

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE
& BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRE

OPTION : QUALITE DES PRODUITS ET
SECURITE ALIMENTAIRE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master professionnel**

Par :

BENSAADI Mouna

***Diagnostiques des Procédés de traitement des eaux usées
dans la station d'épuration de M'sila***

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. RAHALI Abdellah Président

Dr. KAMEL cherif Examineur

Dr. DRIF Seif Eddine Rapporteur

Année Universitaire : 2024/2025

Dédicace

*Je voudrais tout d'abord dire : Louange à Allah qui m'a inspiré le courage et la volonté de faire ce
modeste travail*

*Je dédie ce mémoire : à ma mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de
prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son
sacrifier afin que rien n'entrave le déroulement des études*

A mon frère ABDELKADER et leurs enfants

A mes sœurs IBTISSEM, SOUMIA et ma petite sœur et ma meilleur amie RANIA.

*A mon mari, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail
et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.*

A mes filles AMANI et RAFIF et mon fils HASSEN.

A mon chère amie ZEGHLACHE AMINA.

A tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci infiniment

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu de m'avoir donné la volonté, la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers à mon encadreur Dr. DRIF Seifeddine, qui a accepté de superviser ce mémoire et ma offert des conseils précieuse. On le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa disponibilité durant mon préparation de ce mémoire.

Je tiens à remercier sincèrement tous les membres de mon comité de thèse pour leur précieuse contribution et leurs suggestions constructives. Votre examen attentif et vos commentaires éclairés ont grandement amélioré la qualité de ce mémoire.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers mes collègues et mes amis qui ont soutenu et encouragé mes efforts tout au long de cette aventure académique.

En fin, je voudrais exprimer ma gratitude envers ma famille pour leur soutien constant et leur encouragement indéfectible tout au long de mes études. Votre amour. Votre confiance et vos encouragements ont été mes sources d'inspiration les plus profondes.

Sans l'aide et le soutient de chacun d'entre vous, l'achèvement de ce mémoire de master n'aurait pas possible. Je suis reconnaissante pour toutes les opportunités d'apprentissage et de croissance que j'ai eues grâce à vous.

Encore une fois, merci du fond du cœur pour votre soutien inestimable.

Sommaire

Dédicace.....	2
Remerciements.....	3
Sommaire.....	4
Liste des abréviations.....	7
Liste des figures.....	8
Liste des tableaux.....	9
Introduction Générale.....	11
CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées.....	14
I.1 Définition des eaux usées	14
I.2 Origine des eaux usées.....	14
I.2.1 Les eaux usées domestiques.....	14
I.2.2 Les eaux usées industrielles.....	14
I.2.3 Les effluents agricoles.....	14
I.2.4 Les eaux de ruissellement.....	15
I.3. Système d’assainissement.....	15
I.3.1. Le système unitaire.....	15
I.3.2. Le système séparatif.....	15
I.3.3. Le système pseudo-séparatif.....	15
I.4. Les impacts du rejet d’eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate.....	15
I.5. Caractéristiques et composition des eaux usées.....	16
I.6. Définition de la pollution.....	16
I.7. Paramètres de pollution.....	17
I.7.1. Paramètre organoleptique.....	17
I.7.2. Paramètre généraux	17
I.7.3. Paramètres complémentaires.....	19
Chapitre II : Procédés d’épuration des eaux Usées.....	21
II.1. L’importance d’épuration des eaux usées.....	22
II.2. Procédés d’épuration des eaux usées.....	22
II.2.1. Prétraitement.....	23
II.2.1.1. Dégrillage.....	23
II.2.1.2. Tamisage.....	24
II.2.1.2.3. Dessablage.....	24
II.2.1.2.4. Le déshuilage-dégraissage.....	24

II.2.2. Traitements Primaires.....	24
II.2.3. Les traitements biologiques.....	25
II.2.3.1. Traitement biologique extensifs.....	25
II.2.3.2. Traitement biologique intensifs.....	27
II.2.4. La décantation secondaire.....	30
II.2.5. Traitement tertiaire.....	31
II.2.5.1. Elimination des MES et de la matière organique.....	31
II.2.5.2. Elimination de l'Azote.....	31
II.2.5.2.1. Elimination biologique de l'azote.....	32
II.2.5.3. Elimination du phosphore.....	32
II.2.6. La désinfection.....	33
II.2.6.1. La désinfection par chloration.....	33
II.2.6.2. La désinfection par l'ozone.....	33
II.2.6.3. La désinfection par l'UV.....	34
II.3. Le traitement des boues.....	34
II.3.1. Epaissement.....	34
II.3.2 Stabilisation.....	34
II.3.3. Déshydratation et conditionnement.....	34
II.3.4. Séchage.....	35
CHAPITRE III : Représentation de la STEP de la wilaya de M'sila.....	37
III.1. Localisation de la wilaya de M'sila.....	37
III.2. Localisation de la station d'épuration des eaux usées.....	37
III.3. Procèdes d'épurations des eaux usées.....	39
III.3.1. Prétraitement ou traitement primaire.....	39
III.3.1.1 Dégrillage grossier.....	39
III.3.1.2 Poste de relevage.....	40
III.3.1.3 Dégrillage fin.....	40
III.3.1.4 Dessablage / déshuilage.....	40
III.3.1.5. Ouvrage de répartition.....	41
III.3.2. Traitement secondaire.....	41
III.3.2.1 Bassins biologiques.....	44
III.3.2.2. Ouvrage de répartition.....	46
III.3.2.3. Décantation secondaire.....	46
III.3.3. Le traitement des boues.....	48
III.3.3.1. Station de pompage des boues.....	48
III.3.3.2. L'épaissement.....	48

