

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

LICENCE EN SCIENCES ET TECHNIQUES

Eau et Environnement

Intitulé :

**EPURATION DES EAUX USEES A MARRAKECH,
LES MESURES D'UTILISATION ET L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

Réalisé par :

**EL FARISY NOUHAILA
CHOUKRI HANAA
EL BARBOUCHI MANAL**

Encadré par :

**Mr. MOHAMED ERRAGRAGUI: FST Marrakech
Mr. BISSI YASSINE: STEP Marrakech.
Mr. ABBID ABDESSATAR : Service exploitation d'eau**

Soutenu le : 19 juin 2023

Devant le jury composé de :

**Pr. MOHAMED ERRAGRAGUI: FSTG
Pr. MOHAMED EL MEHDI SAIDI: FSTG**

Année universitaire 2022/2023

DEDICACE

On dédie ce travail à :

Nos chers parents qui ont veillé avec sérénité et persévérance sur nos études depuis le primaire jusqu'à nos études supérieures. On les remercie infiniment et on leur souhaite longue vie et avenir prospère.

A mes sœurs et frères, mes compagnons depuis notre enfance. Votre soutien inconditionnel et vos encouragements ont été primordiaux tout au long de notre vie y compris pendant notre stage.

A tous nos amis de l'enfance et d'aujourd'hui, on vous adore, on ne vous oublierait jamais même si la vie a fait que nous sommes séparés.

REMERCIEMENT

Nous tenons à vous exprimer notre sincère gratitude à la direction de la RADEEMA pour l'opportunité qui nous a été donnée d'effectuer notre stage au sein de votre régie. Nous sommes très reconnaissantes de la confiance que vous nous avez accordée et de l'encadrement précieux que nous avons reçu tout au long de cette fameuse expérience.

Nous souhaitons également remercier spécialement **Mr. BISSI YASSINE**, **Mr. ABDELOUAHED DRIOUCH**, **Mr ABDESSATAR ABBID** et **Mr. SALAHDDIN BENKADDOUR** pour leur temps et leur disponibilité, suivi et leurs efforts consacrés à l'examen approfondi de notre rapport de stage. Vos commentaires et suggestions constructives ont été extrêmement précieux pour nous. Grâce à votre expertise et à votre orientation, nous avons pu approfondir nos connaissances dans le domaine et améliorer nos compétences professionnelles.

Nous tenons à remercier également notre professeur encadrant **Mr. ERRAGRAGUI MOHAMED** qui sans lui ce travail ne verra pas le jour, on le remercie pour ses chers conseils et ses remarques pertinentes qui nous ont éclairé notre chemin pour l'élaboration de modeste projet.

Nos remerciements, ainsi que notre gratitude à l'équipe du laboratoire **WATERLEAU** pour leurs aides et leurs conseils qui nous ont permis de pratiquer nos connaissances théoriques et rendre ce stage une expérience inoubliable.

On espère que ce projet construira un premier pas vers l'élaboration d'autres projets qui vont contribuer au développement de la recherche scientifique.

RESUME

Notre projet de fin d'étude porte sur l'analyse de l'impact environnemental des interventions RADDEMA. Nous avons abordé deux aspects principaux de ce problème. Dans un premier temps, nous avons examiné l'impact de l'intervention RADDEMA sur les réseaux d'eau potable. Nous avons mené une étude d'impact environnemental à l'aide de méthodes statistiques pour évaluer l'impact des activités des autorités telles que l'entretien du réseau de canalisations et la gestion des réservoirs. Ces interventions comprennent la recherche et la réparation de fuites, les travaux de réparation, l'ingénierie, l'entretien des équipements et des systèmes de pompage, etc.

Dans un deuxième temps, nous nous intéressons à l'impact des interventions sur les eaux usées, en mettant l'accent sur la détection des risques liés à un traitement inapproprié de ces eaux usées, en mettant l'accent sur la détection des risques liés à un traitement inapproprié de ces eaux. En effet, une mauvaise manipulation peut entraîner la présence de produits nocifs qui contaminent le sol, la flore et la faune. Cette pollution est une véritable menace pour l'environnement. Pour prévenir ces risques, nous recommandons de renforcer les capacités de surveillance et de contrôle des laboratoires de stations d'épuration (STEP).

Dans l'ensemble, la RADDEMA vise principalement à appliquer des plans de gestion pour diminuer l'impact négatif lors de ses activités, que ce soit dans le domaine des eaux usées ou de l'eau potable. Notre mémoire met en évidence l'importance de renforcer les mesures de surveillance et de contrôle pour prévenir les risques environnementaux associés au traitement des eaux usées, ainsi que l'importance d'une gestion efficace du réseau d'eau potable pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement.

Table des matières

DEDICACE

REMERCIEMENT

RESUME

INTRODUCTION GENERALE..... 1

PREMIERE PARTIE : Etude d'impact environnemental des interventions de la RADEEMA sur le réseau d'eau potable de la ville de MARRAKECH.....3

I. Présentation générale de la RADEEMA..... 4

II. Alimentation en eau potable..... 6

1. Introduction 6
2. Système d'alimentation 6

III. Etude d'impact environnemental (EIE) lié à l'exploitation du réseau d'eau potable 8

1. Introduction 8
2. Cadre juridique et réglementaire pour l'évaluation de l'étude d'impact des interventions de la RADEEMA 8
3. Description global des activités et sous-activités d'exploitation d'eau potable 9
4. Etude d'impact environnemental des aspects générés par les interventions de la RADEEMA par méthode statistique 11

DEUXIEME PARTIE : Généralité sur les eaux usées et leur traitement au niveau de la station

d'épuration de la ville de MARRAKECH.....16

LES EAUX USEES..... 17

1. Introduction 17
2. Définitions 17
3. Origines des eaux usées 18
4. Composition moyenne des effluents 18
5. Matières polluantes 19

II. PRESENTATION DE LA STEP..... 20

1. Situation géographique de la station d'épuration 20
2. Choix du site 21
3. Capacités de la station d'épuration 22

III. PROCEDES DE TRAITEMENT..... 22

1. Filière eau 23
- 2- Filière boue 34
- 3- Filière biogaz 35

IV. Phase de stockage 36

TROISIEME PARTIE : Réutilisation des eaux usées traitées et leur impact environnemental.....37

I. Introduction..... 38

II. Réutilisation des eaux usées	39
1. L'impact de la réutilisation des eaux usées	39
2. Les domaines d'utilisation des eaux traitées à Marrakech	40
3. Le processus de distribution des eaux usées traitées sur les golfs de Marrakech	41
4. La production annuelle des stations de pompage SP1	43
5. La qualité des eaux usées	44
III. Etude d'impact environnemental des interventions de la RADEEMA sur le réseau d'eau usée	50
CONCLUSION.....	52
BIBLIOGRAPHIE	53
ANNEXE.....	54

Liste des figures :

Figure 1 : Régie Autonome de Distribution D'Eau et D'Electricité de Marrakech [1]	4
Figure 2 : Organigramme général de la RADEEMA (Manuel RADEEMA, 2022)	5
Figure 3 : Les ressources en eau potable disponible de la ville de Marrakech (Rapport de gestion 2018)	7
Figure 4 : Barème d'évaluation de méthode de deux facteurs [2].....	12
Figure 5 : Barème d'évaluation de méthode de trois facteurs [3].....	13
Figure 6 :les eaux usées de la ville de Marrakech (STEP, 2015).....	17
Figure 7 : Situation géographique de la STEP de la ville MARRAKECH (Google Maps)	21
Figure 8 : les tranches de la station d'épuration de la ville de Marrakech. (WATERLEAU, 2014)	22
Figure 9 : Processus suivi pour le traitement des eaux usées dans la STEP de Marrakech	23
Figure 10 : Les étapes de prétraitement	23
Figure 11 : FOSSE A BATARD	24
Figure 12 : Pré-grille	24
Figure 13 : a) dégrillage b) dégrillage grossier.....	25
Figure 14 : Grille automatique (à gauche), grille manuelle (à droite)	25
Figure 15 : Dessablage-déshuilage	26
Figure 16 : Laveur à sable	26
Figure 17 : coupe longitudinale d'un décanteur primaire.....	27
Figure 18 : Bassins biologiques (WATERLEAU ,2014).....	28
Figure 19 : Nitrification-Dénitrification	29
Figure 20 : Les étapes du traitement secondaire.....	29
Figure 21 : un clarificateur	31
Figure 22 : Les étapes de la décantation secondaire.....	31
Figure 23 : Filtre à sable	31
Figure 24 : a) Désinfection UV b) lampes UV.....	32
Figure 25 : Phase de chloration	32
Figure 26 : Diagramme résumant les étapes de traitement	33
Figure 27 : a) désulfuriseur b) cogénérateurs c) stockeur de gaz d) torchères.....	36
Figure 28 : Bâche de stockage.....	36
Figure 29 : Le cycle des eaux usées (science of the total environment, p3).....	38
Figure 30 : a) canal b) ouvrage	41
Figure 31 : Local groupe électropompes	41
Figure 32 : Régulateur vannes et pompe Figure 33 : Pompes.....	42
Figure 34 : a) Vanne de sortie b) Anti-bélier	42
Figure 35 : Répartition des stations de pompes de la ville de Marrakech (service REUT, 2023)	42
Figure 36 : Présentation du laboratoire de WATERLEAU	45
Figure 37 : Principe de filtration sur membrane	46
Figure 38 : Graphe montre la variation des débits des différents types d'eaux en trois mois2023	47
Figure 39 : Graphe montre la variation des pH dans les deux types d'eaux en Avril 2023	47

Figure 40 : Graphe montre la variation de la conductivité dans les deux types d'eaux en Avril 2023	47
Figure 41 : Graphe montre la variation de la DBO5 en Avril 2023	48
Figure 42 : Graphe montre la variation du DCO en Avril 2023	48
Figure 43 : Graphe montre la variation de la MES en Avril 2023	49
Figure 44 : Graphe montre la variation de la NGL en Avril 2023	49
Figure 45 : Graphe montre la variation de la Nitrite –Nitrate en eau tertiaire en Avril 2023	50

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les interventions d'exploitation d'eau potable.....	10
Tableau 2 : Fiche d'évaluation des impacts environnementaux	14
Tableau 3 : Mesures déjà prise par le département d'exploitation d'eau	15
Tableau 4 : Charge hydraulique (WATERLEAU, 2016).....	22
Tableau 5 : Volume des eaux brutes à l'entrée de la STEP	24
Tableau 6 : Rendement du traitement primaire (WATERLEAU, 2016).....	27
Tableau 7 : Caractéristiques du décanteur	27
Tableau 8 : Qualité de l'eau traitée par le traitement biologique (WATERLEAU, 2016)	30
Tableau 9 : Caractéristiques des clarificateurs (WATERLEAU, 2016)	30
Tableau 10 : Evaluation des impacts des interventions de la STEP sur les différents composants de l'environnement	51
Tableau 11 : Mesures déjà prise par le service d'assainissement.....	52

Liste des abréviations :

RADEEMA : Régie Autonome de Distribution D'Eau et D'Electricité de Marrakech

STEP : station d'épuration de Marrakech

DEE : département d'exploitation d'eau

WTL : WATERLEAU

EIE : étude d'impact environnemental

SP : Station de pompage

EU : eaux usées

EUT : eaux usées traitées

REUT : réutilisation des eaux usées traitées

EUE : eaux usées épurées

ERU : eaux résiduaires urbaines

OMS : organisme mondiale de la santé

MO : matière organique

MES : matière en suspension

MESv : matière en suspension volatile

NTK : Azote totale kjeldahl

NGL : Azote globale

DBO5 : la demande biologique en oxygène à 5 jours

DCO : la demande chimique en oxygène

PT : le phosphate total

ONEE : Office National de l'Electricité et l'Eau Potable

INTRODUCTION GENERALE

Ces dernières années, de nombreux pays souffrent de pénurie d'eau, principalement en raison de divers facteurs tels que la croissance démographique, le changement climatique, la surexploitation des ressources en eau douce et la mauvaise gestion de l'eau, ce qui peut entraîner une pénurie d'eau. Cela peut inclure une planification inadéquate des ressources en eau, des anciennes infrastructures d'importantes pertes d'eau dans les réseaux de distribution.

En réponse à cette crise mondiale, des lois et des pratiques de gestion durable de l'eau doivent être mises en place pour accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et éviter tout impact négatif sur l'environnement.

Au fil du temps, le Maroc a pris conscience de l'importance de préserver l'environnement et de réduire notre impact sur la planète terre. En effet la construction de stations d'épuration s'inscrit dans cette logique en permettant une gestion plus responsable des eaux usées. En fonction des ressources disponibles, des besoins locaux, des priorités gouvernementales, le Maroc a mis 153 stations d'épuration en service depuis le lancement du Plan national d'assainissement liquide en 2006. Parmi ces stations d'épuration on trouve celle de la ville de Marrakech.

Au cours des dernières décennies, Marrakech a connu une transition démographique qui a conduit à la surexploitation des ressources en eau douce, entraînant une véritable pénurie d'eau, et de fait la ville a eu recours à la réutilisation des eaux usées traitées pour irriguer les espaces verts, les terrains de golf, etc. La réutilisation des eaux usées traitées repose sur un processus de traitement comprenant des étapes mécaniques, chimiques et biologiques visant à rendre ces eaux aptes à être réutilisées dans divers secteurs tels que l'agriculture et l'industrie. Ces étapes respectent les normes établies par les lois gouvernementales marocaines en matière de qualité de l'eau.

