolled.

## **Chapitre 1 : Etude bibliographique et présentation de l'organisme d'accueil**

## **I. Généralités sur la ville de Marrakech :**

### **I-1- Climat du Marrakech :**

Marrakech est caractérisée par un climat semi-aride, avec une mal répartition de précipitation, tels que sa moyenne est de 281 mm par ans, les hivers sont souvent frais le matin et la nuit (6°C environs), mais les températures y montent très vite en pleine journée pour atteindre les 18 °C en moyenne. Les étés, quant à eux, sont très souvent arides, avec des températures minimales de 20-22 °C. En journée, il n'est pas rare que le mercure dépasse la barre des 40 °C.

### **I-2- Situation géographique la ville de Marrakech :**

La ville de Marrakech situé entre 31ème et le 32ème degré de la latitude Nord. Elle est limitée au sud par la chaîne de Haut Atlas, au Nord par le Jbilet, le moyen atlas à l'Est et les collines de Mzoudia à l'Ouest.



Figure 1: Localisation géographique de la ville de Marrakech (Google earth, 2017).

### **I-3- Description du système d'assainissement existant à Marrakech :**

La surface de la zone assainie est d'environ 12 360 ha avec un taux de desserte de 82%. La ville de Marrakech est dotée d'un réseau d'assainissement collectif de deux types : unitaires et pseudo-séparatifs.

Le mode pseudo-séparatif est adopté dans la zone industrielle Sidi Ghanem, la zone M'Hamid et les zones équipées après 1998. Le taux de raccordement unitaires de la population au réseau d'assainissement en 2006 est de 86%. Le linéaire total du réseau d'assainissement existant en 2006 s'élève à environ 1 494 km de diamètre variant de 200 mm à 2 000 mm pour les sections circulaires et de T100 à T280 pour les ovoïdes.

Les zones desservies par le réseau d'assainissement liquide de la ville de Marrakech sont :

- Arrondissement Médina : ce secteur comprend près du cinquième de la population totale de l'agglomération,
- Arrondissement Sidi Youssef Ben Ali : présente un tissu urbain dense et peu structuré, avec un poids de population important,
- Arrondissement Mènèra,
- Arrondissement Guéliz ,
- Arrondissement Annakhil ,
- Municipalité Mechouar Al Kasbah.

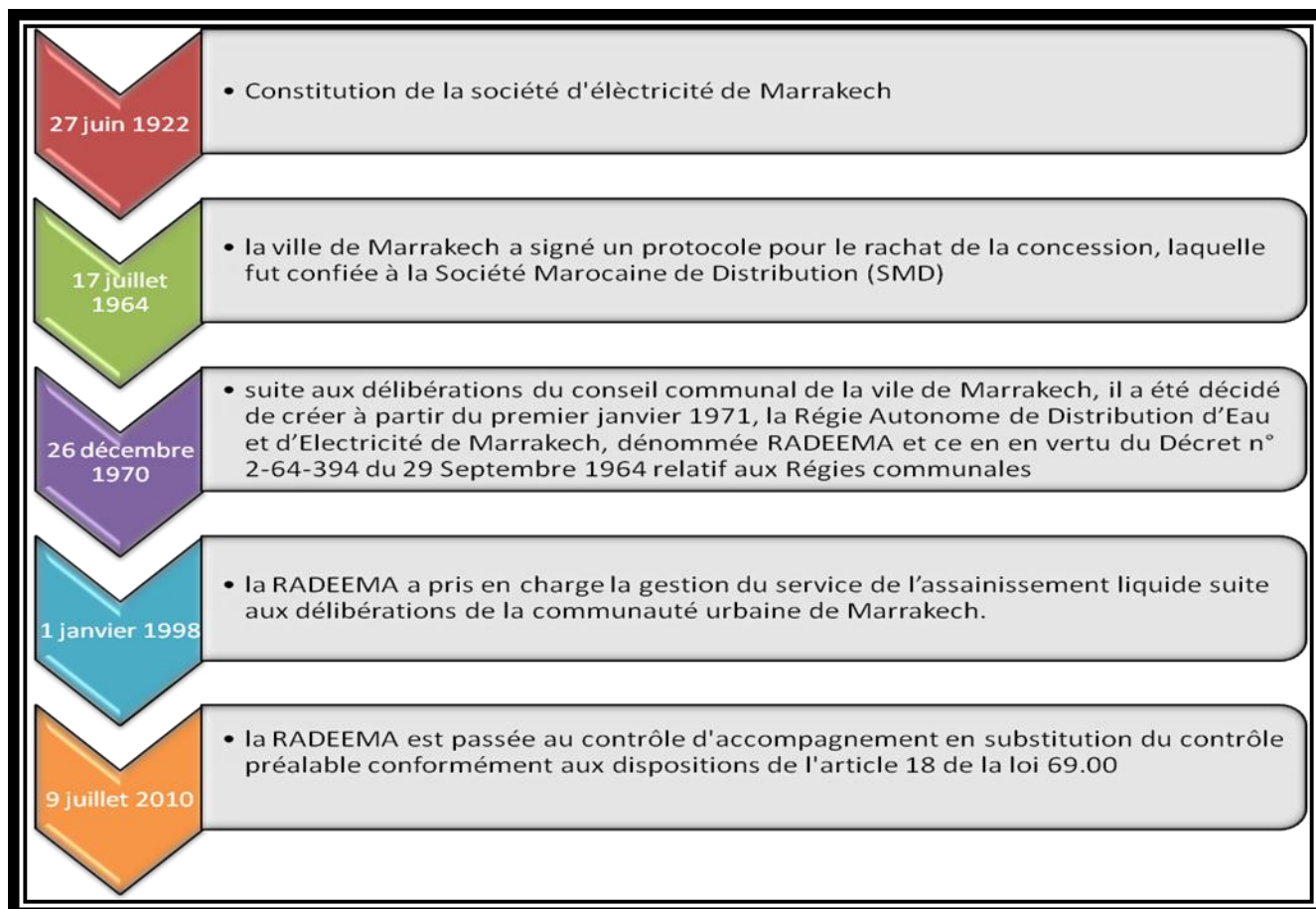
## **II. Présentation de la RADEEMA :**

La RADEEMA, ou Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la ville de Marrakech a été créé le premier janvier 1971 et ceci en vertu du décret n° 2-64-394 septembre 1964 relatif aux Régies communales.

Elle a pris en charge la gestion du service de l'assainissement liquide de la communauté urbaine de la ville de Marrakech le 1er Janvier 1980.



## II-1- Historique :



*Figure 2: Historique de la RADEEMA.*

## II-2- Mission et actions de la RADEEMA :

La RADEEMA assure la distribution d'eau et d'électricité et la gestion du service d'assainissement liquide au sein de la ville de Marrakech.

La mission de la RADEEMA et sa préoccupation majeure est d'accompagner le développement important que connaît la ville de Marrakech, assurer la sécurité de l'approvisionnement et la bonne gestion des services assurés.

Les missions de la RADEEMA en matière du service assainissement, comme définies par le cahier des charges du service assainissement, concernent la collecte et transport des eaux usées et pluviales, le traitement des eaux usées conformément aux réglementations en vigueur, la réutilisation des eaux usées et des sous-produits d'assainissement. ([www.radeema.ma](http://www.radeema.ma)).

**I-1- Organigramme.**

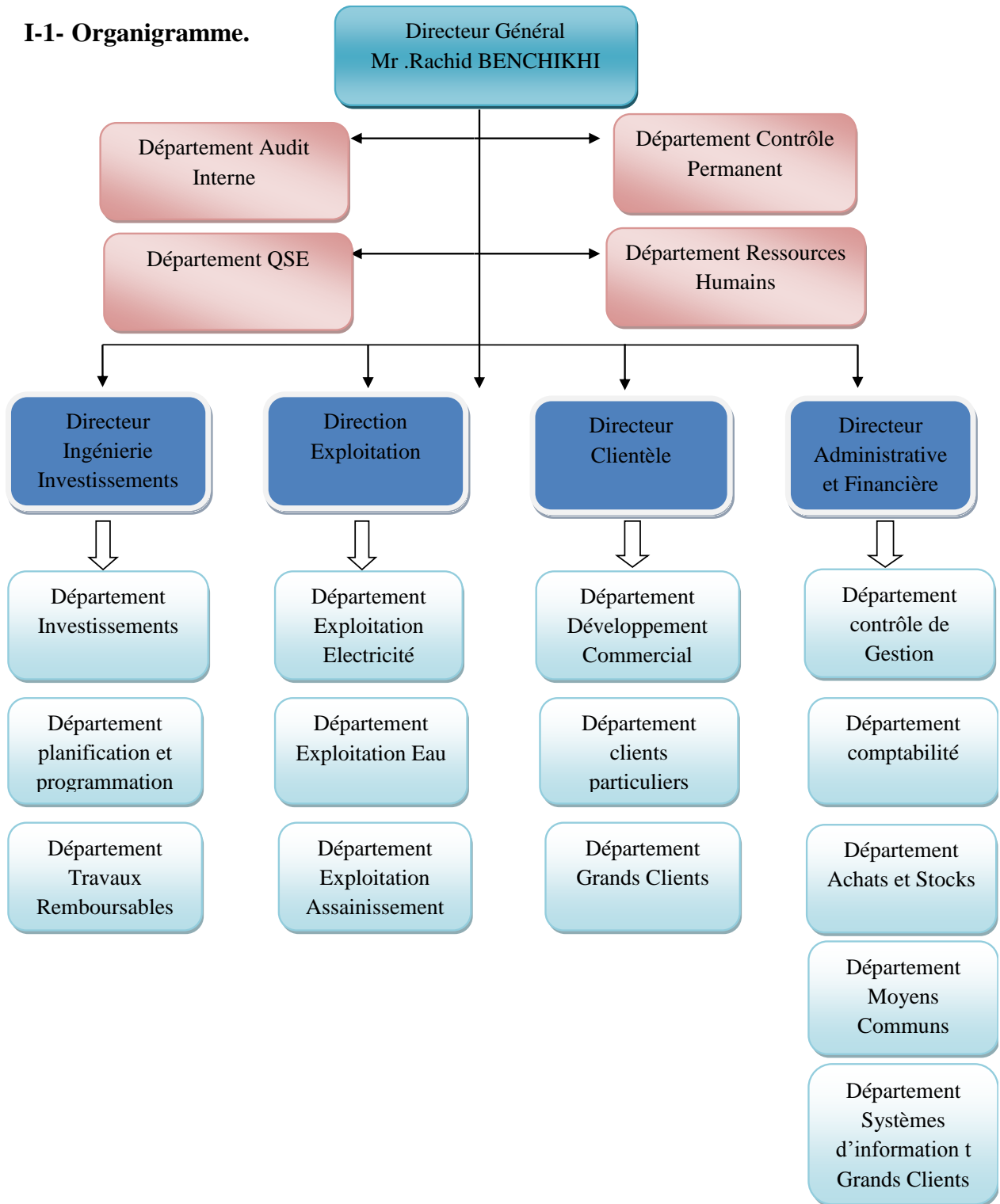


Figure 3 : organigramme de la RADEEMA.

### **III. Présentation et situation de la Station d’Epuración (STEP) :**

#### **III-1- Situation géographique de la STEP :**

La station d’épuration des eaux usées de Marrakech se situe au nord de la ville sur la route de Tamensourt près du quartier industriel El Azouzia et de l’Oued Tensift (Fig. 2). Elle occupe une superficie globale de 17 Hectares avec une capacité de traitement 90 000 m<sup>3</sup>/ jour, et de production de 20 000 m<sup>3</sup>/ jour de biogaz couvrant 45 % des besoins de la station. C’est une grande installation dont le coût est de l’ordre de 718 MDH répartis ainsi : traitement primaire : 168 MDH, traitement secondaire : 560 MDH.

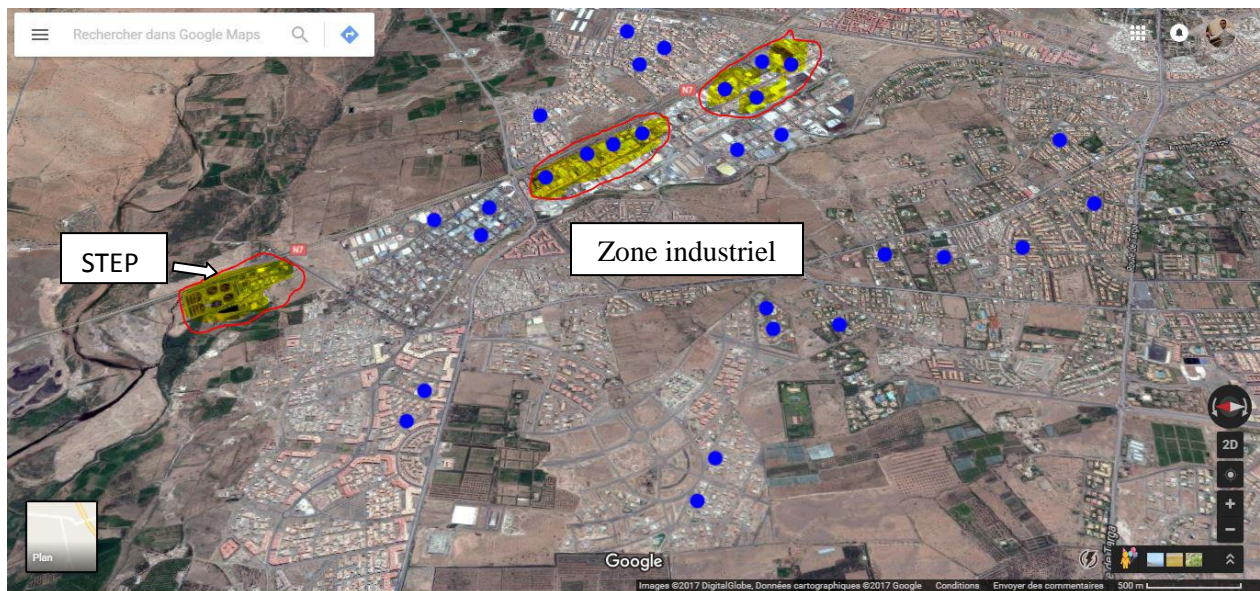


Figure 4 : Localisation de la STEP et les zones industriels dans la ville de Marrakech (Google earth, 2017).

#### **III-2- Aspect généraux de la STEP :**

La station d’épuration de Marrakech est une station à boues activées. Elle a été conçue pour traiter la totalité des eaux résiduaires de la ville de Marrakech pour une utilisation dans l’irrigation des

espaces verts et golfs, à l'est et au sud de la ville ainsi que pour la palmeraie de Domaine OULJA au nord de la ville.



*Figure 5 : Station d'épuration des eaux usées.*

### **III-3- Choix du site.**

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

- **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.



### **III-4- Objectifs de mise en place de la station d'épuration**

STEP de Marrakech a pour objectif majeur qui est la protection de l'environnement, et par la suite une amélioration des conditions sanitaires, sans oublier de préserver les ressources en eau, et mobiliser une ressource en eau alternative et renouvelable pour l'irrigation ainsi que la valorisation de biogaz et réduction de 60000 t CO2/an.

[www.projetbabel.org.com](http://www.projetbabel.org.com)

### **III-5- Origine des eaux usées :**

Les eaux usées traitées dans une station d'épuration sont de trois origines différentes :

#### **➤ Les eaux usées industrielles :**

L'eau résiduaire industrielle désigne l'eau qui provient des activités industrielles. Elle est différente des eaux usées domestiques et ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations de traitement. [www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/.com](http://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/.com)

#### **➤ Les eaux usées domestiques :**

Ce sont les eaux de la cuisine, de la salle de bain, des toilettes ...etc.

Elles sont particulièrement porteuses de pollution organique, composées de graisses, détergents, solvants, déchets organiques azotés ou encore de différents germes.

#### **➤ Les eaux pluviales :**

Les eaux usées industrielles sont fonction d'un grand nombre de paramètres, à savoir type d'entreprise :

- activité de l'entreprise (mensuelle, saisonnière...),
- procédé de fabrication,
- mode de travail,
- produits utilisés,
- nature des procédés industriels,

- degré de modernisation de l'entreprise,
- taille de l'entreprise.

