



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES MARRAKECH
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE
« Eau & Environnement »

Mémoire de fin d'études

IMPACT DES BASSINS BIOLOGIQUES SUR LA
QUALITE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES AU
NIVEAU DE LA STATION D'EPURATION DE
MARRAKECH

Par :

MOUKATIR Mohsana

TABET Ouiame

Encadré par :

Pr. Khadija EL HARIRI : Faculté des sciences et techniques – Marrakech

Mr. Yassine BISSI : Station d'épuration des eaux usées- Marrakech

Mr. Tariq EL MANSOUR : Station d'épuration des eaux usées- Marrakech

Soutenu le 16 Juin 2015 devant le jury :

Pr. Khadija EL HARIRI : Faculté des sciences et techniques – Marrakech

Pr. El Mehdi SAIDI : Faculté des sciences et techniques – Marrakech

Remerciements

Avant toute chose, qu'il nous soit permis de remercier Dieu tout puissant, source d'intelligence et de sagesse infinies.

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous profitons de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études. Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour notre respectueux professeur, Mme. EL HARIRI Khadija, d'avoir accepté de nous encadrer pour notre projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.

Nous tenons à remercier aussi Mr.BENCHIKHI Rachid, le directeur général de la station d'épuration d'avoir accepté notre demande de stage.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et toutes nos pensées de gratitude à Mr. Tarik EL MANSOUR, qui nous a accompagné de près durant tout ce travail, pour sa disponibilité, pour son soutien ainsi que pour la confiance qu'il a su nous accorder et les conseils précieux qu'il nous a prodigués tout au long de la réalisation de ce projet. Nos remerciements vont aussi à Mr. Abdelouahid DRIOUCH pour son soutien et ses remarques pendant toute la période du stage, et à l'équipe RADEEMA qui nous a accueillis au début de ce stage. Je tiens à remercier aussi Mr SAIDI El Mehdi de nous avoir honorés en acceptant de juger notre modeste travail. Veuillez trouver ici le témoignage de notre respect le plus profond.

Nos remerciements vont aussi à tous mes professeurs, enseignants et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

Nous réservons une pensée spéciale à tout le cadre professoral de la LST eau et environnement, au département des sciences de la terre à la faculté des sciences et techniques de Marrakech qui ont sus nous donner une formation didactique et appréciable tout au long de notre cursus.

On dédie ce modeste travail à ...

Que ce travail témoigne de nos respects : A nos parents : Grâce à leurs tendres encouragements et leurs sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de nos études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer nos respects, nos considérations et nos profonds sentiments envers eux. Nous prions le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de nous.

Je dédie ce travail à la mémoire de ma grand-mère qui a éclairé mon chemin par ses prières et ses bénédictions qui m'ont été d'un grand secours pour mener mes études que son âme repose en paix.....Tu resteras toujours dans mon cœur. MOHSANA

Mes plus profonds remerciements vont à mes parents et mes frères. Tout au long de mon cursus, ils m'ont toujours soutenu, encouragé et aidé. Ils ont su me donner toutes les chances pour réussir. Qu'ils trouvent, dans la réalisation de ce travail, l'aboutissement de leurs efforts ainsi que l'expression de ma plus affectueuse gratitude. OUIAME

A tous nos professeurs : Leur générosité et leur soutien nous obligent de leur témoigner nos profond respect et nos loyale considérations.

A tous nos ami(e)s et nos collègues : Ils (elles) vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

MOHSANA ET OUIAME

Merci à vous tous ...

Résumé

La station d'épuration et de réutilisation des eaux usées de Marrakech a été conçue par la RADEEMA pour le traitement de 120 millions m^3/j des eaux usées.

Cette station d'épuration joue un rôle très important sur le traitement des divers types de rejets produits par la ville de Marrakech ; industriels, domestiques, pluviales, tanneries, abattoirs et laiteries, lavages de véhicules, huiles de vidange des moteurs ... etc, et par conséquence sur la protection de l'environnement.

La station d'épuration permet l'obtention d'eaux de bonne qualité après traitement. Ces eaux traitées correspondent à de nouvelles ressources renouvelables estimées à 33 millions m^3 /an et destinées à l'irrigation des espaces verts de certains projets touristiques, de la palmeraie (patrimoine mondial de la ville ocre). Par ailleurs elle permet la recharge de la nappe phréatique.

L'épuration consiste au traitement des eaux chargées de différents éléments correspondants à un mélange de matières minérales et organiques, en suspension et/ou en solution, représentés par différents types de déchets (végétaux, plastiques,...). A la sortie, les eaux traitées doivent être conformes aux normes exigées par l'OMS.

Au niveau des bassins biologiques, les eaux usées subissent différentes étapes de traitement, à savoir l'élimination des composés organiques et de l'azote à l'aide des microorganismes.

Ce projet a été consacré à l'étude de l'impact des bassins biologiques à boues activées sur la qualité des eaux usées traitées produites, suite à l'ajout, depuis juillet 2011 de la deuxième phase de traitement secondaire et tertiaire. Ceci a atténué les charges polluantes et amélioré la qualité des eaux traitées.

Table des matières

Remerciements	ii
Résumé	iv
Liste des abréviations :	vii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux :	x
Glossaire	xi
I.Introduction	14
II. Généralités	15
II.1Caractéristiques démographiques de la ville de Marrakech:	15
II.2 Géologie.....	15
Chapitre 1 Présentation de la RADEEMA	18
III.1 Historique	19
III.2 Organisme	19
III.3 Réseau d’assainissement de la ville de Marrakech.....	20
III.4 L’assainissement dans la ville de Marrakech	21
Chapitre 2 Présentation de la STEP	22
IV.1 Introduction.....	22
IV.2 La capacité de la STEP	23
IV.3 Organisation de la STEP	24
IV.4 Situation géographique de la STEP	25
IV.5 Choix du site.....	25
IV.6 Objectifs de la STEP.....	25
Chapitre 3 Procédés du traitement des eau usées	26
V.1 Introduction	26
V.2 Filière Eau	27
V.2.1 Prétraitement	27
V.2.2 Traitement primaire.....	31
V.2.3 Traitement secondaire	31
V.2.4 Traitement tertiaire.....	33
V.3 Filière boues	35
V.3.1 Types de boues	36
V.3.2 Les étapes de traitement des boues.....	36
V.4 Filière biogaz.....	38
V.5 Filière désodorisation	39
Chapitre 4Matériels et méthodes	40
VI.1 Méthodes d’échantillonnage	41
Chapitre 5Importance du bassin biologique à boue activée sur la production des eaux	42
VII.1 Introduction	43
VII.2Problèmes d’aération	44

VII.3 Elimination du Carbone.....	46
VII.4Elimination des phosphates	46
VII.5Elimination d'Azote	46
VIII. Résultats	48
VII.1 Définition et formule d'abattement	49
VII.2Suivi d'abattement de la pollution.....	50
VII.3 Conclusion.....	65
VII.4Les problématiques rencontrées au niveau des bassins biologiques	69
Conclusion générale	74
Références bibliographiques	86

Liste des abréviations :

DBO5 : Demande biochimique en oxygène en 5 jours

DCO : Demande chimique en oxygène

Eq : Equivalent

H : heures

J : jours

Md m³/an : milliards mètre cube par an

MES : Matières en suspension

NaCl : Chlorure de sodium

NO₃⁻ : nitrate

NGL: Azote Global

NTK : Azote total Kjeldhal

OMS : Organisation mondiale de la santé

PO₄²⁻ : phosphore

PT : phosphore totale

RADEEMA : Régie Autonome de Distribution d'eau et d'électricité de Marrakech

S : seconde

STEP : Station de traitement des eaux polluées

T : Température

UV : Ultra-violet

Liste des figures

Figure 1: Carte géologique de la ville de Marrakech au 1/ 50 000.....	16
Figure 2 : Carte piézométrique de la nappe de Haouz de 1986 (DRPE, 1988)	17
Figure 3 : Carte des grandes unités aquifères	18
Figure 4 : Organigramme de la RADEEMA Organigramme de la RADEEMA.....	20
Figure 5 : Points de rejets à Douar Oulad Yahia.....	21
Figure 6 : Plan du réseau d’assainissement à Marrakech.....	23
Figure 7 : Situation géographique de la STEP de la ville de Marrakech	24
Figure 8 : Oued Tensift	28
Figure 9 :la maquette de la STEP Marrakech	29
Figure 10 : a) Pré grille (20 cm) b) Dégrilleur grossier (8cm) c) Dégrilleur fin (1cm) .	30
Figure 11 : Dispositif de relevage et d’éjection des déchets.....	30
Figure 12 : La ligne dessablage- déshuilage	32
Figure 13 : Bassin d’aération	33
Figure 14 : clarificateur.....	36
Figure 15 : Filtration à sable	37
Figure 16 : Désinfection UV.....	37
Figure 17 : phases de digestion anaérobique pour la méthanisation (digestion anaérobique) (modifiée).....	40
Figure 18 : Déshydratation des boues.	41
Figure 19 : les bassins d’aération de la STEP de Marrakech (RADEEMA).	43
Figure 20 : les prélèvements de chaque étape au niveau de la station d’épuration des eaux usées. ..	44
Figure 21 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de MES au mois d’Avril 2014.....	53
Figure 22 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de MES au mois d’Avril 2015.....	53
Figure 23 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT au mois d’Avril 2014.....	54
Figure 24 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT au mois d’Avril 2015.....	54
Figure 25 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d’Avril 2014.....	55
Figure 26 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d’Avril 2015.....	56
Figure 27 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de DBO5 au mois d’Avril 2014.....	57

Figure 28 : Concentrations et abatements du traitement secondaire en termes de DBO5 au mois d'Avril 2015	57
Figure 29 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de DCO au mois d'avril 2014	58
Figure 30 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de DCO au mois d'Avril 2015	59
Figure 31 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d'Avril 2014	60
Figure 32 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NGL au mois d'Avril 2015	61
Figure 33 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de MES pour l'année 2014	65
Figure 34 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT pour l'année 2014	66
Figure 35 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK pour l'année 2014	66
Figure 36 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de DBO5 pour l'année 2014	67
Figure 37 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de DCO pour l'année 2014	68
Figure 38 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NGL pour l'année 2014	68
Figure 39 : Entourage de la STEP Marrakech	85
Figure 40 : Tannerie à Marrakech	85

Liste des tableaux :

Tableau 1: charges hydrauliques à l'entrée de la STEP	25
Tableau 3 : Les différents types de grille et leurs caractéristiques	31
Tableau 4 : Caractéristiques de l'ouvrage de dessablage/déshuilage	31
Tableau 5 : les caractéristiques des décanteurs primaires	32
Tableau 6 : les caractéristiques des clarificateurs	36
Tableau 7 : Performance attendue du traitement	38
Tableau 9 : Les valeurs de la DCO du 11ème jour d'Avril 2014.	62
Tableau 10 : l'évolution de l'abattement de MES pendant le mois d'Avril 2014	62
Tableau 11 : l'abattement de NGL et NTK pendant le mois d'Avril 2014	63
Tableau 12 : l'abattement du PT pendant le mois d'Avril	64
Tableau 14 : les concentrations des différents paramètres au niveau du traitement secondaire au mois d'Avril 2015	80

Glossaire

Épuration des eaux usées: est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel.

Eaux usées : ou eaux polluées sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine.

Aérobic - Aérobie : désigne une situation dans laquelle l'oxygène est présent à l'état dissous.

Anaérobic - Anaérobie : désigne une situation dans laquelle l'oxygène est totalement absent, qu'il soit libre (O₂) ou lié à une molécule type nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻).

Âge des boues : temps, exprimé en jours, correspondant au nombre de jours nécessaires statistiquement au renouvellement total de la population bactérienne dans le système d'épuration. Ce temps est calculé en divisant la masse totale de boue présente dans la station, par la masse de boue traitée (extraite) en moyenne par jour.

Azote : il est nécessaire de connaître ses différentes formes : N-NO₃⁻ : nitrate, N-NO₂⁻ : nitrite, N-NH₄⁺ : azote ammoniacal, N.T.K. : azote total Kjeldahl (azote organique + azote ammoniacal), N.G.L : azote global.

Bactérie : organisme vivant de taille microscopique ayant besoin pour se développer de tous les éléments qui constituent sa structure cellulaire, c'est-à-dire : C, H, O, N, P, S... Ces éléments se trouvent dans les eaux usées sous forme de molécules plus ou moins complexes : glucides (sucres, amidon, cellulose), protéines, lipides (matières grasses, hydrocarbures...).

Biomasse : masse totale de la matière vivante.

Boue activée : amas biologique (floc) formé, au cours du traitement d'une eau résiduaire, par la croissance des bactéries et des micro-organismes en présence d'oxygène dissous.

Capacité nominale : débits et charges maximaux de l'influent à traiter pour lesquels les installations sont conçues pour être en conformité avec le niveau de rejet requis.

Charge hydraulique : rapport du débit reçu sur la capacité hydraulique nominale de la station. Elle s'exprime en pourcentage de la capacité nominale.

Charge massique (C_m) : flux de DBO₅ entrant par jour dans le système biologique par unité de masse de matières en suspension ou de matières volatiles en suspension.

Charge organique : rapport de la pollution reçue sur la capacité nominale de la station. Elle s'exprime en pourcentage du flux nominal en DBO₅.

Charge volumique (C_v) : flux de DBO₅ entrant par jour dans le système biologique par unité de volume du système (en kg DBO₅.m⁻³.j⁻¹).

DBO₅ - Demande biochimique en oxygène : quantité d'oxygène dissous nécessaire à l'oxydation biologique (par les microorganismes) pendant cinq jours, des matières organiques contenues dans

l'eau. Elle s'exprime en g O₂.L⁻¹. Elle permet d'évaluer la fraction dégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées.

DCO - Demande chimique en oxygène : masse d'oxygène dissous nécessaire à la l'oxydation chimique des matières organiques et/ou minérales contenues dans l'eau. Elle s'exprime en g O₂.L⁻¹. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées

Débit : volume par unité de temps (m³.jour⁻¹, m³.h⁻¹, m³.seconde⁻¹)

- Débit de pointe : débit horaire maximal reçu par la station

- Débit moyen 24 h : débit moyen horaire reçu par la station (quantité jour/24)

- Débit temps sec : débit d'eau usée arrivant à la STEP sans être modifié par des chutes de pluies ou des fontes de neige

Dénitrification : réduction des nitrates (NO₃⁻) et des nitrites (NO₂⁻) en azote gazeux (N₂) par des bactéries en situation d'anoxie. La vitesse de dénitrification est fonction du pH, de la température, de l'absence d'oxygène dissous et de la source de carbone organique.

Digestion anaérobie des boues : procédé anaérobie qui réduit la masse de matières organiques des boues.

Epaississement : procédé qui consiste à augmenter la concentration en solides d'une boue, par élimination de l'eau.

Equivalent – habitant (E-H) : Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Elle se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.

1 E-H = 120 g de DCO, 60 g de DBO₅, 90 g de MES, 5 g de NTK, 4 g de PT (Directive européenne du 21 mai 1991).

Eutrophisation : enrichissement de l'eau par des sels nutritifs, en particulier par des composés azotés ou phosphorés qui accéléreront la croissance des algues et des formes plus développées de la vie végétale.

Flottation : montée des matières en suspension dans un liquide vers la surface sous l'effet de l'entraînement par un gaz.

Liqueur mixte : mélange d'eaux usées et de boues activées participant au traitement dans une installation à boues activées.

Matières en suspension (MES) : concentration (en mg.L⁻¹) en matières solides (matières organiques et minérales) contenues dans un liquide. Elles sont déterminées par filtration ou centrifugation, puis séchage dans des conditions définies et contrôlées (étuve à 105 °C).

Matières organiques : ensemble des substances d'origine biologique et autres substances oxydables contenues dans un effluent (C, N, P).

Matières sèches (MS) : concentration (en g.L-1) en matières solides et solubilisées dans un liquide. Elles sont déterminées directement par séchage (à l'étuve à 105°C) d'un échantillon brut d'eau ou de boues dans des conditions définies et contrôlées. Les MS se distinguent des MES par la fraction des sels dissous qui peuvent représenter 20-30 % des MES.

Nitrification : oxydation de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) en nitrite (NO₂⁻) (nitritation) puis en nitrate (NO₃⁻) (nitratisation). L'étape limitante est généralement la nitritation.

Phosphate (P) : molécule chimique constituée d'atomes de phosphore oxydé. On parle principalement d'orthophosphates (PO₄²⁻). On distingue : P-PO₄ - phosphates et PT - phosphore total.

pH : potentiel d'hydrogène. Mesure qui reflète l'acidité ou l'alcalinité.

Station d'épuration : ensemble des installations chargées de traiter les eaux collectées par le réseau de collecte des eaux usées avant rejet au milieu naturel.

Temps de séjour : durée théorique pendant laquelle un fluide séjourne dans une unité ou un système donné, calculée en divisant le volume du système par le débit du fluide à l'exclusion des débits de recirculation.

Temps de séjour moyen des boues : temps calculé nécessaire pour extraire la masse de boues totale d'une STEP à boues activées (en y incluant les décanteurs secondaires, les zones anaérobies et anoxiques) à vitesse d'extraction constante. Le calcul s'opère en divisant cette masse totale par la masse des boues extraites par jour, incluant les matières en suspension de l'effluent.

Temps de séjour en digestion : rapport du volume effectif du digesteur au volume des boues journalièrement introduit. Si du surnageant est soufré, le temps de séjour en digestion est inférieur à l'âge des boues.

La surverse : évacuation de l'eau par débordement à la partie supérieure d'une cuve, d'un bassin. L'eau sort sous une pression constante par un tuyau à surverse dans l'appareil (QUERET, Industr. gaz, 1923, p. 184).

By-pass : dispositif permettant le détournement partiel ou total d'un fluide dans une direction précise.

Importance des bassins biologiques à boues actives sur la production des eaux usées traitées

I. INTRODUCTION GENERALE

Au cours de ces dernières décennies, le Maroc a connu un développement exponentiel touchant tous les 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.

Parmi les villes les plus affectées par ces problèmes, la ville de Marrakech, surtout en raison de la rareté des précipitations. Dans sa stratégie de remédiation à ces problèmes, la ville de Marrakech a mis en place une station de traitement des eaux usées (STEP) pour les réutiliser surtout en irrigation des golfs aussi pour l'arrosage des espaces verts. Dans le cadre de cette étude, nous avons suivi toutes les étapes de traitement des eaux usées au niveau la station d'épuration de la ville de Marrakech plus particulièrement au niveau des bassins biologiques.