Dans notre projet de fin d'étude, notre objectif est d'explorer l'impact environnemental des interventions de la RADEEMA en utilisant des méthodes statistiques pour le réseau d'eau potable et par le suivi des capacités de surveillance et de contrôle des laboratoires de stations d'épuration.

Première partie

Etude d'impact environnemental des interventions de la RADEEMA sur le réseau
d'eau potable de la ville de MARRAKECH

I. Présentation générale de la RADEEMA

La Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech (RADEEMA), créée en 1971 assure la distribution de l'eau potable, de l'électricité et du service d'assainissement liquide dans la ville de Marrakech sur un territoire de plus de 24 000 ha et une population dépassant 1 000 000 d'habitants. C'est une Régie Communale à assise territoriale qui est investie de la mission de service public à caractère industriel et commercial, caractérisée par les principes de continuité de service, d'adaptabilité aux évolutions technologiques, économiques et sociales, ainsi que par l'égalité des usagers.

➤ La RADEEMA assure les missions suivantes :

- La distribution d'eau potable et d'énergie électrique conformément aux dispositions des cahiers de charges et des normes en vigueur.
- Le service d'assainissement liquide conformément aux dispositions des cahiers de charges et des normes en vigueur.
- L'exploitation et l'entretien des réseaux, des équipements et des ouvrages.
- Le traitement des eaux usées collectées notamment dans l'objectif de permettre une réutilisation des eaux usées aux fins d'irrigation des espaces verts.



Figure 1 : Régie Autonome de Distribution D'Eau et D'Electricité de Marrakech [1]

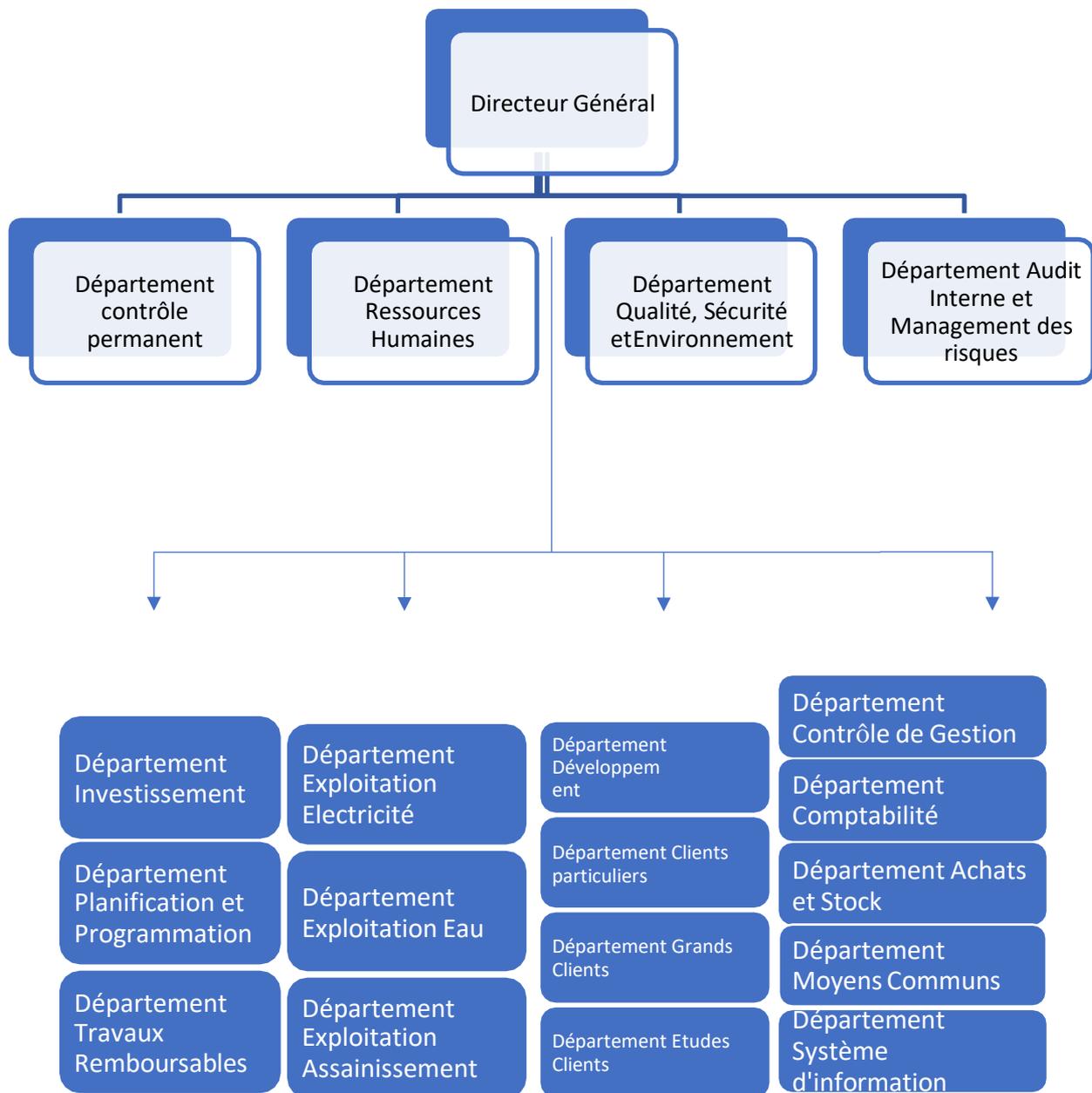


Figure 2 : Organigramme général de la RADEEMA (Manuel RADEEMA, 2022)

II. Alimentation en eau potable

1. Introduction

L'alimentation en eau potable à Marrakech est assurée par l'ONEE comme producteur et la RADEEMA comme distributeur. La ville de MARRAKECH est alimentée par des sources superficielles et souterraines

2. Système d'alimentation

La ville de Marrakech est alimentée en eau potable à partir :

-Des eaux superficielles (98.6%) :

- Elles sont mobilisées à partir du barrage Sidi Driss qui est alimenté lui-même par le barrage Hassan Premier.
- Les eaux de surface sont véhiculées par le canal de Rocade (longueur de 118 km et capacité de transit de 12m³/s) qui transporte l'eau pour l'irrigation du périmètre agricole et l'approvisionnement en eau brute de la station de traitement de l'O.N.E. E branche Eau
- La prise en eau brute de la station de traitement est située dans la partie avale du canal, au kilomètre 112 à une distance de 1,7 km de la station de traitement de l'O.N.E. E branche Eau

-Des ressources souterraines (1.4%) :

- Elles proviennent de 35 captages, forages et drains dispersés géographiquement de l'Est à l'Ouest de la ville, sur un rayon maximal de 35 km.
- Les captages d'eau souterraine se situent à Agdal, Issil, Ourika, Ménara I et Ménara II.

-Des ressources de secours :

- Les eaux de l'Oued N'Fis ont mobilisées à partir du barrage Lalla Takarkoust.
- La prise d'eau pour l'alimentation de la station de traitement est réalisée sur le bassin du puits de chute situé à la sortie de la Galerie de transfert des eaux du barrage précité vers les périmètres irrigués Marrakech.
- Elle est utilisée en cas de problème au niveau du canal de rocade (canal en chômage, baisse du niveau d'eau dans le canal ou pollution accidentelle, fortes charges en suspension).

L'approvisionnement de la ville en eau potable est résumé sur le schéma ci-dessous :



Figure 3 : Les ressources en eau potable disponible de la ville de Marrakech (Rapport de gestion 2018)

III. Etude d'impact environnemental (EIE) lié à l'exploitation du réseau d'eau potable

1. Introduction

Cette partie vise à évaluer les impacts environnementaux des interventions liées à la maintenance des infrastructures d'approvisionnement en eau potable de la ville de Marrakech. Nous avons effectué des visites sur plusieurs sites et recensé leurs activités.

2. Cadre juridique et réglementaire pour l'évaluation de l'étude d'impact des interventions de la RADEEMA

Le développement de cet axe devrait se dérouler comme suit : quelques définitions réglementaires et interventions mises en place par la RADEEMA.

Suivant la Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement, article premier

➤ **Environnement :**

Ensemble des éléments naturels et des établissements humains, ainsi que des facteurs économiques, sociaux et culturels qui favorisent l'existence, la transformation et le développement du milieu naturel, des organismes vivants et des activités humaines.

➤ **Etude d'impact sur l'environnement :**

Etude préalable permettant d'évaluer les effets directs ou indirects pouvant atteindre l'environnement à court, moyen et long terme suite à la réalisation de projets économiques et de développement et à la mise en place des infrastructures de base et de déterminer des mesures pour supprimer, atténuer ou compenser les impacts négatifs et d'améliorer les effets positifs du projet sur l'environnement.

➤ **L'étude d'impact sur l'environnement a pour objet :**

- d'évaluer de manière méthodique et préalable, les répercussions éventuelles, les effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement et en particulier sur l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et des monuments historiques, le cas échéant sur la commodité du voisinage, l'hygiène, la salubrité publique et la sécurité tout en prenant en considération les interactions entre ces facteurs

- De supprimer, d'atténuer et de compenser les répercussions négatives du projet
- De mettre en valeur et d'améliorer les impacts positifs du projet sur l'environnement
- D'informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet sur l'environnement.

Suivant la Loi relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement, Loi n°11-03 promulguée par le dahir n°1-03-59 du 12 mai 2003, Section 2-Définitions-Art.3

- **Protection de l'environnement** : la préservation et l'amélioration des constituants de l'environnement, la prévention de leur dégradation, de leur pollution ou la réduction de cette pollution.
- **Air** : l'enveloppe gazeuse qui entoure la terre et dont la modification des caractéristiques physiques ou chimiques peut porter atteinte aux êtres vivants, aux écosystèmes et à l'environnement en général.
- **Norme** : valeur limite obligatoire à ne pas dépasser.
- **Pollution de l'environnement** : tout impact ou modification direct ou indirect de l'environnement provoqué par un acte ou une activité humaine ou par un facteur naturel susceptible de porter atteinte à la santé, à la salubrité publique, à la sécurité ou au bien-être des personnes ou de constituer un danger pour le milieu naturel, les biens, les valeurs et les usages licites de l'environnement.
- **Déchets** : tous résidus résultant d'un processus d'extraction, exploitation, transformation, production, consommation, utilisation, contrôle ou filtration, et d'une manière générale, tous objet et matière abandonnés ou que le détenteur doit éliminer pour ne pas porter atteinte à la santé, à la salubrité publique et à l'environnement

3. Description global des activités et sous-activités d'exploitation d'eau potable

Le tableau ci-dessous résume les différentes activités et sous activité des interventions d'exploitation d'eau.

Tableau 1: Les interventions d'exploitation d'eau potable

Les activités	Sous-activité	Les phases
Normalisation des équipements du réseau d'eau potable	Changement des robinets, vannes du réseau d'eau potable	1-Balisage et signalisation du chantier 2-terrassement 3-vidange des conduites. 4- dépose des anciens robinets vannes 5- pose des nouveaux robinets vannes 6-remblaiement. 7-évacuation des déblais dans les décharges publiques. 8-remise en état du lieu
	Réhabilitation des branchements d'eau potable	1-la mise en sécurité du chantier 2-le terrassement 3-Le remblayage 4-la réfection de chaussée
Maintenance des réservoirs et feeders	Nettoyage de réservoir	1- opérations préliminaires 2- isolement et vidange de la cuve 3- nettoyage des dépôts radier les parois et les accessoires. 4-rinçage et désinfection 5-remise en service
	Réparation de fuite de feeders (> 400 mm)	1_ terrassement 2_réparation de la conduite 3-vidange de la conduite 4_rembliement 5_remise en état du lieu
Maintenance de réseau de distribution	Réparation de la fuite (<400mm)	1_ terrassement 2_réparation de la conduite 3_rinçage 4_rembliement

4. Etude d'impact environnemental des aspects générés par les interventions de la RADEEMA par méthode statistique

4.1. Généralités

L'étude d'impact environnemental des interventions de la maintenance curative et préventive effectuées par la RADEEMA sur le réseau d'eau potable, permet de mesurer d'avance les effets de ses interventions sur l'environnement naturel et humain. Et on peut établir des plans d'actions et proposer des solutions ayant comme but de diminuer ou supprimer l'effet de cet aspect. L'EIE a permis de trouver une solution à un problème grave avant même que celui-ci ne se pose en appliquant des méthodes statistiques qui permet de prévenir efficacement le risque de ses interventions.

4.2. Evaluation des impacts environnementaux

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour réaliser l'évaluation des impacts. Pour évaluer les impacts environnementaux des activités de département d'exploitation en eau :

4.2.1. Méthodologie adoptée

L'impact environnemental peut être apprécié à partir de la détermination d'un paramètre C appelé criticité. Ce paramètre permet également de comparer la dangerosité des déchets entre eux. Il existe trois grilles d'évaluation des impacts environnementaux :

❖ Méthode 1 :

Se base sur deux facteurs (P et I) et permet de connaître l'importance de risque à partir de la relation :

$$C=P*I$$

C : la criticité, P : la probabilité pour que le phénomène ait lieu et, I : l'impact

Impact
Quelle serait la gravité des conséquences si le risque se produisait ?

Probabilité
Quelle est la probabilité que le risque se produise ?