La connaissance des charges polluantes en provenance des industries est évidemment primordiale pour le bon fonctionnement d'une station d'épuration d'eaux résiduaires urbaines, en particulier pour les points suivants :

- la charge polluante biodégradable d'une industrie doit pouvoir être acceptée par la STEP selon la capacité de celle-ci,
- la charge polluante non biodégradable d'une entreprise ne doit en principe pas être déversée dans le réseau de canalisations, mais traitée et évacuée séparément avant d'entrer à la STEP,
- les eaux non polluées tel que les eaux de refroidissement doivent être évacuées avec les eaux pluviales vu qu'elles représentent une surcharge hydraulique inutile,

Les substances toxiques ou inhibitrices pour les processus biologiques (digestion des boues primaires dans une première phase et des boues biologiques dans un second temps) ne doivent pas être rejetées avec les eaux usées. Il en va de même pour les boues activées.

#### **IV. Les étapes d'épuration des eaux usées au sein de la station d'épuration de Marrakech :**

##### **IV-1- Introduction :**

Les rejets d'eaux usées dans le milieu naturel créent des nuisances sur le plan environnemental et causent des maladies qui touchent un milliard d'individus chaque année. Ils provoquent, également, cinq à dix millions de décès chaque année, en majorité des enfants (Bernardis et Nesteroff, 1990).

On s'intéresse plus particulièrement à la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech dont le traitement porte sur quatre filières : Filière eau, Filière boues, Filière biogaz et filière de traitement des odeurs.

## IV-2- Filière eau :

La filière eau représente les différentes étapes de traitement des eaux usées depuis leur entrée à la STEP jusqu'à leur sortie. On distingue : le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement tertiaire.



### IV-2-1- Prétraitement :

- **Dégrillage :** La première étape de traitement des eaux usées au sein de la SETEP de Marrakech est la rétention des déchets grossiers : comme le papier, les chiffons, les branches, les plastics, ...ces déchets sont retenus par des grilles de tailles différentes.

Il existe trois types de dégrillage :

- **Le dégrillage grossier** utilise quatre grilles espacées de 20 cm de largeur, dont trois automatiques et une manuelle,
- **Le pré grillage**, utilise des grilles espacées de 8 cm de largeur pour retenir les déchets trop volumineux,
- **Le dégrillage fin**, constitué de quatre grilles espacées de 1 cm, dont trois automatiques et une manuelle. Afin d'éliminer les déchets moins volumineux. .

Les déchets récupérés par les grilles sont évacués par une visse vers la benne de déchets avant d'être mis en décharge dans la décharge publique de Marrakech.



*Figure 6 : Évacuation des déchets vers les bennes de décharge.*

- **Dessablage :**

C'est la phase qui permet d'extraire des eaux usées tout ce qui est sable, gravier ou particule minérale plus ou moins fine, qui peuvent provoquer l'érosion des pompes, des tuyaux et des vannes, ou bien perturber les stades des traitements suivants d'où la nécessité d'une sable dans les dessaleurs en mettant le sable en suspension par l'injection de l'air avant leurs aspiration vers la benne de décharge.

- **Déshuilage /déshuileur :**

Le déshuilage s'effectue au même temps que le dessablage, ces deux opérations se combinent dans un dessaleur déshuileur. Il permet l'extraction des huiles et des graisses qui sont difficilement biodégradables. A cause de leur densité inférieure à celle de l'eau, ces huiles et graisses seront flottées à la surface des eaux puis raclé vers la bêche à graisse.



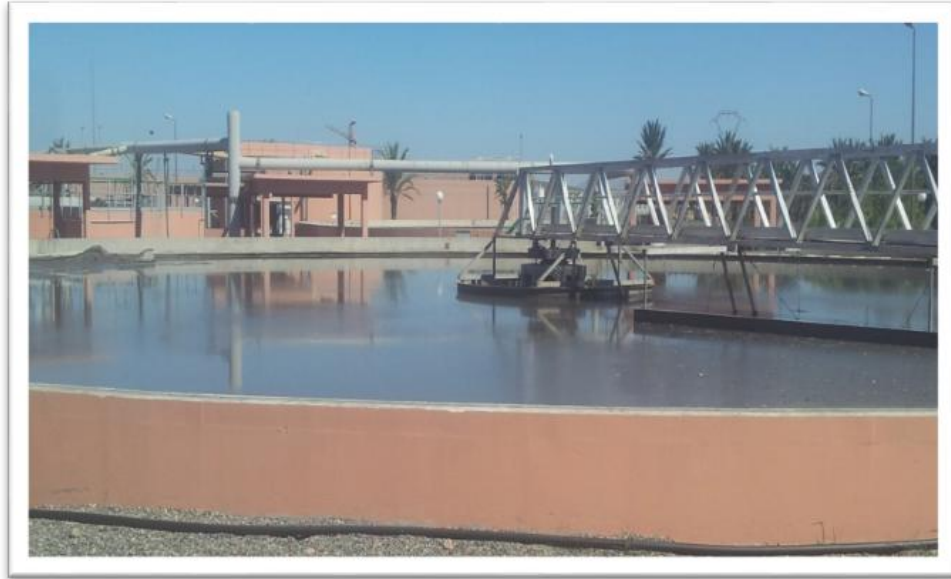


*Figure 7 : Dessableur /Déshuileur.*

#### **IV-2-2- Traitement primaire :**

C'est une technique de décantation très simple permet d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. Il s'agit essentiellement d'un processus physique qui permet, par une force de gravité, de séparer les MES, facilement décantables, de la fraction liquide. Les eaux usées passent dans trois bassins (décanteurs) afin de permettre une sédimentation de la MES. Leur accumulation forme une couche appelée "boues primaires". Ces boues sont ensuite envoyées vers leur propre filière de traitement.

Après obtention de deux phases, les boues sont envoyées vers les épaisseurs et les eaux vers le répartiteur secondaire.



*Figure 8 : Décanteur primaire.*

#### **IV-2-3- Traitement secondaire/biologique :**

Les micro-organismes absorbent la pollution organique dans quatre bassins d'activation biologique. Ces bassins sont équipés par des supprimeurs, ce qui fournit l'oxygène nécessaire au métabolisme des micro-organismes.

Le traitement secondaire comprend deux phases : le traitement biologique et la clarification :

- **Traitement biologique :**

Le traitement biologique des eaux usées dépend des activités biologiques, par les procédés des boues activées qui ont lieu dans des bassins d'aération. Les bactéries présentes dans les eaux usées jouent un rôle dans la dégradation de la matière polluante dissoute dans l'eau.

Deux procédés sont adoptés pour l'élimination de l'azote à la STEP de Marrakech : la nitrification et la dénitrification :

▪ **La nitrification :**

C'est l'oxydation de l'ammoniaque en nitrites puis en nitrates .Cette transformation se produit dans le bassin d'aération dans des conditions aérobies (présence d' $O_2$ ). Elle s'effectue en deux étapes par l'activité des micro-organismes autotrophes :

-Oxydation de  $NH_4^+$  en  $NO_2^-$  : c'est l'œuvre essentiellement des germes Nitrosomonas,

-Oxydation de  $NO_2^-$  en  $NO_3^-$  : les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent principalement au genre Nitrobacter.

L'oxygène étant ajouté par les suppresseurs. La nitrification se fait selon la réaction suivante :



▪ **La dénitrification :**

Est le processus par lequel les nitrates ( $NO_3^-$ ) sont convertis en azote gazeux( $N_2$ ) et en oxygène ( $O_2$ ) dans des conditions anoxiques (sans oxygène). Au cours du processus de la dénitrification, les organismes responsables de la libération du carbone peuvent utiliser les nitrates ( $NO_3^-$ ) et les nitrites ( $NO_2^-$ ) comme source d'oxygène. On parle de la boue activée lors de la présence d'une masse active d'organismes qui consomme et concentre de la matière organique.



*Figure 9 : Bassin d'aération (ou bassin biologique).*

▪ **Clarification (décantation secondaire) :**

La clarification se fait dans des clarificateurs qui sont des ouvrages circulaires où s'effectue la séparation des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Les eaux usées traitées en secondaire sont déversées soit dans l'Oued Tensift, soit vers le traitement tertiaire en cas de demande des complexes golfsiques. Comme les boues primaires, les boues obtenues dans les clarificateurs, sont traitées dans des Flotateur.



*Figure 10 : clarificateur.*

#### **IV-2-4- Traitement tertiaire :**

La partie des eaux destinées à l'irrigation subit un traitement tertiaire afin d'en éliminer les microorganismes pathogènes et le reliquat de matières en suspension.

- Coagulation : ajout du chlorure ferrique pour supprimer les répulsions inter colloïdales,
- Flocculation : ajout de polymères pour assurer la formation de floccs,
- Filtration sur sable : élimination finale des matières en suspension (floccs),
- Désinfection UV et chloration.

### IV-3- Filière boue :

Les boues d'épuration sont constituées des bactéries mortes et de matières organiques. L'accroissement régulier du volume des boues générées par le traitement des eaux, lie à la fois au développement démographique et à l'extension urbain. Le traitement se fait pour réduire le volume et la matière organique et les transformer en un produit valorisable. Le traitement de la boue : se passe par épaissement, la flottation, la digestion, le stockage et la déshydratation

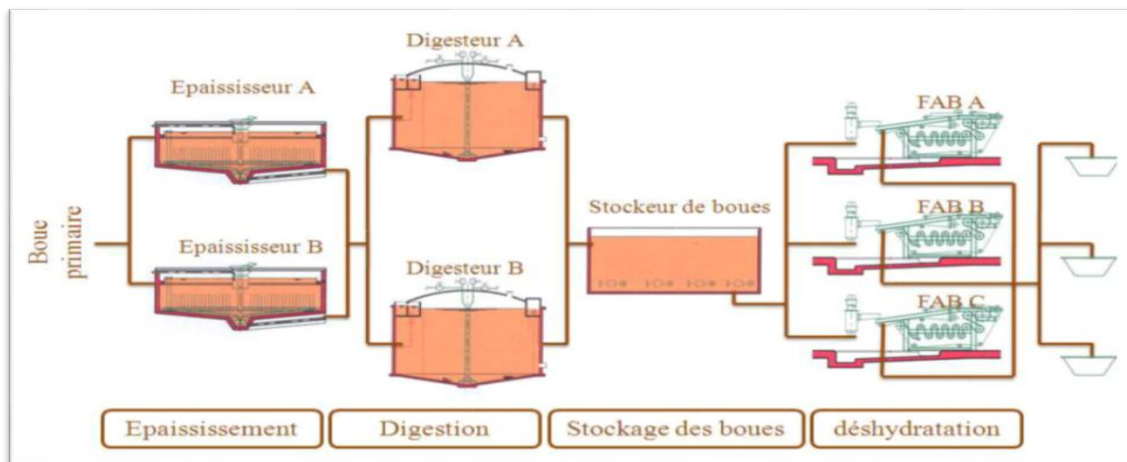


Figure 11 : Chaîne de traitement des boues.

#### IV-3-1- Épaississement :

Après la décantation primaire, on récupère une boue primaire de 5 à 10 g/l en matière sèche renvoyé vers 3 épaisseurs de volume unitaire : 600 m<sup>2</sup>.



*Figure 12 : Épaisseurs.*

#### **IV-3-2- Flottation :**

La flottation est la première étape du traitement des boues secondaires, qui permet de concentrer les boues extraites du système secondaire avant de les envoyer vers la digestion. Les boues extraites par la station de pompage et les flottants des dégazeurs arrivent dans les deux unités de la flottation.



*Figure 13 : Flotateur.*

### **IV-3-3- Digestion :**

C'est la phase où se déroule la fermentation des déchets à forte teneur en matière organique dans les digesteurs. La digestion préalable des boues et des déchets avant incinération permet :

- La réduction des quantités à déshydrater et incinérer,
- La réduction des quantités d'eau à évaporer (économie d'énergie).

### **IV-3-4- Stockage des boues :**

La boue digérée est transférée vers le stockeur, agitée pour préserver l'homogénéité pendant 2 jours de stockage afin de gérer le fonctionnement de la déshydratation.

### **IV-3-5- Déshydratation des boues**

La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues. La filtration par filtres à bandes consiste en une compression et un cisaillement des boues entre deux toiles.

### **IV-4- Filière biogaz :**

Après la production du biogaz au niveau des digesteurs, ce dernier est évacué vers des unités de dissulfurisation afin d'éliminer l' $H_2S$  (gaz corrosif) en le transformant en soufre natif par des bactéries du genre Thiobacillus. Après l'alimentation de l'unité de cogénération qui recouvre 45 % des besoins en électricité de la station, l'excès de gaz est stocké dans un gazomètre d'un volume de 2000 m<sup>3</sup>. Une fois le gazomètre saturé, le gaz est brûlé par le biais d'une torchère à flamme invisible.





*Figure 14 : Photographie représentant la file gaz*

#### **IV-5- Désodorisation :**

Afin d'éviter la propagation des odeurs dans les ouvrages de la STEP, et pour assurer un environnement de travail sain et sécurisé, tous les risques de dégagement des gaz malodorants seront minimisés par l'implantation de deux installations de traitement des odeurs : désodorisation physicochimique et désodorisation biologique.

### **V. les éléments de perturbation du système à boue activées.**

#### **V-1- Les rejets industriels :**

La région de Marrakech-Safi connaît une dynamique industrielle importante. La station d'épuration des eaux usées reçoit les effluents de la ville de Marrakech. Les principales activités industrielles pratiquées dans la ville sont :

- ✚ Industrie agroalimentaires,
- ✚ Textile-habillement,
- ✚ Cuir-chaussures,
- ✚ Industries chimiques et para-chimiques,
- ✚ Bois et ameublement.



## **V-2- Les impacts des rejets industriels sur la station d'épuration des eaux usées :**

- la prise en charge d'effluents industriels dans la STEP conduit à retrouver des pollutions spécifiques au niveau des boues de la station d'épuration qui interdisent leur valorisation agricole,
- Les rejets toxiques des industries agissent sur les organismes biologiques épurateurs et donc inhibent l'activité bactérienne, certains d'entre eux sont chargés de métaux qui ne seraient pas éliminés par les procédés d'épuration,
- Le compostage ne peut pas éliminer les métaux lourds comme le chrome, ni les polluants organiques ou organométalliques faiblement biodégradable comme les dioxines PCB....,
- Les graisses entraînent une réduction de la capacité d'oxygénation.

## **V-3-Classement des unités industrielles selon leurs activités :**

**(Tableau 1,Annexe ).**

- Tannerie
- Industrie agro-alimentaire :
  - Les huileries,
  - Conserverie,
  - Transformation lait et divers,
  - Pâtes alimentaires,
  - Alimentation des bétails,
  - Boissons gazeuses.
- Plastique,
- Marbres et fer,
- Bâtiments et travaux publics,
- Stations des hydrocarbures,

**(Annexe tableau 1 : les différents types des industries au sein de la ville de Marrakech).**

Parmi les industries les plus polluantes à Marrakech on cite :

- Les huileries ,
- Les abattoirs,
- Les tanneries ,
- Les laiteries,
- Les conserveries .