III.3.3.3. Déshydratation des boues.....	49
CHAPITRE IV : Matériels et méthodes.....	52
IV.1.1. L'échantillonnage.....	52
IV.1.2. Prélèvement des échantillons d'eau.....	52
IV.2.1. Les Analyses organoleptiques.....	54
IV.2.1.1. La couleur.....	54
IV.2.1.2. L'odeur.....	54
IV.2.2. Les Analyses physico-chimiques.....	54
IV.2.2.1. La température.....	54
IV.2.2.2. Le potentiel hydrogène (pH).....	54
IV.2.2.3 La conductivité électrique (CE).....	54
IV.2.2.4. Les matières en suspension (MES).....	55
IV.2.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO).....	55
IV.2.2.6 La demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	56
CHAPITRE V : Résultats et discussions.....	58
V.1. Les caractéristiques organoleptiques.....	59
V.1.1. La couleur.....	59
V.1.2. L'odeur.....	59
V.2. Les analyses physicochimiques.....	60
V.2.1. La variation de La température.....	60
V.2.2. La variation de pH.....	60
V.2.3. La variation de la Conductivité.....	62
V.2.4. la Variation de la matière en suspension (MES).....	63
V.2.5. La variation de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	65
V.2.6. La variation de la Demande chimique en oxygène (DCO).....	66
V.3. Calcul de rendement épuratoire de la station.....	67
Conclusion Générale.....	68
Références Bibliographiques.....	69
ANNEXE.....	72
Résumé.....	73

Liste des abréviations

STEP : Station d'épuration des eaux usées.

NH₄⁺: Azote ammoniacal (mg/l).

NH₃ : ammoniac (mg/l).

NO₂⁻ : les ions nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates.

K : constante de la biodégradabilité.

PH : le potentiel hydrique.

MES : Matières en suspension.

DCO : demande chimique en oxygène.

DBO : demande biochimique en oxygène.

NTK : L'azote total de Kjeldahl.

MS : Matière sèche.

MVS : Matière volatile en suspension.

T : Température

O₂ : Oxygène dissous.

ONA : Office National d'Assainissement.

CET : Centre d'enfouissement technique.

DHW : Direction d'hydraulique de la wilaya de M'sila.

Liste des figures

Figure II.01 : Schéma des principales filières de traitement des eaux usées.....	23
Figure II.02 : Epuration biologique aérobie.....	25
Figure II.03 : Lagunage naturel (bassin de finition à macrophytes).....	26
Figure II.04 : Lagunage aéré.....	27
Figure II.05 : lit bactérien.....	28
Figure II.06 : Schéma de principe d'un disque biologique.....	29
Figure II.07 : Traitement biologique par boues activée.....	30
Figure II.08 : Décantation secondaire.....	31
Figure III.01 : Carte administrative de la ville de M'sila.....	37
Figure III.02 : Photo de la STEP à partir de Google earth.....	38
Figure III.03 : Les dégrillages grossiers.....	40
Figure III.04 : La station de relevage.....	40
Figure III.05 : Les dégrilleurs fins.....	41
Figure III.06 : Le dessableur/déshuileur.....	42
Figure III .07: Mécanisme de l'extraction du sable (calibreur de sable).....	42
Figure III .08 : Le bassin anoxique.....	44
Figure III .09: Le bassin d'aération.....	45
Figure III .10: Ouvrage de répartition.....	46
Figure III. 11 : Décanteur secondaire.....	47
Figure III.12 : Les filtres presse à bandes.....	49
Figure III.13 : Les lits de séchage.....	50
Figure V.01 : Variation T (C°) STEP M'SILA.....	60
Figure V.02 : Variation pH STEP M'sila.....	61
Figure V.03 : Variation de conductivité de la STEP M'sila.....	63
Figure. V. 04 : Variation MES STEP M'SILA.....	64
Figure V. 05: Variation DBO5 STEP M'SILA.....	65
Figure V.06 : Variation DCO de la STEP de M'SILA.....	67