	Insignifiante 1	Mineure 2	Significative 3	Majeure 4	Sévère 5
5 Presque certain	Moyen 5	Élevé 10	Très élevé 15	Extrême 20	Extrême 25
4 Probable	Moyen 4	Moyen 8	Élevé 12	Très élevé 16	Extrême 20
3 Modéré	Faible 3	Moyen 6	Moyen 9	Élevé 12	Très élevé 15
2 Improbable	Très faible 2	Faible 4	Moyen 6	Moyen 8	Élevé 10
1 Rare	Très faible 1	Très faible 2	Faible 3	Moyen 4	Moyen 5

Figure 4 : Barème d'évaluation de méthode de deux facteurs [2]

Une matrice des risques 5x5 comporte 5 catégories, chacune pour la probabilité (le long de l'axe X) et l'impact (le long de l'axe Y),

Les deux avantages principaux de l'utilisation de cet outil sont :

- La simplification de la représentation des différents niveaux de risque.
- La réduction de la nécessité d'effectuer des analyses quantitatives fastidieuses

Le code couleur est essentiel pour qu'une matrice d'évaluation des risques 5×5 représente le niveau de combinaison de la probabilité et de l'impact des risques identifiés. Les risques élevés doivent être indiqués en rouge, les risques modérés en jaune et les risques faibles en vert. Les organisations, les professionnels et les chefs de projet peuvent ensuite utiliser d'autres couleurs proches, telles que l'orange, le rouge clair et le vert clair, pour différencier les notes de risque spécifiques.

❖ **Méthode 2 :**

Elle se base sur trois facteurs (F, D et G). Elle permet de calculer la criticité à partir de la relation suivante :

$$C = F * D * G$$

Où F : fréquence, D : détection et G : gravité.

Gravité	
Gravité = 1	Sans gravité aucune
Gravité = 2	Gravité faible
Gravité = 3	Gravité moyenne
Gravité = 4	Gravité forte
Gravité = 5	Catastrophique
Fréquence	
Fréquence = 1	Rare
Fréquence = 2	Fréquence faible
Fréquence = 3	Fréquence moyenne
Fréquence = 4	Fréquence forte
Fréquence = 5	Certain
Détection	
Détection = 1	DéTECTABLE longTEMPS à l'avance avec possibilité de réaction
Détection = 2	DéTECTABLE peu de temps à l'avance avec possibilité de réaction
Détection = 3	Non déTECTABLE à l'avance avec possibilité de réaction
Détection = 4	Non déTECTABLE à l'avance sans possibilité de réaction

Figure 5 : Barème d'évaluation de méthode de trois facteurs [3]

❖ **Méthode 3 ou la méthode adoptée :**

La grille à 4 facteurs est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux qui permet de calculer la criticité par 4 facteurs

$$C = F * (G + S) * R$$

Cette relation laisse un grand intervalle pour les valeurs de la criticité C, c'est-à-dire une précision bien définie de l'impact environnemental. Elle prend en compte la sensibilité du milieu

Description des facteurs (annexe) :

- **F= Fréquence** : la répétition de l'activité (plusieurs fois par an, plusieurs fois par mois, plusieurs fois par jours)
- **G= Gravité** : le risque de l'activité sur l'environnement (faible, important avec le temps, importante maitrisable et non maitrisable)
- **S=Sensibilité** : Sensible s'il y a un impact sur le sol, l'eau de surface et l'air. Non sensible : si L'impact environnemental n'a pas un effet néfaste direct sur le milieu naturel.
- **R=Réglementation** : existante d'une loi ou d'une norme environnementale (respecter ou non).

4.2.2. L'évaluation des impacts d'exploitation d'eau

Après les visites effectuées, nous allons identifier les activités effectuées par la RADEEMA, ainsi que l'aspect et l'impact environnemental de chaque sous-activité.

Tableau 2 : Fiche d'évaluation des impacts environnementaux

N	Activité	Sous activité	Aspect	Impact sur l'environnement	F	G	C
1	Maintenance du réseau	Recherches ; réparation des fuites et travaux de réfection	Fuite d'eau	Epuisement des ressources	4	2	12
2			Echappement des fumées	Pollution de l'air	3	2	9
3			Fuite d'huile	Pollution du sol	3	2	9
4			Poussière	Pollution de l'air	3	1	6
5			Fuite d'hydrocarbures	Pollution du sol	3	2	9
6		Maintenance des ouvrages, équipements et SP	Déchets dangereux : chiffons souillés	Pollution du sol	2	3	8
7	Gestion du réservoir		Situation inhabituelle : Débordement du réservoir (en cas d'incident)	Epuisement des ressources	3	1	6
8			Situation inhabituelle : fuite de réservoir (en cas d'incident)	Epuisement des ressources	1	3	4
9			Boues de nettoyage	Pollution du sol	2	1	4

Avec : (sensibilité S=1 et réglementation R=1)

4.2.3. Les mesures de sous pression et réduction des conséquences dommageables des impacts sur l'environnement

Afin de réduire le maximum possible des impacts environnementaux qui résultent des activités de DEE de la RADEEMA. Cette dernière a proposé une mesure qui concerne surtout les impacts environnementaux significatifs.

Tableau3 : Mesures déjà prise par le département d'exploitation d'eau

N	Impact Environnemental	Mesure déjà prises
1	Epuisement des ressources	-Normalisation et mise à niveau du réseau -recherche et détection de fuite sur réseau secondaire et primaire par la méthode acoustique
2	Pollution de l'air	-contrôle quotidien et suivi des chantiers -exiger le contrôle réglementaire et certificats de contrôle des engins
3	Pollution du sol	
4	Pollution de l'air	
5	Pollution du sol	
6	Pollution du sol	-Pré-collecte et stockage au niveau des sites sidi Moussa et Ourika dans des bacs étanches puis transférés et stockés au niveau du site Jnanate
7	Epuisement des ressources	-supervision continue à travers le bureau central de commande
8	Epuisement des ressources	-diagnostic visuel des états des cuves -test annuel d'étanchéité
9	Pollution du sol	-le film de boue de 0 à 3 cm de l'eau et de l'eau de javel (désinfection), d'où l'absence de prolifération bactériologique. -injection des boues dans le réseau d'assainissement

Deuxième partie :

Généralité sur les eaux usées et leur traitement au niveau de la station
d'épuration de la ville de MARRAKECH

I. LES EAUX USEES

1. Introduction

A MARRAKECH, les eaux usées sont issues de plusieurs effluents qui sont des rejets liquides usés ou tout autre liquide d'origine notamment domestique, agricole, hospitalière, commerciale et industrielle, traités ou non traités et rejetés directement ou indirectement dans le milieu aquatique. Dans cette partie, on va aborder la partie des eaux usées pour comprendre d'où elles viennent, qu'elle est leurs compositions et leurs procédés de traitement dans la STEP.

2. Définitions

- **Eaux usées :**

Des eaux utilisées à des fins ménagères, agricoles, commerciales, industrielles ou artisanales dont la nature et les composantes sont modifiées qui sont susceptibles de créer une pollution due à leur usage sans traitement (loi n° 11-03,2003).

- **Epuration :**

C'est un ensemble de techniques qui permettent soit de traiter les eaux usées issues de différents effluents (domestique, industrielle, agricole...) pour les recycler soit de transformer les eaux naturelles en eaux potables.



Figure 6: les eaux usées de la ville de Marrakech (STEP, 2015)

3. Origines des eaux usées

Le but de cette section est de passer en revue les données de base liées au traitement des eaux usées. Quatre types d'eaux usées différents dont l'importance relative dépend de la localisation (commune, industrie, type de réseau, état du réseau, etc.)

- **Les effluents domestiques :**

Elles sont constituées d'eaux usées domestiques : eau sanitaire (eau de bassin, douches, baignoires, appareils électroménagers,). Ajoutez à ces eaux très polluées (selon le type de séparation ou pseudo-séparation ou réseau unique) des eaux moins polluées pouvant provenir des toitures, gouttières, cours, sous-sols et garages.

- **Les effluents d'établissement industriels, communaux ou artisanaux :**

Elles proviennent des activités domestiques (cantines, toilettes, douches, etc.) ou, plus précisément, des eaux liées aux activités industrielles, telles que les eaux de refroidissement des machines, ou les eaux usées des processus d'utilisation.

- **Les effluents d'agriculture :**

L'agriculture est une cause majeure de pollution diffuse. La pollution agricole comprend la pollution liée aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage.

- **Les effluents d'origine naturelle :**

La teneur en eau des substances indésirables est due à l'activité de certains phénomènes naturels (éruptions volcaniques, contact de l'eau avec des gisements minéraux, etc.).

4 .Composition moyenne des effluents

Les eaux usées sont principalement de l'eau avec une faible quantité de déchets solides. Ces derniers sont principalement constitués de matières organiques d'origine animale ou végétale. Les déchets solides se décomposent en matière organique. Pour traiter les eaux usées plus efficacement, ces matières organiques doivent être stabilisées ou converties en une forme qui ne propagera pas de maladies ou ne polluera pas les lacs et les rivières. Les déchets solides inorganiques doivent également être extraits pour un traitement approprié des eaux usées. Les eaux usées contiennent également un grand nombre de bactéries. Bien que certaines de ces

bactéries puissent être pathogènes, la plupart sont en fait inoffensives. Ces bactéries non pathogènes sont très utiles car elles décomposent la matière organique dans les eaux usées. Par conséquent, les bactéries non pathogènes sont à la base de tous les procédés de traitement biologique des eaux usées.

- **La composition des eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont, essentiellement, porteuses de pollution organique :

- **Eaux ménagères (salles de bains et cuisines) :**

Sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...

- **Eaux-vannes (rejets des toilettes) :**

Chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

- **Les eaux usées industrielles :**

Très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- Des produits toxiques
- Des solvants
- Des métaux lourds
- Des micropolluants organiques
- Des hydrocarbures...

REMARQUE : Certaines de ces eaux usées font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte

5. Matières polluantes

- **Matières décantables ou flottantes :**

Elles représentent la fraction des composés grossiers (galets, graisses...). Ces substances sont soumises à des prétraitements ou éventuellement à un traitement primaire. En fonction de leur nature, on peut recourir aux procédés de flottation ou de décantation.

- **Matières fines en suspension :**

Elles sont formées de particules visibles à l'œil nu (de 0.1 à 1 mm) qui contribuent à la turbidité de l'eau. Leur traitement s'effectue par des techniques de sédimentation ou de centrifugation.

- **Matières organiques :**

Elles sont constituées d'un grand nombre de composés qui ont la particularité commune de posséder au moins un atome de carbone, d'où leur nom de substances carbonées. Ces atomes de carbone sont oxydés biologiquement par les micro-organismes pour fournir l'énergie nécessaire à leur croissance.

- **Les micro-organismes épurateurs :**

Parmi tous les individus du monde protiste, trois populations jouent un rôle fondamental dans le traitement :

- **Les bactéries :**

Unicellulaires, ces micro-organismes possèdent la structure interne la plus simple de toutes les espèces vivantes. Elles croissent et se multiplient en général par fission binaire. Ces cellules représentent la plus importante population de la communauté microbienne dans tous les procédés biologiques, avec souvent des concentrations qui dépassent 10^6 Bactéries/ml.

- **Les protozoaires :**

De structure plus complexe que celle des bactéries, la distinction des protozoaires est plus simple. Certains groupes de protozoaires sont de redoutables prédateurs pour les bactéries. Ils ont la faculté de se déplacer et sont classifiés suivant leur mode de mouvement (nageurs, rampants, sessiles). Ces organismes peuvent jouer un rôle important au cours du processus d'épuration par leur abondance et leurs interactions avec les bactéries épuratrices (compétition et prédation).

II. PRESENTATION DE LA STEP

1. Situation géographique de la station d'épuration

La station d'épuration de Marrakech se situe à 13 km de Marrakech au niveau de la route nationale 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 [Fig. 7]. 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.

Le site présente une superficie totale d'environ 18 ha. Le choix du site est motivé par, d'une part, sa côte la plus basse qui permet la collecte et le transport gravitaire des eaux usées, et d'autre part, par sa situation très proche de la décharge contrôlée et aménagée pour l'évacuation des sous-produits du traitement, à savoir, les boues déshydratées, le sable et les refus des grilles.



Figure 7 : Situation géographique de la STEP de la ville MARRAKECH (Google Maps)

2. Choix du site

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

- ❖ **Facteurs climatiques :** L'équipement a été installé à l'entrée nord de la ville, parallèlement à la direction du vent, afin que l'odeur dégagée par l'eau lors du traitement ne soit pas une 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, et par sa situation très proche de la décharge publique prévue pour l'évacuation des déchets du prétraitement et des boues déshydratées.