## **V-3- les différentes activités pour les industriels à titre d'exemple : les tanneries et les industries agro-alimentaires**

### **V-3-1- Tannerie :**

#### **➤ Les effluents de tanneries : caractérisations et impacts sur le réseau d'assainissement et sur la STEP :**

Les effluents de ces industries sont caractérisés par des charges polluantes organiques nettement moins importantes que celles des entreprises de la branche agro-alimentaire. Ils présentent également des variations importantes des valeurs pH à cause des produits utilisés et des teneurs importantes en matières en suspension. De plus, ces effluents contiennent des substances qui peuvent être toxiques pour l'épuration biologique des eaux usées, comme le chrome par exemple. **(Mouaziz (2012) ).**

#### **➤ Processus de tannage :**

Le processus de tannage consiste en la transformation de la peau animale en cuir. La peau animale est soumise aux différents processus pour éliminer la viande, les lipides et les poils. Cette étape utilise différents produits chimiques notamment : l'hydroxyde de sodium, l'hypochlorite de sodium, le dichromate de potassium, la chaux, les chlorures, l'acide sulfurique, l'acide formique, les tensioactifs, le sulfure de sodium, les sels de sodium et d'ammonium, etc. La peau obtenue est ensuite traitée par  $\text{Cr}^{3+}$  ou par les tannins végétaux, les sels minéraux et les colorants pour obtenir le cuir. Les produits utilisés finissent ainsi dans les eaux usées avec un net apport en charge polluante. **(Mouaziz (2012)).**

### **V-3-2- Industrie agro-alimentaire :**

#### **➤ Les effluents des industries agroalimentaires : caractérisations et impacts sur le réseau d'assainissement et sur la STEP :**

Les industries agroalimentaires rejettent des eaux chargées de quantités très importantes de graisses, de phosphore, d'azote et de chlorure de sodium. Les effluents de ces entreprises sont caractérisés par des charges polluantes organiques importantes dissoutes et en suspension (DBO et DCO) mais facilement biodégradables (rapport DCO/DBO faible). Certaines activités de nettoyage

des installations de production génèrent des rejets alternativement acides et basiques occasionnant des problèmes de pH.

➤ **Les impacts sur le réseau d'assainissement :**

- Dysfonctionnement et dégradation des ouvrages, accroissant des coûts de maintenance et d'investissement.
- Colmatage des conduites.
- Corrosion et attaque des canalisations par des produits acides ou alcalins à cause de valeurs pH non conformes ou par d'autres substances chimiques comme les sulfates ou les chlorures par exemple (sur des collecteurs en béton), ainsi que les matières grasses qui peuvent se solidifier dans les canalisations.
- Formation de dépôts et d'obstructions dans les canalisations à cause des matières solides déversées, empêchant un écoulement normal des eaux usées.
- Une autre caractéristique des effluents industriels qui les rend difficile à gérer est leur forte variabilité dans le temps. Ainsi pour de nombreuses industries (huileries, conserveries, laiteries), l'activité est irrégulière et engendre des difficultés de dimensionnement des installations de traitement.

➤ **Les impacts sur la station de traitement et d'épuration des eaux usées :**

- la prise en charge d'effluents industriels dans la STEP conduit à retrouver des pollutions spécifiques au niveau des boues de la station d'épuration qui interdisent leur valorisation agricole.
- Les rejets toxiques des industries agissent sur les organismes biologiques épurateurs et donc inhibent l'activité bactérienne, certains d'entre eux sont chargés des métaux qui ne seraient pas éliminer par les procédés d'épuration.
- Le compostage ne peut pas éliminer les métaux lourds comme le chrome ni les polluants organiques ou organométalliques faiblement biodégradable comme les dioxines PCB....
- Les graisses entraînent une réduction de la capacité d'oxygénation.

➤ **Les impacts sur la station de traitement et d'épuration des eaux usées :**

- la prise en charge d'effluents industriels dans la STEP conduit à retrouver des pollutions spécifiques au niveau des boues de la station d'épuration qui interdisent leur valorisation agricole.

- Les rejets toxiques des industries agissent sur les organismes biologiques épurateurs et donc inhibent l'activité bactérienne, certains d'entre eux sont chargés des métaux qui ne seraient pas éliminer par les procédés d'épuration.
- Le compostage ne peut pas éliminer les métaux lourds comme le chrome ni les polluants organiques ou organométalliques faiblement biodégradable comme les dioxines PCB....
- Les graisses entraînent une réduction de la capacité d'oxygénation.

#### **V-4- effets des éléments toxiques sur la biomasse.**

Les bassins biologiques (boue activée) jouent un rôle principal dans la station, leur fonctionnement est considéré comme le cœur du traitement. Ce traitement dépend essentiellement des activités des microorganismes.

La présence des éléments toxique(les métaux lourds) dans l'effluent peut inhiber voir arrêter ce processus biologique. Cela dépend essentiellement des concentrations à l'entrée de l'effluent, une concentration de l'ordre de  $\mu\text{g/l}$  peut être tolérable et bénéfique pour les microorganismes, par contre, une concentration de l'ordre de  $\text{mg/l}$  engendre une toxicité intense pour les bactéries.

Le mécanisme dont les métaux lourds affectent les microorganismes n'est pas encore clair. Il a néanmoins été suggéré que les métaux lourds bloquent les systèmes des enzymes ou interfèrent avec les métabolismes cellulaires des bactéries et les protozoaires.




## **VI. Présentation du laboratoire de contrôle des eaux usées de la RADEEMA :**

### **VI-1- Objectives du laboratories**

Une STEP est une installation de type industriel, dont le fonctionnement repose principalement sur la stimulation des processus naturels biologiques (dégradation) et l'utilisation des phénomènes physiques (décantation, flottation...). Les fortes variations physico-chimiques et biologiques au sein de la station sont susceptibles de perturber son fonctionnement.

Dans l'objectif de contrôler la qualité des eaux usées du réseau d'assainissement, de suivre les rendements épuratoires de la STEP, et d'assurer une bonne qualité des eaux épurées destinées à l'irrigation des golfs et des espaces verts, la RADEEMA s'est dotée de son propre laboratoire de contrôle placé à la STEP dès le mois de Mai 2012.

Le laboratoire de la STEP peut intervenir à différents niveaux :

-  **Au niveau du réseau d'assainissement :** A la demande de la police du réseau, le laboratoire effectue des prélèvements et des analyses des paramètres de pollution et des éléments toxiques aux points demandés afin de détecter les sources responsables des rejets non conformes afin de protéger la STEP de ces rejets,
-  **Au niveau de la STEP :** le laboratoire effectue des prélèvements quotidiennement (échantillons composites de 24 heures) à la sortie de différents ouvrages de la file eau (depuis l'entrée et jusqu'à la sortie de la STEP) afin de contrôler la qualité des différents traitements,
-  **Au niveau des complexes golfiques :** En plus des prélèvements quotidiens effectués à la sortie du traitement tertiaire, des prélèvements bimensuels sont effectués à l'amont de chaque complexe golfique afin de contrôler la qualité des eaux livrées.



*Figure 15 : Laboratoire de contrôle des eaux usées de la RADEEMA*

## VI-2- Qualité des effluents bruts et traités

La station d'épuration de la ville de Marrakech a une capacité minimale de 1050 l/s et une capacité de traitement de 1 300 000 équivalent habitant, avec un réseau de réutilisation de 80 km de conduites pour assurer l'irrigation de 22 complexes golfeques.

Afin de satisfaire ces clients, et de protéger le milieu récepteur, la RADEEMA a des exigences de traitement bien stricts, le tableau 1 présente ces exigences.

**Tableau 1 : Performances attendues du traitement (cahier de charge de la STEP).**

Paramètres de qualité	Entrée de la STEP	Traitement primaire	Traitement secondaire	Traitement tertiaire
MES (mg/l)	584	200	30	5
DBO5 (mg/l)	640	430	30	10
NTK (mg/l)	120	120	5	5
Pt (mg/l)	22	22	20	10
Germes fécaux	$10^7$ U/L	$10^7$ U/L	$10^6$ U/L	$2.10^3$ U/L



## **Chapitre 2 : matériels et méthodes d'analyses**

## **I. Echantillonnage et méthodes d'analyses :**

### **I-1- Echantillonnage :**

La prise des échantillons s'effectuent à l'aide de préleveur automatique à l'entrée des eaux usées brutes et à l'entrée de chaque traitement, le préleveur prend des échantillons chaque heure durant toute la journée, après 24h, le personnel chargé du prélèvement doit régler la température en 4 ainsi que le débit avant de préparer un échantillon composite en mélangeant les échantillons de chaque heure pour le délivrer aux deux laboratoires de la RADEEMA et de WATERLEAU (Figure 16).



*Figure 16 : Préleveur automatique.*

## **II. Analyses physico-chimiques :**

### **1. Les matières en suspension :**

C'est l'ensemble des particules minérales et organiques contenus dans les eaux , elle est en fonction des terrains traversés de la nature des rejets et la pluviométrie et le régime d'écoulement des eaux , c'est un facteur essentiel de turbidité des eaux , l'unité est mg/l elle est calculée par la relation suivante :



$$MES = \frac{m_1 - m_0}{V}$$

Avec :  $m_1$  : la masse de papier filtre après l'utilisation.

$m_0$  : la masse de papier filtre avant l'utilisation

$V$  : le volume de l'échantillon utilisé

Durant toute l'analyse les filtres sont manipulés avec une paire de pince, de manière à limiter les échanges d'humidité avec la peau ou les gants.

### • Mode opératoire

Les étapes de cette technique d'analyse consisté à :

- Peser la membrane et noter sa masse avant utilisation,
- Placer la membrane sur la rampe de filtration,
- Bien agiter l'échantillon,
- Prélever un volume de l'échantillon et le transvider sur la membrane,
- Procéder à la filtration ;
- Récupérer la membrane après la filtration puis la placer dans une étuve à 105,
- Peser la membrane et noter sa masse.



*Figure 17 : Manipulation pour la détermination de la MES.*

## 2. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Le DBO<sub>5</sub> est mesuré par méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermostatée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en

sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens. La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde oxymétrique (Cirad, 2004).



**Figure 18:** Le déroulement de la mesure de la DBO5 dans le laboratoire de la RADEEMA

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder par voie chimique certaines matières oxydables contenues dans l'échantillon.

### **3. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder par voie chimique certaines matières oxydables contenues dans l'échantillon.

#### **➤ Principe:**

L'oxydation est réalisée par un excès de dichromate de potassium en milieu acide, à ébullition sous reflux pendant 2 heures et en présence de catalyseurs (sulfates d'argent et de mercure). L'oxygène consommé (en mg/l) est calculé après détermination de l'excès de dichromate par titration avec du sulfate de fer et d'ammonium (Cirad, 2004).

### **4. Dosage Phosphore total (PT)**

L'analyse des orthophosphates se fait par spectrophotométrie d'adsorption atomique qui est basée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'ondes. L'absorption de chaque élément est spécifique, aucun autre élément n'absorbe sa longueur d'ondes (Radi (2010)).

## 5. les métaux lourds

### ➤ Chrome.



*Figure 19 : Kit commercialisé pour le dosage de chrome*



*Figure 20 : Manipulation pour la détermination de chrome.*

- On enlève la feuille de Dosi Cap Zip,
- On prélève 2ml d'eau à analyser filtré,
- On ferme la cuve et on agite,
- On attend 2min et on mesure avec le spectrophotomètre

➤ **Phénol :**



*Figure 21 : Kit commercialisé pour le dosage de phénol.*



**Figure 22 : Manipulation pour la détermination de phénol.**

- On prend 2ml d'eau à analyser filtré à l'aide d'une micropipette de 1ml,
- On ajoute 0,2 de réactif A,
- On mélange et on laisse reposer 2 min,
- Puis on ajoute 2ml du réactif B,
- On mélange et on laisse reposer 2min,
- On effectue la lecture au spectrophotomètre

➤ **Cuivre :**



*Figure 23 : Kit commercialisé pour le dosage cuivre.*



*Figure 24 : Manipulation pour la détermination du cuivre.*

- On prend 2ml d'échantillon,
- On mélange, puis on laisse reposer 3min,
- Après 3min on mélange le contenu et on effectue la lecture au spectrophotomètre

➤ **Sulfure :**



*Figure 25 : Kit commercialisé pour le dosage du sulfure.*



*Figure 26 : Manipulation pour la détermination du Sulfure.*

- On prélève 4ml d'échantillon,
- On ajoute 0,2 ml de réactif A,
- On mélange et on laisse reposer 10min,
- On effectue la lecture au spectrophotomètre.



➤ **Nickel :**



*Figure 26 : Kit commercialisé pour le dosage du Nickel*



*Figure 27 : Manipulation pour la détermination du Nickel*

- Prendre 2 ml d'eau à analyser à l'aide d'une micropipette de 1ml,
- On mélange la solution, et on ajoute 0.2 ml du réactif A,
- puis en mélange et on laisse reposer 3 min,
- On effectue la lecture au spectromètre



**Chapitre 3 : Résultats des analyses des métaux dans les effluents à l'entrée de la STEP**



## I. INTRODUCTION

Dans cette partie nous allons exposer les résultats des analyses physico-chimiques effectuées durant la période du stage sur les eaux usées brutes à l'entrée de la STEP, à l'entrée du traitement secondaire et à la sortie du traitement secondaire. Le bon fonctionnement de la STEP et l'efficacité du traitement suivi dans la station se reflètent dans les paramètres des eaux épurées à la sortie du traitement secondaire. Ces paramètres doivent répondre aux normes de rejet ou d'irrigation exigées par la loi marocaine sur l'eau (Loi 10-95).

Dans le cas d'une station de traitement par boues activées, cas de la STEP de Marrakech, la présence de fortes concentrations de métaux lourds et des éléments toxiques dans l'effluent affecte énormément le fonctionnement de la station. En effet, les métaux lourds perturbent le développement des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière polluante ce qui provoque la diminution de l'efficacité du procédé biologique et biochimique adopté.

L'analyse des teneurs en métaux lourds et des éléments toxiques se fait automatiquement et systématiquement sur les effluents à l'entrée de la station, avant de passer aux filières de traitement. Les résultats obtenus seront exploités pour pallier aux éventuels problèmes que vont provoquer ces métaux lorsqu'ils arrivent dans les bassins de boues activées.

Les métaux lourds et les éléments toxiques que nous avons dosés dans la station de Marrakech sont : chrome (Cr VI), Nickel(Ni), cuivre(Cu), Sulfures et Phénol.

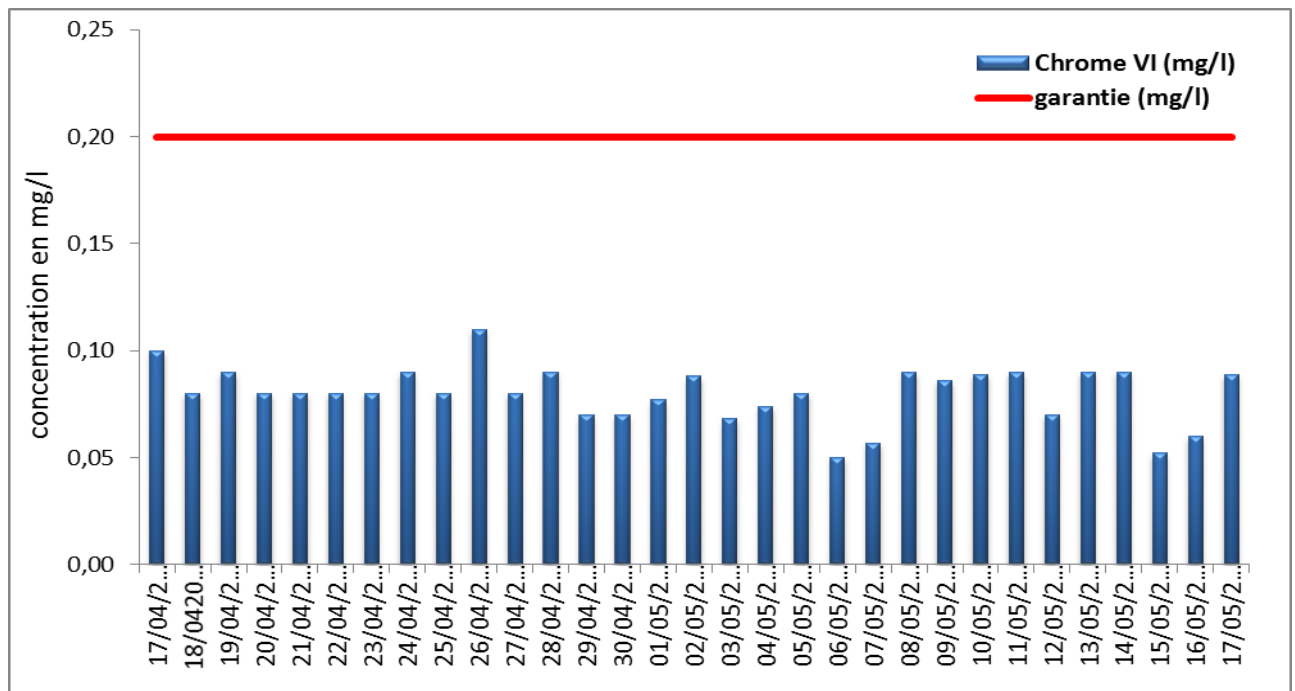
Nous avons essayé de déceler l'action éventuelle de ces métaux sur le fonctionnement de la station par dosage des paramètres physico-chimiques (DCO, DBO5, MES, NTK, PT) à l'entrée et à la sortie des bassins d'aération et leur compatibilité avec les normes nominales.