Liste des tableaux

Tableau II.01 : Classification des procédés à boues activées.....	30
Tableau III.01 : Fiche technique de la station d'épuration.....	38
Tableau III.02 : Les dimensions relatives au dessableurs/déshuileurs.....	43
Tableau III.03 : Les dimensions des bassins biologiques.....	45
Tableau III.04 : Les dimensions relatives aux décanteurs.....	47
Tableau III.05 : Les Dimensions des épaisseurs.....	49
Tableau IV.1 : la chronologie des prélèvements et les paramètres analysées.....	53
Tableau IV.2: Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO5.....	56
Tableau V01 : Variation T (c°) STEP M'SILA.....	59
Tableau V.02 : Variation pH STEP M'SILA.....	61
Tableau V.03 : Variation COND STEP M'SILA.....	62
Tableau V.04 : Variation COND STEP M'SILA.....	63
Tableau V.5: Variation DBO5 STEP M'SILA.....	65
Tableau V.6: Variation DCO STEP M'SILA.....	66

Introduction

Introduction Générale

L'eau est une ressource essentielle à la vie et au développement des sociétés humaines. Elle est indispensable pour de nombreuses activités, notamment domestiques, industrielles et agricoles ; Cependant, avec l'industrialisation et la croissance démographique, la pollution de l'eau est devenue un problème majeur.

Les chiffres publiés par l'UNICEF en 2023, révèlent que chaque jour, plus de 1000 enfants de moins de 5 ans meurent de maladies dues à l'insalubrité de l'eau et à mauvaises conditions d'assainissement et d'hygiène. Les maladies diarrhéiques qui constituent la quatrième cause de mortalité dans le monde chez les moins de 5 ans sont essentiellement dues à l'insalubrité de l'eau destinée à la consommation humaine et à inadéquation des systèmes d'assainissement et d'hygiène [1].

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement, sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur la santé humaine, la flore et la faune [2].

Face à ces défis, les stations d'épuration jouent un rôle crucial dans le traitement des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.

D'après les chiffres de l'Office national de l'assainissement **ONA** de l'année 2023, l'Algérie compte actuellement un nombre de 174 STEP (88 boues activées /35 lagunes aère /48 lagunes naturel/03filtres plante) en exploitation avec un volume collecte 1.3 milliards de m³/an et un volume mensuel des eaux épurées de 23.25 Millions m³.

Actuellement, l'Algérie promeut la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation par le biais de l'Office National de l'Assainissement (ONA) qui déclare que pour l'année 2023, un volume de 15.3millions m³ /an d'eaux épurées ont servi à l'irrigation des terres agricoles, soit un taux de réutilisation de 05 % du volume épuré [3]

Dans ce contexte, il est essentiel d'évaluer l'efficacité des procédés de traitement des eaux usées afin d'optimiser leur performance. Plusieurs questions se posent alors :

Quels sont les procédés les plus couramment utilisés dans le traitement des eaux usées ?

Quels sont les paramètres permettant d'évaluer l'efficacité des traitements ?

Comment améliorer la performance des stations d'épuration ?

Ce travail de recherche vise à analyser l'efficacité des procédés de traitement des eaux usées dans la station d'épuration de la ville de M'sila ; étudier les différentes étapes du traitement (prétraitement, traitement primaire, secondaire et tertiaire) ; évaluer la performance des procédés de traitement en fonction des paramètres physico-chimiques et biologiques des effluents traités.

CHAPITRE I :

Généralités sur

les eaux usées

I.1.Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique .A cette charge s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales[4].

I.2.Origine des eaux usées

Les eaux usées sont perçues comme une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants :

I.2.1.Les effluents domestiques

Constitués d'eaux-vannes (excréments, urine, boues fécales) et d'eaux grises (eaux usagées provenant du lavage, de la lessive et du bain) ; les eaux provenant des commerces et institutions, y compris les hôpitaux [5].

I.2.2. Les effluents industriels

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique.
- soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.
- soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

Ce dernier cas ne nous intéresse pas dans le cadre de la réutilisation des eaux usées épurées. Dans le cas d'un rejet dans le réseau domestique, avec ou sans prétraitement, les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est très étroitement liée à l'activité industrielle concernée et peut prendre des formes innombrables [6].

I.2.3. Les effluents agricoles

Les activités agricoles libèrent plusieurs types de polluants dans l'environnement. Ces polluants ont des répercussions sur les écosystèmes aquatiques en raison de leur importation à partir des exploitations, du transport le long du cycle hydrologique et de la concentration dans les plans d'eau.

Les voies de pollution types sont les suivantes :

- la percolation dans les eaux souterraines.
- le ruissellement de surface, l'eau de drainage, et l'écoulement vers les cours d'eau, les rivières et les estuaires.
- l'adsorption sur les sédiments issus de l'érosion d'origine naturelle ou humaine vers des ruisseaux riches en sédiments [5].

I.2.4. Eaux de ruissellement

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non. [6].