3. Capacités de la station d'épuration

Tableau 4 : Charge hydraulique (WATERLEAU, 2016)

Paramètre	Unité	Situation moyenne	Situation de pointe (dimensionnement)
Débit à traiter à l'horizon 2025			
Débit moyen temps sec*(Q TS)	m ³ par j	143 606	143 606
Débit pointe temps sec*(Q PTS)	m ³ par h		9897
Débit pointe temps pluie*(Q PTP)	m ³ par h		11 397

III. PROCEDES DE TRAITEMENT

Le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech se compose de trois filières :

1. Filière eau
2. Filière boue
3. Filière biogaz



Figure 8 : les tranches de la station d'épuration de la ville de Marrakech. (WATERLEAU, 2014)

Légende : 1/ bassins biologiques 2/Digesteurs 3/Gazomètre 4/Zone de stockage de l'eau traitée

5/ Zone d'extension de la station de traitement 6/ Zone de traitement tertiaire

7/Décanteurs secondaire

1. Filière eau

Les étapes de traitement des eaux usées :

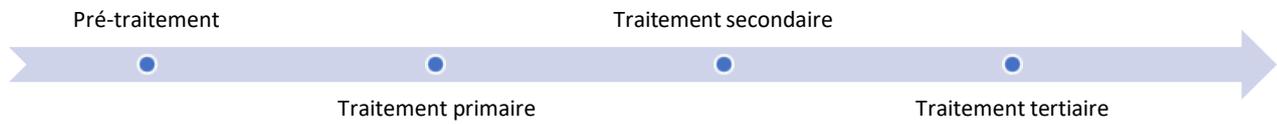


Figure 9 : Processus suivi pour le traitement des eaux usées dans la STEP de Marrakech.

1.1. Prétraitement

Protège contre les risques de débouchage c.à.d. éliminé les éléments de grande taille.

Ce traitement contient trois étapes : dégrillage ; dessablage ; dégraissage.



Figure 10 : Les étapes de prétraitement

1.1.1. Dégrillage

Les eaux usées arrivant à l'arrivée à la station d'épuration contiennent des déchets volumineux tel que le bois ; tissus ; cadavres d'animaux Pour les éliminer, il y a utilisation d'une fosse à batard de $V=4,5m^3$ qui piège ces gros corps afin d'alléger la pression sur les éléments en aval. A ce stade il y a détection de CH_4 et H_2S .



Figure 11 : FOSSE A BATARD

Tableau 5 : Volume des eaux brutes à l'entrée de la STEP

Caractéristiques de l'entrée des eaux brutes à la station	
Volume moyen	120000 m ³ /J
Point max	7000 m ³
Point min	1800m ³

Il y a trois types de dégrilleurs :

-**Le pré dégrillage** : Il s'agit d'une grille avec des barreaux espacés de 20cm permettant de capter les morceaux de bois, cadavres d'animaux, et tous les déchets volumineux.

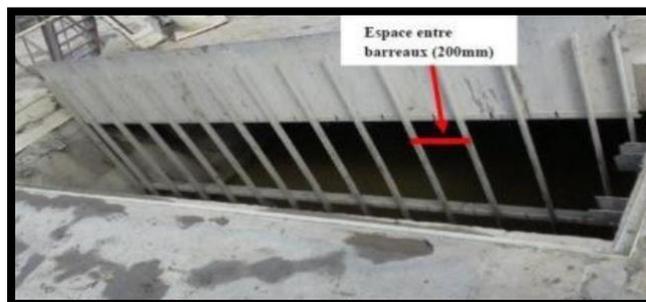


Figure 12 : Pré-grille

La grille est nettoyée manuellement par un opérateur à l'aide d'une fourche, tandis que les déchets sont rejetés au niveau d'un conteneur dédié à ce type des déchets.

-**Dégrillage grossier et dégrillage fin** : Le dégrillage grossier se compose de 4 dégrilleurs avec des grilles à nettoyage automatique et un entrefer de 8 cm. Le dégrillage fin est composé

également de 4 dégrilleurs avec des grilles à nettoyage automatique mais avec un entrefer (barreaux) de 1 cm.



Figure 13 : a) dégrillage ; b) dégrillage grossier



Figure 14 : Grille automatique (à gauche) ; grille manuelle (à droite)

1.1.2. Déshuilage ; Dessablage

Les bassins de déshuilage/dessablage [Fig.15] ont pour but d'éliminer les matières lourdes, d'une granulométrie supérieure à 200 microns. La vitesse du courant d'eau est ralentie à l'intérieure de l'ouvrage permettant aux grains de sables et graviers se sédimenter au fond des bassins tandis que les huiles et graisses flottent à la surface. Les sables et graisses sont repris par des racleurs de surface. Les sables sont essorés et séchés avant leurs évacuations à la décharge et les graisses sont concentrées dans une fosse de stockage équipée d'un dispositif d'évacuation des eaux de fond. L'ouvrage se compose de deux ensembles de deux canaux chacun à section pentagonale identiques, d'une surface totale de 400 m² et un volume total de 1200 m³. Chaque bassin est équipé d'un pont automoteur et de trois pompes aératrices installées le long de chaque ouvrage diffusant de fines bulles d'air qui favorisent la remontée en surface des graisses et des flottants.



Ponts racleurs

Elimination de sable

Elimination de graisses

Figure 15 : Dessablage-déshuilage

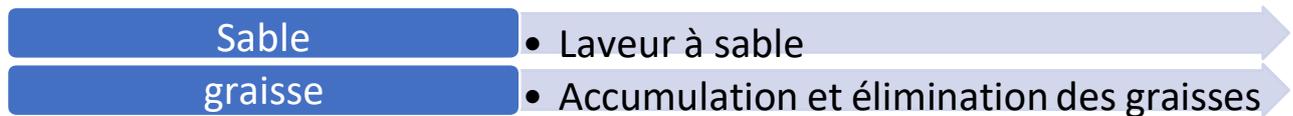


Figure 16 : Laveur à sable

Au cours des étapes de prétraitement, il existe des systèmes d'extraction des odeurs moches avant son évacuation à l'atmosphère.

1.2. Traitement primaire

Le traitement primaire est composé de 3 décanteurs primaires cylindro-coniques avec un diamètre unitaire de 39m permettant aux matières en suspension de se déposer par simple gravité au fond des ouvrages.

Les particules décantées forment ce qu'on appelle les boues primaires caractérisées par des concentrations en matière sèche entre 5 et 10 g/l. Ces dernières sont transférées vers le traitement des boues, tandis que l'eau qui a subi la décantation primaire passe vers le traitement secondaire pour subir un traitement biologique.

Le traitement primaire permet un abattement en matière en suspension DCO, DBO5.

Tableau 6 : Rendement du traitement primaire (WATERLEAU, 2016)

Paramètre	Abattement sur fraction décantables	Taux de matières décantables
DBO5	90%	34%
DCO	90%	35%
MES	90%	74%

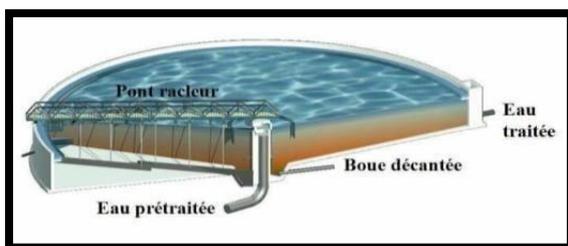


Figure 17 : coupe longitudinale d'un décanteur primaire

Tableau 7 : Caractéristiques du décanteur

Volume unitaire	3500m ³
Surface unitaire	1200m ²
Diamètre	39m
Nombre des décanteurs	3
Temps de séjour	2h

N.B : Après avoir éliminé la boue primaire, les eaux usées sont transportées vers le traitement secondaire.

1.3. Traitement secondaire :

Les eaux usées décantées passent vers le traitement secondaire via un ouvrage de répartition secondaire. La première partie de cet ouvrage permet le mélange des eaux décantées avec la liqueur provenant de la recirculation des boues. Le mélange eau décantée et liqueur mite est envoyé équitablement vers les 7 bassins biologiques [Fig.18].

La deuxième partie du répartiteur secondaire permet la distribution de la boue provenant des bassins biologiques [Fig.18] vers les 7 clarificateurs [Fig.21].

1.3.1. Bassin biologique

La première étape du traitement secondaire consiste en le passage des eaux à traitées vers les bassins d'aération ou bassins biologiques [Fig.18] dans lesquelles il y a élimination de la MO et azotées sous l'action de micro-organismes aérobies qui forment ce qu'on appelle **une boue activée**.

Les besoins en oxygène pour ces micro-organismes sont assurés par des surpresseurs d'air dont le fonctionnement est régulé par des sondes d'oxygène présentes au niveau des bassins activés biologiques.



Figure 18 : Bassins biologiques (WATERLEAU ,2014)

+ La nitrification :

C'est la transformation de l'ammonium en nitrate. Cette oxydation biologique s'effectue en deux phases sous l'action de micro-organismes autotrophes qui utilisent l'énergie de la réaction pour réduire le (CO_2) et ainsi incorporer le carbone. La nitrification, qui est la transformation de l'ammonium en nitrite, est essentiellement liée aux Nitrobactéries (genre Nitrosomonas) alors que la nitrification, au cours de laquelle les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'œuvre des Nitrobactéries (genre Nitrobacter). Ces bactéries nitrifiantes, du fait de leur très faible taux de croissance se trouvent en large minorité au sein des boues activées.



+ Dénitrification :

C'est le processus de réduction de l'azote nitrique à un degré d'oxydation plus faible. Certains micro-organismes, généralement hétérotrophes, sont en fait capables, en période d'anoxie, d'utiliser l'oxygène dissous dans leur chaîne respiratoire et donc de réaliser cette transformation de l'azote nitrique en azote moléculaire N_2 gaz qui retourne à l'atmosphère.



- Passage du Nitrate au Nitrite.

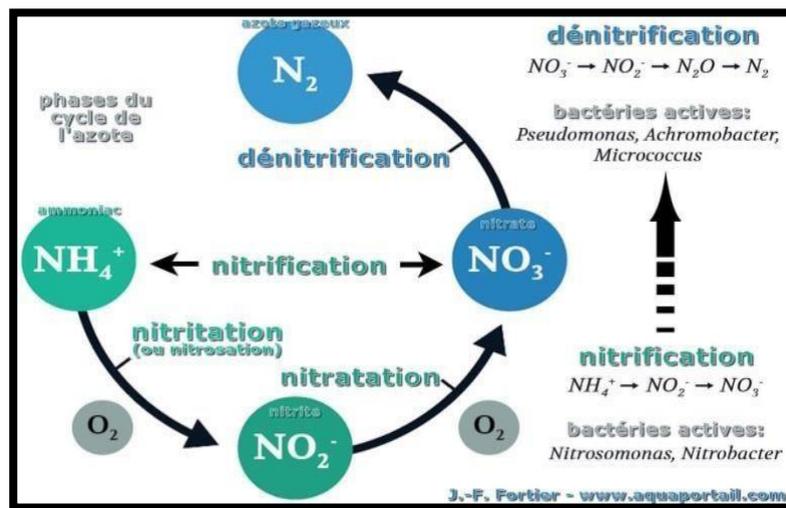


Figure 19 : Nitrification-Dénitrification

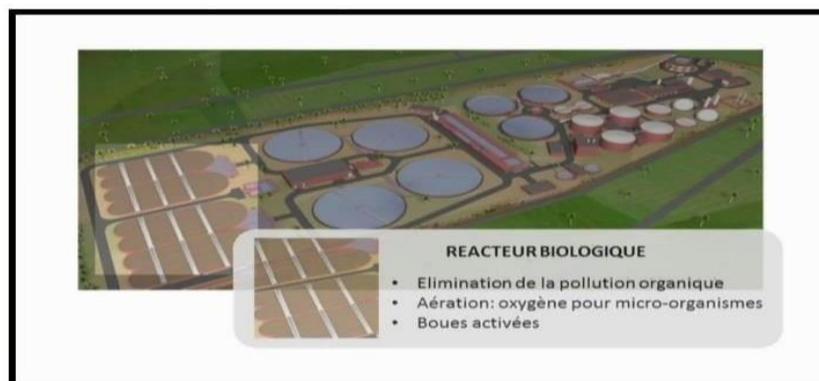


Figure 20 : Les étapes du traitement secondaire

Tableau 8 : Qualité de l'eau traitée par le traitement biologique (WATERLEAU, 2016)

Désignation	Exigences minimales contractuelle (Concentration/rendement)		Valeurs limites réglementaires (normes marocaines)	Garantie (Concentration/rendement)	
DBO5	30 mg/l	85%	100mg/l	20	85%
DCO	125mg/l	75%	100mg/l	100	75%
MES	30mg/l	90%	500mg/l	20	90%
NGL	20mg/l	70%	-	15	70%
NTK	5mg/l	90%	-	4	90%
Ptot	20mg/l	-	-	17	-

1.3.2. Clarification

La deuxième étape de traitement secondaire est une étape de traitement physique dans laquelle il y a le passage de la liqueur mixte (eau et floccs bactériens) vers les clarificateurs (décanteurs secondaires) afin d'avoir une séparation entre l'eau clarifiée et la boue activée.

La station d'épuration de Marrakech se dispose de 7 clarificateurs cylindrique **[Fig.21]**, de diamètre 57m. Ils sont équipés de goulottes à double déversoir à nettoyage mécanique par des brosses.

Tableau 9 : Caractéristiques des clarificateurs (WATERLEAU ,2016)

Désignation	Unité	Valeur
Débit maximum de surverse	m ³	10.118
Vitesse maximale	m/h	1
Surface totale	m ²	10.118



Figure 21 : un clarificateur



Figure 22 : Les étapes de la décantation secondaire

A ce stade l'eau peut être rejetée au niveau du milieu naturel (Oued Tensift) sans qu'il y ait d'impact néfaste sur l'environnement.

Mais dans le cas où il y a demande pour l'irrigation des terrains de Golf, les espaces verts... un traitement tertiaire est obligatoire.