Les tableaux des résultats sont consignés en Annexe.

## II. Variation des concentrations moyennes journalières en métaux à l'entrée de la STEP :

### II-1- Chrome hexavalent :

Le chrome sous sa forme Cr VI fait partie de la famille des métaux lourds, il présente donc, à concentration élevée, un risque majeur pour l'environnement et la santé humaine (cancérigène). Cet élément a été analysé puisqu'il est un élément nuisible pour les microorganismes des boues activées.



*Figure28 : Variation de la concentration moyenne journalière en chrome à l'entrée de la STEP.*

Les concentrations moyennes journalières en Cr VI représentées sur l'histogramme ci-dessous (Fig. 28) montrent que ces concentrations sont largement inférieures à la valeur limite (0,2 mg/l) fixée par le cahier charge de la RADEEMA.

Durant la période de l'étude, les concentrations journalières en Cr VI dosées dans les effluents à l'entrée de la STEP n'ont pas présent de variations significatives. Elles ont oscillé entre 0,05mg/l et 0,11mg/l avec une moyenne de 0,07mg/l.

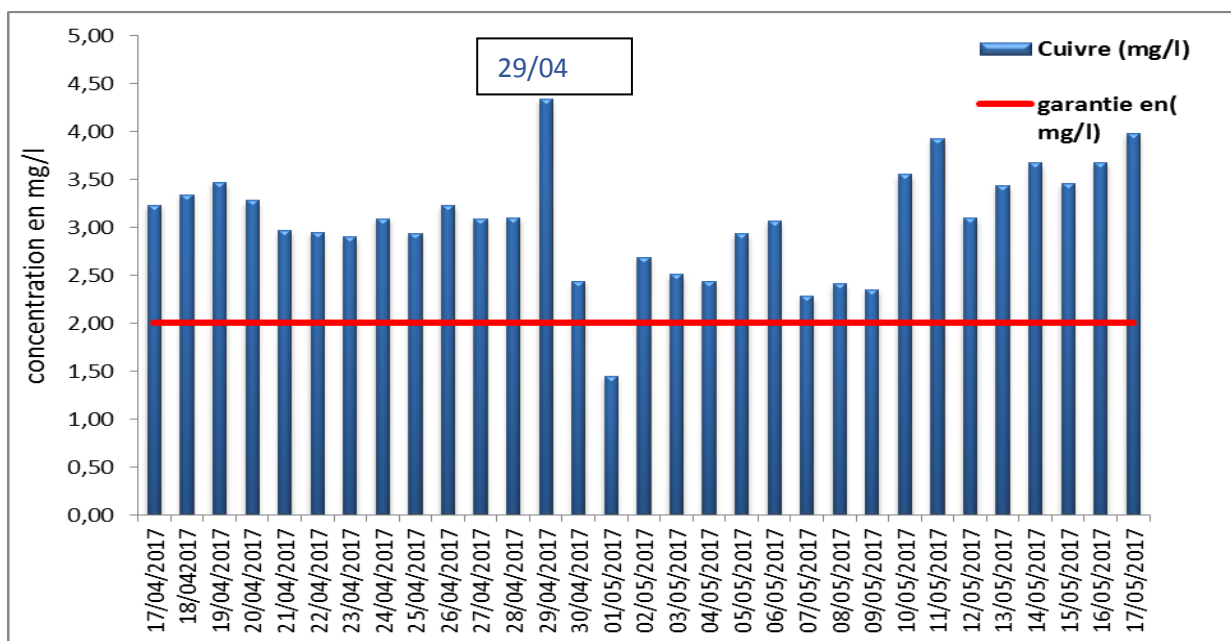
Ces faibles concentrations semblent être loin d'avoir un impact significatif sur le fonctionnement des micro-organismes du bassin d'aération au niveau traitement secondaire à moins qu'elles soient conjuguées à l'effet de d'autres éléments nuisibles.

## **II-2- Cuivre :**

Le Cu est assez fréquemment retrouvé dans la nature, par exemple sous forme de Chalcopyrite. Ses caractéristiques chimiques ainsi que sa faible mobilité n'autorisent cependant pas l'existence de fortes concentrations dans les eaux naturelles. Elles sont donc plutôt d'origine anthropique.

Les concentrations élevées en Cu des eaux sont liées aux rejets industriels de certaines industries dans le réseau. Le Cu est utilisé dans les domaines de l'électricité et de la métallurgie. Les sels de cuivre sont utilisés dans l'industrie de la photographie, les tanneries (fabrication de pigments), l'industrie textile, les traitements de surface (circuits imprimés, galvanoplastie, dépôts chimiques...) et les fongicides etc.

Les résultats de l'analyse du Cu VI dans les effluents à l'entrée de la STEP sont représentés dans le graphique ci-dessous.



**Figure 39: Variation de la concentration moyenne journalière en Cu à l'entrée de la STEP.**

La figure 39 montre que durant toute la période d'étude, les effluents entrant à la STEP sont quotidiennement chargés en Cu à des concentrations supérieures à la limite optimale qui est de l'ordre de 2mg/l.

La seule valeur minimale (1,2 mg/l) est enregistrée le 01/06/2017 qui coïncide avec un jour férié dans la totalité des entreprises (Fête de Travail). Cette valeur nous renseigne sur le taux de Cr dans les rejets des petits ateliers qui restent actifs en ce jour.

La valeur maximale est enregistrée le jour du 29/04/2017 où la concentration des eaux brutes en Cu a pu atteindre une valeur relativement élevée égale 4,5mg/l.

Les données météorologiques montrent que les précipitations pluviométriques enregistrées à Marrakech le 29/04/2017 ont atteints 20mm en 24h (WWW.infoclima.fr).

Il apparait que les fortes concentrations en Cu des rejets industriels de Marrakech ont été amplifiées par les eaux pluviales acheminés vers la STEP qui ont ainsi augmenté le débit et la concentration de l'entrant.

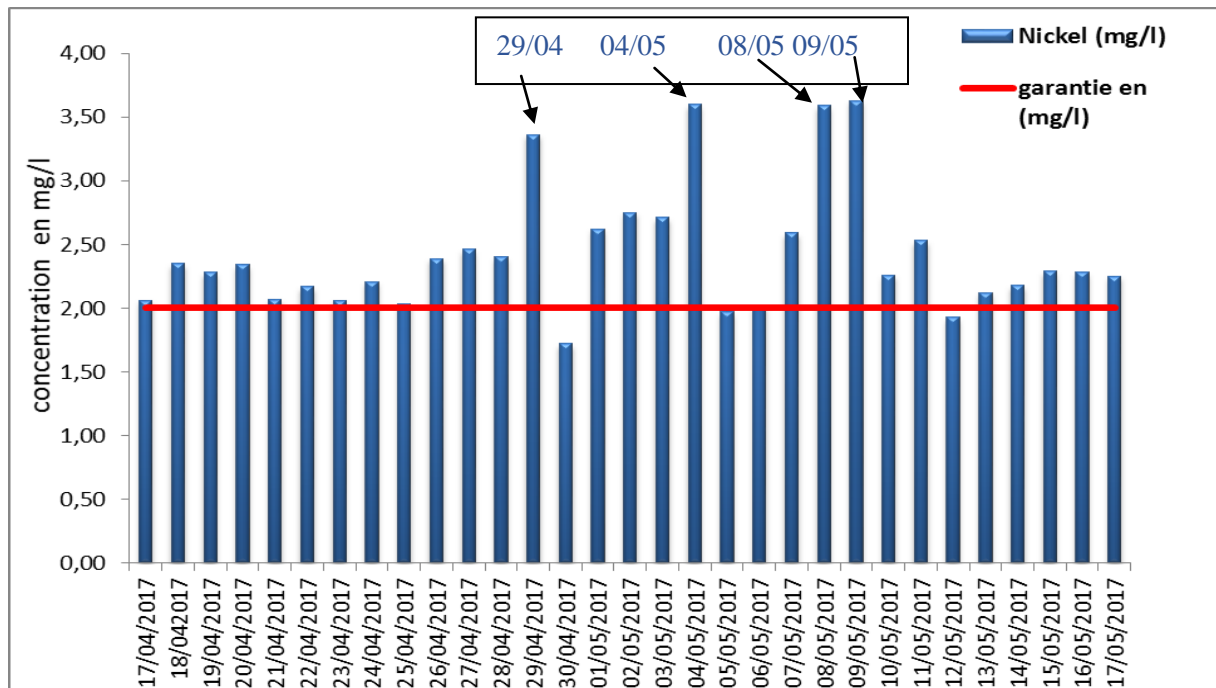
L'éventuel impact de ces teneurs sur le bon fonctionnement de la station sera suivi par analyses des paramètres physico-chimiques des eaux à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire.

### II-3- Nickel :

Le Ni est compté parmi les métaux lourds nuisibles pour la biomasse épuratrice des boues activées. Ainsi, il est dosé automatiquement dans les effluents à l'entrée de la station.

La pollution métallique des eaux usées en Ni est principalement liée aux activités humaines. Cet élément présente une large gamme d'utilisation dans le domaine industriel. Le Ni entre dans la composition de nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de sa résistance à la corrosion. Il est utilisé pour la protection des pièces métalliques et dans les traitements avant chromage. Il est également employé dans la production d'aciers inoxydables et il sert également de catalyseur en chimie organique.

Les résultats de l'analyse du Ni dans les effluents à l'entrée de la STEP sont représentés dans le graphique ci-dessous (Figure 30).



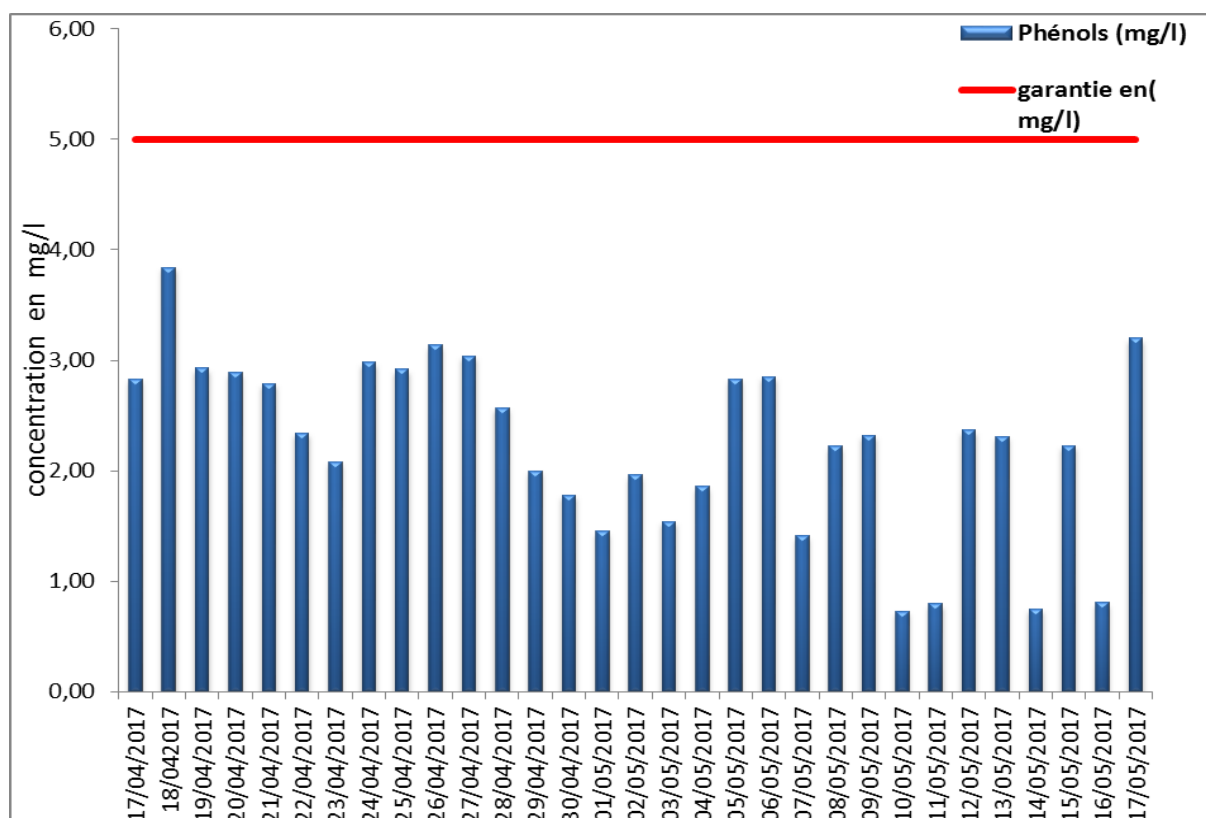
**Figure 30 : Variation de la concentration moyenne journalière en Nickel à l'entrée de la STEP.**

D'après la Figure 30 on remarque que les effluents à l'entrée de la STEP sont caractérisés par des concentrations en Ni globalement supérieures à 2mg/l (valeur exigée par la RADEEMA). Durant la période d'étude, les concentrations en Ni de l'effluent ont varié entre 1,72 mg/l et 3,63 mg/l avec une moyenne de 2,42 mg/l. La majorité des valeurs ont légèrement dépassé la valeur nominale mais les valeurs extrêmes sont enregistrées le 29/04, le 04/05, le 08/05 et le 09/05. Aucune précipitation n'a été enregistrée à Marrakech en cette

période excepte celle du 29/04. Donc ces augmentations de concentrations sont probablement liées aux déversements des unités industrielles.

## II-4- Phénols :

Les phénols et leurs dérivées sont utilisés dans l'industrie des matières plastiques, dans l'industrie pharmaceutique, ainsi que dans la fabrication de nombreux produits : adhésifs, explosifs, engrais, gaz d'éclairage, peinture, caoutchouc, parfums, agents de préservation du bois et des textiles. Ils servent aussi à la fabrication des détergents, des colorants, des pesticides (chlorophénols).