I.3. Système d'assainissement

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration. On distingue :

I.3.1. Le système unitaire

Le système unitaire évacue eaux usées et eaux pluviales par un seul réseau. Les volumes à traiter sont donc beaucoup plus importants par temps de pluie que dans un réseau séparatif [10]

I.3.2. Le système séparatif

A la différence du système unitaire, le système séparatif évacue les eaux usées domestiques dans un réseau spécifique [10].

I.3.3. Le système pseudo-séparatif

Le système pseudo-séparatif est celui dans lequel, comme en système séparatif, les eaux pluviales provenant des toitures et cours intérieures sont raccordées au réseau eaux usées. Les eaux pluviales provenant des surfaces de voirie, lorsqu'elles sont collectées, le sont dans un réseau séparé [10].

I.4. Les impacts du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate

Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate peuvent être classées en trois catégories :

- les effets indésirables sur la santé associés à une réduction de la qualité de l'eau ;
- les effets environnementaux négatifs en raison de la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes ;
- les effets potentiels sur les activités économiques : la disponibilité de l'eau douce étant cruciale pour maintenir le bien-être économique de toute communauté humaine, la mauvaise qualité de l'eau constitue un obstacle supplémentaire au développement économique [5].

I.5. Caractéristiques et composition des eaux usées

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir en concentrations variables :

- des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables,
- des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organiques huiles, graisses, hydrocarbures, etc.), ...
- des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous,
- des microorganismes végétaux (algues, plancton, ...) ou animaux (protozoaires, bactéries...).

Ces différents constituants des eaux usées présenteront des comportements spécifiques vis-à-vis des modes de traitement auxquels ils seront soumis avant leur rejet dans le milieu naturel. Ces comportements sont liés d'une part à la taille des particules présente et à leur état physique (soluble, coagulable ou décantable) mais ils dépendent également pour une large part de leur aptitude à la biodégradation, à l'oxydation ou encore à l'adsorption [7].

I.6. Définition de la pollution

On appelle pollution une dégradation ou une altération de l'environnement, en général liée à l'activité humaine par diffusion directe ou indirecte de substances chimiques, physiques ou biologiques qui sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants ou qui perturbent de manière plus ou moins importante le fonctionnement naturel des écosystèmes. Outre ses effets sur la santé humaine et animale, elle peut avoir pour conséquences la migration ou l'extinction de certaines espèces qui sont incapables de s'adapter à l'évolution de leur milieu naturel.

I.7. Paramètres de pollution

Ils correspondent aux méthodes d'analyse normalisées permettant de caractériser une eau résiduaire et de connaître son niveau de contamination :

I.7.1. Paramètre organoleptique

- **Couleur**

La couleur varie après filtration est due à la présence de matière organique dissoutes, de fer ferrique précipité à l'état hydroxyde colloïdale, de fer ferreux lié à des complexes organique et de divers colloïdes. il n'existe pas de lien entre la couleur et la concentration en matières organique [4].

- **Odeur**

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition [7].

I.7.2. Paramètre généraux

- **Température**

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatique [4].

- **PH**

Le potentiel hydrogène est le paramètre global le plus simple dont l'évaluation correspond à un critère de qualité ; Le pH est un paramètre très important dans l'environnement car un rejet avec un pH trop faible ou trop fort peut avoir un effet néfaste sur les organismes aquatiques : plus un rejet s'éloigne de la neutralité, plus la vie biologique est perturbée voire difficile [8].

- **La turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité [7].

- **Conductivité**

L'ensemble des électrolytes présents dans une solution conditionne sa conductivité électrique et traduit ainsi sa minéralisation totale.

La conductivité permet ainsi d'évaluer la quantité de substance minérale dissoute sous forme ionique (elle est globalement proportionnelle à la teneur en sels dissous) [8].

- **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous dans l'eau est indispensable à toute forme de vie aquatique. Il provient principalement de l'atmosphère et de la photosynthèse des algues. La teneur s'exprime en mg/l ou en pourcentage de saturation en oxygène.

Cette teneur dépend de nombreux facteurs : température, pression atmosphérique, salinité, pénétration de la lumière, quantité de nutriments, respiration des organismes aquatiques, oxydation et dégradation des polluants, etc [8].

- **Débit**

La connaissance de la charge polluante nécessite non seulement la détermination de la qualité du rejet mais également la mesure d'un débit en continu en utilisant un débitmètre. Le débit exprime la quantité d'eau qui circule pendant un intervalle de temps donné. Il est exprimé en m^3 /h ou en m^3 /j [8].

- **DCO (demande chimique en oxygène)**

Elle représente la consommation d'oxygène nécessaire à l'oxydation non biologique de l'ensemble des matières organiques présentes dans l'effluent, qu'elles soient ou non biodégradables [4].