1.4. Traitement tertiaire

1.4.1. Filtre à sable

L'eau venant des flocculateurs et déposée dans des chenaux disposés parallèlement qui permet l'alimentation des 20 filtres. Cette méthode est importante pour éliminer les matières en suspension ainsi que la diminution des micro-organismes pathogène (bactéries, virus...).



Figure 23 : Filtre à sable

L'eau filtrée est traitée ensuite par des rayons UV.

1.4.2. Désinfection aux rayons ultraviolets

L'eau venant des filtres à sables subit une désinfection par des lampes qui émettent des rayons UV (**b**) afin d'éliminer totalement les micro-organismes pathogènes (bactéries, protozoaires, virus...). Ces rayons UV n'ont aucun impact négatif sur les zones les zones irriguées.

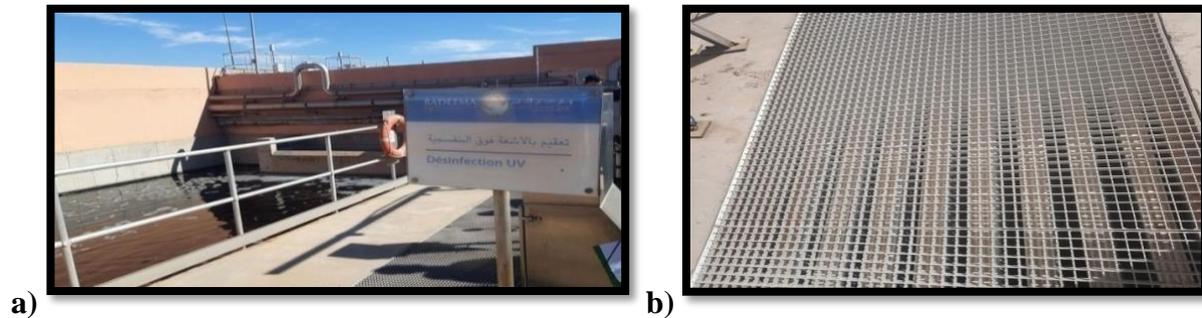


Figure 24 : a) Désinfection UV ; b) lampes UV

1.4.3. Chloration :

Le chlore (eau de Javel) représente un oxydant très puissant qui permet la destruction des différents types de bactéries, virus... La chloration représente la dernière étape de traitement des eaux usées et celle qui assure le maintien de la pureté de l'eau lors du stockage avant la distribution.



Figure 25: Phase de chloration

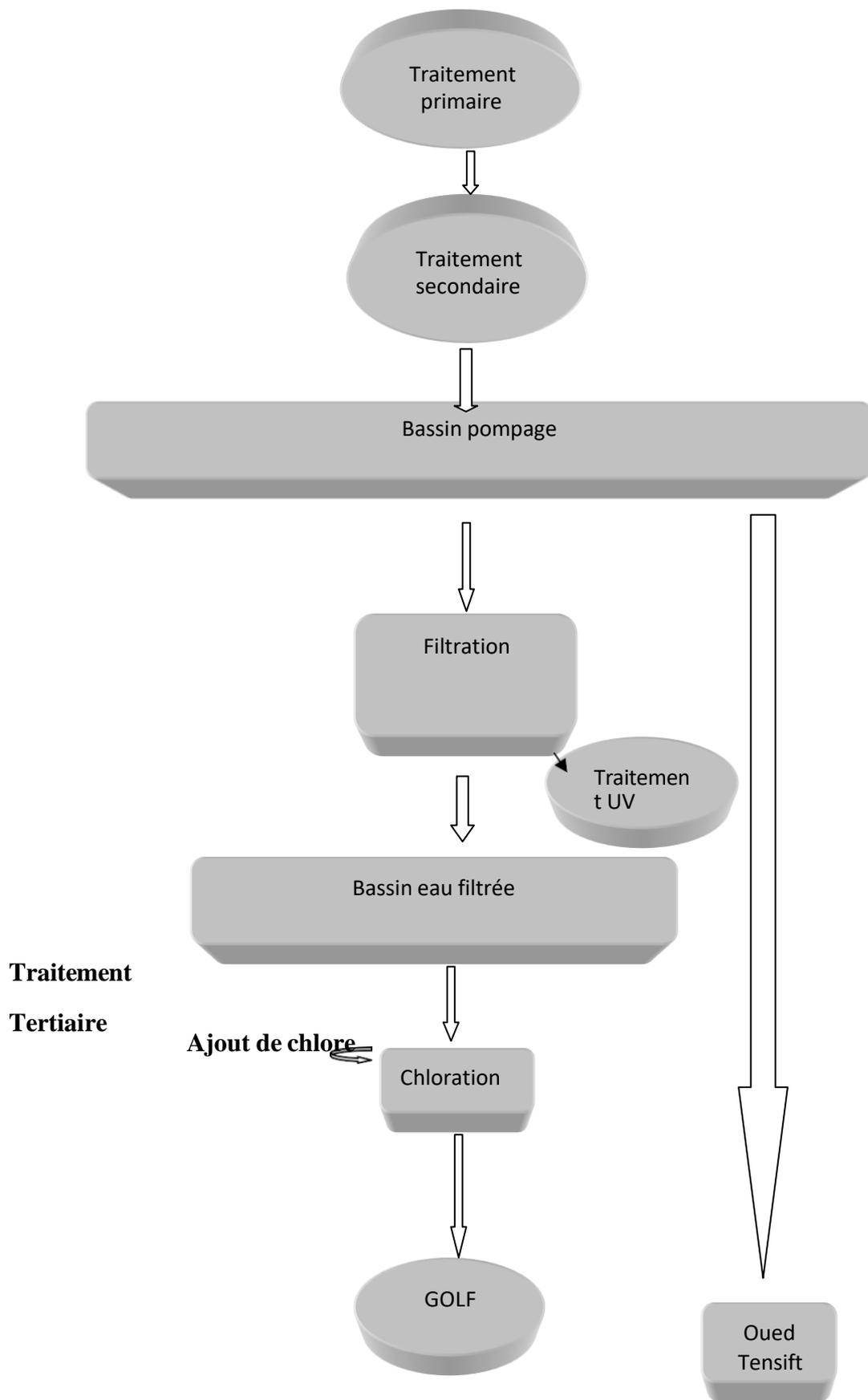
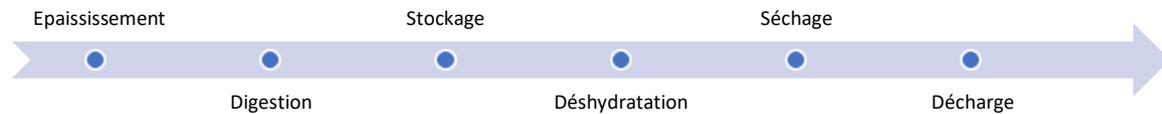


Figure 26 : Diagramme résumant les étapes de traitement

2- Filière boue

Le traitement de boue passe par les étapes suivantes :



Epaissement : Cette première étape consiste à réduire le volume de la boue en augmentant le taux de siccité des boues (entre 6 et 8 %) afin d'obtenir des boues de qualité pour optimiser les traitements suivants avant d'être pomper vers les digesteurs (MACE, M).

Digestion : La digestion anaérobie des boues a pour but de baisser la quantité de matières sèches qui se trouve dans les boues (Suez. Group). Cette étape cherche aussi à stabiliser la matière organique, ce qui favorise à minimiser les odeurs indésirables tout en produisant du biogaz.

Déshydratation : Ce traitement se fait mécaniquement et permet d'augmenter la siccité de la boue pour en faire une boue solide.

Séchage : Ce procédé permet de rendre la boue solide en la séchant par les rayons solaires. Elle est alors totalement déshydratée. Cet état solide facilite certes le stockage et le transport de ces boues mais il est consommateur d'énergie.

Il y a trois types de boues :

***Boue primaire** : elle est issue du traitement primaire (décantation primaire). Cette boue est caractérisée par une densité importante.

***Boue secondaire** : dite boue activée, cette dernière est issue de la décantation secondaire (clarificateurs), et elle est caractérisée par une faible densité.

***Boue mixte** : c'est le mélange de la boue primaire et secondaire avec une quantité de graisses. Cette boue est acheminée vers deux digesteurs de capacité 6000m³ chacun.

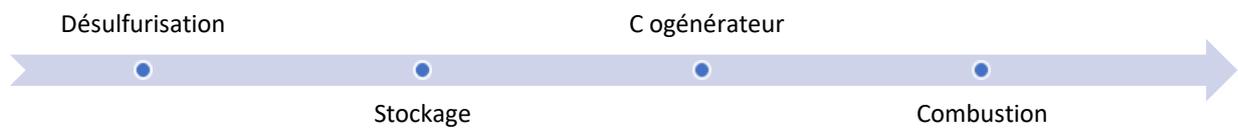
La boue primaire non captée par le prétraitement (dégrillage/dessablage/déshuilage) et décantée lors du traitement primaire, dans le décanteur primaire subit un épaissement afin d'éliminer l'eau pour réduire son volume.

La boue secondaire (boue activée) de faible densité qui provient des clarificateurs est envoyée vers les flotateurs de forme cylindrique qui assurent la séparation dans l'appareil.

La boue mixte est évacuée vers les digesteurs ayant une capacité de 6000m³, réglés à 37°C. Cet ouvrage permet la digestion de la boue par fermentation méthanique. Cette permet l'élimination d'une quantité importante de la MO.

3- Filière biogaz

Au niveau de la STEP, le biogaz suit la succession suivante :



3.1. Désulfuration : C'est l'enlèvement des sulfures d'hydrogène H₂S par des désulfuriseurs (a) afin d'éviter la corrosion des conduites de gaz, et permet également de prolonger la durée de vie des filtres de charbon actif. Cette étape consiste ainsi l'injection d'un ensemble de réactifs pour neutraliser le biogaz.

Après cette étape le biogaz devient propre et contient une quantité importante de CH₄ (70%), CO₂ (30%), H₂S (3000ppm), N₂<1%. Ce dernier sera stocké au niveau des gazomètres (c) (dans le cas d'un excès de biogaz, ce dernier va subir une combustion au niveau des torchères(d) pour éviter la pollution de l'atmosphère).

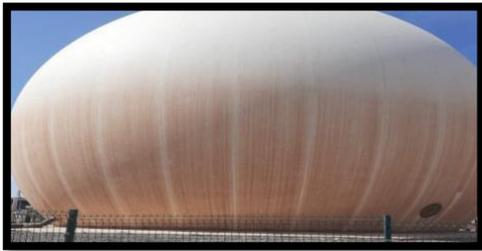
3.2. Cogénération : Sont des moteurs à gaz (b) qui permet la production de l'énergie électrique et parallèlement l'énergie thermique. Cette production satisfait jusqu'à 50% des besoins électriques de la STEP.



a)



b)



c)



d)

Figure 27 : a) désulfuriseur ; b) cogénérateurs ; c) stockeur de gaz ; d) torchères

IV. Phase de stockage

Lorsque l'eau passe par les trois étapes de traitement, l'eau s'accumule dans la bêche de stockage [Fig.28] de volume 8650 m³ et de profondeur 4m avant d'être distribuer.



Figure 28 : Bêche de stockage

Troisième partie

Réutilisation des eaux usées traitées et leur impact environnemental

I. Introduction

Les eaux usées passent par le cycle suivant :

1. Les eaux usées
2. Traitement des eaux usées
3. La réutilisation des eaux traitées.

Dans ce chapitre, on va se concentrer uniquement sur la phase de la réutilisation.

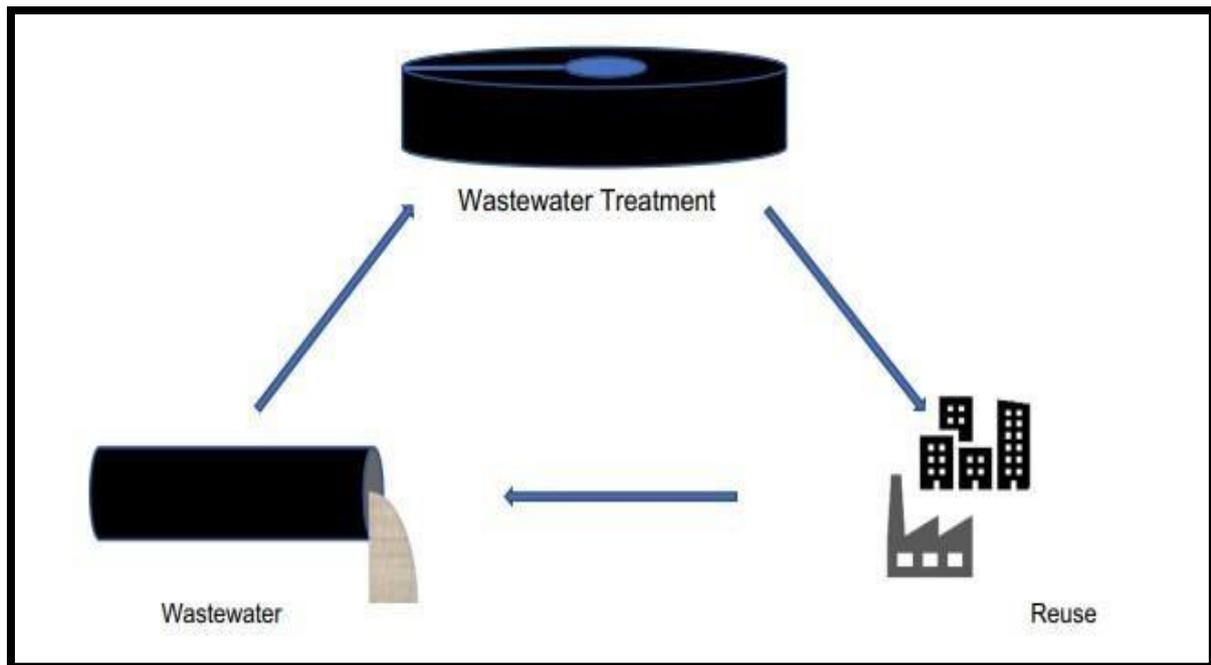


Figure 29 : Le cycle des eaux usées (science of the total environment, p3)

Vue le changement climatique qui a connu le Monde dans les dernières années, le Maroc a été affecté négativement par ce problème mondial à travers la sécheresse et diminution remarquable de la réserve nationale en eau souterraine ou de surface.