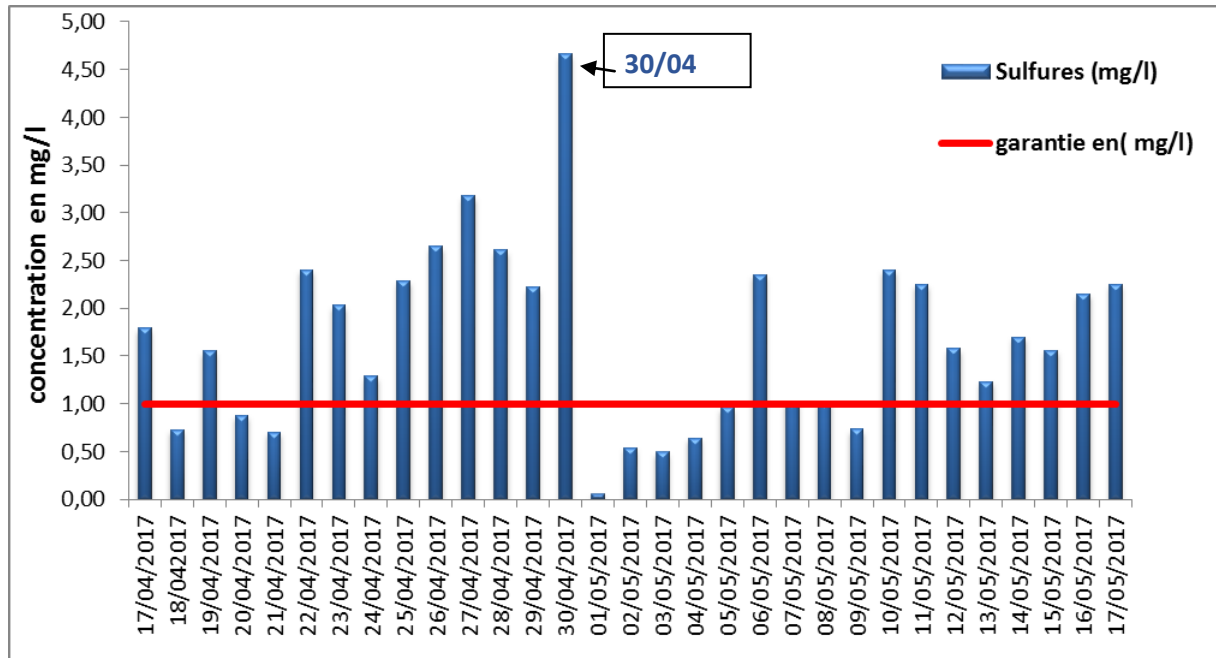


**Figure 31 : Variation de la concentration moyenne journalière en phénols à l'entrée de la STEP.**

Les résultats d'analyses du 17/04/2017 jusqu'à 17/05/2017 concernant les phénols à l'entrée de la station (Figure 31) montrent des valeurs comprises entre 0,727 mg/l et 3,84 mg/l avec une moyenne de 2,25mg/l. En effet les concentrations en phénols ont souvent varié d'un jour à l'autre mais elles sont restées largement faibles par rapport à la limite de garantie exigée (5mg/l). Ces faibles concentrations des phénols dans les eaux usées peuvent être expliquées par le faible nombre d'unités industrielles qui utilisent ces produits à Marrakech.

## II-5- Sulfures :

Les sulfures présentent plusieurs types de structures ce qui rend difficile de les regrouper. Les principaux sulfures sont : les sulfures de Fer, les sulfures de Cu, Zn, Pb et les sulfures de Ni, Mo, Co.

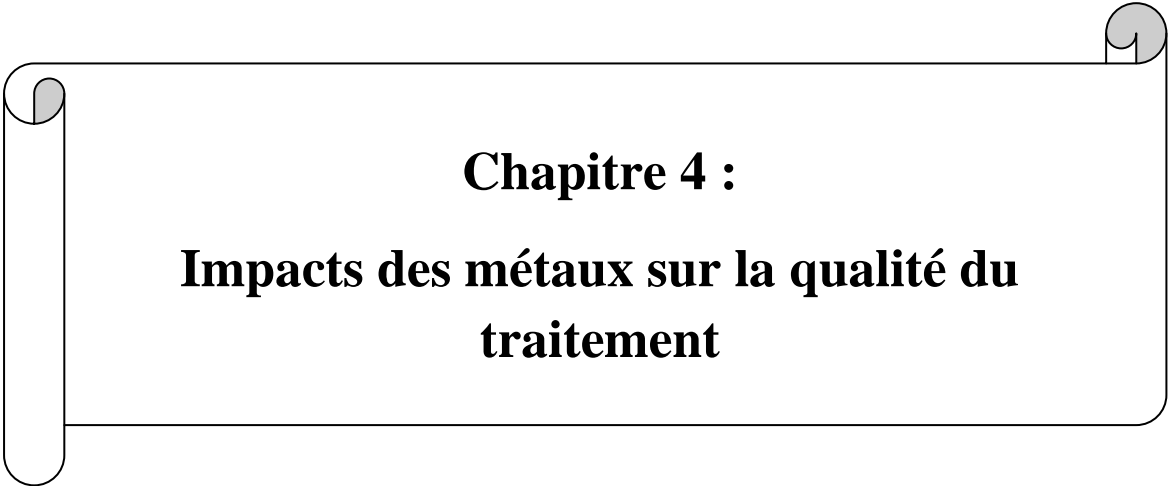


**Figure32 : Variation de la concentration moyenne journalière en sulfures à l'entrée de la STEP.**

Les concentrations des eaux résiduaires en sulfures présentent des fluctuations très fréquentes. Ces concentrations sont comprises entre 0,06mg/l et 4,7mg/l avec une moyenne de l'ordre de 1,67mg/l. Ces concentrations dépassent souvent la valeur nominale de 1mg/l (figure 32).

La valeur maximale est enregistrée le 30/04/2017, jour qui suit directement le jour pluvieux. Une bonne partie des sulfures entrants à la STEP provient des lessivages des sols par les pluies puisque le réseau est unitaire et il collecte les eaux usées ainsi que les eaux pluviales.

L'impact de ces sulfures sera certainement combiné à celui des autres métaux pour influencer les performances épuratoire de la station.

A decorative scroll frame with a black outline and rounded corners. The top and bottom edges are slightly curved, and there are small circular tabs at the top corners, suggesting a rolled-up document.

**Chapitre 4 :**  
**Impacts des métaux sur la qualité du**  
**traitement**



## **I. Impacts des métaux sur la l'efficacité du traitement secondaire**

Dans cette partie du travail nous cherchons à déceler l'impact des deux métaux Cu et Ni sur les paramètres DBO5, MES, NTK et PT.

Le choix du Ni et Cu est dictée par leur concentration élevée dans les eaux à l'entrée de la STEP durant la période d'étude.

L'évaluation de l'efficacité du traitement secondaire nécessite l'évaluation des paramètres DBO5, MES, NTK et PT des eaux à l'entré ainsi qu'à la sortie du traitement.

L'impact des métaux Ni et Cu sera évaluer sur le rendement d'élimination (RE %) de la matière polluante éliminée par chacun de ces paramètres.

*Rendement d'Elimination (RE%)= ((Charge entrante-charge sortante)/ charge entrante)\*100*

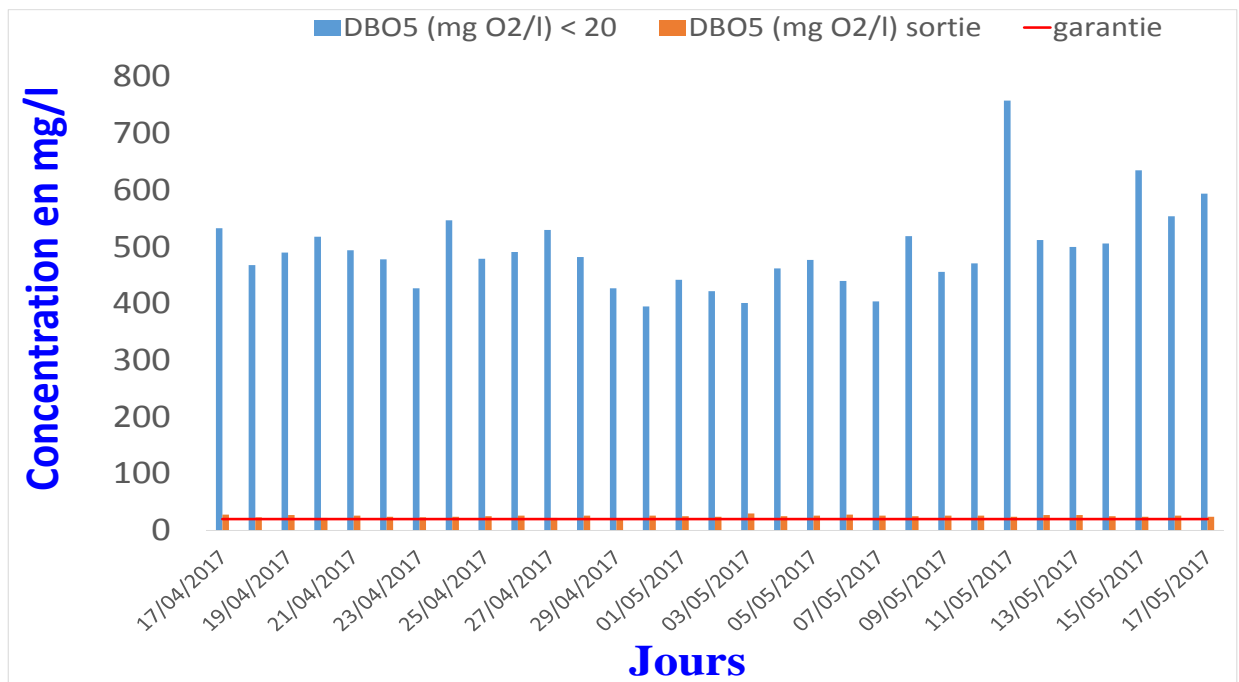
Nous avons été chargées d'appliquer notre étude aux résultats des paramètres physico-chimiques du traitement secondaire obtenus par MRHARI DERDAG et. JALLI (PFE en cours).

Les tableaux des valeurs et des calculs sont consignés en annexe.

## I-1- Impact du Ni et Cu sur la DBO5

### I-1-1-Variation journalière de la DBO5 entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire

La DBO5 est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques.



**Figure 33 : Variations journalières de DBO5 entre l'entrée et à la sortie du traitement secondaire.**

La figure 33 représente la variation de la DBO5 de l'eau à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire, notons que l'eau à l'entrée du traitement secondaire présente une DBO5 qui varie entre 395 et 635 mg d'O<sub>2</sub>/l.

Les teneurs en DBO5 des eaux à la sortie du traitement secondaire ont nettement diminué par rapport aux teneurs enregistrées à son entrée. Cette réduction dans les valeurs de la DBO5 montre l'activité des micro-organismes épurateurs qui assurent la dégradation et la transformation de la matière organique permettant donc l'élimination de la pollution organique, ainsi que le bon fonctionnement du clarificateur. Ce dernier assure une décantation efficace favorisant ainsi la sédimentation des boues responsables de l'élimination de la quasi-totalité de la DBO5.

### I-1-2-Impact du Cu et Ni sur DBO5 :

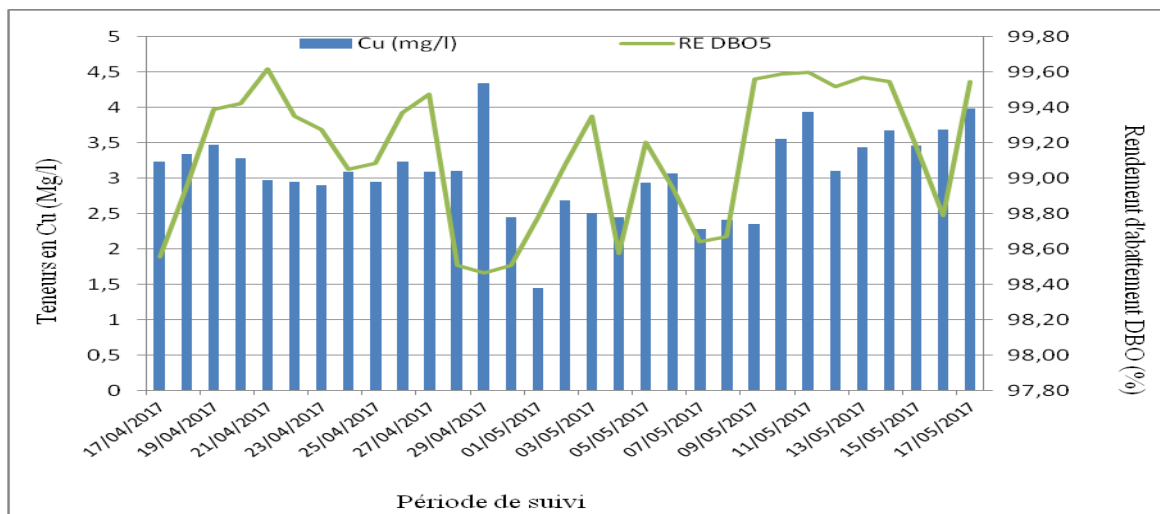
L'examen des Figures 35 et 36 permet de retenir les observations suivantes :

1°/ Les plus faibles rendements d'abattement de la matière organique biodégradable (DBO5) sont enregistrés le 29/04/, 04/05, 08/05 et 09/05.

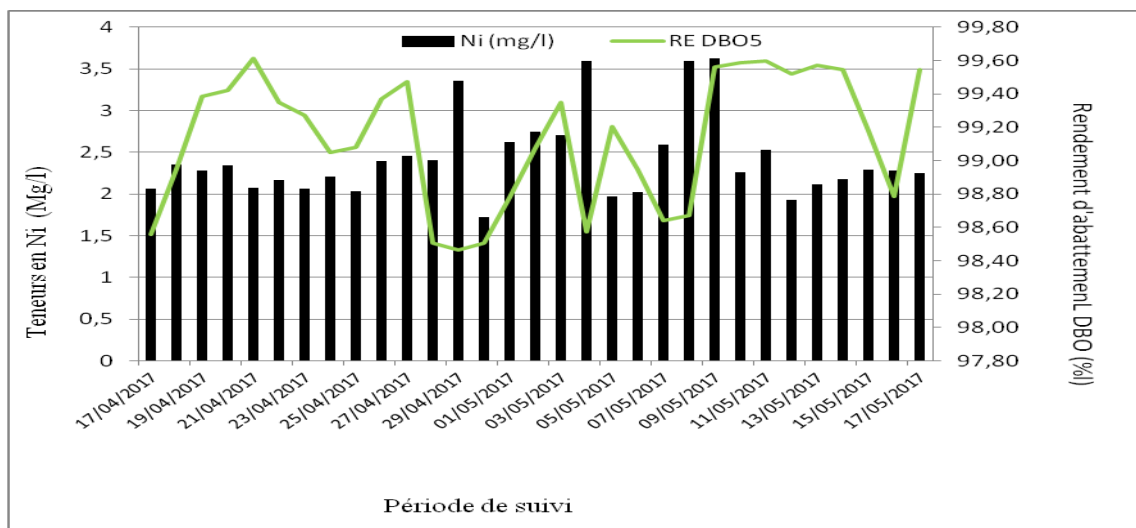
2°/ Les quantités les plus importantes en Cu sont enregistrées à l'entrée de la station le 29/04/.

3°/ Les quantités les plus importantes en Ni sont enregistrées à l'entrée de la station le 29/04, 04/05, 08/05 et 09/05.

Les résultats de cette étude nous permettent de conclure que Ni a impacté le paramètre DBO5 lors du traitement secondaire.



**Figure 34 : Variations du rendement d'abattement de DBO5 et des teneurs en Cu .**

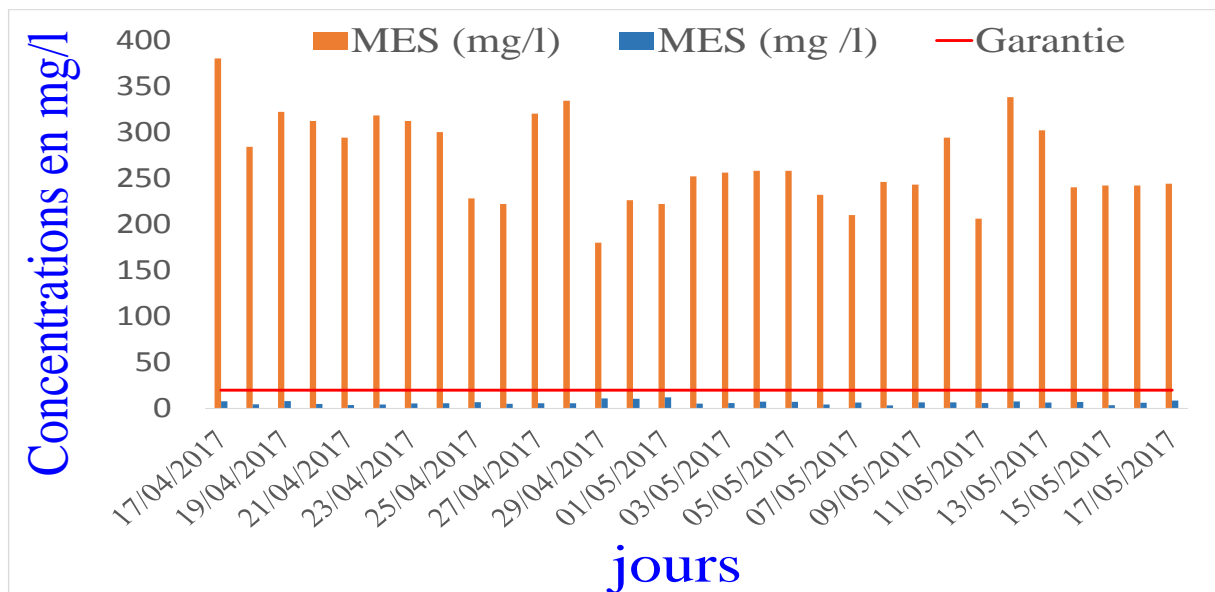


**Figure 35: Variations du rendement d'abattement de DBO5 et des teneurs en Ni.**

## I-2- Impact du Ni et CU sur la matière en suspension MES :

### I-2-1-Variation journalière de MSE entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire :

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques non dissoutes contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière mettant en péril la photosynthèse). (Figure 36).