Avec la construction récente et le développement planifié de plusieurs complexes de golfs à Marrakech, cette pression sur les ressources en eau ne cesse d'augmenter et dépassera nettement les besoins considérables en eau d'irrigation que nécessite ce type d'activité.

La ville de Marrakech compte 19 golfs à ce jour, un besoin annuel en eau d'irrigation de l'ensemble de ces golfs sera de 33 millions m³ environ. Vu que la région de Marrakech-Tensif-El Haouz est définie comme étant une région de stress hydrique, l'eau est considérée alors comme un facteur limitant au développement urbanistique et touristique de la ville qui constitue l'un des attraits majeurs de la ville de Marrakech.

De ce fait, les eaux usées épurées constituent un gisement potentiel pouvant garantir un compromis entre les deux exigences contradictoires précitées, à savoir le développement de la ville et la préservation des ressources en eau.

Notre sujet aborde l'impact des bassins d'aération sur la qualité des eaux traitées, les facteurs induisant leurs dysfonctionnements et les solutions pouvant remédier à ces problèmes.

II. GÉNÉRALITÉS:

II.1 Caractéristiques démographiques de la ville de Marrakech:

Marrakech compte parmi les plus grandes villes du Maroc, elle compte plus de 928 850 d'habitants. Répartis sur une superficie de 230 km², c'est la quatrième plus grande ville après Casablanca, Rabat et Fès.

Marrakech grandit, et forcément les besoins en eau la suivent, il fallait donc trouver des solutions durables permettant de faire face aux besoins du développement urbain.

Chaque jour plus de 100000 m³ d'eaux usées sont rejetées par la ville de Marrakech, un volume correspondant à une population de 1.300.000 habitants.

II.2 Géographie :

La plaine de l'Haouz contenant la ville de Marrakech a une largeur de 150km d'Est en Ouest et de 40km du Sud au Nord, s'étend à l'intérieur du Maroc, sur environ 4000 km² entre le 31ème et le 32ème degré de la latitude Nord. Elle est constituée de chaîne de Haut Atlas au sud et le massif de Jbilate au Nord, le Moyen Atlas à l'Est et les collines de Mzoudia à l'Ouest. Son altitude s'abaisse régulièrement de l'Atlas aux Jbilet de 900mètres à 300mètres. L'Atlas culmine à 4165m (Jbel Toubkal) et les Jbilet à 1061m. Le point le plus occidental de la plaine est à 85km de la côte atlantique dont il est séparé par des Hauts plateaux (Fig.1).

II.3 Géologie :

La plaine du Haouz se développe entre les chaînes du Haut-Atlas au Sud et le massif des Jbilet au Nord. Elle est formée sur un substratum paléozoïque essentiellement schisteux et imperméable, une série sédimentaire marno-gréseuse continentale d'âge Mio-pliocène et elle est recouverte d'un dépôt alluvial graveleux datant du quaternaire (figure1).

renferment une nappe importante et généralisée. Mais ces formations continentales sont très hétérogènes et de perméabilité très variable. Elle est limitée au Nord par les schistes imperméables des Jbilet, au Sud par la bordure Nord du Haut-Atlas, à l'Ouest par les calcaires du plateau de Chichaoua et à l'Est par l'Oued Lakhdar. La nappe circule du Sud vers le N.W ou le Nord. Par suite l'absence des formations calcaires du Secondaire ou de Tertiaire implique qu'il n'existe pas de nappes profondes sous l'ensemble des formations de la plaine. La perméabilité moyenne diminue à mesure que l'on s'enfonce, les faciès devenant de plus en plus argileux.

Les eaux de cette nappe circulent pratiquement dans les alluvions mio-plioquaternaires ayant une hétérogénéité complexe, tant horizontale que verticale. Cette complexité est à l'origine de la variation des caractéristiques hydrodynamiques de cette nappe. L'alimentation de la nappe est assurée par les sous-écoulements des oueds atlasiques à leur entrée dans le Haouz grâce aux propriétés pétro-physiques des dépôts fluviaux fortement favorables à l'infiltration.

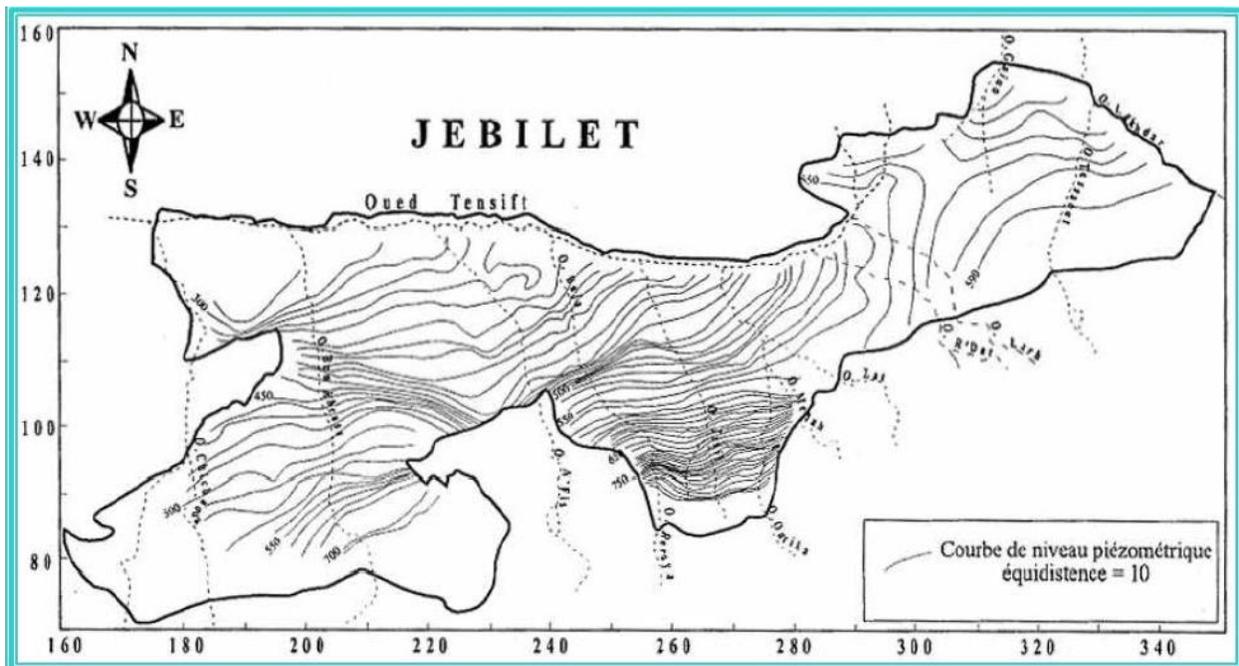


Figure 2 : Carte piézométrique de la nappe de Haouz de 1986 (DRPE, 1988)

(In KARAFI Kaoutar et MOUSATOUI Farida 2011-2012)

c) *Situation de la ville de Marrakech :*

La ville de Marrakech fait partie de la région de Marrakech Tensift Al Haouz. Cette dernière est caractérisée par Le bassin hydraulique du Tensift qui s'étend sur une superficie de l'ordre de 24800 Km², abritant une population totale de 3102652 habitants, dont 843575 habitants à Marrakech.

Les ressources hydriques de cette région, vu la présence de l'Atlas, sont relativement importantes. Mais malgré cet atout, ces ressources connaissent une raréfaction de plus en plus accrue en raison d'une gestion peu rationnelle et d'une surexploitation du potentiel hydraulique.

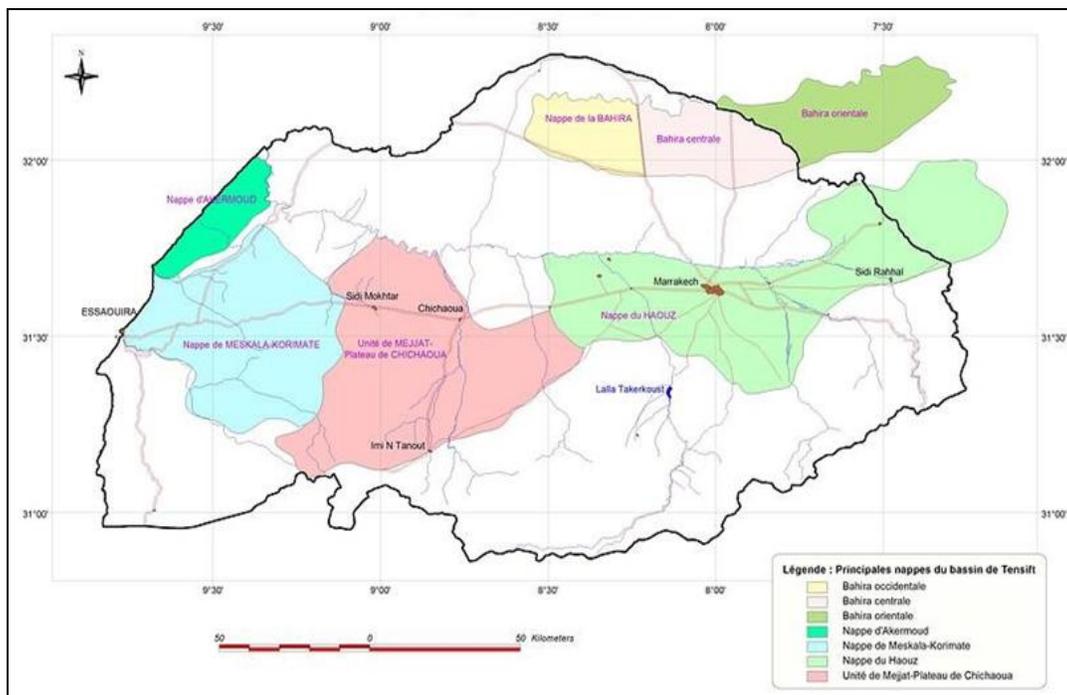


Figure 3 : **Carte des grandes unités aquifères**

(In ZEROUALI Nada 2013-2014)

d) *Climat :*

Un climat semi-aride, caractérisé par une mal répartition et une abondance limité de précipitations. En outre, les contrastes de températures sont très importants en raison des

variations diurnes saisonnières ou annuelles, les vents chauds et secs d'origine continentale influence beaucoup le climat local, surtout l'été : ils soufflent en moyenne 39 jours par an à Marrakech.

III. CHAPITRE 1: PRESENTATION DE LA RADEEMA

III.1 Historique :

La Régie Autonome de la Distribution de l'Eau et de l'Électricité de Marrakech (RADEEMA), est un établissement public, décidé d'être créé suite aux délibérations du conseil municipal de la ville le 1er Janvier 1970. Et avec la nationalisation des entreprises étrangères existantes au Maroc après son indépendance, la (RADEEMA) a remplacé la société marocaine de distribution (SMD).

Le 1er Janvier 1998, la RADEEMA a pris en charge la gestion du service de l'assainissement liquide sans avoir délaissé sa mission de la satisfaction des besoins en eau potable et en électricité de la ville de Marrakech. Le fournisseur actuel de la RADEEMA est l'ONEP (Office National de l'Eau Potable de l'Electricité).

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 en eau et la gestion des services rendus à la clientèle. Le volet environnemental et écologique reste le centre des actions engagées par la RADEEMA notamment le traitement et la réutilisation des eaux usées.

III.2 Organigramme :

L'organigramme de la Régie est structuré en quatre niveaux hiérarchiques cumulant 196 postes organiques : Directeur, Chef de département, Chef de division et Chef de service.

L'ossature générale de la RADEEMA est articulée autour de 04 Directions et 03 Départements rattachés directement à la Direction (cf. Figure1) ci-dessous.

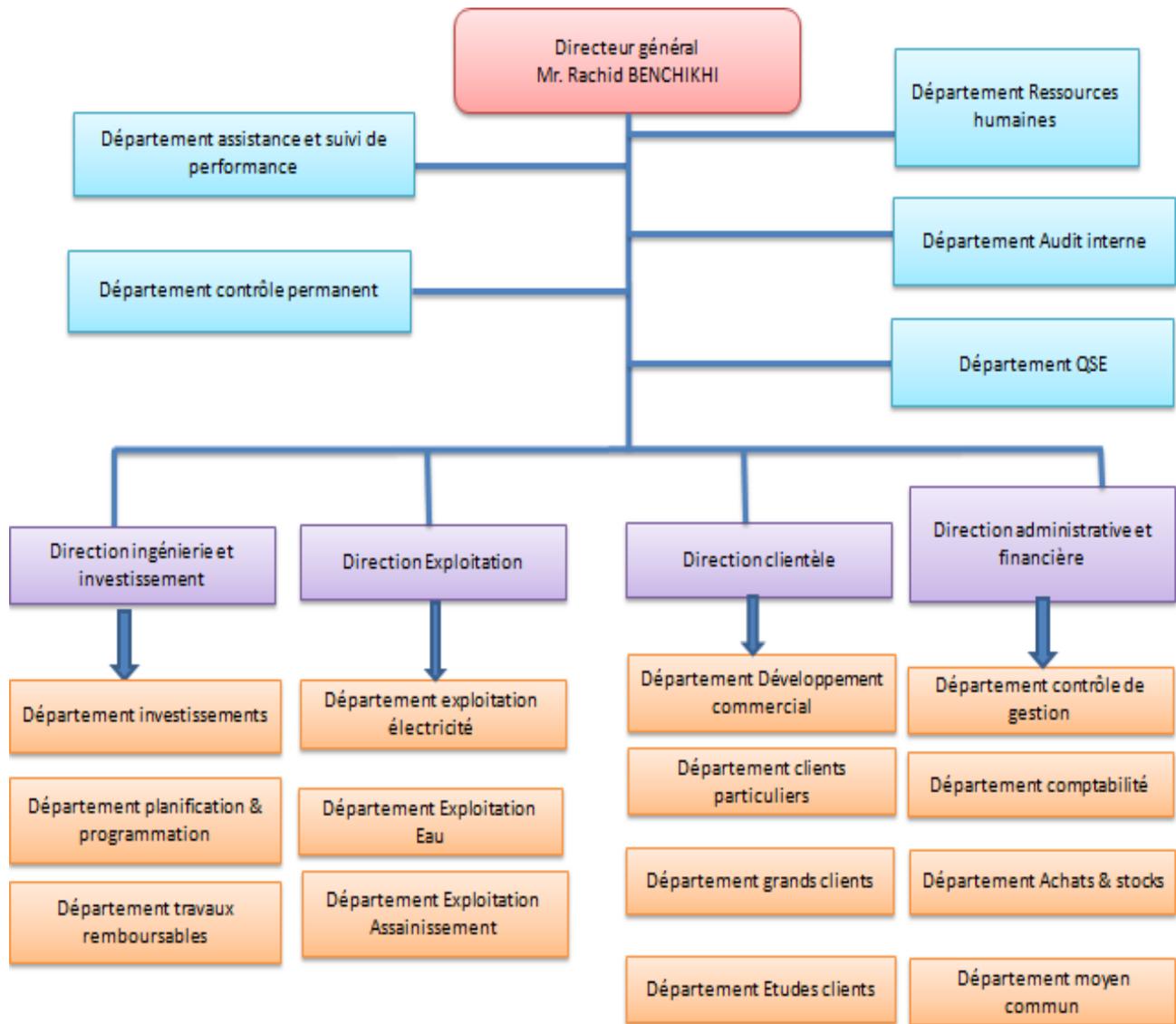


Figure 4 : Organigramme de la RADEEMA Organigramme de la RADEEMA

III.3 Réseau d'assainissement de la ville de Marrakech :

III.3.1 Définition générale de l'assainissement :

L'assainissement constitue une partie fondamentale du cycle de l'eau puisqu'il met en relation le milieu récepteur et le milieu urbain à travers l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées. L'assainissement liquide est une mission noble et un outil précieux de lutte contre la pollution et de sauvegarde de la salubrité du milieu.

Toutefois, il peut tout simplement devenir une charge supplémentaire pour la commune et une source de nuisance pour la population. Comme tout investissement, la protection d'un réseau d'assainissement induit des charges de fonctionnement faciles à appréhender lorsque sa conception et sa réalisation sont satisfaisantes ; incontrôlables et prohibitives dans le cas contraire.



Figure 5 : Points de rejets à Douar Oulad Yahia

III.4 L'assainissement dans la ville de Marrakech :

Le type unitaire collectant les eaux usées de la ville de Marrakech qu'elles soient des rejets industriels, pluviales, domestiques et hospitaliers, est celui qui est souvent utilisé, ces eaux sont ensuite évacuées sans traitement vers un champ d'épandage situé sur la route de Safi, qui constitue aujourd'hui une limite importante de l'urbanisation.

Les zones M'hamid, de l'aéroport et de Sidi Ghanem sont équipées en réseau séparatif.

Une proportion de ménages estimée à 15% n'est pas raccordée au réseau et a recours à des fosses septiques dont l'usage est également fréquent, notamment à l'Est de l'oued Issil dans le territoire de la commune Annakhil, où des khattaras abandonnées sont utilisées pour l'évacuation des eaux usées. 20% de la population de la commune de Ménara-Guéliz n'est pas reliée au réseau dont 60 douars périphériques qui utilisent des puits perdus et des fosses.

Le réseau présente par ailleurs un état vétuste, qui se traduit par des pertes d'eaux usées estimées à 6%. La dégradation des regards, les difficultés d'entretien provoquent des saturations du réseau qui sont à l'origine d'inondations ou d'écroulements des constructions.

De nombreuses études ont été menées dont le Schéma Directeur d'Assainissement liquide (SDAL) qui a arrêté les principales orientations portant sur la réhabilitation du réseau et son extension, la protection de la ville des inondations, la réalisation de grands collecteurs à l'aval, le traitement des eaux usées.

La régie est engagée dans la mise en œuvre de ce programme dont le financement est assuré, mais la question du traitement constitue l'enjeu essentiel de l'assainissement liquide de la ville.



Figure 6 : Plan du réseau d'assainissement à Marrakech

IV. CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA STEP :

IV.1 Introduction :

La station de traitement des eaux usées de Marrakech a été réalisée en octobre 2008 (RADEEMA, 2011). Elle a pour but de collecter les eaux usées, puis de les épurer par traitement, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer l'environnement.

Cette station fait partie des composantes de la première tranche des travaux d'assainissement liquide. Cette première phase dont la mise en exploitation a démarré fin 2008, consiste en un traitement primaire des eaux usées de la ville de Marrakech, soit 120 milles m³/jour.