La région de l'Haouz fait face à une problématique récurrente de rareté de l'eau, avec un bilan annuel des ressources en eau indiquant un déficit depuis des années. La surexploitation des ressources pour l'irrigation et l'arrosage conduit à une diminution généralisée du niveau piézométrique de la nappe phréatique. Pour faire face à cette situation, des solutions alternatives telles que l'utilisation des eaux usées traitées ont été mises en place. Dans cette optique, la RADEEMA a investi considérablement dans le traitement des eaux usées de Marrakech via une station d'épuration tertiaire.

II. Réutilisation des eaux usées

1. L'impact de la réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est un défi politique et socio-économique crucial pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement dans le monde. Un avantage majeur de cette démarche est qu'elle fournit une ressource alternative qui peut combler la pénurie d'eau, conserver les ressources naturelles et lutter contre la pénurie d'eau causée par le changement climatique. Certains pays, états et grandes villes (comme l'Australie, la Californie, Chypre, l'Espagne, la Floride, etc.) se sont fixé des objectifs ambitieux pour couvrir 10 à 30 % et même jusqu'à 60 % de leurs besoins en eau en réutilisant les eaux usées traitées (SUEZ GROUP).

1.1. Les impacts positifs

1.1.1. L'agriculture

L'irrigation agricole a été, est actuellement et continuera d'être le principal utilisateur d'eau recyclée, offrant de nombreux avantages et bénéfices bien établis, notamment sa contribution à la sécurité alimentaire. Mais l'acceptabilité de l'utilisation des eaux usées par les agriculteurs reste le principal problème de ce projet.

1.1.2. L'industrie

La réutilisation et le recyclage des eaux usées industrielles sont désormais des pratiques courantes adoptées par de nombreuses industries. De nouvelles tendances émergent, telles que l'ambitieux objectif de zéro rejet liquide et la réutilisation de l'eau entre les secteurs, par exemple en utilisant les eaux usées dans le refroidissement des moteurs des machines...

1.1.3. La recharge de nappe

L'alimentation de réservoirs pour la production indirecte d'eau potable, (après déversement à Oued Tensift) et la réutilisation directe d'EUT pour diminuer l'approvisionnement en eau, comme une solution durable aux défis des besoins hydriques croissants que certains pays devront affronter dans les prochaines années.

L'utilisation des eaux usées épurées (EUE) présente des avantages considérables, mais elle n'est pas dépourvue de risques. Lorsque les règles d'hygiène et les directives de l'OMS ne sont pas respectées, cela peut entraîner des dangers pour l'environnement et la santé des utilisateurs. Ces

risques sont liés à la présence d'un grand nombre des micro-organismes pathogènes tels que des virus, des bactéries, dans les eaux usées. L'OMS considère la présence d'helminthes parasites, en particulier les nématodes intestinaux, comme la principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture.

1.2. Impacts négatifs

1.2.1. L'agriculture : EUT peut influencer négativement sur la structure, texture, la stabilisation du sol plus précisément EUT peut provoquer un excès de sodium, alcalinisation... ce qui provoquera une baisse de fertilité du sol.

1.2.2. Risques sanitaires : le contact direct ou indirect aux EU peut provoquer parfois des contaminations par des bactéries, virus. Les personnes vulnérables peuvent développer des maladies suite à l'exposition à ces micro-organismes.

2. Les domaines d'utilisation des eaux traitées à Marrakech

2.1. L'irrigation et l'arrosage des espaces verts : La ville de Marrakech est très réputée pour ses nombreux terrains de golfs, la superficie de ces terrains exige une quantité importante en eau. Pour cela la STEP revoit une partie de l'eau traitée vers les terrains de golfs de la ville. Chacun d'eux consomme annuellement l'équivalente d'une petite ville de 30000 habitants (Le point ,2016).

2.2. Le secteur urbain (réutilisation pour un usage non-alimentaire) : Tel que le lavage des rues et véhicules et la protection contre l'incendie (cette eau est transportée par des camions citerne). Autres applications importantes sont le compactage des routes lors du goudronnage, lavage des conteneurs de déchets. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

2.3. Le secteur industriel : La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Plusieurs expériences ont été effectuées par quelques industries au Maroc pour savoir si l'eau répond aux conditions d'utilisation dans le secteur ou pas.

D'après la RADEEMA, une expérience faite dernièrement par une usine, ils ont trouvé que cette eau est valable à l'utilisation.

Les usages les plus courants à Marrakech sont l'irrigation des espaces verts et principalement les terrains de golf et la palmeraie.

Dans la ville de Marrakech, on trouve 13 terrains de Golf qui utilisent l'eau usée traitée, comme **G.AL MAADEN, G. ROYAL, G. AMELKIS.**



G. AMELKIS



G.D. ROYAL PALM



G.AL MAADEN

3. Le processus de distribution des eaux usées traitées sur les golfs de Marrakech

L'eau stockée dans la bache de stockage passe gravitationnellement par un canal (a) et s'accumule dans un ouvrage (b) de 5,5m de profondeur puis sera pompée par 5 pompes regroupées dans un local groupe électropompes [Fig.31].

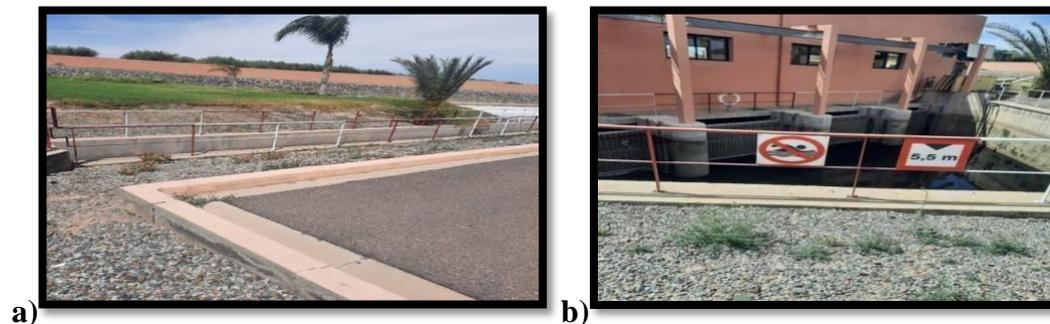


Figure 30 : a) canal ; b) ouvrage

On trouve 5 pompes électriques regroupées dans le local groupe électropompes :



Figure 31 : Local groupe électropompes



Figure 32 : Régulateur vannes et pompe



Figure 33 : Pompes



a)



b)

Figure 34 : a) Vanne de sortie ; b) Anti-bélier



Figure 35 : Répartition des stations de pompes de la ville de Marrakech (service REUT, 2023)

L'eau pompée sort est envoyée à travers une vanne de sortie [Fig.34 a] vers la station de pompage 2 (SP2) où des anti-béliers [Fig.34 b] sont utilisés pour empêcher le reflux d'eau.

En salle de contrôle, les responsables assurent le fonctionnement des pompes et des équipements des six stations de pompages [Fig.35].

La distribution de l'eau traitée se fait par des canaux qui ont pour dimensions un diamètre variant de 200mm à 1200mm et d'une longueur environ 90km.

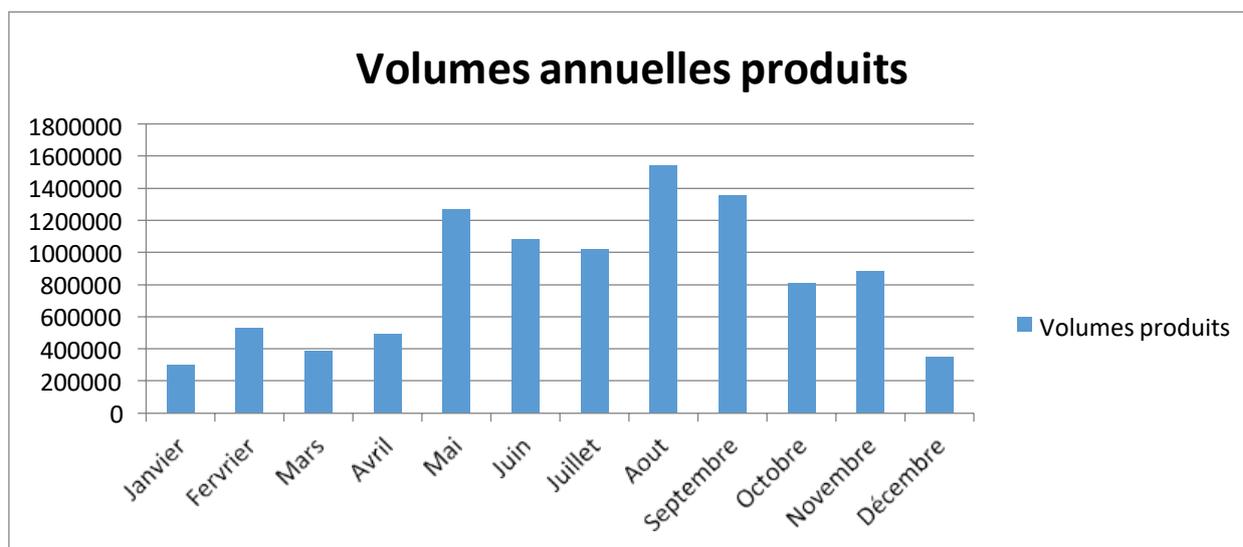
4. La production annuelle des stations de pompage SP1

4.1. Interprétation

Le tableau suivant représente la variation de la production station de pompage SP1 en 2022.

D'après ce tableau, on remarque une augmentation remarquable des valeurs de production durant les mois suivant : Mai, juin, juillet, septembre.

Production stations de pompage SP1- Année 2022													
Stations													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL en (m³)
SP1	301 774	528 777	387 316	490 719	1 268 778	1 077 414	1 018 693	1 539 157	1 356 668	807 290	884 349	349 471	10 010 406



4.2. Analyse

Cette variation peut s'expliquer par différents facteurs :

- Le climat : en été, la température augmente ce qui exige une grande consommation d'eau traitée par rapport aux autres mois.
- La demande des consommateurs : en cas de travaux (ajout des espaces d'implantation) les besoins en eau augmentent.
- La superficie des terrains de golf : plus le terrain est grand plus il nécessite une quantité énorme d'eau.

5. La qualité des eaux usées

La plupart des risques environnementaux que présente la REUT sont liés au mauvais traitement des eaux usées vis-à-vis de l'utilisation qui en sont faites. La présence des produits nocifs dans les eaux usées traitées les transforme en danger pour la santé et l'environnement, créant de fait une pollution insidieuse que l'on croit éliminée lors de la phase de traitement des eaux usées. Cette pollution peut à terme contaminer les sols puis la faune et la flore, et particulièrement les produits agricoles, environnant la source d'eau en question, menaçant l'écosystème et la santé des hommes qui vivent près de la zone ou ingèrent les denrées alimentaires cultivées localement. Pour contrer ce risque de mauvais traitement impliquant un risque de pollution ou sanitaire, il est nécessaire de renforcer les capacités de suivi et de contrôle dans le laboratoire de la STEP (DEBOOS.A, 2018).

5.1. Description générale du laboratoire :

Pour assurer la bonne qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation des espaces verts, terrains de golf et conserver le bon enchaînement des processus du traitement. La STEP se dispose d'un laboratoire bien équipé pour contrôler quotidiennement la qualité des eaux à partir des paramètres physico-chimiques, bactériologique pour qu'elles soient conformes aux normes exigées.

Ce laboratoire intervient à différents niveaux :

- Au niveau de la STEP : ils effectuent des prélèvements d'eau brute et à la sortie de l'ouvrage de chaque traitement
- Les terrains de golf : ils effectuent des prélèvements à l'entrée de chaque complexe golfique pour contrôler la qualité des eaux distribuées.



Figure 36 : Présentation du laboratoire de WATERLEAU

5.2. L'échantillonnage :

Cette étape se fait par des préleveurs automatiques installés à différents niveaux de la station (entrée, sortie du secondaire, tertiaire). Ces préleveurs sont réglés à 4°C, le nombre de prélèvements qui sont au nombre de 24 ainsi que le débit. Cette précision permet d'avoir des résultats plus précis et significatifs.