- **DBO5 (demande biochimique en oxygène)**

Elle représente la quantité de pollution biodégradable. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire, pendant 5 jours, aux matières organiques contenues dans l'eau pour oxyder une partie des matières carbonées [4], cette mesure est réalisée après cinq jours d'incubation à l'obscurité et à 20°C [8].

On peut également déterminer une DBO sur 21 jours (DBO21) :

Les transformations des matières organiques s'effectuent en effet en deux stades :

- 1ère stade, se rapportant aux composés carbonés, début immédiatement et s'achève au bout de 20 jours.
- Le second, se rapportant aux composés azotés ne commence qu'au bout d'une dizaine de jours [8].

- **Carbone total organique (COT)**

Un échantillon d'eaux résiduaires est susceptible de contenir en proportions variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles (carbone organique purgeable) et de carbone minérale dissous (carbonate, dioxyde de carbone), voire particulaire (charbon actif) [4].

I.7.3. Paramètres complémentaires

Les paramètres complémentaires sont, par exemple, les paramètres indicateurs de nutriments tels que l'azote et le phosphore. Ces deux espèces chimiques sont des éléments nutritifs indispensables au développement des végétaux.

Cependant, leur excès, dû aux rejets industriels et agricoles et aux eaux domestiques, entraîne une eutrophisation des cours d'eau où ils sont rejetés qui peut être néfaste à la vie aquatique.

▪ Substances azotées

L'azote peut se trouver dans les eaux de rejets sous forme minérale ou organique à différents niveaux d'oxydation que l'on distingue en trois types de formes: l'azote ammoniacal (forme réduite), l'azote organique (forme réduite) et l'azote minéral (deux formes oxydées).

La somme de ces différentes formes, exprimée en mg N/l, constitue l'azote total [8].

▪ Composés phosphorés

Le phosphore et ses composés (composés phosphorés ou matières phosphorées) sont également responsables de l'eutrophisation [8].

▪ Matière oxydables

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau. A partir de DBO5 et de DCO, selon la formule [4] :

$$MO = (2DBO5+DCO)/ 3$$

▪ Biodégradabilité

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

- Si $K < 1.5$, cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;

- Si $1.5 < K < 2.5$, cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2.5 < K < 3$, les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $k > 3$, les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures... etc.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique [9].

Chapitre II

Procédés d'épuration des eaux Usées

II.1. L'importance d'épuration des eaux usées

Le traitement approprié des eaux usées avant leur rejet réduit les charges de pollution sur l'environnement ainsi que les risques pour la santé humaine.

L'eau n'est pas la seule ressource qui peut être récupérée à partir des eaux usées : des nutriments, de la matière organique, de l'énergie et d'autres sous-produits utiles peuvent également être extraits de certains types d'eaux usées. (Par exemple la récupération d'énergie (biogaz) à partir des boues d'épuration.

La récupération de l'eau et de sous-produits utiles est essentielle pour assurer un équilibre entre le développement économique d'une part, et la protection de l'environnement et des ressources, d'autre part, dans le cadre d'une économie circulaire [5].

II.2. Procédés d'épuration des eaux usées

Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage, puis par flottaison/décantation (pour les sables et les graisses). Vient ensuite un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie de MES. Des traitements physico-chimiques et/ou biologiques sont ensuite appliqués, afin d'éliminer la matière organique. Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation. Enfin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur. Il existe également des traitements dits extensifs, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physiques et naturels [6].