Ensuite la réalisation de la deuxième phase de la station d'épuration des eaux usées constitue la pièce maîtresse du projet de réutilisation des eaux usées. Elle consiste en l'extension de la filière de traitement selon le procédé dit des « Boues activées » pour atteindre le niveau d'épuration des eaux usées requis par les normes internationales d'irrigation des espaces verts.



Figure 7 : Situation géographique de la STEP de la ville de Marrakech

IV.2 La capacité de la STEP :

La STEP-Marrakech est à traitement primaire avec stabilisation biologique des boues primaires, elle est conçue pour épurer la totalité des eaux résiduaires (urbaines et industrielles) de la ville. Le tableau suivant donne les différents chiffres clefs sur la capacité d'admission la station :

Tableau 1: charges hydrauliques à l'entrée de la STEP

Situation	Débit horaire (m ³ /h)	Débit journalier (m ³ /j)
Débit moyen de temps sec (tous temps confondus)	3 780	90 720
Débit moyen estival (non dépassé 95 % du temps)	4 914	117 940
Débit de pointe de temps sec	7 704	184 896
Débit de pointe de temps de pluie maximum	9 828	

Tableau 2 : Charges polluantes à l'entrée de la STEP

Paramètres	Charge Nominale (Kg/j)	Concentration des eaux usées (mg/l)
DBO5	58 100	640
DCO	144 600	1 594
MES	53 000	584
NTK	11 000	121
PT	2 000	22

IV.3 Organisation de la STEP :

La station d'épuration d'une capacité nominale de 90 720m³/j, est réalisée en deux tranches : la 1^{ère} tranche dont les travaux sont achevés, est dédiée au traitement primaire des effluents domestiques et industriels par procédé de boues activées avant le rejet en milieu réception.

La 2^{ème} tranche, comporte l'extension du traitement jusqu'aux niveaux secondaire et tertiaire qui permettent la réutilisation des eaux traitées et leur injection par voie de refoulement sur une longueur de 52 km, et ce en vue d'alimenter les projets touristiques golfs en eau d'irrigation

et de préserver les ressources hydriques souterraines de la région tout en favorisant son développement économique et urbanistique.

IV.4 Situation géographique de la STEP :

Avec une superficie totale d'environ 17ha, la station d'épuration de Marrakech se situe à 13km de Marrakech au niveau de la route national n°7. Le site de la station d'épuration est situé au nord-ouest de la ville de Marrakech, sur la rive gauche d'oued Tensift. Ce centre de traitement des eaux est délimité par la rive gauche de l'oued Tensift au Nord, la digue formée par la route de Safi à la traversée de l'oued Tensift à l'Est et la route des ferrailleurs et le douar Azib layadi au Sud.

IV.5 Choix du site :

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

- Facteurs climatiques : la station est installée à la sortie au Nord de la ville parallèlement à la direction du vent pour que les odeurs émises par les eaux au cours du traitement n'aient aucune nuisance pour la population.
- Facteurs topographiques : la STEP est implantée sur un site dont la côte la plus basse permet la collecte et le transport gravitaire des eaux usées c'est à EL Azzouzia autrement dit le point le plus bas à Marrakech, et par sa situation très proche de la décharge publique prévue pour l'évacuation des déchets du prétraitement et des boues déshydratées.

IV.6 Objectifs de la STEP :

La réalisation du grand projet de traitement et de réutilisation des eaux usées de la ville de Marrakech s'inscrit dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, la protection de l'environnement, la rationalisation et l'économie des richesses naturelles en général. En effet seule la prise en considération de ces critères du développement durable, peut assurer l'accompagnement de l'essor qualitatif et quantitatif de la ville ocre et ses régions connues par des ressources en eau limitées.

Parmi ces objectifs on cite :

- ✓ La protection de l'environnement de la pollution (pollution de la nappe, les eaux de surface, ...),
- ✓ Réduction de la consommation abusive de la nappe phréatique pour l'irrigation (pour les douars qui sont proches des points de rejets des eaux usées),
- ✓ Assurée l'autonomie en énergie électrique
- ✓ Elimination des rejets dans le milieu naturel d'eau usée à l'état brute,
- ✓ Amélioration des conditions sanitaires des citoyens,
- ✓ Réduction des émissions des gaz à effets de serre.

V. CHAPITRE 3 : PROCEDES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES :

V.1Introduction :

Les eaux usées sont collectées au niveau d'un déversoir d'orage situé en amont et à 2 Km de la station et ensuite transmises vers cette dernière par le biais d'un canal souterrain. Au même temps, il joue un rôle de gestion du débit d'eau entrant, il est équipé d'une vanne murale pour la régulation des débits d'entrée et particulièrement pendant les périodes de pluies ou de crues, étant donné que toute augmentation du débit engendrer un dysfonctionnement et entraver l'efficacité du traitement. Cet excès est donc délesté vers oued Tensift par le déversoir d'orage.



Figure 8 : Oued Tensift

Les eaux usées subissent des différentes étapes de traitement depuis leur entrée à STEP jusqu'à leur sortie. On distingue : le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement tertiaire

Dans la station d'épuration des eaux usées, on distingue quatre filières principales :

- Filière eau qui assure la dépollution des eaux usées.
- Filière boue qui assure le traitement de la boue.
- Filière biogaz qui assure le stockage, traitement et valorisation de méthane.
- Filière désodorisation qui assure l'élimination des composés organiques volatils (COV) et les odeurs.

La figure suivante représente la maquette des différentes filières de la station des eaux usées de la ville de Marrakech :



Figure 9 :la maquette de la STEP Marrakech

1- Bâtiment administratif	11-Traitement des graisses
2- Entrée des eaux brutes	12-Stockeur
3- Dégrillage	13-Gazomètre
4- Dessablage-dégraissage	14-Désulfuration
5- Traitement des sables	15-Torchère
6- Décanteurs	16-Cogénération
7- Répartiteur	17-Déshydratation
8- Sortie des eaux traitées	18-Sous station
9- Epaisseurs	19-Chaufferie
10-Digesteurs	20- Atelier

V.2 Filière Eau

V.2.1 Pré-traitement :

Le prétraitement sert à retirer les matières pouvant être facilement collectées des eaux usées brutes, et à les éliminer, afin de protéger les équipements mécaniques, on distingue trois phases : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

a) Dégrillage :

Le dégrillage constitue la première étape de traitement des eaux usées qui permet de retirer de l'eau toutes sortes de composés secondaires de grande taille susceptible de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées allant d'un diamètre de 20cm, 8 cm jusqu'à 1cm de l'amont vers l'aval.



Figure 10 : a) Pré grille (20 cm) b) Dégrilleur grossier (8cm) c) Dégrilleur fin (1cm)

Les déchets collectés par le racleur au niveau du dégrilleur fin et grossier sont acheminés vers un vise qui en bougeant, déverse ces déchets dans une benne pour être ensuite transférés vers la décharge.



Figure 11 : Dispositif de relevage et d'éjection des déchets

Tableau 2 : Les différents types de grille et leurs caractéristiques

Grille	Inter Grille	Type	Procédure	Caractéristiques
Première grille	20 cm	Pré-grille	Manuel	-Largeur du canal : 3 m -Angle d'inclinaison : 30° par rapport à la verticale
Deuxième grille	8 cm	Dégrilleur grossier	Automatique	-4 unités dont 1 manuelle -Largeur du canal : 1.5 m
Troisième grille	1 cm	Dégrilleur Fin	Automatique	-4 unités dont 1 manuelle

Après avoir éliminé les déchets, l'eau sera acheminé vers la première chambre de répartition comme son nom l'indique, il y aura une répartition des sables et des graisses : dessablage et déshuilage.

b) Dessablage :

Débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être envoyés en décharge.

c) Déshuilage/Dégraissage :

Vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le déshuilage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis déversées dans la bêche à graisse.

Tableau 3 : Caractéristiques de l'ouvrage de dessablage/déshuilage

Nombre d'unités	2 unités doubles
Nombres de ponts	1 pont par unité double
Surface utile	200 m ²
Volume unitaire	600 m ³



Figure 12 : La ligne dessablage- déshuilage

V.2.2 Traitement primaire :

Cette étape a pour but l'élimination de la partie majeure des matières en suspension, celles-ci décantent au fond du bassin constituant les boues primaires. Les eaux prétraitées sont acheminés vers le répartiteur afin de les distribuer de manière égale entre les 4 décanteurs primaires qui sont de forme circulaire et conique au fond. Les eaux ainsi récupérées sont ensuite acheminées vers le traitement secondaire pour accomplir leur épuration.

Tableau 4 : les caractéristiques des décanteurs primaires

Nombre d'unités	4
Surface totale	3 500 m ²
Surface unitaire	1 191 m ²
Diamètre	32 m

V.2.3. Traitement secondaire :

L'eau provenant du décanteur, en plus de la boue recyclée sont rassemblées au niveau de la chambre 1 du répartiteur. De la chambre de répartition, l'eau s'écoule par gravité vers le réacteur biologique.

Le traitement secondaire comprend deux phases : le traitement biologique et la clarification qui permettent l'élimination de la matière dissoute dans l'eau (minérale et organique) et le dégazage de l'azote.

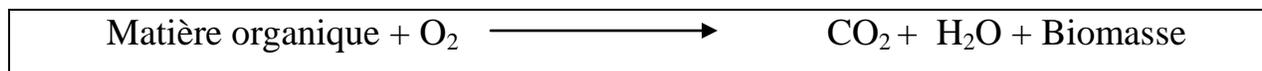
C'est un traitement qui fait appel à des micro-organismes (bactéries), permettant de dégrader la matière organique au niveau des :

- **Bassins d'aération** : A la sortie des bassins de décantation primaire, les effluents sont orientés vers quatre bassins aérés d'un volume de 16 250 m³ chacun et d'un volume surpressé d'air de 70 000 Nm³/h.

Ce procédé repose sur les microorganismes existants dans l'eau. Il consiste à optimiser dans l'eau les conditions propices au développement de l'activité bactérienne, pour une bonne élimination par biodégradation des matières organiques principalement soluble.



Figure 13 : Bassin d'aération



⇒ **Les éléments éliminés au niveau des bassins biologiques :**

Au niveau des bassins biologiques, la nitrification et la dénitrification sont les procédés qui permettent d'éliminer l'azote, ce dernier marque le plus la pollution organique entrante aux bassins biologiques, par contre le phosphore qui entre en faibles quantités.

Le bassin biologique est composé de quatre chambres dont la première et la dernière sont anoxiques, tandis que la deuxième est aérée. L'alternance de bassin anoxique et de bassin aéré permet d'assurer les conditions favorables aux microorganismes présents dans les boues afin d'effectuer la mission dont ils sont chargés.

VII.3 Elimination du Carbone:

Le carbone présent dans toutes les molécules constituant la matière organique (protides, lipides et glucides) est le polluant le plus facilement éliminé.

VII.4 Elimination des phosphates :

Se fait biologiquement par des bactéries aérobies qui absorbent 25% de leur masse cellulaire propre sous la forme des ortho-phosphates.

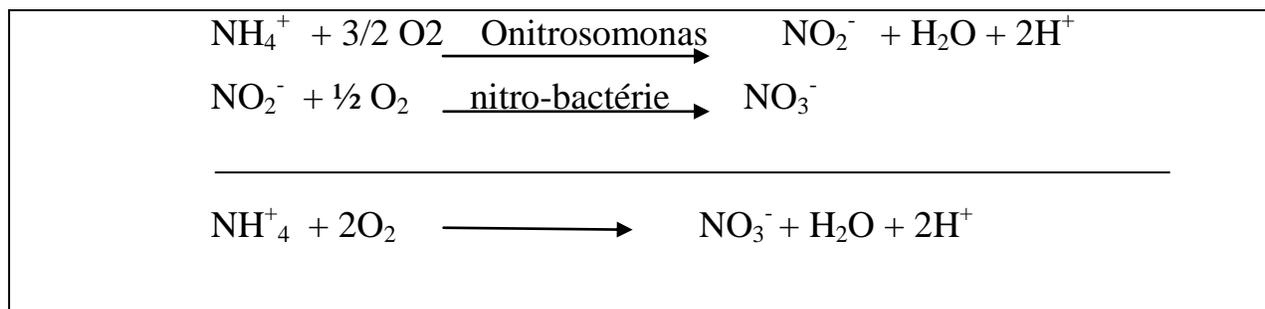
VII.5 Elimination d'Azote :

a) Elimination des sels d'ammonium NH_4^+ :

Ce processus s'effectue au niveau de la première chambre du bioréacteur où les conditions d'anoxie sont indispensables afin de transformer l'azote organique en sels d'ammonium NH_4^+ .

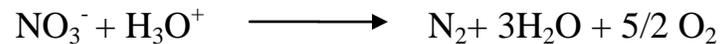
La nitrification :

Se fait dans des conditions d'aérobies, c'est l'oxydation de l'ammonium NH_4^+ en nitrites NO_2^- puis en nitrates NO_3^- à noter que pour 1 Kg d'azote, la nitrification a besoin de 4,57 Kg d' O_2 .



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'O₂.



Il existe plusieurs types de système pour le traitement biologique, à savoir :

- ❖ **Système utilisant une biomasse fixe** : (Technique de bio filtration, et des lits bactériens) qui consiste en l'enlèvement de la matière organique biodégradable à l'aide d'un film biologique fixé sur un support.
- ❖ **Système utilisant une biomasse libre** : cas de traitement par lagunage, qui consiste à faire circuler lentement l'effluent prétraité dans une succession de bassins peu profonds, l'épuration se fait grâce à des microorganismes. Et le cas de traitement à boues activés, système adopté par la station d'épuration des eaux usée à Marrakech.
- **Clarificateur** : La clarification se fait dans des clarificateurs qui sont des ouvrages circulaires équipés d'un pont racleur où s'effectue la séparation par décantation des floccs biologiques issus des bassins d'aération. Les eaux clarifiées qui sortent des bassins ne sont plus nocives et peuvent être déversées sans aucun souci dans l'Oued Tensift. Tandis que les boues décantées sont siphonnées et renvoyées vers les bassins d'aération.



Figure 14 : clarificateur

Tableau 5 : les caractéristiques des clarificateurs

Nombre d'unités	4
Surface totale	10 000 m ²
Surface unitaire	2 500 m ²
Diamètre	57 m

V.2.4 Traitement tertiaire :

L'objectif du traitement tertiaire, est d'obtenir un effluent avec un taux de MES < 5 mg/l (si possible < 1mg/l), de diminuer la turbidité de l'eau traitée par coagulation-floculation et filtration à sable avant l'étape de désinfection ainsi que d'abattre les microorganismes pour que l'eau puisse être réutilisée dans l'irrigation des terrains de Golf de Marrakech.

Le traitement est caractérisé par les étapes suivantes :

- **Coagulation-floculation** : Les eaux provenant des clarificateurs sont mélangées avec le chlorure ferrique (FeCl_3) au niveau de deux bassins de coagulation afin de donner un volume supplémentaire aux particules à faible taux de sédimentation.
- **Filtration à sable** : L'ouvrage est formé par quatre lignes comportant chacune cinq filtres en somme 20 filtres à la fin. Le filtre à sable permet d'éliminer les particules en

suspension dans l'eau. Ces particules peuvent être de différents types: flocons chimiques d'hydroxydes de métal, flocons de traitements biologiques, fibres, particules minérales.



Figure 15 : Filtration à sable

- **Désinfection** : Après la filtration sur sable, l'effluent clair s'écoule à travers deux voies de désinfection UV parallèles. Le chlore est ajouté à l'eau, afin d'effectuer une désinfection résiduelle, par un système de dosage automatique.



Figure 16 : Désinfection UV

La finalité de ce traitement : eau épurée désinfectée prête à l'utilisation dans l'irrigation des Golfs de Marrakech.

Les variations de différents paramètres depuis l'entrée jusqu'à la sortie sont représentés au niveau du tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Performance attendue du traitement

Paramètres	Entrée Station	Traitement Primaire	Traitement Secondaire	Traitement Tertiaire
MES (mg/l)	584	200	30	5
DBO ₅ (mg/l)	640	430	30	10
NTK (mg/l)	120	120	5	5
PT (mg/l)	22	22	20	10
Germes fécaux	10 ⁷ UFC/l	10 ⁷ UFC/l	10 ⁶ UFC/l	2.10 ³ UFC/l

V.3 Filière boue

Il existe trois types de boues : boues primaires, boues secondaires et boues tertiaires, et chacune se caractérise par sa propre méthode de traitement.

V.3.1 Types de boues :

a) Boues primaires :

Ces boues sont issues de la décantation des eaux usées dans les décanteurs, elles sont envoyées vers l'épaississeur afin d'augmenter leur concentration.

b) Boues secondaires :

Ces boues proviennent des clarificateurs, 80% de ces dernières sont utilisées au niveau des bassins d'aérations pour le traitement biologique et seulement 20% sont envoyées vers les flotteurs pour favoriser la flottation des boues par l'intermédiaire des polymères.

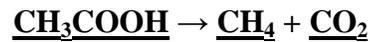
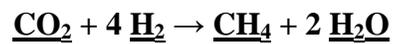
c) Boues tertiaires :

Ce sont la finalité des boues primaires et secondaires et sont transférées vers les digesteurs.

V.3.2 Les étapes de traitement des boues :

Digestion anaérobique : la méthanisation ou digestion anaérobie c'est un procédé qui consiste à transformer la matière organique en énergie par des bactéries en l'absence d'oxygène, pour produire du biogaz composé majoritairement de méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂), tout en réduisant le taux de matières organiques de nombreux déchets ou sous-produits biodégradables.

La production du biogaz se fait selon les réactions suivantes :



On distingue classiquement trois phases successives pour la méthanisation:

- ✓ L'hydrolyse et l'acidogénèse
- ✓ L'acétogénèse
- ✓ La méthanogénèse.