**Figure 36 : Variations journalières de MES entre l'entrée et à la sortie du traitement secondaire.**

Les valeurs du MES à l'entrée du traitement secondaire varient entre 3,4 et 12,2 mg/l. A la sortie de du traitement secondaire, on enregistre des valeurs de MES généralement inférieurs inférieur à 20 (valeur exigée par la RADEEMA)

La diminution de la teneur en MES dans les eaux à la sortie du traitement secondaire par rapport à l'entrée est très bonne sauf du 29/04 au 01/05 où elle est relativement moins. Cette diminution est probablement due au phénomène d'adsorption des matières en suspension sur les flocons biologiques d'une part et à la bonne sédimentation au niveau du clarificateur.

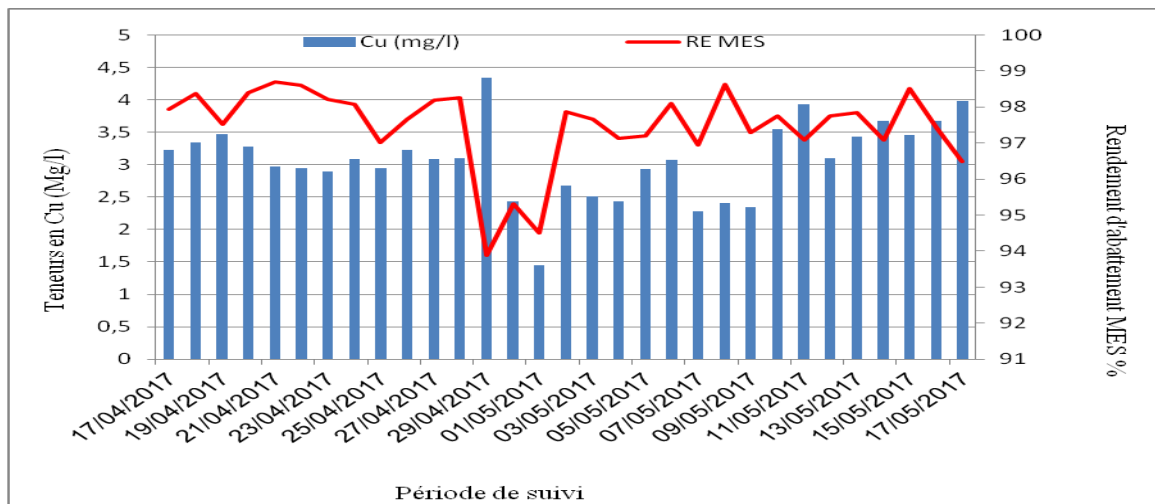
## I-2-2-Impact du Cu et Ni sur MES

L'examen des Figures 37 et 38 permet de retenir les observations suivantes :

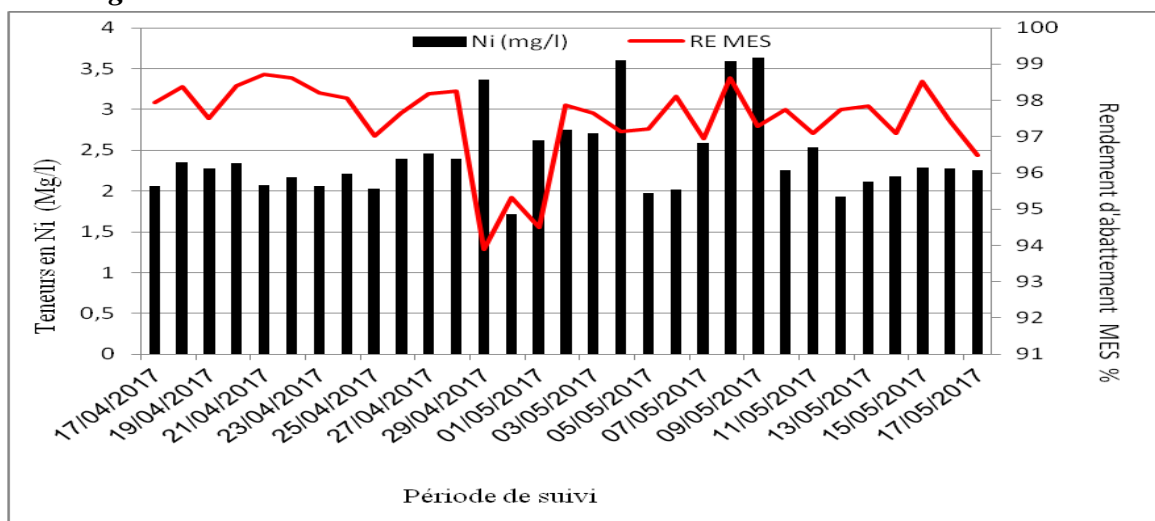
1°/ Les 3 fortes teneurs en Ni enregistrées à l'entrée de la station d'épuration ne semblent avoir eu aucun impact sur le rendement d'abattement de DB5 (04/05 ; 08/05 et 09/05), sauf pour le 29/04/ où la concentration élevée en Ni a coïncidé avec le plus faible rendement d'abattement.

2°/ Les fortes teneurs en Cu enregistrées à l'entrée de la station le 11/05, 14/05 et 16/05 ont fait légèrement diminuer le rendement d'abattement de MES (de 1%), contrairement au 29/04 où le rendement a chuté de plus de 4%.

Il semble donc que globalement Cu a un impact négatif sur le paramètre MES lors du traitement secondaire mais cet impact n'est pas proportionnelle aux teneurs en Cu.



**Figure 37: Variations du rendement d'abattement de MES et des teneurs en Cu.**



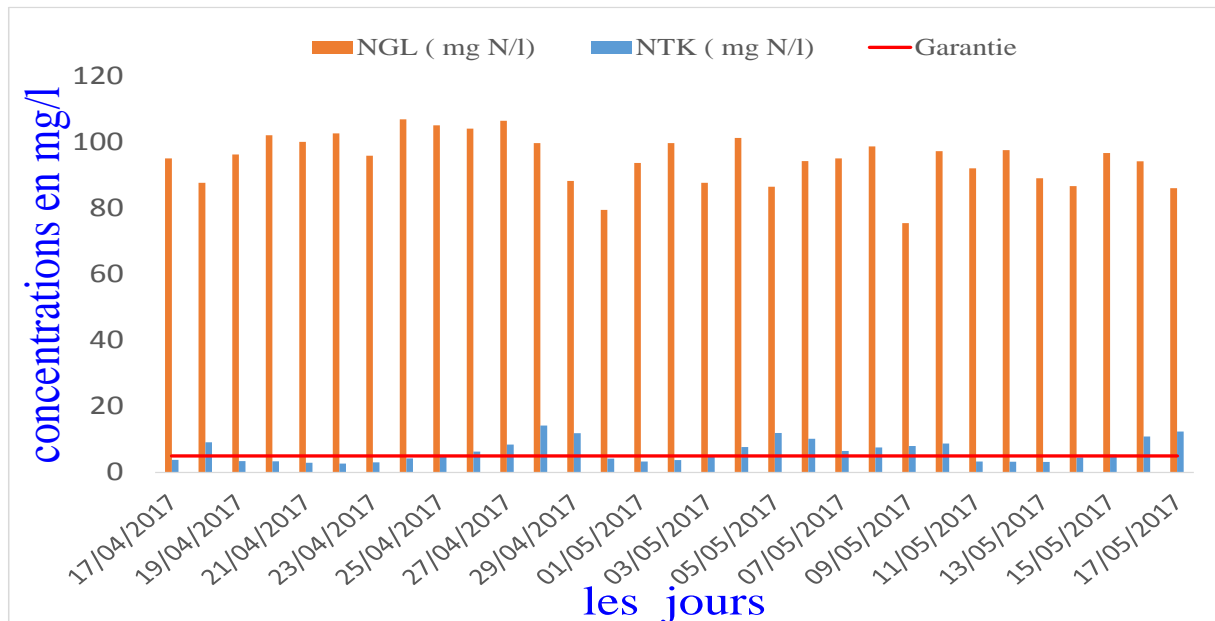
**Figure 38 : Variations du rendement d'abattement de MES et des teneurs en Ni.**

## **I-3- Impact du Cu et Ni sur les azotes total NKT :**

### I-3-1-Variation journalière de NKT entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire :

L'efficacité du traitement biologique de l'azote peut être évaluée par le dosage et le suivi des différentes formes de l'azote dans une eau résiduelle et dans l'affluent de sortie du traitement secondaire.

L'azote total Kjeldahl (NTK) est une appellation qui désigne la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique (Figure 39).



**Figure. 39 : Évolution de la concentration journalière de NTK à l'entrée et la sortie secondaire.**

Les résultats d'analyses concernant l'NTK à l'entrée du traitement secondaire montrent des valeurs comprises entre 75,4 et 106,8 mg N/l avec une moyenne de 94,81 mg N/l.

Les composés azotés mesurés par cette méthode proviennent principalement de la dégradation bactérienne des composés organiques de l'azote. L'industrie alimentaire, certaines industries de traitement des viandes non comestibles, les procédés de nettoyages industriels et l'épandage d'engrais sont aussi des sources importantes d'azote dans l'environnement.

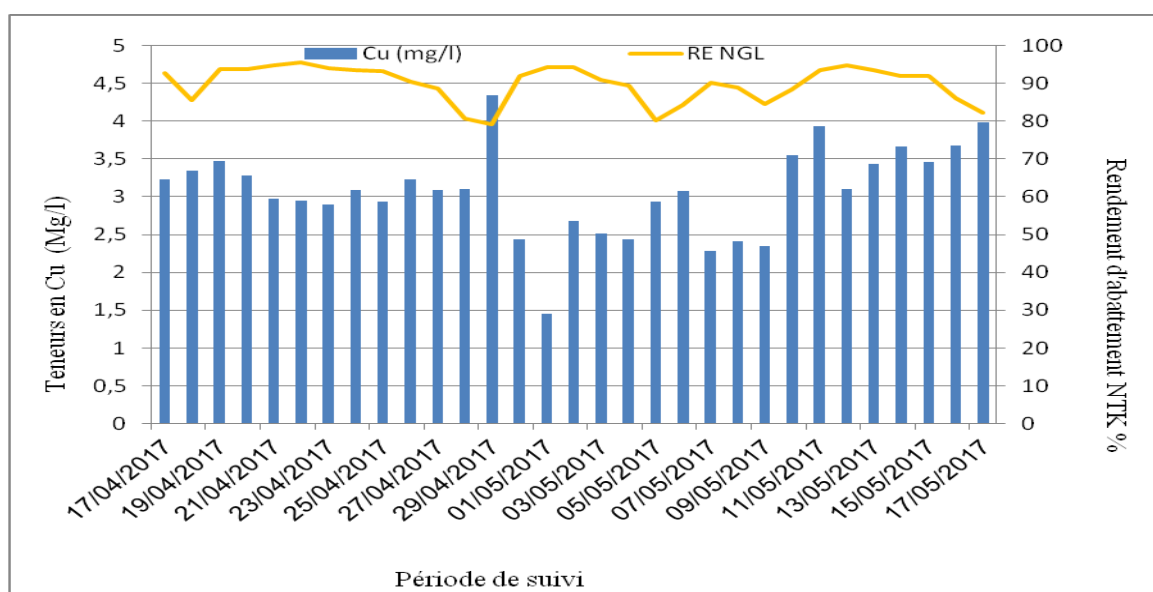
Les concentrations en NTK des eaux à la sortie du traitement secondaire sont très élevées. Cela est dû au mauvais abattement de ce polluant au niveau des bassins d'aération. En effet, la nitrification au niveau du bassin n'a pas eu lieu convenablement surtout dans les jours coïncidant avec l'entrée des métaux lourds ce qui a perturbé l'activité biologique des microorganismes nitrifiants.

### I-3-2-Impact du Cu et Ni sur NTK :

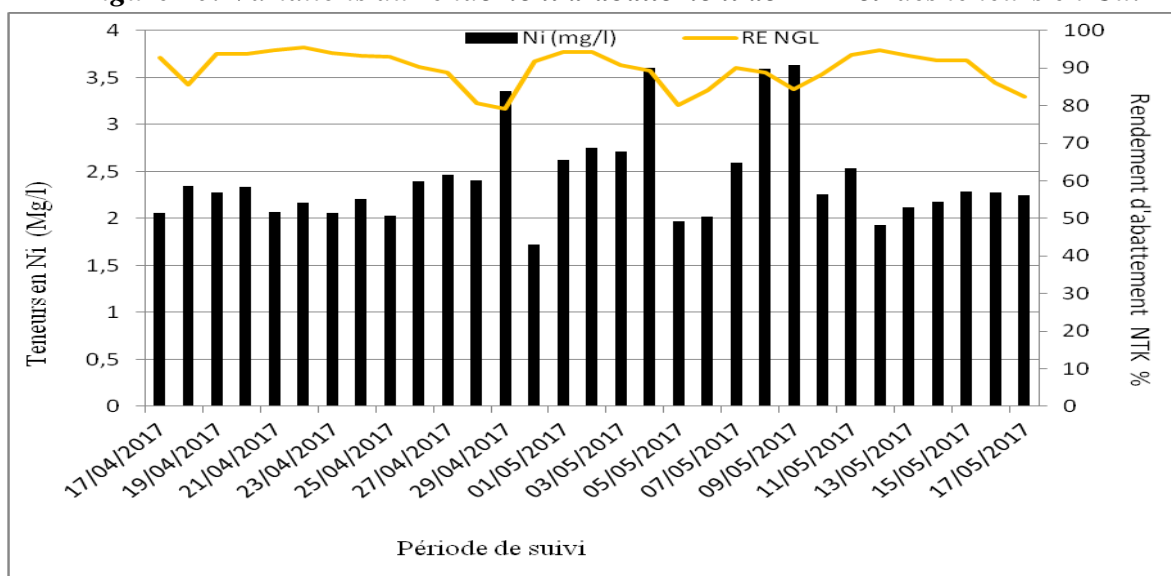
La superposition des Figures 41 et 42 montre que les chutes de 10% du rendement d'abattement de NTK enregistrées correspondent aux teneurs relativement importantes de Cu et coïncident également avec les fortes teneurs en Ni.

Il semble donc que les effets des teneurs élevées en Cu se sont conjugués à ceux des teneurs importantes en Ni pour provoquer la chute du rendement d'abattement des composés azotés (de 10%) qui a survenu cinq fois durant la période de suivi.

Ces métaux ont perturbé et bloqué l'activité biologique des micro-organismes nitrifiants. Il en résulte une eau épurée avec un paramètre NTK qui ne correspond pas aux normes de rejets.