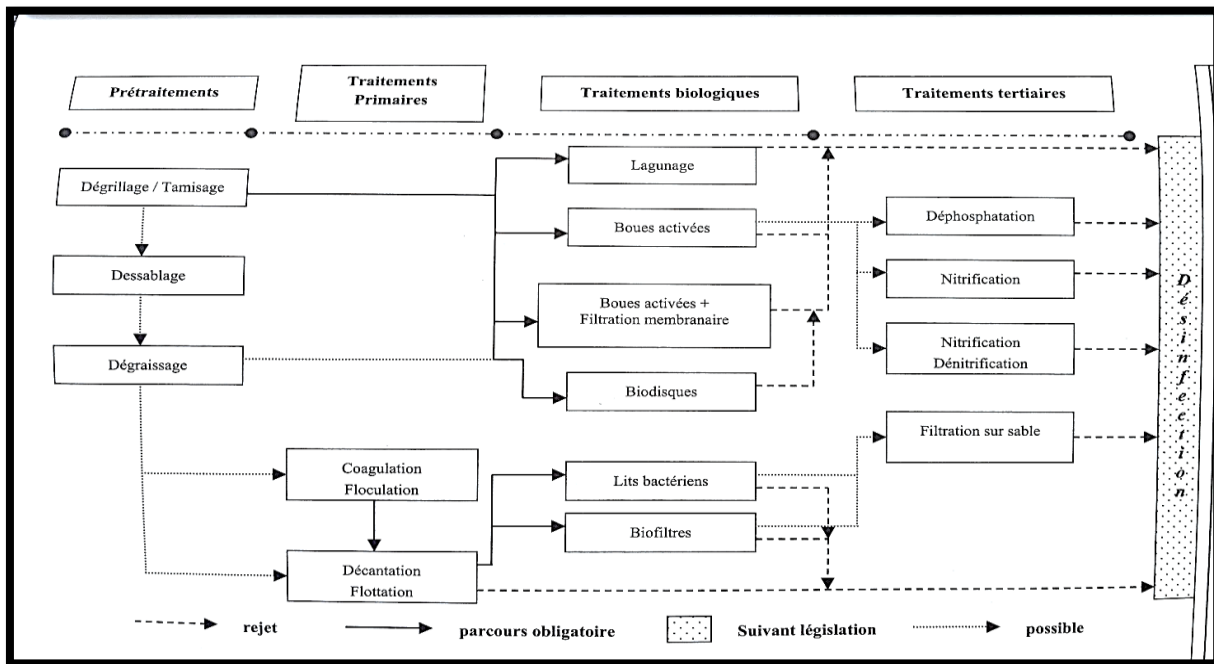


Figure II.01 : Schéma des principales filières de traitement des eaux usées [26]

II.2.1. Prétraitement

Les prétraitements permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures, Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles :

II.2.1.1. Dégrillage

Les grilles éliminent des déchets encombrants des eaux résiduaire, elles sont utilisées en premier lieu pour des raisons de sécurité : protègent les ouvrages postérieurs, évitent l'obstruction des installations d'épuration et des avaries.

L'installation de dégrillage se compose d'un canal, de la grille, du dégrilleur et d'une benne pour les déchets [4]

L'espacement entre les barreaux permet de fixer la taille des déchets à éliminer pour cela on distingue trois types de dégrillage, en fonction de la taille de détritrus à éliminer :

- 30 à 100 mm : prédégrillage
- 10 à 30 mm : dégrillage moyen
- 3 à 10 mm : dégrillage fin [24].

II.2.1.2. Tamisage :

Cette opération constitue un dégrillage fin, Le tamisage est utilisé lorsque les substances particulières peuvent être facilement séparées des eaux usées à l'aide d'un tamis [11].

On distingue :

- Le macrotamisage (dimension de maille $>250\mu\text{m}$)
- Le microtamisage ($30\mu\text{m} < \text{vide de maille} < 150\mu\text{m}$) [24].

II.2.1.2.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux les graviers ; sables et les particules minérales plus ou moins fines [4], dessableur s'avère indispensable afin :

- de protéger les équipements électromécaniques ;
- d'éviter les risques de bouchage des conduites et les dépôts dans les divers ouvrages [13].

II.2.1.2.4. Le déshuilage-dégraissage

L'élimination des graisses en entrée de station constitue un prétraitement efficace qui doit permettre :

- D'éviter le colmatage de certaines canalisations ;
- d'éviter l'apparition de billes de graisses en surface du clarificateur (et du bassin d'aération) ;
- de limiter les risques de développement de mousses et de bactéries filamenteuses.

La mise en place d'un dégraisseur efficace s'avère indispensable, dès lors que les effluents bruts sont particulièrement chargés en graisses [13].

II.2.2. Traitements Primaires

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation [12].

Cette phase permet l'élimination d'une partie importante des matières en suspension (50 à 90 % suivant la technique) sous forme de boues liquides (au mieux 40 g/l de matières sèches). De ce fait, une partie de la DBO5 et de la DCO est aussi retenue, les autres polluants (azote et phosphore) sont peu touchés sauf dans le cas du traitement physico-chimique où le phosphore peut être précipité par des sels métalliques [14].

II.2.3. Les traitements biologiques

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

Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture [16].

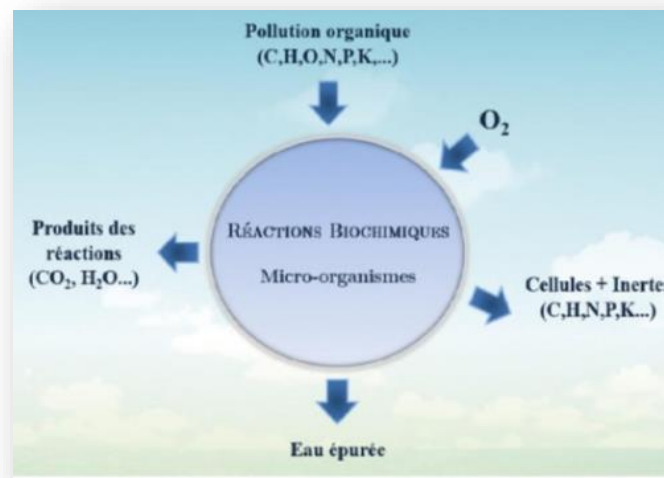


Figure II.02 : Epuration biologique aérobie [16].