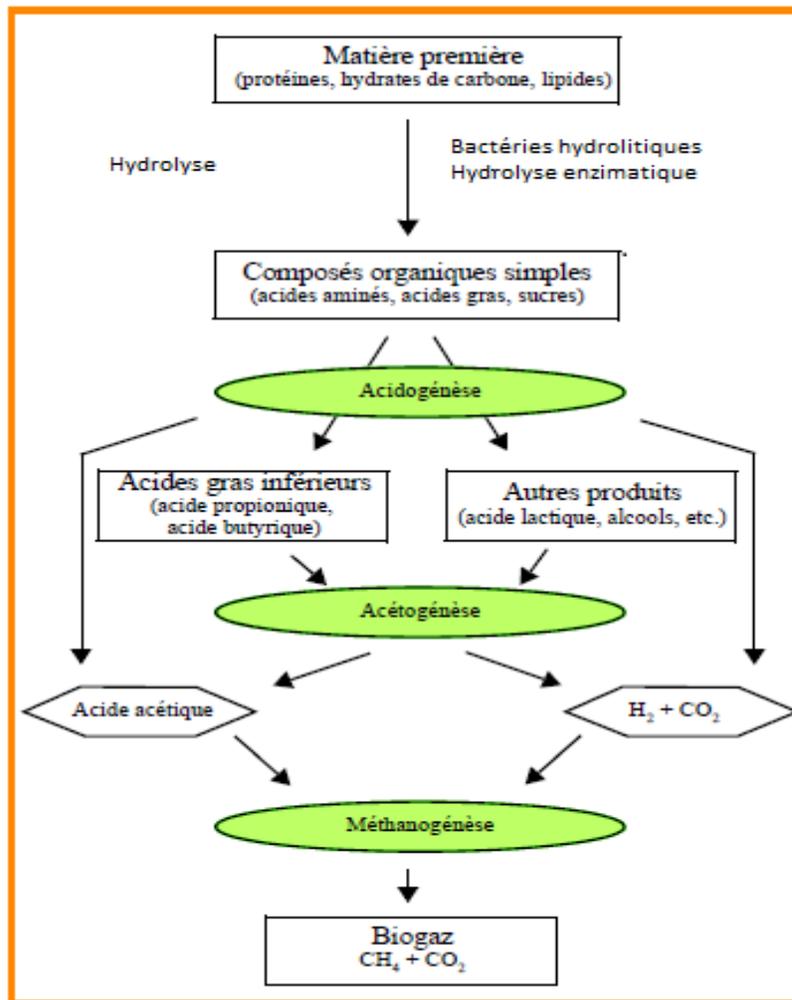


Figure 17 : phases de digestion anaérobique pour la méthanisation (digestion anaérobique) (modifiée)

Les paramètres de digestion anaérobique :

Température (°C) entre 25 et 40

PH entre 6,8 et 7,4.

Le temps de séjour moyen : 20 jours.

- **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.

- **Déshydratation des boues** : permet de retirer l'eau de la boue par filtration sous pression, afin de diminuer le volume (160 tonnes de boues à rejeter /jour), les frais de transport vers la décharge publique de Marrakech. (voir annexe).



Figure 18 : Déshydratation des boues.

V.4 Filière biogaz :

Le biogaz de la station d'épuration est récupéré au niveau des digesteurs. Il est composé principalement de méthane CH_4 (70%) et de dioxyde de carbone CO_2 (25%). Ce gaz contient également de l'hydrogène sulfuré H_2S (4%), nuisible en général pour les moteurs à gaz, et il est saturé en eau. Il est produit par un processus de fermentation anaérobie des matières organiques.

Après sa production, le biogaz subit un traitement afin d'éliminer les sulfures, cette étape est appelée désulfurisation du biogaz pour être stocker par la suite dans deux gazomètres de type souple à double membranes avec une capacité de stockage de 3 450 m³.

Le biogaz subit un traitement spécial afin de valoriser pour la production de 45 % de l'électricité de la STEP.

V.5 Filière désodorisation :

Le traitement des odeurs se fait par des principes biologiques (par les feuilles des palmeraies, des arbres ...etc.), et des procédés physico-chimique (par des colonnes d'absorption) permettant d'éliminer les concentrations des sulfures d'hydrogène, afin d'améliorer le rendement du travail et minimiser les nuisances sur la santé publique.

VI. CHAPITRE 5 : IMPACT DES BASSINS BIOLOGIQUES SUR LA QUALITE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES :

VI.1 Introduction:

Le bassin d'aération est le cœur de la filière eau, son fonctionnement assure les traitements des principaux agents polluants en éliminant les éléments organiques comme les graisses, sucres, protéines, etc... en réduisant la DBO5, la DCO, l'azote et le phosphore dissous. Les bassins d'aération connaissent un dysfonctionnement qui perturbent leur travail, donc :

- a. Quels sont les paramètres qui influencent sur le fonctionnement des bassins biologiques ?
- b. Quelles sont les causes ? et aussi les recommandations ?



Figure 19 : les bassins d'aération de la STEP de Marrakech (RADEEMA).

1) Les paramètres influençant le fonctionnement des bassins d'aération:

Ces paramètres sont : La température, le pH, les nutriments et les composés toxiques ne doivent pas dépasser une certaine valeur nominale donnée, ni une autre maximale. Dans le cas contraire, une forte dégradation de la qualité de la boue prend naissance.

VII.2 Problèmes d'aération :

L'apport d'oxygène est indispensable pour oxyder la matière organique et l'ammonium grâce à la biomasse présente.

⇒ Les charges de polluants:

- **La demande chimique en oxygène (DCO) :** La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par une substance chimique oxydante, dans des conditions normalisées. Ce paramètre est facile et rapide à obtenir, même si certains composés peuvent ne pas être oxydés ou perturber la mesure.
- **La demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO5) :**

La DBO5 est la quantité d'oxygène dissous consommée en 5 jours par les micro-organismes présents dans le milieu pour réaliser une autoépuration, simulés par des bactéries.

- **Le rapport DCO/DBO5 :**

Il donne une indication sur le caractère biodégradable des effluents.

Si le rapport $DCO/DBO5 < 2$: l'effluent est facilement biodégradable;

$2 < \text{DCO}/\text{DBO5} < 3$: l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées;

$\text{DCO}/\text{DBO5} > 3$: l'effluent n'est pas biodégradable.

▪ **Matières en suspension (MES) :**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale.

VII. CHAPITRE 4: MATERIELS ET MÉTHODES:

VII.1 Méthodes d'échantillonnage:

La station d'épuration compte 5 préleveurs automatiques sur les différentes étapes du traitement des eaux usées : l'entrée, la sortie du traitement secondaire et la sortie du traitement tertiaire. Chaque échantillonneur est équipé de 24 bouteilles d'un litre, la quantité du prélèvement est basée sur le taux du débit, l'échantillonnage nous permet d'avoir une idée sur les différentes concentrations des paramètres à étudier à l'heure exacte et d'identifier certains événements.



Figure 20 : les prélèvements de chaque étape au niveau de la station d'épuration des eaux usées.

Pour le laboratoire de la RADEEMA, il a pour rôle de contrôler les variations de ces paramètres : MES, DCO, DBO5, NGL, NTK, PT et les germes fécaux.

⇒ **Prise d'échantillon :**

L'évaluation des caractéristiques de pollution se fait sur des échantillons qui ont été correctement prélevés. Les analyses du laboratoire n'ont guère de valeur si l'échantillon n'est pas vraiment représentatif des conditions ou de la qualité existant réellement dans la pratique. En matière d'eaux usées, les difficultés sont accrues car le débit et la composition instantanée varient dans de grandes proportions. Pour cela, il est important de réaliser des échantillons moyens sur 24 h, asservis au débit pour déterminer le flux journalier de pollution.

En ce qui concerne les mesures : on mesure in-situ la température et le pH, après on passe au laboratoire pour faire les analyses de chaque paramètre.

Pour le contrôle de réseau d'assainissement, les 5 paramètres étudiés sont : le Cr-6 provenant des tanneries, Ni, Cu, Sulfures, et les phénols provenant des margines.

Pour le contrôle de la réutilisation des eaux, on fait : un suivi journalier à la sortie, suivi journalier des stations de pompages et un suivi au niveau des golfs.

⇒ **Mode opératoire :**

Au niveau du laboratoire, on se base sur les méthodes rapides tout en suivant les méthodes et en utilisant certaines solutions appelées des kits pour certains paramètres qui sont : NTK, NGL, PT, NO₂ et NO₃ pour les autres on suit une autre méthodologie.

1) Paramètres physico-chimiques :

⇒ **Mesure de la MES :**

Principe :

Elles déterminent la turbidité de l'eau. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

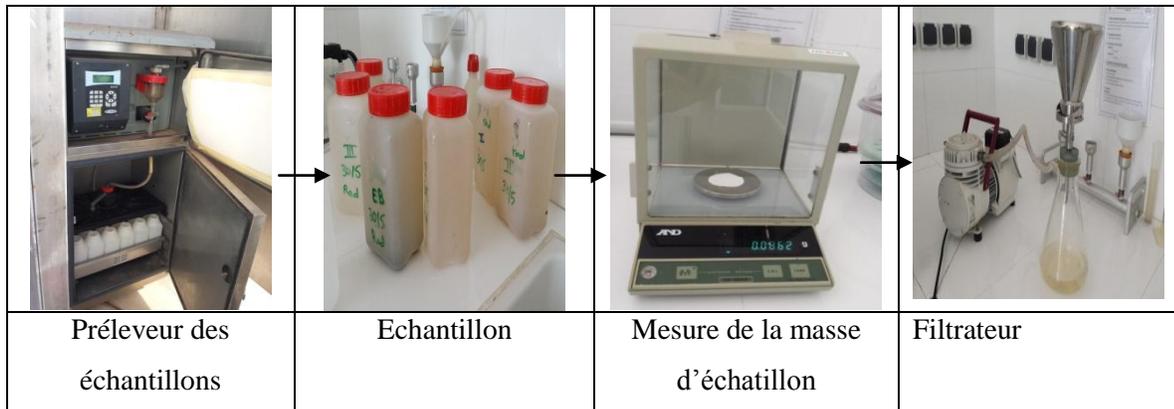
Méthode : Durant toute l'analyse les filtres sont manipulés avec une paire de pinces, de manière à limiter les échanges d'humidité avec la peau ou les gants. Prendre une membrane et la marquer avec précaution pour ne pas l'abîmer.

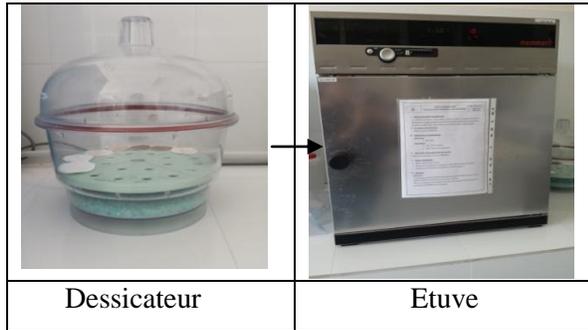
- Peser la membrane et noter sa masse à vide m_0 .
- Placer la membrane sur la rampe de filtration.
- Bien agiter l'échantillon
- Prélever un volume de l'échantillon et le transvider sur la membrane
- Procéder à la filtration : le volume filtré ne doit pas dépasser 1 litre et la filtration ne doit pas durer plus d'une demi-heure
- Récupérer la membrane après la filtration, puis la placer dans une étuve à 310°C
- Peser la membrane et noter sa masse puis la remettre dans l'étuve, continuer l'opération jusqu'à l'obtention d'une masse constante m_1 (mg/l)
- Expression des résultats : les concentrations sont calculées selon la formule suivante : $\text{MES} = (m_1 - m_0) / V$

Avec : V : prise d'échantillon en litre

m_1 : masse du filtre avec MES (en gramme)

m_0 : masse du filtre à vide (en gramme)

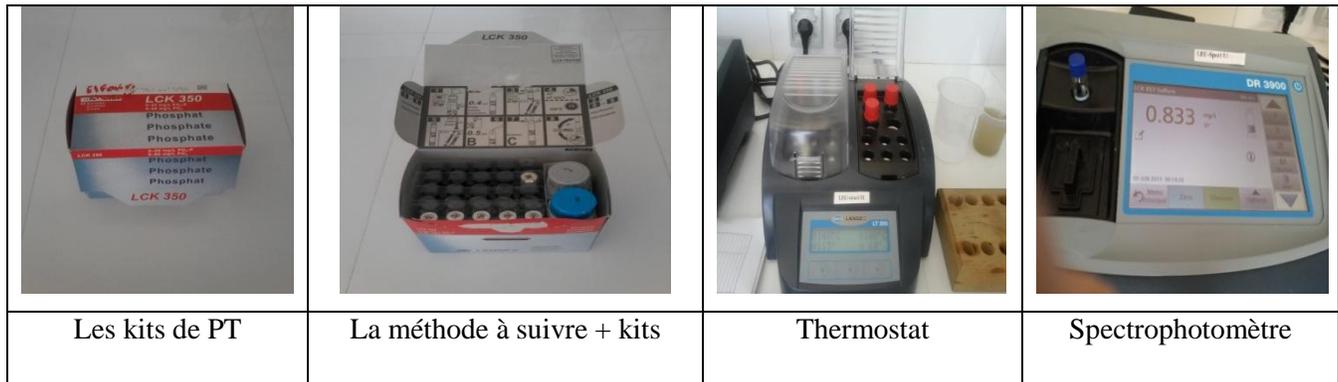




La même opération se répète jusqu'à l'obtention d'une masse constante ml.

⇒ **Mesure de PT :**

Principe : Le principal inconvénient du phosphore est de favoriser l'eutrophisation des cours d'eau en présence de composés azotés, ce qui se traduit par un développement excessif d'algues planctoniques, d'où l'obligation de sa détermination. Sa mesure est également faite par les Kits LCK.



Méthode : On enlève délicatement la feuille de protection du Dosi Cap Zip détachable et on le dévisse. On pipette 0.4 ml d'échantillon. On visse le Dosi Cap Zip fermement, dirigeant le cannelage vers le haut et on secoue énergétiquement. On le chauffe dans le thermostat 60 min à 100°C, après on le laisse refroidir à T°C ambiante et on secoue énergétiquement. On pipette dans la cuve une fois refroidie : 0.5 ml de réactif de réactif B (LCK 350B), on ferme immédiatement le réactif B après emploi. On visse un Dosi Cap C (LCK 350 C) gris sur la cuve. On mélange le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. On attend 10 min, on mélange de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

⇒ **Mesure d'Azote :**

Principe : Au cours de la chaîne de traitement on trouve plusieurs formes d'azote (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, NTK) qui permettent de suivre le processus biologique et le rendement épuratoire en azote. La mesure de l'azote est faite par des kits LCK.

<p>Les kits de Nitrate</p>	<p>La méthode à suivre + kits</p>	<p>Echantillon à analyser</p>
<p>Spectrophotomètre</p>	<div style="text-align: right;">✓</div>	

M
e
s
u
r
e

de Nitrate :

Méthode : On pipette 1 ml d'échantillon à analyser et on l'ajoute dans la cuve du kit du paramètre désiré (ici le nitrate). On ajoute par la suite 0.2 ml de la solution LCK 339A. On ferme la cuve et on mélange le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.

Mesure de nitrite :

Méthode : On enlève délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip et on la dévisse. On pipette 2 ml d'échantillon et visse immédiatement en dirigeant le cannelage vers le haut. On secoue énergétiquement jusqu'à avoir une solution homogène, on attend 10 min et on mélange de nouveau. Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et on mesure.

Les kits de Nitrite	La méthode à suivre + kits	Echantillon à analyser	Spectrophotomètre

✓ **Mesure de NTK :**

Principe : Présentes dans les eaux usées sous forme réduites, les matières azotées (majoritairement d'origine humaine : l'urée des urines) sont caractérisées par la mesure en laboratoire du NTK.

L'élimination de l'azote réduit (NTK) est essentiellement obtenue par sa transformation en nitrates par oxydation biologique (nitrification). L'élimination de l'azote sur l'usine d'épuration évite son rejet direct dans le milieu naturel, qui consommerait trop d'oxygène. Elle favorise la vie piscicole.

Méthode : Dans la suite, consécutivement dans une éprouvette de réaction sèche : 0.2 ml d'échantillon, 2.3 ml de solution A (LCK 338 A), 1 tablette B (LCK 138/238/338 B). Fermer immédiatement et ne pas mélanger. On chauffe directement au niveau du thermostat pendant 60 min à 100°C. Refroidir et ajouter 1 Micro Cap C (LCK 138/238/338 C). On ferme l'éprouvette de réaction et on mélange jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du Micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante. On pipette lentement dans le test en cuve 0.5 ml d'échantillon désagrégé. On pipette lentement 0.2 ml de solution D et on mélange le contenu et attendre 15 min. Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

Les kits de NTK	Echantillon à analyser	Thermostat	Spectrophotomètre

2) Paramètres organiques :

⇒ Mesure de la DBO5 :

Principe : La DBO5 ou la demande biologique en oxygène pendant 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour oxyder l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenue à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.

Méthode : Pour déterminer la DBO d'une eau usée, un échantillon 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°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 DBO520, ceci représente la mesure de la quantité totale de contamination organique dégradable biologiquement.

⇒ Mesure de la DCO :

Principe : La DCO ou la demande chimique en oxygène est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques et minérales de l'eau. Elle représente tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau, par exemple les sels minéraux et les composés organiques. Une solution de dichromate de potassium est utilisée pour la détermination de la concentration en DCO d'une eau.

Méthode : On mélange le contenu pour avoir une solution homogène. On pipette 0.2 ml d'échantillon avec précaution. On ferme la cuve et on nettoie l'extérieur de celle-ci. On mélange le contenu et on chauffe dans le thermostat. On fait sortir la cuve chaude et on la laisse se refroidir à T°C ambiante. On nettoie l'extérieur et on mesure.

La méthode à suivre	Echantillon à analyser	Thermostat	Spectrophotomètre

⇒ **Mesure de NGL :**

Méthode : C'est l'azote sous toutes ses formes, réduites et oxydées, comprenant le NTK et les nitrates formés par l'élimination de l'urée.

L'élimination du NGL signifie non seulement que l'urée a été nitrifiée, mais aussi que les nitrates formés ont été éliminés (dénitrification).

L'élimination des nitrates des eaux usées sur l'usine d'épuration réduit les risques de prolifération incontrôlée des algues (eutrophisation) du fait des rejets directs dans la rivière et l'estuaire.