5.3. Les paramètres physico-chimiques :

Ces analyses sont effectuées juste après le prélèvement pour avoir des résultats plus précis. Les paramètres physico-chimiques analysés pour les échantillons des eaux brutes, eaux après les traitements secondaire et tertiaire sont : DBO5, DCO, NGL, NH4, phosphate, MES, turbidité, couleur, pH. Les chlorures, NTK, NO2-et NO3-sont réalisés uniquement à sortie de traitement tertiaire et secondaire, tant que sulfures, phénols, chrome, cuivre, ... Alors que les éléments toxiques sont réalisés uniquement l'eau brute.

Les paramètres mesurés	Définition
Température	C'est un paramètre qui assure le développement des microorganismes et leur activité au cours du traitement. Elle agit ainsi sur d'autres paramètres physico-chimiques
pH	C'est un paramètre qui indique l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Il est essentiel pour la croissance des microorganismes.
Conductivité	C'est la capacité de l'eau à faire passer le courant. Ils donnent une idée sur la minéralisation d'eau.
Turbidité	C'est un paramètre mesuré qui donne une idée sur la clarté de l'eau. Elle est en fonction de la MES.

Couleur	C'est un paramètre qui est en fonction de la turbidité et la quantité de la MES de l'eau. Plus l'eau est traitée plus l'eau devient incolore.
MES	C'est la quantité des matières minérales et organiques contenues dans l'eau. Et elle en fonction de l'effluent, le type d'écoulement
DBO5	C'est la quantité d'oxygène nécessaire utilisée par les microorganismes pour l'oxydation de la MO biologiquement.
DCO	C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la MO et minérale contenues dans l'eau.

5.4. Paramètre bactériologique

Ce paramètre se base sur la technique de la filtration sur membrane. Cette technique permet de mettre en évidence la présence des microorganismes tels que les virus, bactéries, protozoaires et les helminthes. Cette technique permet d'avoir une idée sur l'âge de la boue et la nature des eaux de sortie.



Figure 37 : Principe de filtration sur membrane

5.5. Les résultats des analyses

5.5.1. Le débit

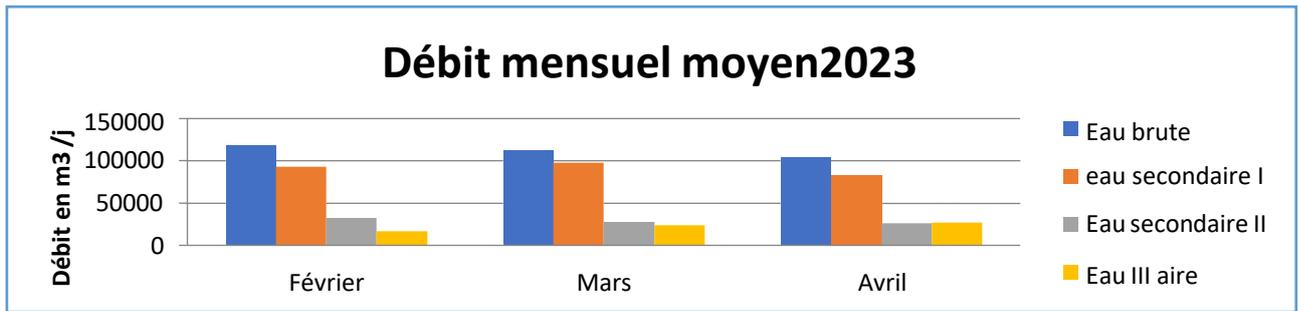


Figure 38 : Graphe montre la variation des débits des différents types d’eaux en trois mois 2023. Les débits des différentes eaux diminuent progressivement en raison d’élimination des corps solides par décantation, filtration et le traitement biologique qui décompose la MO existante à ce que l’eau soit conforme aux normes exigées.

5.5.2 : pH

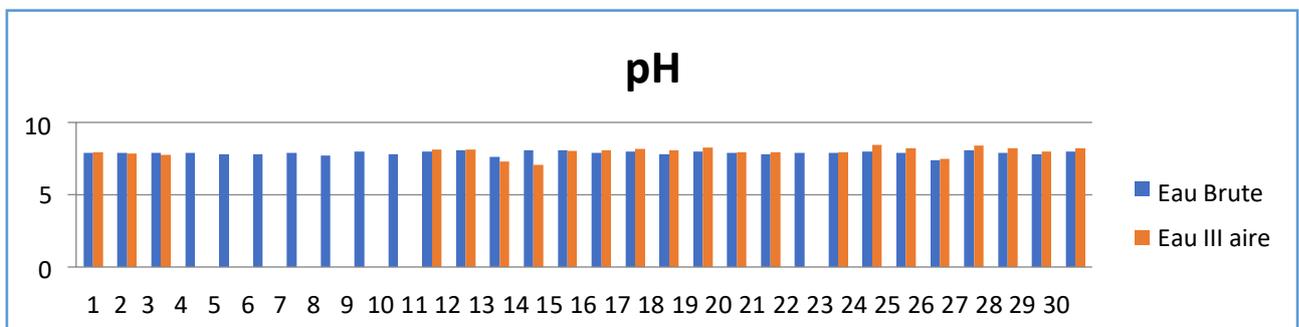


Figure 39 : Graphe montre la variation des pH dans les deux types d’eaux en Avril 2023.

Les valeurs du pH sont proches à la neutralité dans les deux types d’eaux. Les valeurs sont conformes aux normes exigées de valeur minimale 5.5 et maximale 8.5. Cette neutralité est suite à la dilution.

5.5.3. Conductivité

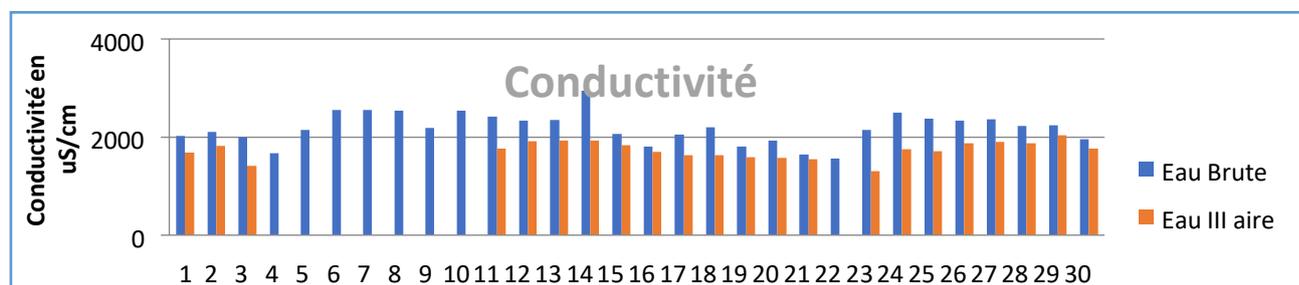


Figure 40 : Graphe montre la variation de la conductivité dans les deux types d’eaux en Avril 2023.

L’eau brute présente une conductivité importante par rapport à l’eau tertiaire suite à la diminution des ions dissouts présents dans l’eau suite aux processus de traitement. Durant le

mois d'Avril, la minéralisation de l'eau tertiaire ne dépasse pas 2000uS/cm alors que dans l'eau brute atteint jusqu'à 3000uS/cm.

5.5.4. DBO5 et DCO

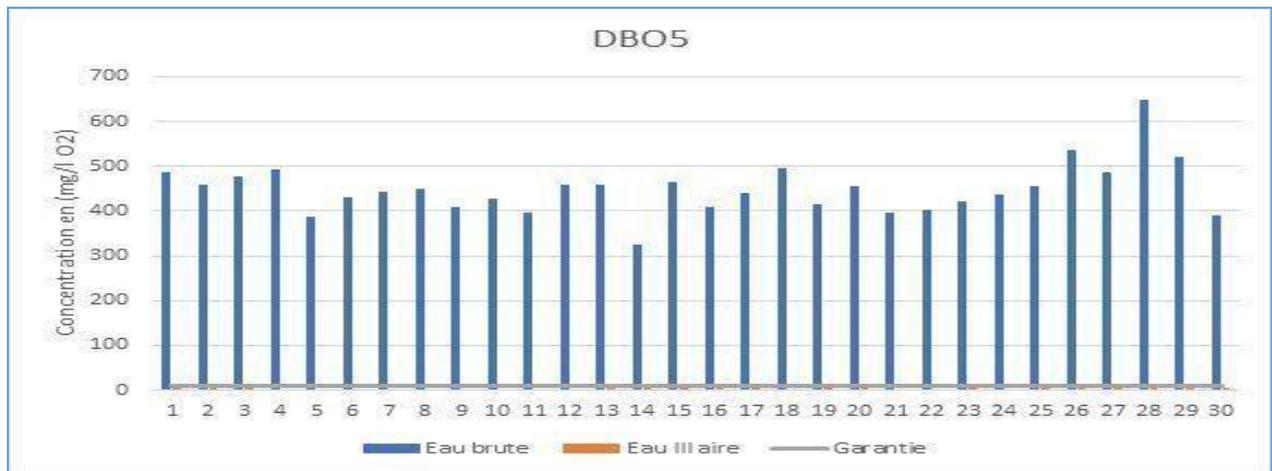


Figure 41 : Graphe montre la variation de la DBO5 en Avril 2023

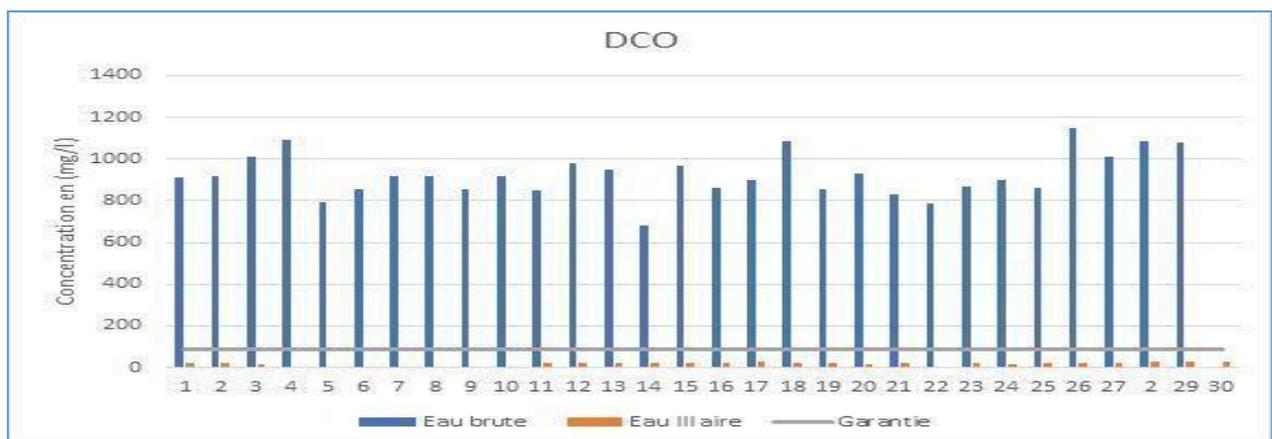


Figure 42 : Graphe montre la variation du DCO en Avril 2023

D'après les graphes 5 et 6 La valeur maximale de DCO à l'entrée peut atteindre jusqu'à 1148 mg O2/l et minimale est nulle. La valeur maximale de DBO5 à l'entrée peut atteindre jusqu'à 650 mg O2/l et à la sortie peut être non disponible. A l'entrée, l'eau se trouve chargée en quantité élevée de MO ce qui explique les valeurs importantes DBO5 et DCO dans l'eau brute mais au cours du traitement et le processus biologique, la MO est décomposée. Ce qui explique leur diminution remarquable qui est conforme aux normes exigées.

5.5.5. MES

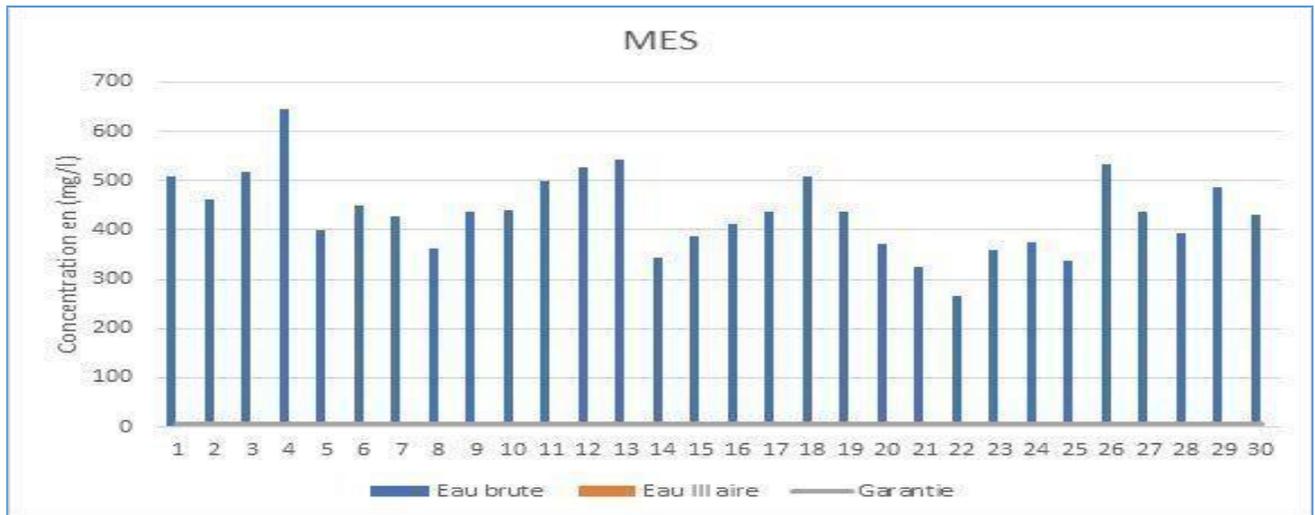


Figure 43 : Graphe montre la variation de la MES en Avril 2023

Pour la MES, comme pour la DBO5 et DCO les valeurs à l'entrée de la station sont très élevées, après le traitement ces valeurs diminuent jusqu'à atteindre des valeurs faibles à nulle des fois. Le graphe ci-dessus montre une valeur maximale de 644mg/l enregistrée dans l'eau brute et minimale de 0.8mg/l.