II.2.3.1. Traitement biologique extensifs

Les procédés dits extensifs, dans lesquels l'oxygène utilisé par les micro-organismes est celui qui est présent naturellement, produit par la photosynthèse des végétaux et les échanges de surface (air / eau) [10].

- **Lagunage (cultures libres)**

Il s'agit d'un bassin ou d'un système de bassins, exposés à l'air libre, et destinés au traitement biologique des eaux usées. Ils stimulent, en l'amplifiant, l'action auto épuratrice des étangs ou des lacs [18].

On peut les classer en fonction de leur régime (aérobie ou non) ou en fonction de leur place dans la filière épuratoire :

- Anaérobies : sorte de prédateurs exposés à l'air ;
- Aérobies : fonctionnant grâce à une association typique d'algues et des bactéries, complétée éventuellement par une aération mécanique ;
- Facultatifs : ou la zone supérieur est aérobie et la zone inférieure anaérobie.

Selon l'autre classement, on distingue des bassins :

- Primaire : recevant des eaux brutes ;
- Secondaire : recevant des eaux prédécantées ;
- De maturation : destinés à diminuer les pathogènes ;
- A poisons : placés en épurateurs tertiaires [18].



Figure II.03 : Lagunage naturel (bassin de finition à macrophytes) [10]



Figure II.04 : Lagunage aéré [10]

▪ **La infiltration /percolation (cultures fixées)**

Le procédé consiste à infiltrer des eaux usées décantées ou issues de traitements secondaires dans des bassins creusés dans le sol en place ou remplis de sables rapportés. Le milieu granulaire joue le rôle de filtre physique et de support de réaction biologiques à caractère aérobie.

Les eaux usées ayant préalablement subi une décantation primaire, sont déversés et repartis sur massif de sable. les eaux sont d'abord débarrassées des matières en suspension par filtration à la surface du massif, puis au cours de leur percolation au travers du massif, perdent leur matière organique dissoute « qui est absorbée puis dégradée » et leur azote ammoniacal qui est retenu sur la phase stationnaire puis oxydé grâce aux bactéries fixées qui se développent au sein du massif [19].

II.2.3.2. Traitement biologique intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel.

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- Les lits bactériens et disques biologiques ;
- les boues activées ;

➤ les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée [15].

▪ **Lit bactérien (cultures fixées)**

Ce procédé repose également, sur l'activité épuratoire de bactéries déjà présentes dans les eaux usées. Mais au lieu de laisser ces micro-organismes se développer librement dans l'eau en suspension, il les maintient sur place en leur fournissant des supports minéraux ou synthétiques, d'où l'appellation de "lits bactériens" et l'appartenance de ce procédé à la famille des "cultures fixées". L'eau à épurer est amenée plusieurs fois au contact de ces micro-organismes, puis passée dans un clarificateur jusqu'à ce qu'elle retrouve une qualité suffisante [10].



Figure II.05 : lit bactérien [10]

▪ **Disques biologiques (cultures fixées)**

Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),
- du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes [15]).

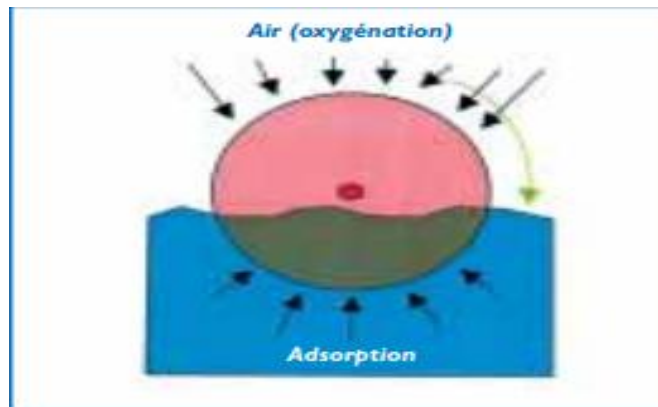


Figure II.06 : Schéma de principe d'un disque biologique [15]

▪ Biofiltration

Le développement actuel de cette technique vise à réaliser simultanément, dans le même ouvrage, réaction biologique de dégradation de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité. Elle ne comporte donc pas de clarification finale par décantation.

L'ouvrage se présente comme un filtre garni en matériaux de granulométrie suffisamment faible (charbons minéraux, matériaux naturels-Argile-expansés, matière synthétique) pour obtenir un effet de filtration efficace [4].

▪ Boues activées (cultures libres)

L'épuration biologique des eaux résiduaires par procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération [17].

Cette culture bactérienne se développe à partir des matières organiques biodégradables apportées par les eaux usées qu'elle transforme en corps bactériens.

La séparation de la boue avec l'eau interstitielle traitée est réalisée dans un ouvrage placé à aval appelé clarificateur. Afin de permettre cette opération dans des conditions réalistes et simplifier, la croissance bactérienne devra être de type floculé [17].