Il est calculé tout en appliquant la relation suivante : $NGL = NTK + NO_2 + NO_3$

RESULTATS :

Les résultats obtenus sont représentés par la figure ci-dessous :

RADEEMA		Système Management QSE				Ref: FS-FI-45
		Feuille de paillasse STEP				Version: 4
						Page: 1/1
Date	30 Nov. 2015					
Matrice	Composite Eau Brute	Composite Eau Clarifié	Composite Eau Désinfecté	Eau Brûte Ad ₂	Divers	
Point de Prélèvement	Entrée STEP	Sortie Traitement Secondaire	Sortie Traitement Tertiaire	Entrée STEP		
Heure de réception au Laboratoire	Ech. Non Rep.					
pH						
Conductivité	µS/cm					
Température	°C					
DCO	mg/l O ₂	1025		47,8		
DBO ₅	mg/l O ₂					
	m ₁ (en g)	0,0836		0,0841		
	m ₂ (en g)					
	m ₃ (en g)					
MES & MVS	V _{mes} (en ml)	50		1000		
	MES (en mg/l)					
	MVS (en %)					
NGL	mg/l N	38,3		32,6		
NO ₂ -N	mg/l N	-		0,140		
NO ₃ -N	mg/l N	-		1,05		
NTK	mg/l N	38,3		21,41		
NH ₄ -N	mg/l N					
PO ₄ -P	mg/l P					
Pi	mg/l P	12,0		3,35		
Chlorures	mg/l					
Chrome (VI)	mg/l	0,047				
Sulfures	mg/l	0,763				
Phénols	mg/l	1,41				
Cuivre	mg/l	3,16				
Nickel	mg/l	3,16				
Autre	mg/l					

Figure 21 : Les résultats d'analyses

Les graphes suivants présentent l'évolution des paramètres caractérisant l'eau brute (DCO, DBO5, MES, NGL et PT) de l'année 2014 et 2015.

Les histogrammes en rouge représentent les valeurs enregistrées à l'entrée du traitement secondaire, les histogrammes en bleu font référence aux valeurs enregistrées à la sortie du traitement secondaire, les courbes en jaune désignent l'abattement des charges polluantes, les droites indiquent les valeurs de garantie de la concentration de chaque paramètre.

VIII.2 Suivi d'abattement de la pollution :

Les tableaux représentent copieusement les différents paramètres à savoir : DCO, MES, DBO5, NGL et PT à l'entrée et à la sortie du traitement secondaire.

L'abattement : c'est le rendement d'élimination des matières polluantes qui existent dans les eaux usées, nous donnent le rendement de l'épuration des eaux.

$$\text{Abattement \%} = \frac{\text{Charge Entrante} - \text{Charge Sortante}}{\text{Charge Entrante}} * 100$$

a) *Suivi de la concentration de la MES :*

La figure représente les charges et rendements du traitement secondaire en termes de MES en 2014 et 2015.

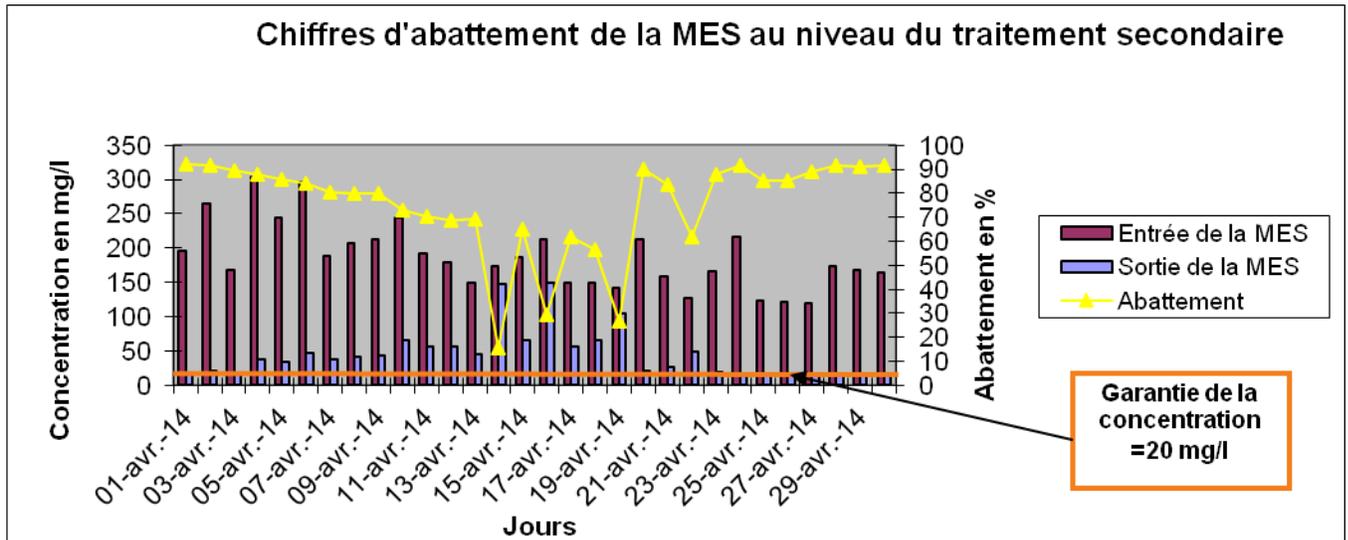


Figure 21 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de MES au mois d'Avril 2014

Commentaire : Le graphe 1 du mois d'avril 2014 représente les variations des concentrations du paramètre DBO5, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes (20 mg O2/l), sauf pour les deux jours: 14 et 16 avril 2014, et particulièrement pour le 16ème jour, avec un taux de dépassement de 130 mg/l.

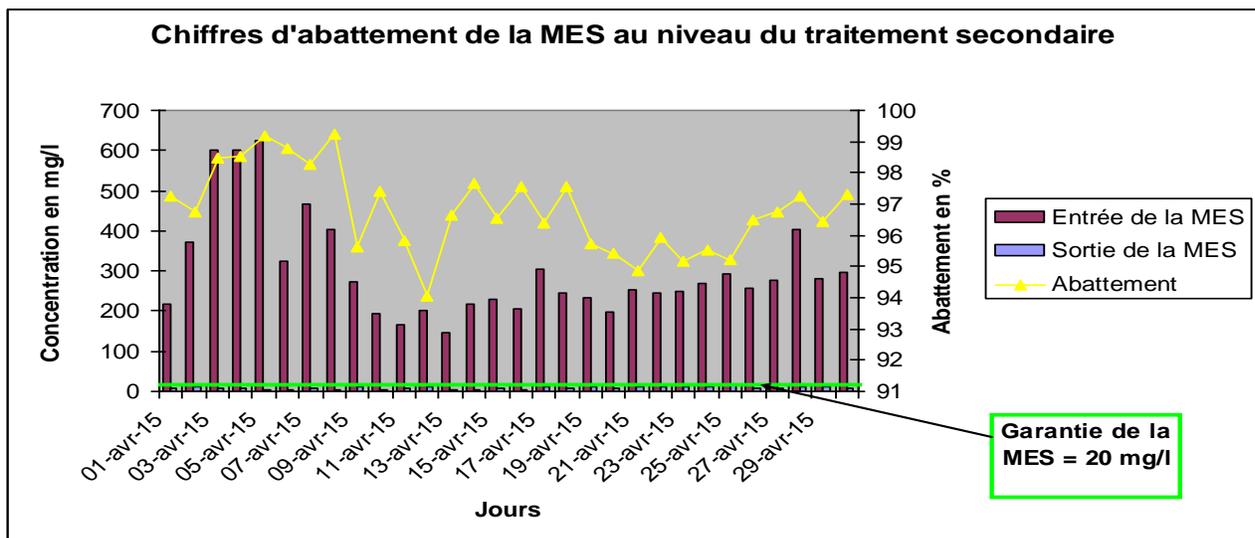


Figure 22 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de MES au mois d'Avril 2015

Commentaire : La MES présente des valeurs très satisfaisantes par rapport à l'objectif de la station, la garantie (20 mg /l) n'est pas dépassée.

b) Suivi de la concentration de PT :

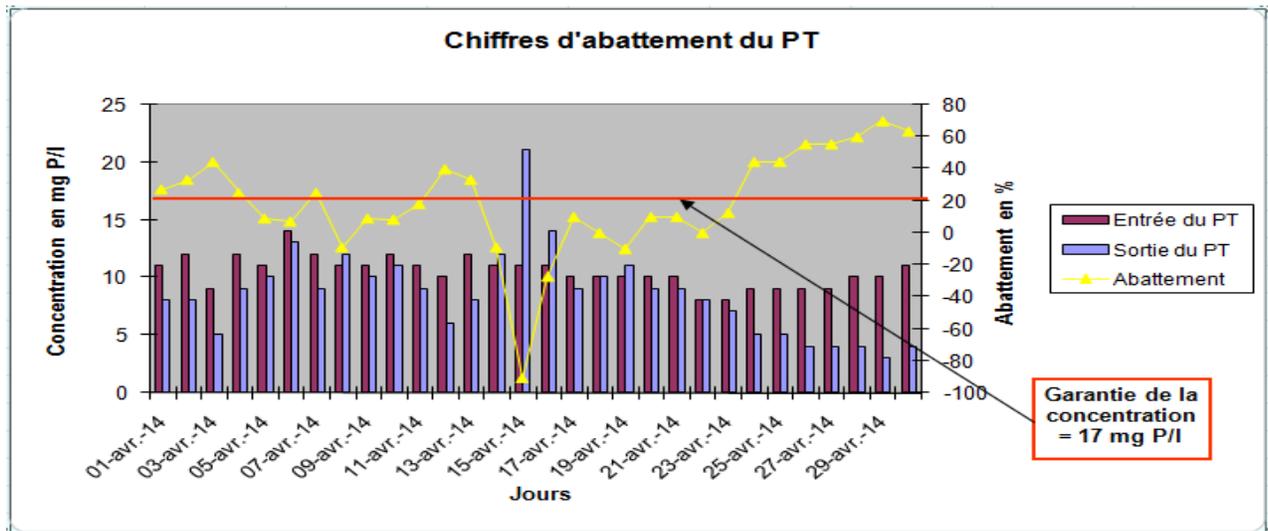


Figure 23 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT au mois d'Avril 2014

Commentaire : Les valeurs obtenues de PT sont très satisfaisantes au cours du mois sauf pour le 16ème jour qui dépasse la norme avec 4 mg P/l.

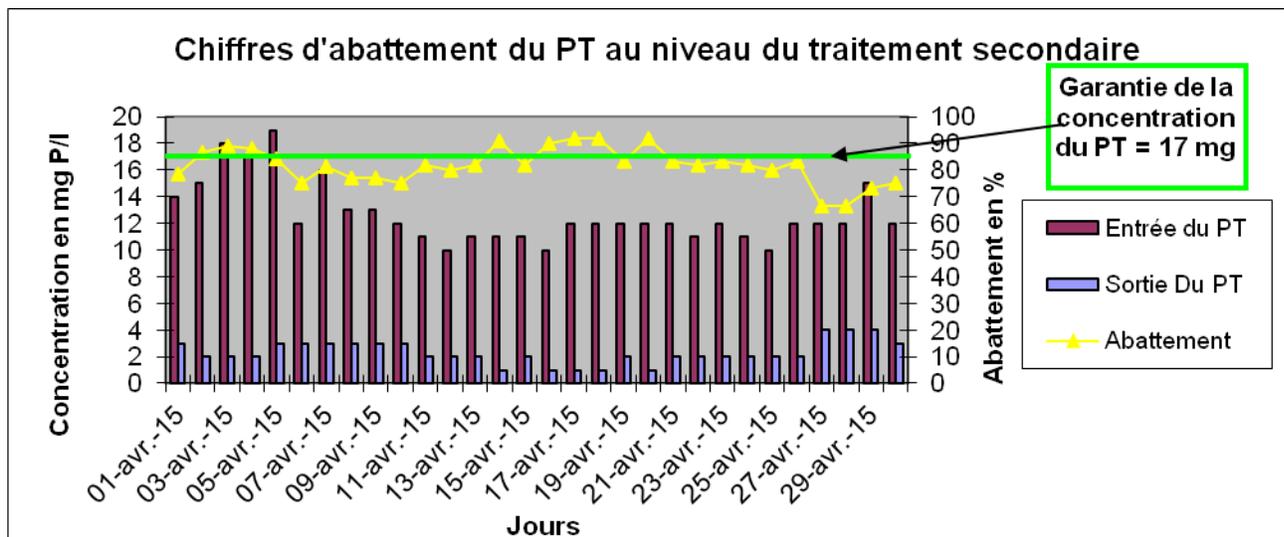


Figure 24 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT au mois d'Avril 2015

Commentaire : La garantie est de 17 mg P/l, les résultats paraissent très satisfaisants puisque tous les jours ont représenté une concentration qui ne dépasse même pas 6 mg P/l.

c) *Suivi de la concentration de la NTK :*

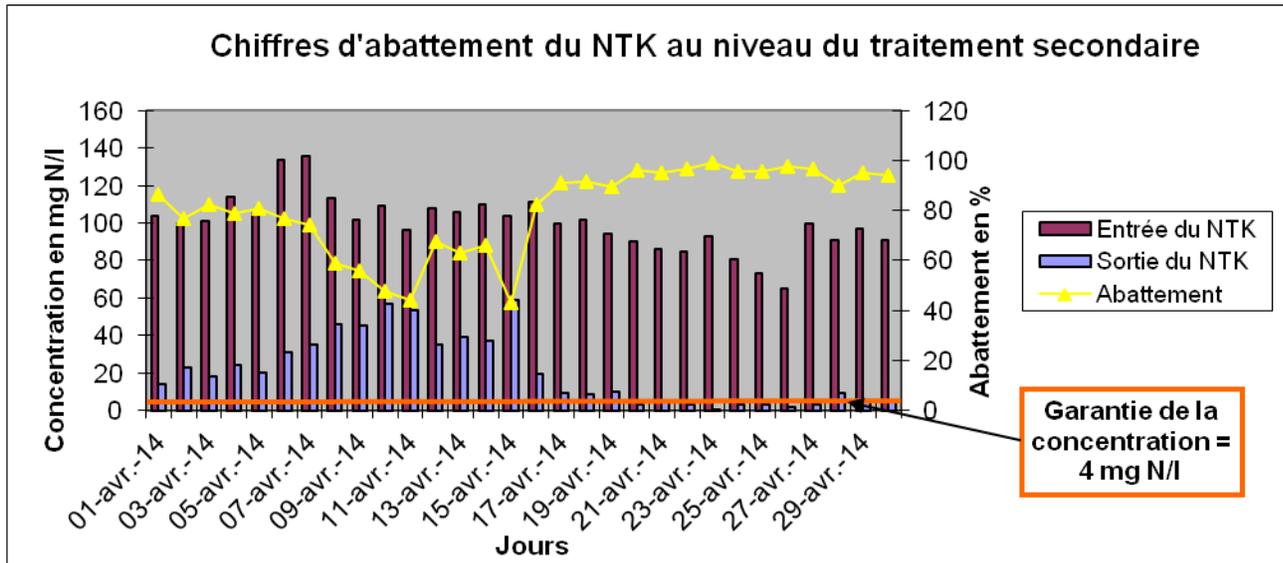


Figure 25 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d'Avril 2014

Commentaire : Le graphe du mois d'avril 2014 représente les variations des concentrations du paramètre NTK, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie ne sont pas conformes aux normes (4 mg N/l), sauf pour les jours : 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30 et particulièrement pour le 15ème jour, avec un taux de dépassement de 55 mg N/l.

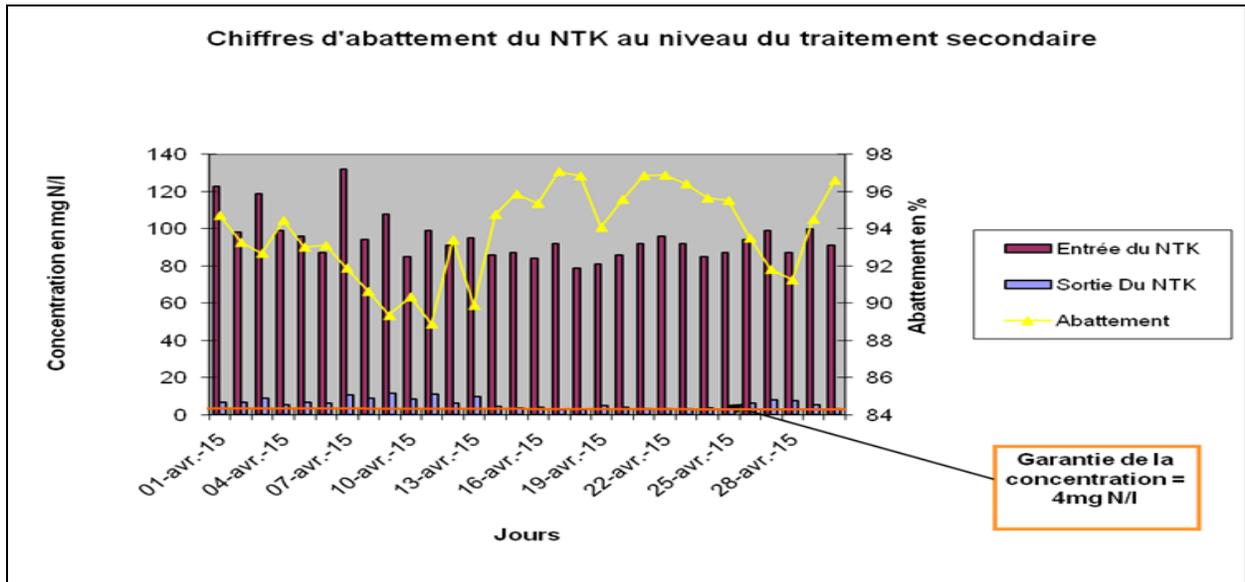


Figure 26 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d'Avril 2015

Commentaire : A part les huit jours : 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14 et 28 du mois d'Avril qui présentent un dépassement très léger qui est arrivé à 7.5 mg N/l pour le 9ème jour, les autres respectent la norme (4mgN/l).

d) Suivi de la concentration de la DBO5 :

Les deux figures ci-dessous représentent les charges et rendements du traitement secondaire en termes de DCO en 2014 et 2015.