**Figure 40: Variations du rendement d'abattement de NTK et des teneurs en Cu.**

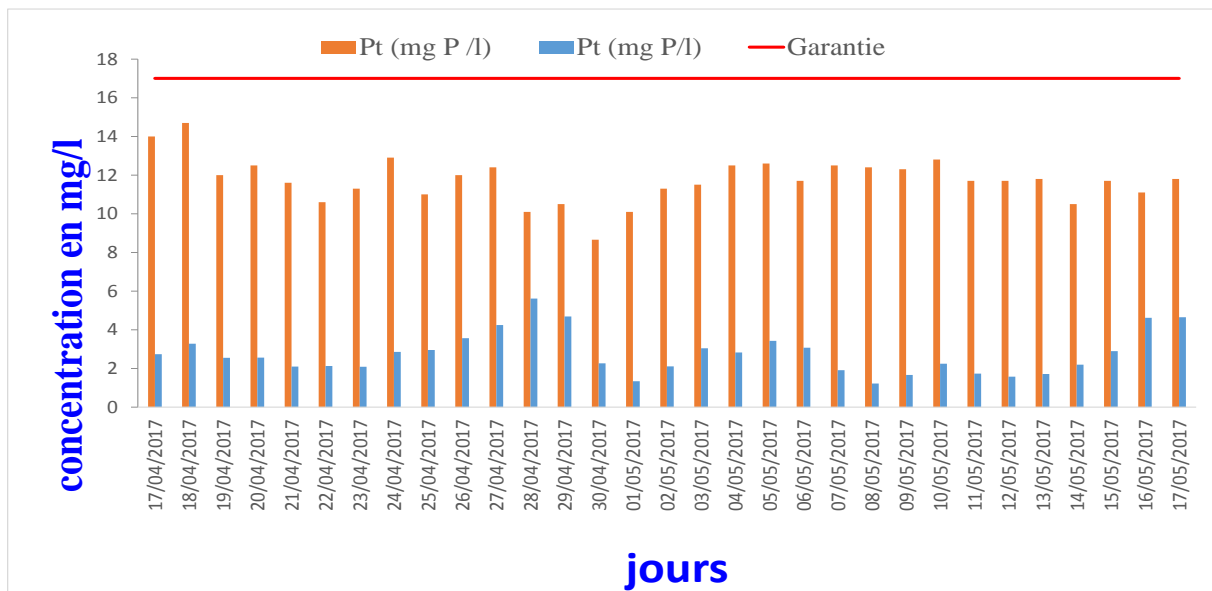


**Figure 41: Variations du rendement d'abattement de NTK et des teneurs en Ni.**

## I-4- Impact sur les produits phosphorés :

### I-4-1-Variation journalière de PT entre l'entrée et la sortie du traitement secondaire :

Le PT représente le phosphore dans toutes ses formes : articulaire, dissous, organique et minéral. C'est un élément important dans le domaine de l'épuration des eaux usées. En effet, cet élément est responsable, lorsqu'il est rejeté dans le milieu naturel à trop forte concentration, du phénomène d'eutrophisation des eaux superficielles. L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques. D'où la nécessité d'abattement de ce phosphore au niveau de la station (Figure 42)



**Figure 42 : Variations journalières de la concentration du PT à l'entrée et la sortie secondaire.**

La concentration en phosphore à l'entrée du traitement secondaire (révèle des valeurs comprises entre 8,66 et 14,70 mg P/l, alors qu'à la sortie, les valeurs oscillent entre 1,22 et 5,61 mg P/l avec une moyenne de 2,76 mg P/l (figure 35). Les résultats paraissent satisfaisants par rapport aux normes (<20 mg/l) sauf pour le jour 17 où la concentration en PT est très élevée.

La diminution de la concentration en PT de la sortie par rapport à l'entrée du traitement secondaire est due à la transformation du PT en ortho phosphate au niveau de ce traitement. Tandis que la teneur excessive en PT à la sortie du traitement secondaire peut être



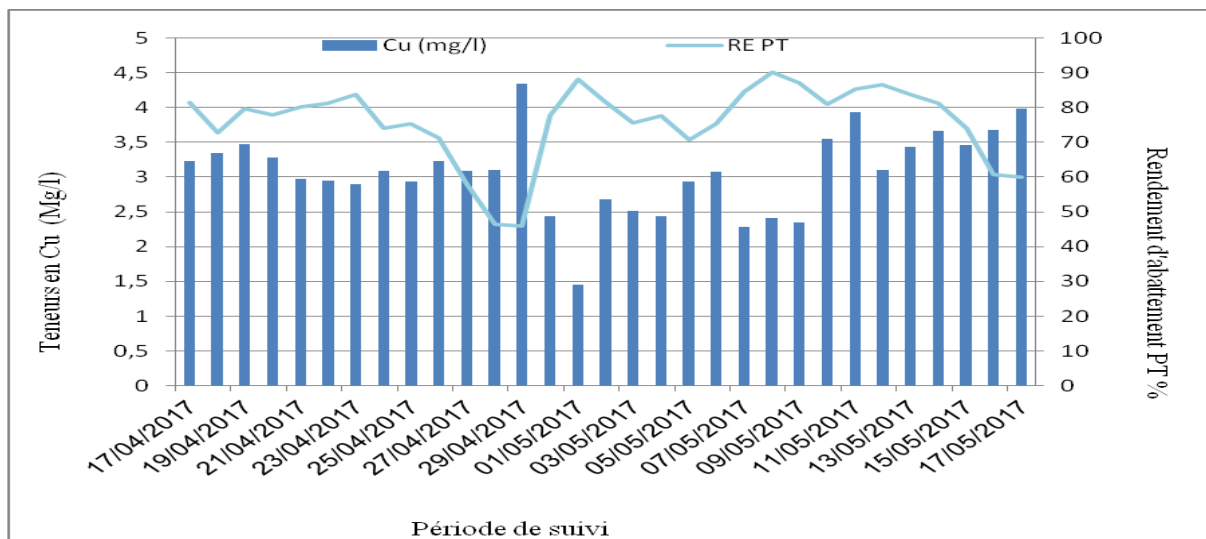
due à un rejet industriel, car cet élément est le plus souvent d'origine industrielle. Il est utilisé fréquemment dans les industries des détergents et des engrais, d'où la possibilité du déversement de ce polluant ce jour-là par ces industries au niveau du réseau. Mais ce n'est pas le cas, puisque la concentration en PT à l'entrée du traitement secondaire est inférieure aux normes. Donc la contamination est au niveau du traitement secondaire. Cela est probablement aux dégâts entraînés par les substances toxiques dans cette période.

#### I-4-2-Impact du Cu et Ni sur PT :

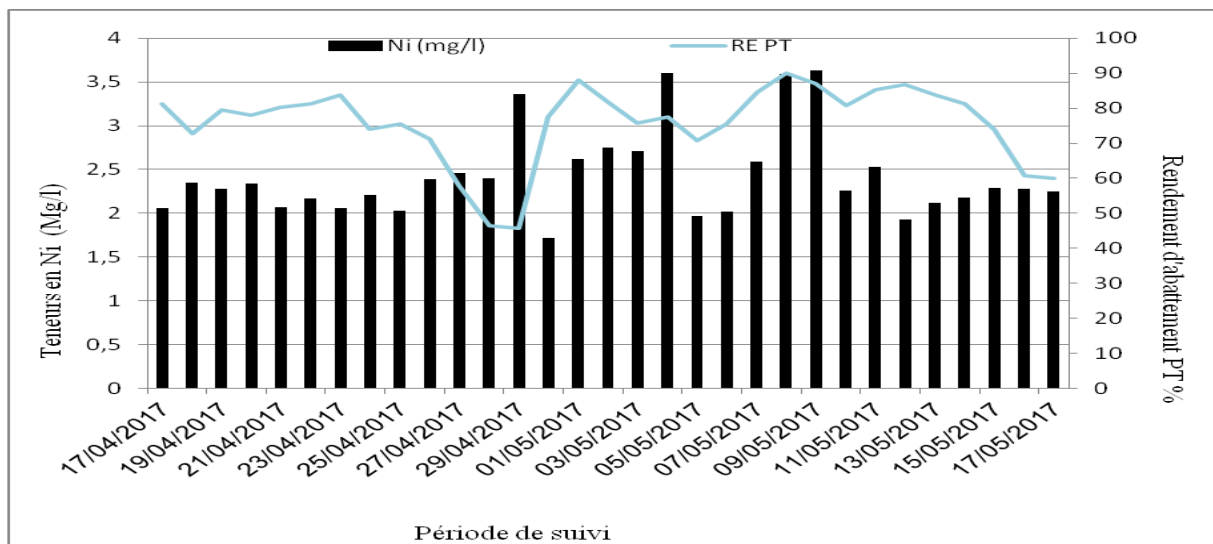
La superposition des Figures 44 et 45 montre que les chutes de 40% du rendement d'abattement de PT enregistrées correspondent aux teneurs relativement importantes de Cu et coïncident également avec les fortes teneurs en Ni.

Il semble donc que les effets des teneurs élevées en Cu se sont conjugués à ceux des teneurs importantes en Ni pour provoquer la chute du rendement d'abattement des composés azotés (de 40%) qui a été enregistré cinq fois durant la période de suivi.

Ces métaux issus des effluents industriels ont agi sur l'activité des micro-organismes biologiques épurateurs et ont donc inhibé l'abattement total des composés phosphorés. Il en résulte une eau épurée avec un paramètre PT qui ne correspond pas aux normes de rejets.



**Figure 43: Variations du rendement d'abattement de PT et des teneurs en Cu .**



**Figure 44 : Variations du rendement d'abattement de PT et des teneurs en Ni**

## Conclusion générale.

Les effluents arrivant à la station d'épuration de Marrakech sont en partie constitués d'effluents industriels contenant des métaux lourds et des éléments toxiques.

Dans la STEP de Marrakech où les bassins biologiques (boue activée) jouent le rôle principal dans le traitement des effluents, l'analyse des teneurs en métaux se fait systématiquement sur les effluents à l'entrée de la station, avant de passer aux filières de traitement.

Les micropolluants dosés dans la station de Marrakech durant la période allant du 17/04/2017 au 17/05/2017 sont Chrome Cr, Nickel Ni, cuivre Cu, Sulfures et Phénol. L'analyse des résultats obtenus permet de dégager les remarques suivantes/

- les concentrations journalières en Cr VI dosées dans les effluents à l'entrée de la STEP n'ont pas dépassé 0,11mg/l et sont donc restées bien inférieures à la concentration limite acceptée dans la station,
- Les effluents entrant à la station sont quotidiennement chargés en Cu à des concentrations supérieures à la limite optimale et elles deviennent plus très élevées lors des journées pluvieuses,
- Les effluents à l'entrée de la STEP sont quotidiennement chargés en Ni à des concentrations légèrement supérieures à la valeur nominale mais la station a reçu des déversements industriels dont les concentrations sont extrêmes,
- Les concentrations en phénols ont souvent varié d'un jour à l'autre mais elles sont restées largement inférieures à la limite de garantie exigée. Ces faibles concentrations peuvent être expliquées par le faible nombre d'unités industrielles qui utilisent ces produits à Marrakech,
- Les fluctuations des concentrations en sulfures des eaux résiduaires sont très fréquentes. Ces concentrations dépassent souvent la valeur nominale lors des journées pluvieuses.

L'impact du Cu et Ni sur le rendement d'abattement RE des matières polluantes des paramètres DBO5, MES, NTK et PT a été étudié et les résultats trouvés montrent que :

- L'impact du Ni sur le paramètre DBO5 lors du traitement secondaire est bien marqué contrairement au Cu dont l'action est peu ou pas ressentie,
- Le métal Cu a un impact négatif sur le paramètre MES lors du traitement secondaire mais cet impact n'est pas proportionnelle aux teneurs en Cu,
- Les effets des teneurs élevées en Cu se sont conjugués à ceux des teneurs importantes en Ni pour provoquer la chute du rendement d'abattement des composés azotés NTK (de 10%) et la chute du rendement d'abattement des composés phosphorés PT (de 40%).

Ces métaux Cu et Ni ont bloqué et altéré l'activité biologique des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière polluante. L'efficacité du procédé biologique et biochimique adopté a diminué et le fonctionnement de la station est perturbé. Il en résulte une eau épurée avec des paramètres qui ne correspondent pas toujours aux normes de rejets dans le milieu naturel.

## Références bibliographiques :

**Elouzi .Z. (2016)** l'impact du chrome sur le s traitement d'eaux usées dans la station d'épuration : faculté des sciences et technique.

**Hamaidi F., Zahraoui R., Kais H., (2012)** - Epuration des eaux usées domestiques par les boues activées : Etude de la performance d'une STEP dans la wilaya de Médéa (Nord-Ouest de l'Algérie). Document scientifique, Université Saad Dahlab Blida, vol 4, 16 p.

**Mouaziz D. (2012).** L'impact des rejets industriels sur le bon fonctionnement de la station d'épuration : faculté de la science et techniques Marrakech., p : 20

**Mrhari Derdag.S et jalli .Ch. (2017)** .Evolution des paramètres de pollution depuis l'entrée secondaire des effluent jusqu' a la sortie tertiaire au sein de la step, faculté des sciences et technique , Marrakech

**N'Diaye A., Baidy LO., Ibno namir Kh., (2011)** - Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott. Document scientifique, Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott, vol. 3, 13p.

**Radi. S. (2010).** Détermination des facteurs qui pourraient être responsable de dysfonctionnement à partir l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique faculté de la science semlaliya, Marrakech

Rapport interne de la RADEEMA 2014, l'étude du différent paramètre de pollution et détermination du facteur qui sont responsable de dysfonctionnement.

[saidi.ma/mémoires/ahlouch-belarras.pdf](http://saidi.ma/mémoires/ahlouch-belarras.pdf)

**Satin. M.et Béchir S., (1999)** - Guide technique de l'assainissement, 2ème édition, Edition Le Moniteur, Paris, 680 p.

**Taoussi .I. (2013).** L'impact du chrome VI sur le s traitement d'eaux usées dans la station d'épuration , faculté de la science semlaliya, Marrakech.