5.5.6. NGL



Figure 44 : Graphe montre la variation de la NGL en Avril 2023

D'après le graphe, on remarque que les analyses de NGL ne s'effectuent pas à l'entrée de la STEP, sa concentration est comprise entre 0 et 18 mg/l durant tout le mois d'Avril et ne dépasse pas la garantie à la sortie équivalente à 20 mg/l mesure de la teneur en NGL permet d'évaluer la quantité totale d'azote présent dans l'eau, ce qui peut être utile pour évaluer la pollution azotée et la capacité de l'eau à favoriser la croissance excessive d'organismes aquatiques comme les algues.

5.5.7. Nitrate-Nitrite

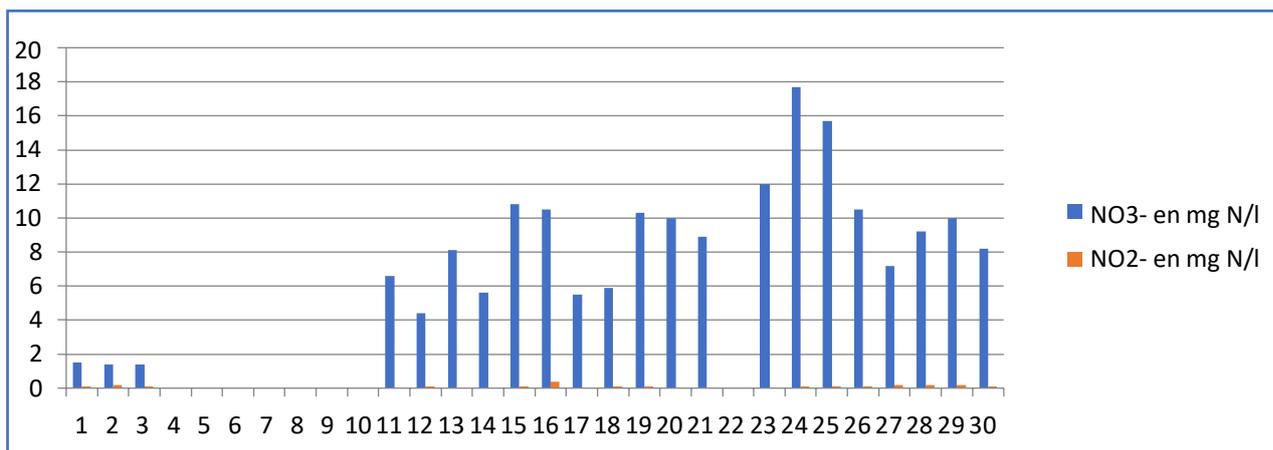


Figure 45 : Graphe montre la variation de la Nitrite –Nitrate en eau tertiaire en Avril 20233

D’après le graphe suivant, on note que la concentration du nitrate est élevée par rapport au nitrite. Dans les eaux usées traitées, il est généralement souhaitable d’avoir une concentration plus élevée de nitrate (NO₃⁻) par rapport au nitrite (NO₂⁻). Cela est dû aux processus biologiques et chimiques. La nitrification élimine complètement l’azote ammoniacal toxique et produit du nitrate qui est moins nocif pour l’environnement. En effet, la présence de nitrate dans les EUT indiqués une plus grande stabilité à long terme de l’azote et réduit le risque de pollution de l’environnement.

III. Etude d’impact environnemental des interventions de la RADEEMA sur le réseau d’eausée

Les études d’impact environnemental des interventions des stations d’épuration visent à évaluer l’impact de ces activités sur l’environnement. Les interventions dans les usines de traitement comprennent le traitement des eaux usées pour éliminer les polluants et les contaminants avant leur rejet et dans l’environnement. Les études d’impact environnemental portent sur différents aspects tels que la qualité de l’eau, la santé des écosystèmes aquatiques, la biodiversité, la qualité de l’air, le bruit, les émissions de gaz à effet de serre et d’autres paramètres environnementaux pertinents. Il évalue l’impact potentiel des interventions des stations d’épuration sur ces aspects et identifie les mesures nécessaires pour minimiser les impacts négatifs.

Voici le tableau qui montre les différentes interventions de la STEP sur les différents composants de l’environnement

Tableau 10 : Evaluation des impacts des interventions de la STEP sur les différents composants de l'environnement.

Activité	Aspect environnemental	Impact	F	G	C
File eau	Eau de javel	Pollution du sol, eau superficielle et souterraine	3	2	9
File boue	Boue déshydratées (siccité >22%)	Pollution du sol, eau superficielle et souterraine	4	2	12
File biogaz	Combustion du biogaz par les groupes cogénérateurs	Pollution de l'atmosphère	1	2	3
	Combustion du biogaz par les torchères	Pollution de l'atmosphère	2	2	6

Tableau 11 : Mesures déjà prise par le service d'assainissement

Impacts environnementaux	Mesures pour atténuer l'impact
File Eau	Mise en place des réservoirs de stockage d'eau de javel PEHD, menus des sondes de niveau (B,H et HH) pour les contrôles du niveau de remplissage et pour éviter toute éventuel débordement
File Boue	Transfer de la totalité des boues déshydratées produites par la STEP de MARRAKECH vers l'unité de séchage solaire des boues et leurs valorisations en industrie de fabrication du ciment et des briques en tant à la fois qu'auto - combustible de substitution et composant élémentaire de fabrication
File Biogaz	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la quantité de l'air de combustion • Contrôle de la T° de la cheminée
	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la T° de la cheminée • Réalisation d'analyse des composantes des émissions gazeuses issues des torchères

CONCLUSION

La rareté des ressources en eau à Marrakech ne cesse de s'aggraver. Les pressions exercées par l'irrigation, la croissance démographique, le développement urbain, industriel et touristique augmentent constamment la demande en eau. En même temps, les ressources en eau douce continuent de diminuer. Pour cela la station d'épuration cherche à améliorer la qualité des eaux suivant les normes marocaines en éliminant les polluants présents dans les eaux usées, tels que les matières organiques et les microorganismes pathogènes par des traitements mécaniques, biologiques et chimiques pour les réutiliser et conserver les ressources en eaux douces.

Afin d'éviter la plupart des risques environnementaux que présente la réutilisation qui sont liés au mauvais traitement des eaux usées. La station d'épuration de Marrakech contrôle la qualité des eaux traitées à partir des analyses faites sur tous les types d'eaux. On site :

Analyse physico-chimique : Cette analyse mesure les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, telles que le pH, la turbidité, la conductivité, la concentration d'oxygène dissous, les nutriments (azote, phosphore), les métaux lourds, les produits chimiques toxiques, etc. L'objectif est d'évaluer la charge polluante et d'ajuster les processus de traitement en conséquence.

Analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO) : Cette analyse mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader les matières organiques présentes dans l'eau. Elle permet d'évaluer l'efficacité du traitement biologique et la charge de pollution organique dans l'eau.

L'objectif global de ces analyses à la station d'épuration des eaux usées est de s'assurer que l'eau traitée répond aux normes environnementales et sanitaires requises avant d'être rejetée dans les cours d'eau ou réutilisée à d'autres fins.

En résumé, le rôle environnemental de la station d'épuration est de protéger la qualité de l'eau, de prévenir la pollution, de préserver la biodiversité.

BIBLIOGRAPHIE

- Anne Piémont, A. C. (2016). Réutilisation des eaux usées. Consulté le 2023, sur SUEZ, MEMENTO DEGREMONT.
 - C. R. Neal, W. A. House, G. J. L. Leeks, B. Whitton, R. Williams, Conclusions to the special issue of Science of the Total Environment concerning ‘The water quality of UK rivers entering the North Sea.’ Science of the Total Environment (2000), (available at [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(00\)00395-8](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(00)00395-8)).
 - Chaudier, J. (2016). Marrakech mise sur ses golfs verts. Le point.
 - DEBOOS, A. (M A R S 2 0 1 8). Réutilisation des eaux traitées en Méditerranée et impacts sur les territoires. IPEMED.
 - Google MAPS
 - Loi n°11-03 promulguée par le dahir n°1-03-59 du 12 mai 2003, Section 2-Définitions-Art.3 document PDF
 - Loi n°12-03 relative aux études d’impacts sur l’environnement, article premier document PDF.
 - MACÉ, M. (2021). TOUT SAVOIR SUR LES BOUES D’ÉPURATION. Récupéré sur le centre d'information sur l'eau.
 - Manuel RADEEMA, 2022
 - Rapport de gestion de la RADEEMA de Marrakech. (2018)
 - Service réutilisation STEP MARRAKECH, 2023
 - STEP, 2015
 - WATERLEAU, 2014
 - WATERLEAU. (2016). NOTE -PROCESS.pdf. Marrakech.
- **Sites web :**
- [1] Document consulté sur le site <https://lematin.ma/journal/2020/radeema-premier-etablissement-obtenir-label-tahceine-niveau-national/342402.html/>
 - [2] Document consulté sur le site <https://safetyculture.com/fr/themes/evaluation-des-risques/matrice-des-risques-5x5/>
 - [3] Document consulté sur le site https://ics.utc.fr/portail_linios/Linios/LINIO_gpfoad/co/methode_amdec_1.html,

ANNEXES :

ANNEXE 1 : Barème d'évaluation des impacts environnementaux

Symbole	Libellé	0	1	2	3	4
F	Fréquence		Jamais ou quelques fois durant la vie de la RADEEMA	Plusieurs fois par an	Plusieurs fois par mois	Continu ou plusieurs fois par jour
G	Gravité		Conséquences minimales et pouvant être effacées	Conséquences qui peuvent être importantes avec le temps		
S	Sensibilité	Milieu récepteur n'est pas sensible	Le milieu récepteur est sensible			
R	réglementation		Pas de réglementation ou conforme à la réglementation	Non conforme à un projet de réglementation	Non conforme à réglementation interne	Non conforme à la réglementation
C	Criticité	= F x (G+S) x R				

ANNEXE 2 : Fiche d'évaluation des impacts environnementaux pour l'eau potable

N	Activité	Sous activité	Aspect	Impact sur l'environnement	F	G	C	Mesure déjà prises
1	Maintenance du réseau	Recherches ; réparation des fuites et travaux de réfection	Fuite d'eau	Epuisement des ressources	4	2	12	-Normalisation et mise à niveau du réseau -recherche et détection de fuite sur réseau secondaire et primaire par la méthode acoustique
2			Echappement des fumées	Pollution de l'air	3	2	9	-contrôle quotidien et suivi des chantiers -exiger le contrôle réglementaire et certificats de contrôle des engins
3			Fuite d'huile	Pollution du sol	3	2	9	
4			Poussière	Pollution de l'air	3	1	6	
5			Fuite d'hydrocarbures	Pollution du sol	3	2	9	
6		Maintenance des ouvrages, équipements et SP	Déchets dangereux : chiffons souillés	Pollution du sol		2	3	8
7	Gestion du réservoir		Situation inhabituelle : Débordement du réservoir (en cas d'incident)	Epuisement des ressources	3	1	6	Supervision continue à travers le bureau central de commande (en temps réel)
8			Situation inhabituelle : fuite de réservoir (en cas d'incident)	Epuisement des ressources	1	3	4	-diagnostic visuel des états des cuves -test annuel d'étanchéité
9			Boues de nettoyage	Pollution du sol	2	1	4	-le film de boue de 0 à 3 cm de l'eau et de l'eau de javel (désinfection), d'où l'absence de prolifération bactériologique. -injection des boues dans le réseau d'assainissement

ANNEXE 3 : Fiche d'évaluation des impacts environnementaux pour l'eau usée

Activité	Aspect environnemental	Impact	F	G	C	Mesures pour atténuer l'impact
File eau	Eau de javel	Pollution du sol, eau superficielle et souterraine	3	2	9	Mise en place des réservoirs de stockage d'eau de javel PEHD ,menus des sondes de niveau (B,H et HH) pour les contrôles du niveau de remplissage et pour éviter toute éventuel débordement
File boue	Boue déshydratées (siccité >22%)	Pollution du sol, eau superficielle et souterraine	4	2	12	Transfer de la totalité des boues déshydratées produites par la STEP de MARRAKECH vers l'unité de séchage solaire des boues et leurs valorisations en industrie de fabrication du ciment et des briques en tant à la fois qu'auto -combustible de substitution et composant élémentaire de fabrication
File biogaz	Combustion du biogaz par les groupes cogénérateurs	Pollution de l'atmosphère	1	2	3	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la quantité de l'air de combustion • Contrôle de la T° de la cheminée
	Combustion du biogaz par les torchères	Pollution de l'atmosphère	2	2	6	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la T° de la cheminée • Réalisation d'analyse des composantes des émissions gazeuses issues des torchères