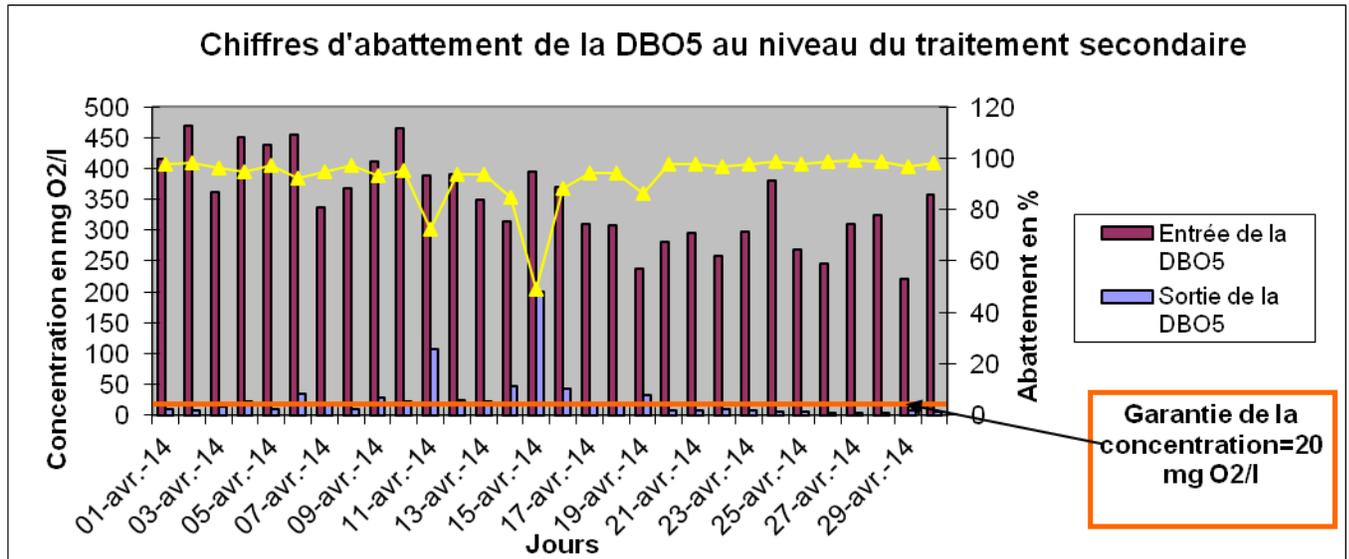


Figure 27 : Concentrations et abatements du traitement secondaire en termes de DBO5 au mois d'Avril 2014

Commentaire : Le graphe du mois d'avril 2014 représente les variations des concentrations du paramètre DBO5, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes (20 mg O₂/l), sauf pour les jours : 6, 9, 11, 14, 15, 16 et 19, et particulièrement pour le 15^{ème} jour, avec un taux de dépassement de 181 mg O₂/l.

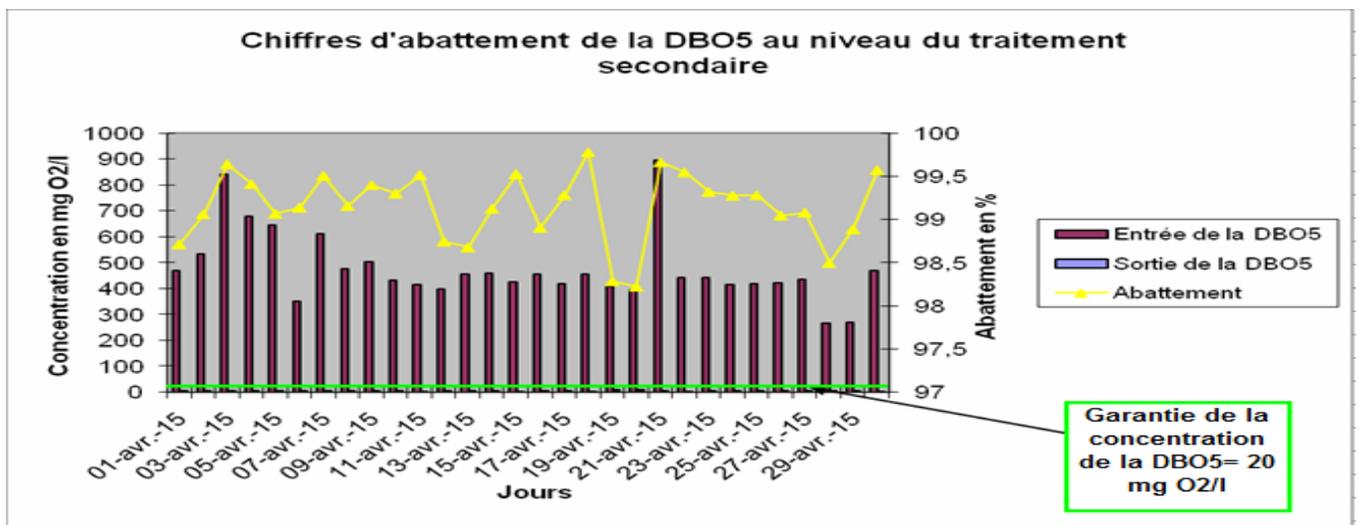


Figure 28 : Concentrations et abatements du traitement secondaire en termes de DBO5 au mois d'Avril 2015

Commentaire : La DBO5 aussi ne présente pas de problèmes puisque la garantie (20mgO₂/l) est restée respectée.

e) *Suivi de la concentration de la DCO :*

Les figures représentent les charges et rendements du traitement secondaire en termes de DCO en 2014 et 2015.

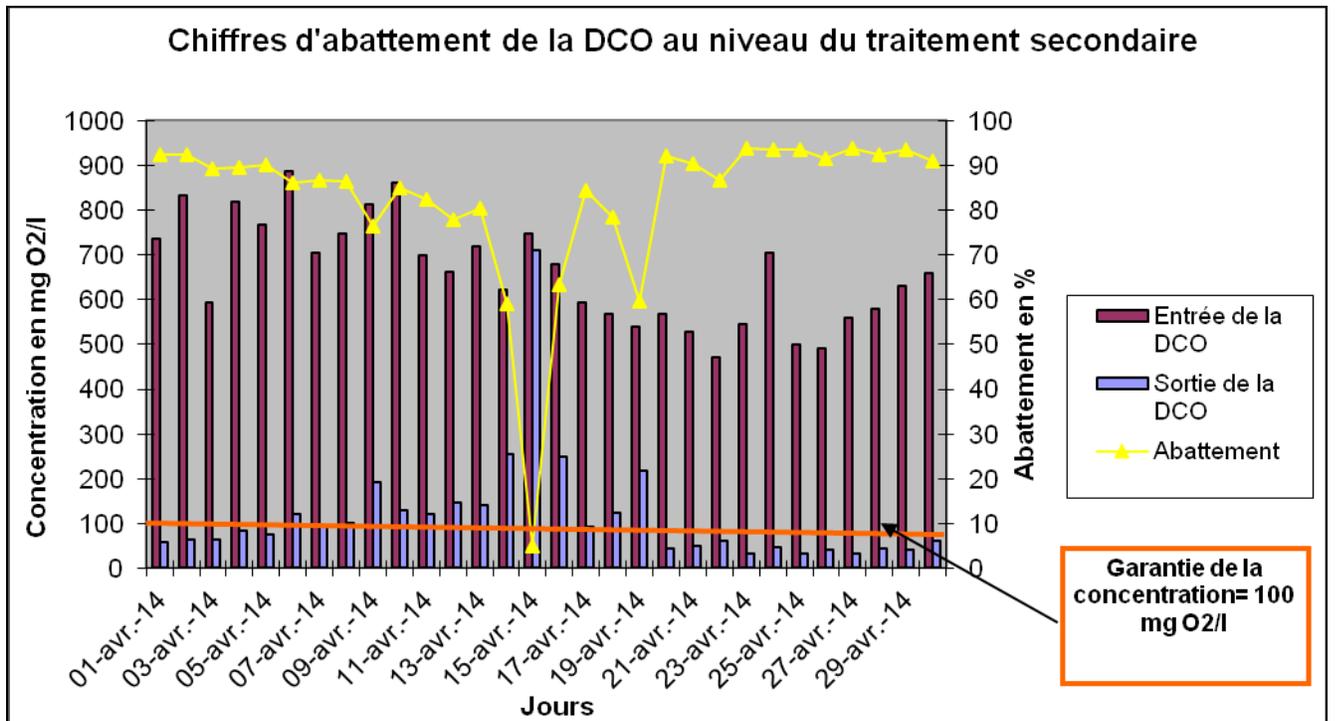


Figure 29 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de DCO au mois d’avril 2014

Commentaire: Le graphe du mois d’avril 2014 représente les variations des concentrations du paramètre DCO, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour les jours : 8, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, et particulièrement pour le 15^{ème} jour, avec un taux de dépassement de 610 mg O₂/l.

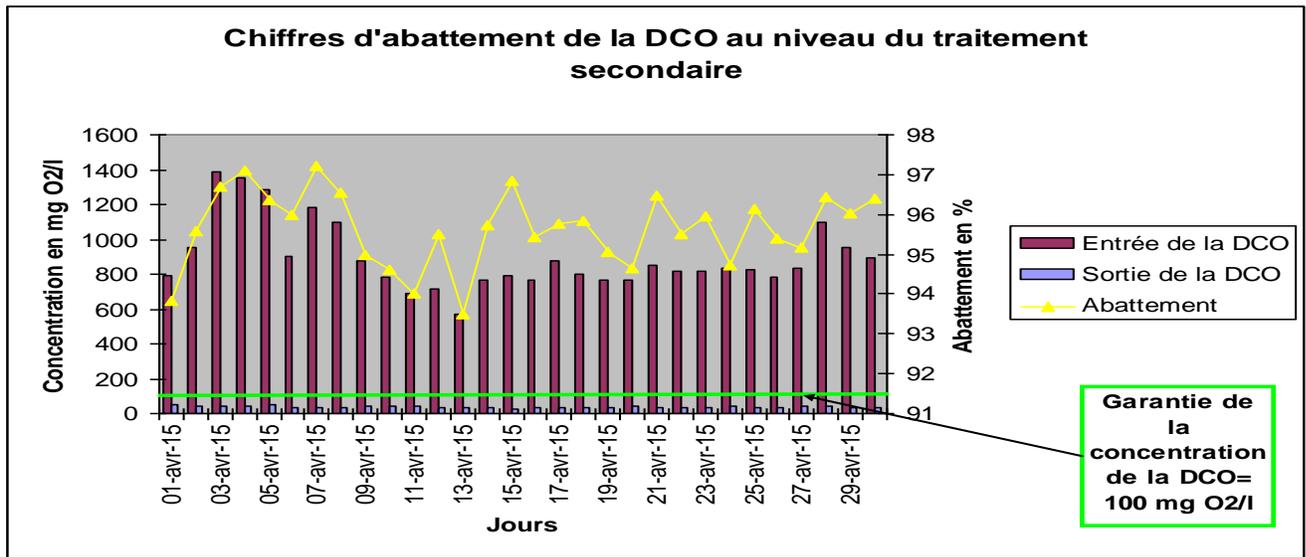


Figure 30 : Concentrations et abattement du traitement secondaire en termes de DCO au mois d'Avril 2015

Commentaire : La DCO de la sortie du traitement secondaire ne dépasse pas 100 mg O₂/l (la norme).

f) *Suivi de la concentration de la NGL :*

La figure représente les charges et rendements du traitement secondaire en termes du NGL en 2014 et 2015.

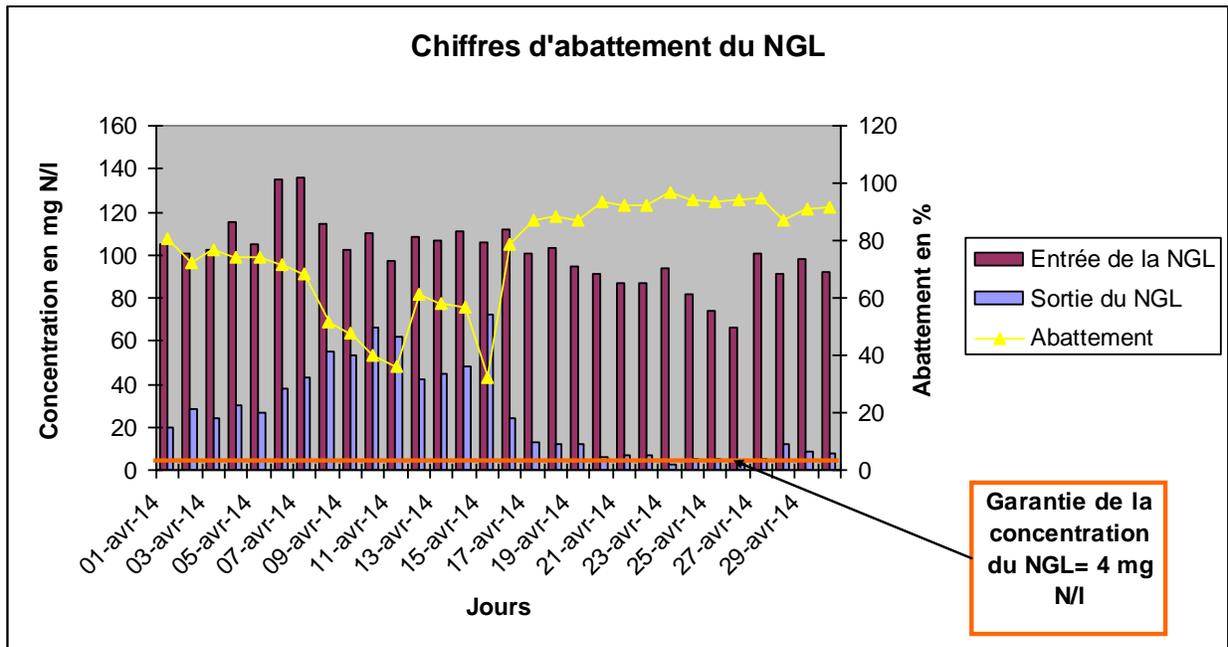


Figure 31 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK au mois d'Avril 2014

Commentaire : Le graphe du mois d'avril 2014 représente les variations des concentrations du paramètre NGL, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie ne sont pas conformes aux normes (4 mg N/l), sauf pour les jours : 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, et le 15^{ème} jour dépasse la norme avec un taux de dépassement de 68 mg N/l.

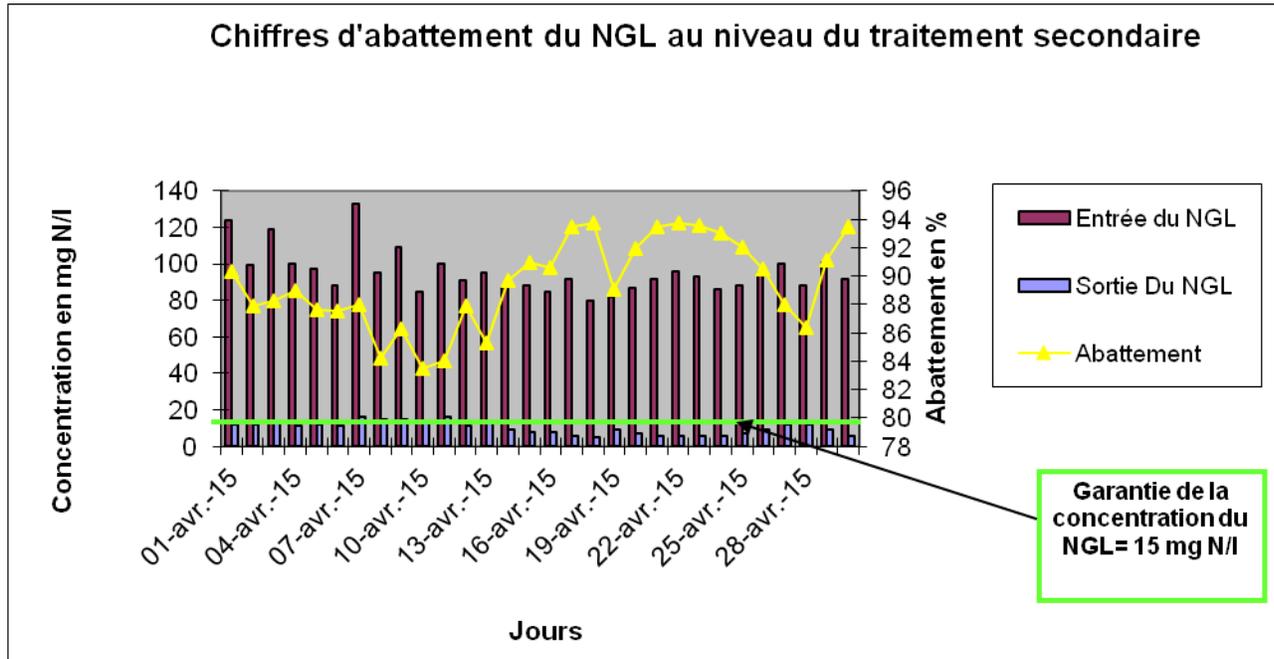


Figure 32 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NGL au mois d'Avril 2015

Commentaire : Avec une garantie de la concentration du NGL de 15 mg N/l, le graphe représente de bonnes valeurs.

⇒ **Interprétations :**

Jours	Causes	Valeurs nominales entrée	Valeurs entrantes	Ecart
Le 15 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	- Sulfures = 1.36 mg/l - Cu = 2.81 mg/l	- Sulfures = 0.36 mg/l - Cu = 0.81 mg/l

➤ La demande biochimique en oxygène DBO5 :

La figure représente l'évolution de l'abattement de la DBO5 pendant le mois d'Avril 2014, qui connaît une légère variation durant les deux jours suivants :

Tableau 7 : Les valeurs de la DCO du 11ème jour d'Avril 2014.

Jours	Causes	Valeurs nominales entrée	Valeurs réelles entrantes	Ecart
Le 11 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.36 mg/l - Cu = 2.81 mg/l	-Sulfures = 0.36 mg/l - Cu = 0.81 mg/l

➤ Les matières en suspension MES :

La figure représente l'évolution de l'abattement de MES pendant le mois d'Avril 2014, qui a connu une diminution beaucoup plus que la garantie prévue, surtout durant les jours suivants :

Tableau 8 : l'évolution de l'abattement de MES pendant le mois d'Avril 2014

Jours	Causes	Valeurs nominales entrée	Valeurs réelles entrantes	Ecart
Le 14 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.10 mg/l - Cu = 2.74 mg/l	-Sulfures = 0.10 mg/l - Cu = 0.74 mg/l
Le 16 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.99 mg/l - Cu = 2.86 mg/l	-Sulfures = 0.99 mg/l - Cu = 0.86 mg/l
Le 19 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.13 mg/l - Cu = 2.70 mg/l	-Sulfures = 0.13 mg/l - Cu = 0.70 mg/l

➤ L'azote global NGL et l'azote Kjeldhal NTK :

Les figures représentent l'abattement de NGL et NTK pendant le mois d'Avril 2014, les deux abattements ont connu quelques variations durant ces mêmes jours :

Tableau 9 : l'abattement de NGL et NTK pendant le mois d'Avril 2014

Jours	Causes	Valeurs nominales entrée	Valeurs réelles entrant	Ecart
Le 8 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.98 mg/l - Cu = 3.04 mg/l	-Sulfures = 0.98 mg/l - Cu = 1.04 mg/l
Le 9 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.77 mg/l - Cu = 3 mg/l	-Sulfures = 0.77 mg/l - Cu = 1 mg/l
Le 10 ,7Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.65 mg/l - Cu = 3.12 mg/l	-Sulfures = 0.65 mg/l - Cu = 1.12 mg/l
Le 11 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.09 mg/l - Cu = 3.15 mg/l	-Sulfures = 0.09 mg/l - Cu = 1.015 mg/l
Le 13, 14 Avril	-Présence du Chrome VI.	- Chrome < 0.1 mg /l	-Chrome VI = 0.7 mg/l (le 13 Avril) -Chrome VI= 1.2 mg/l (le 14 Avril).	
Le 15 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.36 mg/l - Cu = 2.81 mg/l	-Sulfures = 0.36 mg/l - Cu = 0.81 mg/l

➤ Le phosphore total PT :

La figure représente l'abattement du PT pendant le mois d'Avril, ceci a été marqué par un front abaissement durant les jours suivants :

Tableau 10 : l'abattement du PT pendant le mois d'Avril

Jours	Causes	Valeurs nominales entrée	Valeurs réelles entrantes	Ecart
Le 15 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.36 mg/l - Cu = 2.81 mg/l	-Sulfures = 0.36 mg/l - Cu = 0.81 mg/l
Le 16 Avril	-Présence des sulfures et du Cu qui dépassent les normes nominales.	- Sulfures < 1 mg/l - Cu < 2 mg/l	-Sulfures = 1.99 mg/l - Cu = 2.86 mg/l	-Sulfures = 0.99 mg/l - Cu = 0.86 mg/l

Pour Avril 2015 :

L'azote est le seul élément qui dépasse légèrement la garantie donnée, ceci peut être dû au fait que l'azote n'a pas été assimilé par les algues.