Webographie :

[www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environment/uca](http://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environment/uca)

[www.projetbabel.org.com](http://www.projetbabel.org.com)

[www.radeema.ma](http://www.radeema.ma)

[WWW.infoclima.fr](http://WWW.infoclima.fr)

<https://agritrop.cirad.fr/view/year/2004.html>

# Annexe

*Tableau 1 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : activité textile.*

Type d'industrie	Raison sociale	Activité	Adresses
<b>TEXTILE</b>	TENSIFT CONFECTION	<b>Textile</b>	293, Q.I Sidi Ghanem
	ARC EN CIEL	<b>Textile</b>	180 Av Abdelkrim El Khettabi Gueliz
	ATLAS WEAR	<b>Textile</b>	Lot 459 SidiGhanem Q.I.
	ATELIER IKS	<b>Textile</b>	N 110 Z I SidiGhanem Route De Safi
	SECOTEX	<b>Textile</b>	98, Zone D'activité
	BAHJA EXPORT	<b>Textile</b>	Lot N 121 Z I SidiGhanem
	NAYTEX	<b>Textile</b>	450, Q.I. SidiGhanem B.P. 2132
	BENJAZ	<b>Textile</b>	Lot 458 Q I SidiGhanem
	CLASS CONFECTION	<b>Textile</b>	25, Rue Fatima-Zohra, Route Dar El Bacha Marrakech
	CHEWING GUM	<b>Textile</b>	44 Rue Des Vieux MrrakchisGuelizMenara
	PALM LINGERIE	<b>Textile</b>	Lot 532, Q.I. SidiGhanem
	TEXTILE CORPORATION	<b>Textile</b>	N 78 Rue FatimzohraMk Menara
	RECTANGLE	<b>Textile</b>	Lot N 120 Q.I SidiGhanem Marrakech
	TENSIFT CONFECTION	<b>Textile</b>	293, Q.I Sidi Ghanem
	TENMAR	<b>Textile</b>	Z.I SidiGhanem Lot N 108-105106
	VET MOD	<b>Textile</b>	7 Magasin Marrakech Plaza Residence Marrakech Plaza
	ISTA DAUDIATE DE LA CONFECTION ET DE TEXTILE (STANDARD)	<b>Textile</b>	Ets I.T.A Unite I Marrakech
	SCREENTEX INTERNATIONAL SARL	<b>Textile</b>	78 Société Screentex International Zone Industrielles Marrakech
	ALM-AIR SARL	<b>Textile</b>	8 Immeuble 158 Menara Marrakech
	MOVITEX	<b>Textile</b>	9 Immeuble Al Masjid Gueliz

HI-TEX SARL	<b>Textile</b>	915 Lotissement Bel Mejjad Bel Mejjad Marrakech.
DEPARY SA	<b>Textile</b>	1 Avenue Al Arak Quartier Industriel Marrakech.
BALZATEX MARRAKECH	<b>Textile</b>	33 Centre Commercial Kawkab Hivernage Marrakech
BENJITEX SA	<b>Textile</b>	5 Marrakech Berrechid
MODE EVOLUTION	<b>Textile</b>	459 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
BENJITEX S.A(STANDARD)	<b>Textile</b>	Lot 5 Route Marrakech Berrechid.
JNANE TAMSNA	<b>Textile</b>	Douar Abiad, Circuit De La Palmeraie Marrakech
ARCHITECTURE INTERIEURE CASTAGNETTI. ISABELLE	<b>Textile</b>	17, Rue De Yougoslavie, Gueliz 40000 Marrakech
BLEU MAJORELLE (SCENES DE LIN)	<b>Textile</b>	70, Rue De La Liberte
AYADA ARCHITECTURE	<b>Textile</b>	29, Rue Yougoslavia , 2°Et.N°16 Marrakech
BELAFFARI CREATIONS	<b>Textile</b>	88, Av. Mohamed Vi, Residence Menara Marrakech
COTE BOUGIE MARRAKECH S.A.R.L	<b>Textile</b>	Quartier Industrial SidiGhanem, Lot. N°457 Marrakech
DESIGN'PRO MAGHREB	<b>Textile</b>	1, Rue Oum Elbanine, Gueliz Marrakech
LE TIGUEMI ETUDE	<b>Textile</b>	48/3 Aarsat Ali Ouhmade, Av.MlyAbdellah Marrakech

**Tableau 2 : Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech ; activité Conserverie.**

<b>Type d'industrie</b>	<b>Raison sociale</b>	<b>Activité</b>	<b>Adresses</b>
<b>Agro-alimentaire</b>	STE CONSERVERIE YAS SARL	<b>Conserverie</b>	Venue El Idrissi, Quartier Industriel Marrakech.
	STE CONSERVERIE DE L'ATLAS	<b>Conserverie</b>	Avenue Al Moukaouama, Quartier Industriel Marrakech.
	CONSERVERIE ZAGMOUZI SARI	<b>Conserverie</b>	301-306-311, Zone Industrielle, Marrakech
	CONSERVERIE WASSILA	<b>Conserverie</b>	18, Immeuble Sourient Mabrouka, Marrakech.
	CONSERVERIE TOP MODERNE EXPORT (DEPOT)	<b>Conserverie</b>	288, Zone Industrielle, Sidi Ghanem, Marrakech.
	CONSERVERIE RHAMNA	<b>Conserverie</b>	Km 10, Route De Meknes Marrakech.
	COPERMA (CONSERVERIE LES PERLES DE MARRAKECH)	<b>Conserverie</b>	Km 7, Route Amizmiz, M'hamdia Marrakech.
	COPERMA (CONSERVERIE LES PERLES DE MARRAKECH)	<b>Conserverie</b>	Km 7, Route Amizmiz, Chrifia Marrakech.
	CONSERVERIE ESSALAMA	<b>Conserverie</b>	169, Zone Industrielle Sidi Ghanem, Marrakech.
	CONSERVERIE DE L'ATLAS	<b>Conserverie</b>	Lotissement Ain Al Maroudi, Bp 643, Zone Industriel Marrakech
	MARRAKECH FOOD	<b>Conserverie</b>	Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	CONSERVERIE OURIKA	<b>Conserverie</b>	Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	EXPO FOOD	<b>Conserverie</b>	Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	UNIVERSAL FOOD PRODUCTS	<b>Conserverie</b>	Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	USINE ZAMZAMI	<b>Conserverie</b>	Zouhour II Tagouriante
	CONSERVERIE ALIMENTAIRE OUIRGANE SA	<b>Conserverie</b>	Impasse Moulin,
LES CONSERVERIES MAROCAINE DOHA	<b>Conserverie</b>	Avenue Hassan II, Gueliz Marrakech.	



**Tableau 3: Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : activité Plastique.**

Type d'industrie	Raison sociale	Activité	Adresses
<b>Plastique</b>	STE BOB PLASTIQUE SARL	<b>Plastique</b>	209 Société Bob Plastique Zone Industrielles Marrakech.
	NAKHLA PLASTIQUE SARL	<b>Plastique</b>	40 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	EL MAGHRIBIA STE NORD AFRICAINE COMMERCIALE ET INDUSTRIELLE (SNACI)	<b>Plastique</b>	424 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	JANOUB PLASTIQUE S.A	<b>Plastique</b>	A113 Lotissement Ain Al Maroudi Quartier Industriel Marrakech
	ENORTE SARL	<b>Plastique</b>	250 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	ZAKARIA EMBALLAGE	<b>Plastique</b>	467 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	STE AQUAPLAST S.A(STANDARD)	<b>Plastique</b>	82 Lotissement Azli, Azli
	MULTIPLAST SA	<b>Plastique</b>	66 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	MPS SARL	<b>Plastique</b>	62 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	BEST EMBALLAGES	<b>Plastique</b>	474 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	MATIERES PLASTIQUES INJECTION ET SOUFFLAGE	<b>Plastique</b>	Rue Errif Quartier
	TIMZIGHINE	<b>Plastique</b>	28bis Rue KoutoubiaJamaa El Fna Marrakech
	MARRAKECH PLASTIQUE	<b>Plastique</b>	Route Essaouira Quartier Industriel Marrakech
	PLASTIGRAN S.A(STANDARD)	<b>Plastique</b>	Lotissement Ain Al Maroudi Quartier Industriel Marrakech
	PLADER SA	<b>Plastique</b>	229 Société Plader Zone Industrielles Marrakech.
	OVERPLAST SARL	<b>Plastique</b>	426 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	MULTIPLAST SA	<b>Plastique</b>	66 Quartier Industriel Marrakech.
	MPS SARL	<b>Plastique</b>	62 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech
	MARRAKECH FOURNITURE EQUIPEMENT	<b>Plastique</b>	527 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	ID ETTALEB	<b>Plastique</b>	Kissariat Ben Khaled R'mila
BAZZOU	<b>Plastique</b>	4 Rue KoutoubiaJamaa El Fna Marrakech	

	EL IDRISSE ALOUANI MOULAY MUSTAPHA	<b>Plastique</b>	6 Rue KoutoubiaJamaa El Moulay Mustapha
	MOULAY MEHDI	<b>Plastique</b>	28 Rue KoutoubiaJamaa El Fna Marrakech
	BEDDA M'BAREK	<b>Plastique</b>	53 BabFteuh Marrakech
	EL GHADFA LARBI	<b>Plastique</b>	53 BabFteuh Marrakech
	SIMEC SA	<b>Plastique</b>	18 Rue Jabir Ben Hayane Quartier Industriel Marrakech
	Bahia Plastic	<b>Plastique</b>	Rte D'essaouira, Hay Hassani, Marrakech.

**Tableau 4: Différents réseaux sociaux pour les industriels au sein de la ville du Marrakech : Bâtiments & Travaux Publics.**

<b>Type d'industrie</b>	<b>Raison sociale</b>	<b>Activité</b>	<b>Adresses</b>
<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	MENARA PREFA	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	Route D'Agadir Km 0.500 bp 4741 Hay Massira Marrakech
	SOCIETE DE BATIMENT ET BETON MOULE	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	Route D'essaouira Douar
	ESPACE TRAX	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	88 Zone Industrielle Sidi Ghanem, Marrakech.
	COMPTOIR AL BADI	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	Boulevard Salah Eddine El Ayoubi Industriel Marrakech.
	IALE : MENARA PREFA (MENARA HOLLING)	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	Km 6 Route De Marrakech
	ATLAS HAOUZ DE TRAVAUX SARL	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	Villa Travaux Public Hay Hassani Marrakech
	STE TAIBA DISTRIBUTION SARL	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	38 Lotissement Al Housna
	M'HAMID MARRAKECH.	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	M'hamid Marrakech. M'hamid Marrakech.
	SOEMATRO SUD SARL	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	183 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.
	IRRILOC	<b>Bâtiments &amp; Travaux Publics</b>	358 Quartier Sidi Ghanem Zone Industrielles Marrakech.

*Tableau 5 : Différentes concentrations des métaux lourds des industries dans l'eau brute par jours.*

les jours	Chrome VI (mg/l)	Sulfures (mg/l)	Cuivre (mg/l)	Nickel (mg/l)	Phénols (mg/l)
17/04/2017	0,10	1,79	3,23	2,06	2,83
18/04/2017	0,08	0,73	3,34	2,35	3,84
19/04/2017	0,09	1,55	3,47	2,28	2,93
20/04/2017	0,08	0,88	3,28	2,34	2,89
21/04/2017	0,08	0,70	2,97	2,07	2,79
22/04/2017	0,08	2,40	2,95	2,17	2,34
23/04/2017	0,08	2,03	2,90	2,06	2,08
24/04/2017	0,09	1,29	3,09	2,21	2,98
25/04/2017	0,08	2,29	2,94	2,03	2,92
26/04/2017	0,11	2,65	3,23	2,39	3,14
27/04/2017	0,08	3,18	3,09	2,46	3,04
28/04/2017	0,09	2,61	3,10	2,40	2,57
29/04/2017	0,07	2,2	4,34	3,36	2,00
30/04/2017	0,07	4,7	2,44	1,72	1,78
01/05/2017	0,077	0,0626	1,45	2,62	1,45
02/05/2017	0,088	0,538	2,68	2,75	1,96
03/05/2017	0,068	0,494	2,51	2,71	1,54
04/05/2017	0,074	0,642	2,44	3,6	1,86
05/05/2017	0,08	0,96	2,93	1,97	2,83
06/05/2017	0,05	2,35	3,07	2,02	2,85
07/05/2017	0,0568	1,02	2,28	2,59	1,41
08/05/2017	0,09	1,02	2,41	3,59	2,22
09/05/2017	0,086	0,732	2,35	3,63	2,32
10/05/2017	0,089	2,4	3,55	2,26	0,727
11/05/2017	0,09	2,25	3,93	2,53	0,796
12/05/2017	0,07	1,58	3,1	1,93	2,37
13/05/2017	0,09	1,23	3,43	2,12	2,31
14/05/2017	0,09	1,7	3,67	2,18	0,752
15/05/2017	0,052	1,56	3,46	2,29	2,23
16/05/2017	0,06	2,15	3,68	2,28	0,809
17/05/2017	0,089	2,25	3,98	2,25	3,2

*Tableaux 6 : Garantie de concentration en mg/l des métaux lourds dans cahier de charge.*

<b>Les métaux lourds aux niveaux d'eaux brutes</b>	<b>Chrome VI (mg/l)</b>	<b>Sulfures (mg/l)</b>	<b>Cuivre (mg/l)</b>	<b>Nickel (mg/l)</b>	<b>Phénols (mg/l)</b>
<b>Garantie de concentration en mg/l</b>	0.20	1.00	2.00	2.00	5.00

**Tableau 7 : Résultats des analyses à l'entrée du traitement secondaire (eau décanté) du  
17/04/2017 au 2017/05/2017**

Les jours	DCO mg O <sub>2</sub> /l	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l	MES mg/l	NGL mg N/l	PT mg P/l
17/04/2017	825	533	380	95	14,70
18/04/2017	883	468	284	87,6	12,00
19/04/2017	884	490	322	96,2	12,50
20/04/2017	874	518	312	102	11,60
21/04/2017	783	494	294	100	10,60
22/04/2017	802	478	318	102,6	11,30
23/04/2017	681	427	312	95,8	12,90
24/04/2017	949	547	300	106,8	11,00
25/04/2017	816	479	228	105	12,00
26/04/2017	951	491	222	104	12,40
27/04/2017	955	530	320	106,4	10,10
28/04/2017	946	482	334	99,6	10,50
29/04/2017	857	427	180	88,2	8,66
30/04/2017	631	395	226	79,4	10,10
01/05/2017	672	442	222	93,6	11,30
02/05/2017	831	422	252	99,6	11,50
03/05/2017	850	401	256	87,6	12,50
04/05/2017	821	462	258	101,2	12,60
05/05/2017	813	477	258	86,4	11,70
06/05/2017	789	440	232	94,2	12,50
07/05/2017	734	404	210	95	12,40
08/05/2017	903	519	246	98,6	12,30
09/05/2017	824	456	243	75,4	12,80
10/05/2017	901	471	294	97,2	11,70
11/05/2017	758	487	206	92	11,70
12/05/2017	919	512	338	97,5	11,80
13/05/2017	850	500	302	89	10,50
14/05/2017	715	506	240	86,6	11,70
15/05/2017	880	485,19	242	96,6	11,10
16/05/2017	816	635	242	94,1	11,80
17/05/2017	847	395	244	86	11.60

*Tableau 8 : Résultats des analyses à la sortie du traitement secondaire (eau clarifiée) du 17/04/2017 au 17/05/2017.*

Les jours	DCO mg O <sub>2</sub> /l	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l	MES mg/l	NGL mg N/l	NTK	PT mg P/l
17/04/2017	33,9	28	7,8	6,87	3,81	2,74
18/04/2017	40,2	23	4,6	12,7	9,13	3,28
19/04/2017	36,3	27	8	5,99	3,43	2,55
20/04/2017	41,3	22	5	6,32	3,33	2,56
21/04/2017	57	26	3,8	5,33	2,93	2,1
22/04/2017	32,5	24	4,4	4,53	2,66	2,13
23/04/2017	35	23	5,6	5,65	3,02	2,09
24/04/2017	35,2	24	5,8	7,08	4,21	2,85
25/04/2017	36,1	25	6,8	7,24	4,69	2,95
26/04/2017	41,3	26	5,2	10	5,07	3,56
27/04/2017	53,8	22	5,8	12	8,43	4,24
28/04/2017	46,5	26	5,8	19,3	14,16	5,61
29/04/2017	56,2	21	11	18,4	11,89	4,69
30/04/2017	35,9	26	10,6	6,44	4,19	2,26
01/05/2017	51,2	25	12,2	5,37	3,3	1,34
02/05/2017	37,4	24	5,4	5,75	3,7	2,11
03/05/2017	39,6	30	6	7,98	5,07	3,04
04/05/2017	55	25	7,4	10,7	7,64	2,83
05/05/2017	45,8	26	7,2	17,1	11,9	3,43
06/05/2017	48,1	28	4,4	14,9	10,17	3,07
07/05/2017	41,1	26	6,4	9,46	6,49	1,91
08/05/2017	42,4	25	3,4	10,9	7,54	1,22
09/05/2017	51,3	26	6,6	11,7	7,96	1,66
10/05/2017	53,9	26	6,6	11,4	8,7	2,24
11/05/2017	42,7	24	6	5,94	3,29	1,73
12/05/2017	48,2	27	7,6	5,11	3,23	1,57
13/05/2017	58,8	27	6,5	5,9	3,15	1,71
14/05/2017	53,7	25	7	6,91	4,55	2,19
15/05/2017	44,1	24	3,6	7,68	5,36	2,89
16/05/2017	58,2	26	6,2	13,1	10,84	4,62
17/05/2017	52,3	24	8,6	15,2	12,39	4,65

*Tableau 9 : Les garanties de la concentration en mg/l du traitement secondaires*

<b>Les paramètres Chimiques</b>	<b>MES</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>DCO</b>	<b>Pt</b>	<b>NTK</b>	<b>NGL</b>
<b>Les Garantie de la concentration en mg/l</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>15</b>