Suivi des charges de polluants pour l'année 2014 :

a) *Suivi de la matière en suspension (MES) au niveau du traitement secondaire :*

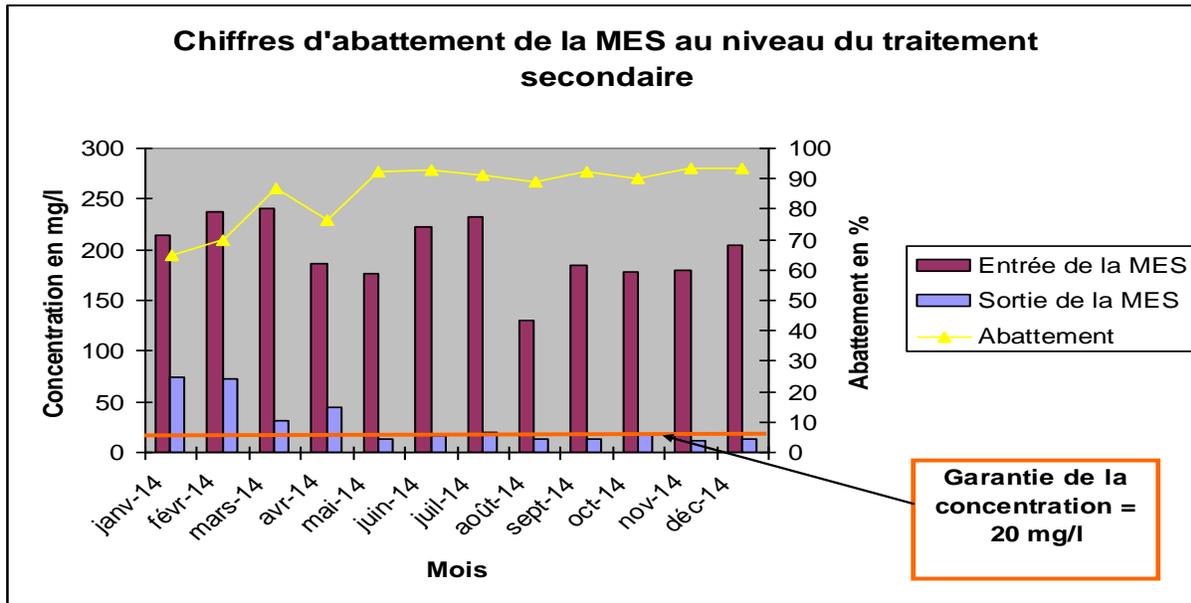


Figure 33 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de MES pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre MES, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour les mois : janvier, février, mars et avril.

b) *Suivi du phosphore total (PT) :*

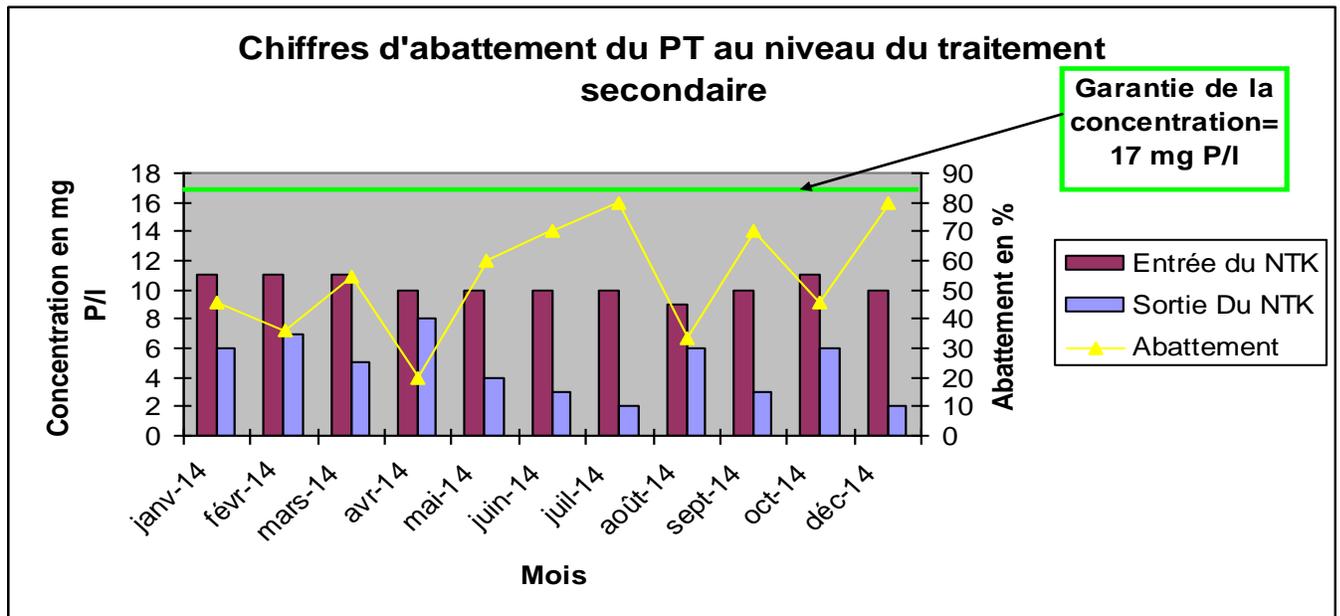


Figure 34 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de PT pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre PT, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes.

c) Suivi de l'azote total au niveau du traitement secondaire durant l'année 2014 :

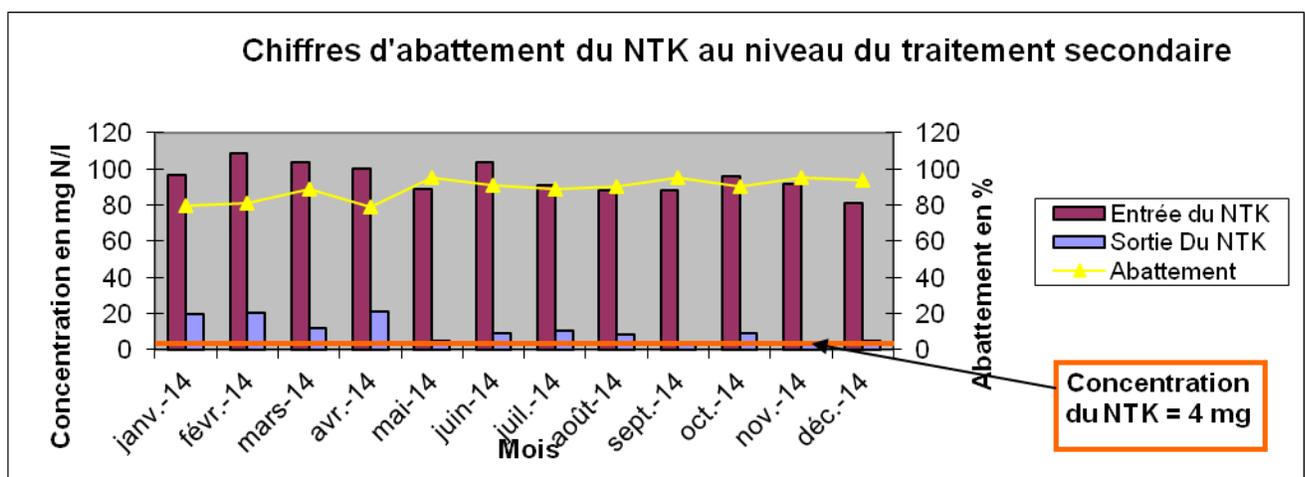


Figure 35 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NTK pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre NTK, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour les mois de janvier, février, mars et avril.

d) Suivi de la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) au niveau du traitement secondaire :

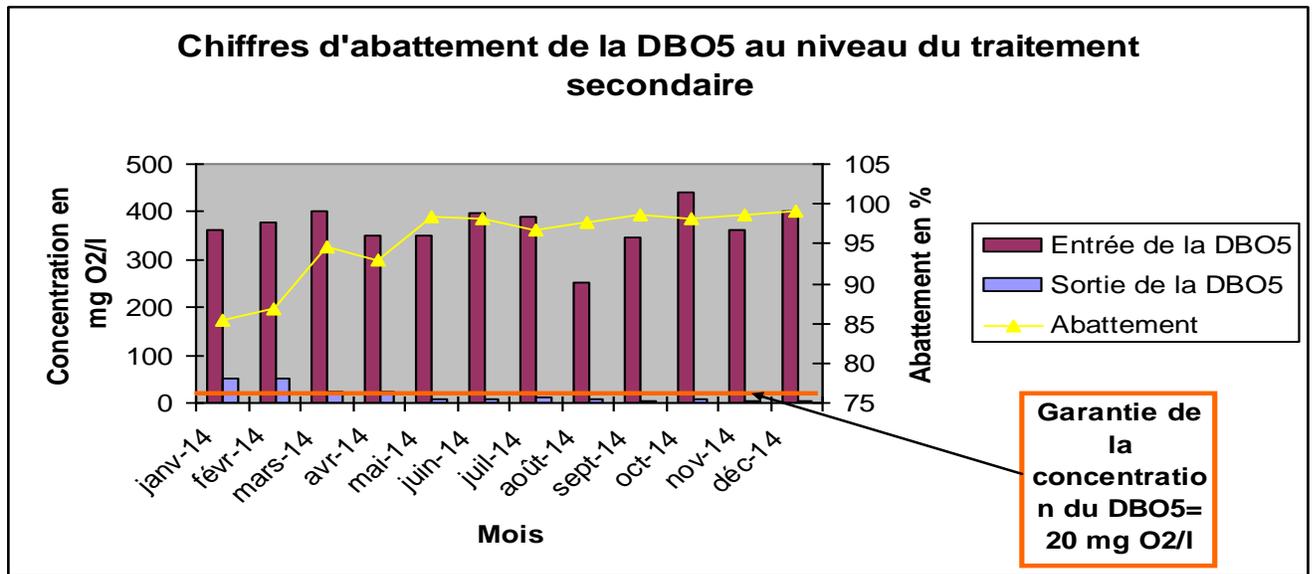


Figure 36 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de DBO5 pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre DBO5, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour janvier et février.

e) **Suivi de la demande en oxygène (DCO) au niveau du traitement secondaire :**

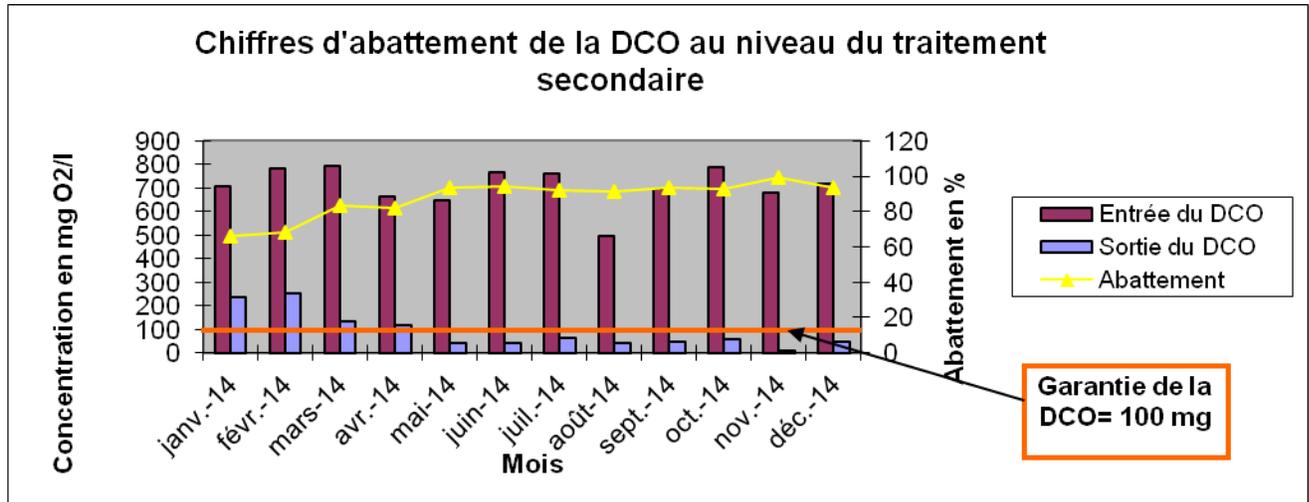


Figure 37 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de DCO pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre DCO, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour janvier, février, mars et avril.

f) **Suivi d'Azote globale (NGL) :**

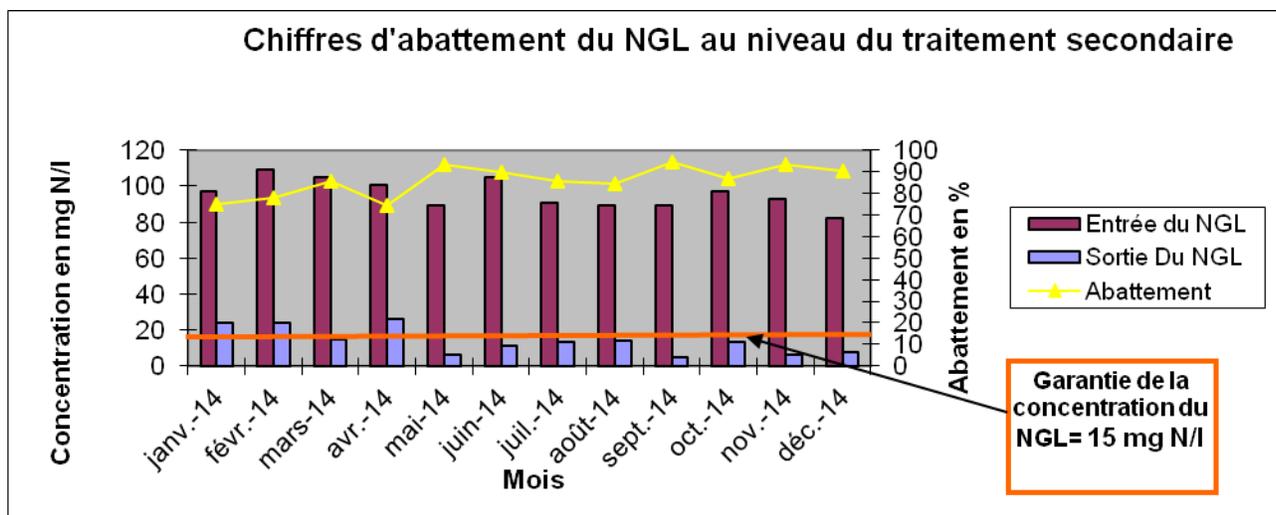


Figure 38 : Concentrations et abattements du traitement secondaire en termes de NGL pour l'année 2014

Commentaire: Le graphe de l'année 2014 représente les variations des concentrations du paramètre NGL, les surcharges en matières organiques et inorganiques à la sortie sont conformes aux normes, sauf pour janvier, février et avril.

VIII.3 Conclusion:

Les résultats des analyses des paramètres biologiques et physico-chimiques des eaux du traitement secondaire durant toute l'année 2014 ont montré que les performances de la STEP ont été globalement bonnes respectant ainsi les normes données, sauf pour certains jours.

Interprétation des résultats : Avril 2014

Du 08 au 20 Avril: By-pass partiel (limitation du débit) des eaux brutes pour le rétablissement de la nitrification-dénitrification au niveau des bassins biologiques suite à une intoxication reçue au niveau des eaux brutes.

21 Avril : By-pass total de la station suite à des pluies orageuses.

23 et 24 Avril: By-pass total suite au non disponibilité de la décharge RADEEMA + réception des hydrocarbures en grande quantité.

25 et 26 Avril : By-pass totale des eaux brutes suite à l'entrée des hydrocarbures en grande quantité.

26 Avril : By-pass partiel des eaux brutes suite à la réception d'un influent brut chargé en phénol et chrome VI.

30 Avril : By-pass total des eaux brutes suite à l'intervention de changement des cellules d'alimentation électrique de la STEP par les services de la RADEEMA.

Interprétation des résultats : Annuel 2014

Janvier :

*By-pass total des eaux brutes suite aux premières pluies dans la région aussi à la réception d'un influent brut très chargé en margines (phénols).

Février :

*By-pass total de la station suite à la réception d'un influent brut d'une coloration rouge (caractéristique des margines) très chargé en intestins et en sang.

Mars :

*By-pass partiel de la station suite à la réception d'un influent brut d'une coloration rouge (caractéristique des margines).

Avril : (Voir interprétations déjà citées).

Mai :

By-pass total des eaux brutes suite à l'entrée des hydrocarbures en grande quantité.

Juillet :

*By-pass total autorisé des eaux brutes suite à l'entrée d'un influent chargé en chrome VI avec une limitation du débit des eaux brutes à 4000 m³/h afin de permettre le rétablissement du bon fonctionnement du traitement secondaire.

Août :

*By-pass autorisé de la station : limitation du débit horaire des eaux brutes à 4000m³/h et montée en débit progressive afin de permettre le rétablissement du bon fonctionnement du traitement secondaire.

*By-pass total autorisé des eaux brutes suite aux premières pluies(orage).

Octobre :

*Prévention de la pollution liée à la fête de Aid el Adha : déchets résultants de l'égorgeement des moutons (sang, graisses, intestins...).

*Réception d'un influent brut chargé en chrome VI.

*Réception d'un influent brut chargé en phénols.

VIII.4 Les problématiques rencontrées au niveau des bassins biologiques :

Des éléments tels que l'azote (N) et le phosphore (P) constituent des éléments nutritifs (nutriments) indispensables aux végétaux. Les composés qui en contiennent comme les phosphates et les nitrates constituent dès lors des matières nutritives de choix pour les végétaux.

- ✓ **Substances eutrophisantes** : différentes formes d'azote et de phosphore (nutriments). Des concentrations de nitrates et de phosphates trop importantes induisent le phénomène d'eutrophisation (étouffement de la vie aquatique). Ces substances sont normalement générées par la minéralisation de la matière organique.
- ✓ **Métaux lourds** : Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple : la présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux :
 - ✓ Le chrome utilisé au niveau des tanneries pour la chloration du cuivre ;
 - ✓ Les Sulfures proviennent des rejets des produits cosmétiques, les algues, les rejets contenant les protéines ;
 - ✓ Le cuivre provenant du conducteur d'électricité et la chaleur d'alliages.

VIII.5 Recommandations :

Les effluents rejetés dans le réseau d'assainissement de Marrakech, contiennent des éléments chimiques qui perturbent le mécanisme réactionnel de traitement des eaux usées dans la STEP de Marrakech. Les polluants ne sont autres que les industriels. Il est important alors de tracer une stratégie et résoudre le problème en suivant ceci :

- Les industries doivent respecter l'application des réglementations mises en œuvre dans les textes de la loi 10-95 avant tout rejet.
- Des taxes et des impositions doivent être appliquées, pour les industries qui ne respectent pas les lois c'est ce qu'on appelle la loi (Pollueur/Payeur).
- Il vaut mieux repenser à construire des petites unités de pré-traitement spécifique de ces eaux dans les industries, pour diminuer les concentrations de ces substances chimiques, avant de les rejeter dans les réseaux d'assainissement.

Limiter le débit pendant les heures de pointes dans la STEP, afin de mener un bon traitement des éléments azotés et augmenter l'efficacité d'abattement des matières polluantes.

Ainsi, il faut adapter l'oxygénation dans les bassins biologiques pour favoriser la multiplication et le développement des microorganismes, responsables de dégrader les matières organiques, stabiliser les boues et dégager le (CO₂, O₂, N₂) entre les particules.

La chloration aussi est une méthode efficace pour faire face aux situations de crise dans les stations d'épuration, le chlore permet de détruire les organismes filamenteux, gênant une bonne décantation des boues.

Le moussage peut être éliminé par l'ajout d'additifs chimiques par précipitation des colloïdes. (Procédé très coûteux par rapport aux charges immenses de la STEP)

L'extraction des métaux peut être une méthode efficace pour augmenter l'abattement des polluants par précipitation, le cas pour le cuivre par exemple, il convient de le concentrer avant de commencer à sa récupération, en procédant à l'augmentation du PH, par décarbonatation en ajoutant de l'eau de chaux, suivie d'une floculation et d'une filtration à sable, ou par filtration sur charbon actif en grains.

L'élimination des sulfures d'hydrogène

peut se faire par ajout de dioxyde de chlore qui permet de tuer les bactéries sulfato-réductrices, qui se développent dans les milieux pauvres en oxygène, ou aussi par ajout des sels de fer dans les effluents qui réagissent avec les sulfures d'hydrogènes pour former un précipité insoluble.

L

'élimination du chrome :

Il est important de connaître que les boues ne peuvent pas être valorisées si le chrome dépasse la valeur limite réglementaire. Dans un souci économique, l'extraction de chrome au niveau des réseaux de tannerie ou en amont de station sera moins coûteux, ainsi l'extraction en phase liquide est facile que dans la boue. Parmi les techniques proposées pour l'extraction de chrome :

a)

Réduction du Cr (VI) en Cr (III) :

C'est une réaction qui fait transformer Cr (VI) qui est très toxique et très soluble en Cr (III) qui est peu toxique et très peu soluble en faisant appel à un réactif de précipitation selon la réaction :



VIII. CONCLUSION GÉNÉRALE:

Les attentes en matière de respect de l'environnement et du cadre de vie sont aujourd'hui exprimées de plus en plus nettement par tous les secteurs économiques et sociaux. Cette prise de conscience se traduit plus particulièrement par un souci constant de réduction des impacts de l'Homme interagissant avec son environnement et entraînant des impacts positifs et négatifs.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet d'assainissement initié par la RADEEMA répondant par plusieurs aspects à la problématique environnementale posée par l'eau et l'assainissement.

Le fonctionnement des bassins anaérobies est fortement influencé par la concentration des eaux usées brutes à l'entrée des stations. Les analyses effectuées ont montré la présence de plusieurs éléments indésirables dans ces eaux qui sont issus essentiellement des rejets industriels comme les tanneries qui perturbent les conditions favorables aux microorganismes, comme pour le mois d'avril 2014 qui présente des valeurs supérieures aux normes ce qui engendre un dysfonctionnement au niveau de ces bassins.

La qualité des eaux est donc un facteur qui a une influence très significative sur la réaction des micro-organismes, mais surtout sur la qualité des processus d'élimination des matières polluantes.

Le présent travail a mis donc le point sur les impacts négatifs et positifs que peut présenter une telle station au niveau du traitement secondaire spécifiquement dans les bassins biologiques.

Enfin, ce stage était une opportunité très importante, qui nous a permis de pratiquer nos acquis théoriques et d'acquérir d'autres compétences en milieu professionnel.

IX. BIBLIOGRAPHIE :

- BIBLIOGRAPHIQUES: BOUGRAA Youssef (2015) : Etude d'impact sur l'environnement des rejets de la STEP de Marrakech en phase d'exploitation, PFE, Faculté des Sciences Semlalia-MARRAKECH, 78 pages.
- KARAFI Kaoutar & MOUSTAOUI Farida (2012) : Les boues résiduares de la station d'épuration de Marrakech : Caractéristiques et impacts environnementaux, PFE, Faculté des Sciences et Techniques-MARRAKECH, 69 pages.
- MANUEL PROCESSUS ET OPERATION, RADEEMA, (RAPPORT INTERNE) (2010).
- Rajaa ROCHD (2014) : Contribution à l'optimisation du fonctionnement de la station de traitement et de réutilisation des eaux usées de Marrakech, PFE, FST-MOHAMMEDIA, 113 pages.
- SAMILI Zineb (2013) : Problèmes de stockage des eaux usées traitées au niveau tertiaire dans bassins de stockage. PFE, FST-MARRAKECH, 55 pages.
- ZEROUALI BOUKHAL Nada (2014) : Importance des bassins biologiques, PFE, Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique-RABAT, 44 pages.

Webographie :

- (<http://www.irstea.fr/lespace-jeunesse/approfondir/lepuration-des-eaux-usees-les-avancees/les-stations/depuration-boues>).
- <http://www.radeema.ma/>

X. ANNEXES:

Date	Entrée traitement secondaire= eau décantée							Sortie traitement secondaire = eau clarifiée							
	DCO mg O2/l	DBO5 mg O2/l	DCO/DB O5	MES mg /l	NTK mg N/l	NGL mg N/l	PT mg P/l	Débit m3/j	DCO mg O2/l	DBO5 mgO2/l	DCO/DB O5	MES mg/l	NTK mg N/l	NGL mg N/l	PT mg P/l
Garantie									<100	<20		<20	<4		<17
Exigence									<125	<30		<30	<5		<20
01-avr-14	737	416	1,8	196	104	105	11	115175	57	9	6,4	15	14,2	20	8
02-avr-14	834	470	1,8	264	100	101	12	121642	64	8	7,7	22	23,2	28	8
03-avr-14	593	361	1,6	168	101	102	9	120342	64	14	4,6	18	18	24	5
04-avr-14	820	451	1,8	304	114	115	12	122231	85	23	3,7	37	24,1	30	9
05-avr-14	766	438	1,7	244	105	105	11	130505	76	11	6,9	35	19,9	27	10
06-avr-14	886	455	1,9	296	134	135	14	112379	122	35	3,5	47	31,3	38	13
07-avr-14	704	337	2,1	188	136	136	12	115553	93	17	5,5	37	35	43	9
08-avr-14	748	367	2	208	113	114	11	112163	102	11	9,3	42	46,1	55	12
09-avr-14	812	411	2	212	102	102	11	115805	192	28	6,9	43	45,2	53	10
10-avr-14	860	465	1,8	244	109	110	12	115959	130	22	5,9	66	56,9	66	11
11-avr-14	700	389	1,8	192	96	97	11	88636	122	107	1,1	57	53,5	62	9
12-avr-14	662	391	1,7	180	108	108	10	91828	146	24	6,1	56	35,2	42	6
13-avr-14	720	350	2,1	150	106	107	12	70405	140	22	6,4	46	39,2	45	8
14-avr-14	622	314	2	174	110	111	11	71935	255	48	5,3	147	37,5	48	12
15-avr-14	748	394	1,9	186	104	106	11	76503	710	201	3,5	65	59,1	72	21
16-avr-14	678	370	1,8	212	111	112	11	81934	248	44	5,6	150	19,5	24	14
17-avr-14	593	309	1,9	150	100	101	10	71425	93	17	5,5	57	9,1	13	9
18-avr-14	568	308	1,8	150	102	103	10	63233	123	18	6,8	65	8,8	12	10
19-avr-14	541	238	2,3	142	94	95	10	65041	218	32	6,8	104	9,8	12	11

20-avr-14	568	281	2	212	90	91	10	63377	44	7	6,5	21	3,3	6	9
21-avr-14	528	295	1,8	158	86	87	10	50845	51	7	7	26	4,3	7	9
22-avr-14	470	258	1,8	128	85	87	8	87875	62	9	7,1	49	3	7	8
23-avr-14	545	298	1,8	166	93	94	8	95148	33	7	4,8	20	0,5	3	7
24-avr-14	704	380	1,9	216	81	82	9	44951	46	5	8,8	18	3,3	5	5
25-avr-14	501	269	1,9	124	73	74	9	77965	33	6	5,3	18	3	5	5
26-avr-14	490	246	2	122	65	66	9	103988	41	3	15,6	18	1,6	4	4
27-avr-14	559	310	1,8	120	100	101	9	119448	34	3	9,9	13	3,1	5	4
28-avr-14	580	324	1,8	174	91	91	10	117561	44	4	10,5	15	9,2	12	4
29-avr-14	632	222	2,8	168	97	98	10	113470	41	7	5,6	15	4,8	9	3
30-avr-14	659	358	1,8	164	91	92	11	92362	60	6	9,6	14	5,1	8	4
MOY	661	349	1,9	187	100	101	10	94323	118	25	6,6	44	20,9	26	8
MAX	886	470	2,8	304	136	136	14	130505	710	201	15,6	150	59,1	72	21
MIN	470	222	1,6	120	65	66	8	44951	33	3	1,1	13	0,5	3	3
Dev (±)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tableau 11 : les concentrations des différents paramètres au niveau du traitement secondaire au mois d'Avril 2015

Date	Entrée traitement secondaire = eau décantée							Sortie traitement secondaire = eau clarifiée							
	DCO	DBO5	DCO/DBO5	MES	NGL	NTK	PT	Débit	DCO	DBO5	DCO/DBO5	MES	NTK	NGL	PT
	mgO2 /l	mg O2/l		mg/l	mg N/l	mg N /l	mg P/l	m3/j	mg O2/ l	mg O2/l		mg/l	mg N/l	mg N /l	mg P/l
Garantie									<100	<20		<20	<4	< 15	<17
Exigence									<125	<30		<30	<5	< 20	<20
01-avr-15	792	468	1,7	218	124	123	14	105667	49	6	8,5	6	6,5	12	3
02-avr-15	954	535	1,8	370	99	98	15	106467	42	5	8,3	12	6,6	12	2
03-avr-15	1386	840	1,7	600	119	119	18	107907	46	3	13,4	9	8,7	14	2
04-avr-15	1355	680	2	602	100	99	17	121906	39	4	9,4	9	5,5	11	2
05-avr-15	1286	646	2	626	97	96	19	100247	47	6	7,4	5	6,7	12	3
06-avr-15	900	350	2,6	324	88	87	12	102138	36	3	11	4	6	11	3
07-avr-15	1187	612	1,9	466	133	132	16	103782	33	3	10,5	8	10,7	16	3
08-avr-15	1095	476	2,3	402	95	94	13	99882	38	4	10,9	3	8,8	15	3
09-avr-15	876	502	1,7	274	109	108	13	104018	44	3	14,7	12	11,5	15	3
10-avr-15	781	431	1,8	192	85	85	12	102545	42	3	13	5	8,2	14	3
11-avr-15	687	414	1,7	168	100	99	11	118851	41	2	16,9	7	11	16	2
12-avr-15	712	400	1,8	202	91	91	10	105757	32	5	6,4	12	6	11	2
13-avr-15	569	455	1,3	148	95	95	11	103254	37	6	6,2	5	9,6	14	2
14-avr-15	770	459	1,7	216	87	86	11	95229	33	4	8,2	5	4,5	9	1
15-avr-15	790	425	1,9	230	88	87	11	99126	25	2	14,7	8	3,6	8	2
16-avr-15	769	457	7,1	206	85	84	10	113163	35	5	6,7	5	3,9	8	1
17-avr-15	873	420	2	304	92	92	12	103705	37	3	12,6	11	2,7	6	1
18-avr-15	796	457	1,7	246	80	79	12	121375	33	1	23,6	6	2,5	5	1
19-avr-15	767	410	1,9	234	82	81	12	95644	38	7	5,5	10	4,8	9	2
20-avr-15	765	395	1,9	196	87	86	12	101713	41	7	5,9	9	3,8	7	1
21-avr-15	850	894	1	254	92	92	12	102067	30	3	11,6	13	2,9	6	2

22-avr-15	820	443	1,9	246	96	96	11	102487	37	2	18,3	10	3	6	2
23-avr-15	816	443	1,8	248	93	92	12	105665	33	3	10,4	12	3,3	6	2
24-avr-15	831	416	2	268	86	85	11	99383	44	3	13,8	12	3,7	6	2
25-avr-15	829	420	2	292	88	87	10	118209	32	3	9,4	14	3,9	7	2
26-avr-15	781	421	1,9	256	95	94	12	106636	36	4	10,1	9	6,1	9	2
27-avr-15	830	437	1,9	278	100	99	12	103502	40	4	10,2	9	8,1	12	4
28-avr-15	1097	267	4,1	402	88	87	12	93296	39	4	9,7	11	7,6	12	4
29-avr-15	955	271	3,5	280	101	100	15	81677	38	3	14,2	10	5,5	9	4
30-avr-15	891	470	1,9	296	92	91	12	118432	32	2	15,4	8	3,1	6	3
MOY	892	477	2	301	96	95	13	104791	38	4	11,2	9	6	10	2
MAX	1386	894	4,1	626	133	132	19	121906	49	7	23,6	14	11,5	16	4
MIN	569	267	1	148	80	79	10	81677	25	1	5,5	3	2,5	5	1
Dev (±)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Approche juridique et législative sur les rejets des eaux usées et leurs utilisations

Loi Marocaine 10-95

Cette loi prévoit des dispositions légales et réglementaires pour la gestion intégrée des ressources en eaux.

Arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, du ministre de l'industrie, du commerce et des nouvelles technologies et du ministre de l'artisanat n° 2942-13 fixant les valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles ou souterraines. (B.O. n° 6202 du 7 novembre 2013).

Le présent arrêté modifie les valeurs limites générales des rejets visées à l'article 12 du décret susvisé n° 2-04-553, et s'applique à tout déversement non soumis à des valeurs limites spécifiques de rejet. Il est publié au Bulletin officiel en 2013 et va entrer en vigueur le 1er janvier 2018.

Arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, du ministre de l'industrie, du commerce et des nouvelles technologies et du ministre de l'artisanat n° 2943-13 fixant les rendements des dispositifs d'épuration des eaux usées. (B.O. n° 6202 du 7 novembre 2013).

Cet arrêté est publié au bulletin officiel et applicable depuis 2013. Il fixe les rendements des dispositifs d'épuration des eaux usées visés à l'article 20 du décret susvisé n° 2-04-553 fixés au tableau.

**Décret n° 2-04-553 DU 24 janvier 2005 relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects
dans les eaux superficielles ou souterraines.**

Article 11 – On entend, au sens du présent décret, par valeur limite de rejet, la valeur limite d'un paramètre indicateur de la pollution, qui ne doit pas être dépassée dans le sens de la détérioration de la qualité de l'eau, pour un déversement tel que défini par l'article premier ci-dessus.

Article 12 – Les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques de tout déversement doivent être conformes aux valeurs limites de rejet fixées par arrêtés conjoints des autorités gouvernementales chargées de l'Intérieur, de l'Eau, de l'Environnement, de l'Industrie et de toute autre autorité gouvernementale concernée. Ces arrêtés fixent également les échéanciers dans lesquels les déversements doivent se conformer aux dites valeurs qui peuvent être générales ou spécifiques pour certaines activités.

Article 13 – Les valeurs limites de rejet visées à l'article 11 ci-dessus sont révisées dans les formes et conditions de leur fixation, tous les dix (10) ans ou chaque fois que la protection de la qualité de l'eau ou l'évolution des technologies l'exigent.

Article 20 – Les rendements des dispositifs d'épuration visés à l'article 15 et à l'article 16 ci-dessus, sont définis comme étant les pourcentages d'abattement de la quantité de pollution véhiculée par les eaux usées, après traitement par lesdits dispositifs. En l'absence de mesures, les rendements des dispositifs d'épuration à appliquer conformément à l'article 15 et à l'article 16, sont ceux

fixés par arrêté conjoint des autorités gouvernementales chargées de l'intérieur, de l'eau, de l'environnement, de l'industrie, de l'artisanat et des mines.

Valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements d'eaux usées des agglomérations urbaines		Valeurs limites spécifiques de rejet domestique applicables aux déversements existants d'eaux usées des agglomérations urbaines pendant la 7eme, 8eme, 9eme, 10eme, année à partir de la publication du présent arrêté	
Paramètres	Valeurs limites	Paramètres	Valeurs limites
DBO5 mg O2/l	120	DBO5 mg O2/l	300
DCO mg O2/l	250	DCO mg O2/l	600
MES mg /l	150	MES mg /l	250



Figure 39 : Entourage de la STEP Marrakech



Figure 40 : Tannerie à Marrakech



Importance des bassins biologiques à boues actives sur la production des eaux usées traitées