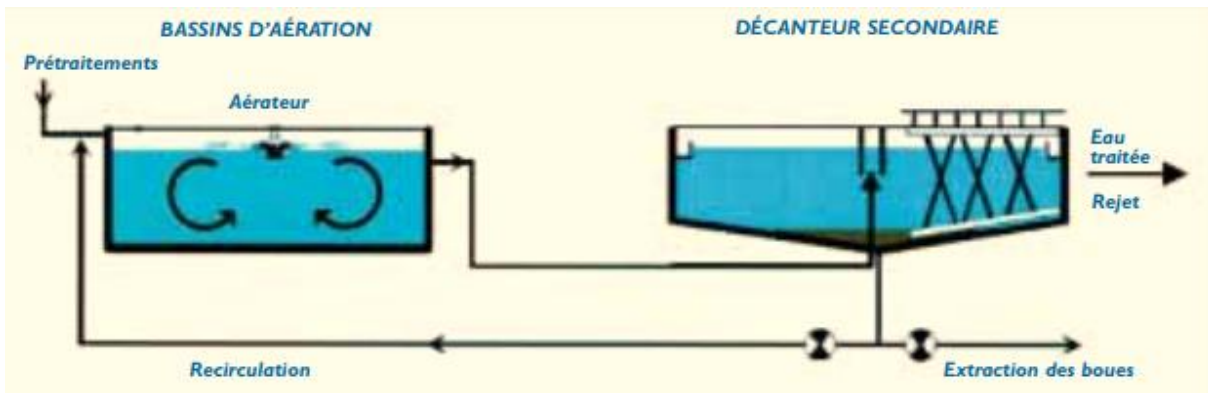


Figure II.07 : Traitement biologique par boues activées [15]

➤ **Classification des procédés à boues activées :**

L'ensemble de la microfaune a des temps de génération très différents ; ce facteur intervient dans la sélection des populations par l'intermédiaire de l'âge de boue du système.

En effet, l'âge de boue, donc celui de la culture est très différent selon le domaine de charge de l'installation.

Tableau II.01 : Classification des procédés à boues activées [17]

Type de boue activée	Charge massique (Kg DBO ₅ /Kg MVS.j)	Age de boue
Très forte charge	(Cm > 1)	Quelques heures
Forte charge	(Cm ~1)	Quelques heures au jour
Moyenne charge	(Cm <0,5)	Quelques jours
Faible charge	(Cm <0,2)	Supérieur à 10 jours
Aération prolongée	(Cm <0,1)	Supérieur à 20 jours

II.2.4. La décantation secondaire

La décantation secondaire, également appelée clarification, la biomasse produite dans le réacteur biologique est généralement séparée de l'effluent au moyen d'un décanteur gravitaire [19] ; Lors d'une phase de décantation, l'élimination des micro-organismes se fait principalement par décantation de MES (sur lesquelles ils sont adsorbés) [6].



Figure II.08 : Décantation secondaire

II.2.5. Traitement tertiaire

Traitement tertiaire peut désigner plusieurs types de traitements ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement attendre d'un traitement secondaire. Le traitement tertiaire peut viser un enlèvement plus poussé des matières en suspension ou encore viser certains paramètres pour lesquels il y a peu d'enlèvement dans un traitement secondaire comme le phosphore [15].

Selon l'objectif final prévu pour les eaux usées traitées, les critères de qualité ne sont pas les mêmes que lors d'un rejet direct en sortie de STEP. Ainsi, il y a une obligation de mettre en place un traitement tertiaire et de choisir le ou les procédés qui sont les plus adaptés vis-à-vis de la réutilisation désirée et de la qualité de l'effluent en sortie de station [20].

II.2.5.1. Elimination des MES et de la matière organique

Plusieurs traitements tertiaires basés sur le principe de la filtration sont possibles pour abattre les matières en suspension et les matières organiques.

Les procédés les plus courants sont : la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nanofiltration (NF), l'osmose inverse (OI) et la filtration sur milieu granulaire (sable, anthracite,...). L'infiltration-percolation peut également être utilisée comme traitement de finition [20].

II.2.5.2. Elimination de l'Azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par

: électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque, mais ces traitement ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [22].

II.2.5.2.1. Elimination biologique de l'azote

Le principe de l'élimination biologique de l'azote se fait par en trois étapes indispensable, suivant le cycle biologique de l'azote [25] :

- Ammonification
- Assimilation
- Nitrification et dénitrification

- **Ammonification** : c'est la première étape de la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal réalisée par des bactéries, autant en milieu anoxique qu'aérobie [25].

- **Assimilation** : il s'agit d'une transformation de la matière azotée minérale ou organique présente dans les eaux sous forme de la matière vivante (biomasse épuratrice) [25].

- **Nitrification et dénitrification**

Nitrification : elle est assurée par une biomasse spécifique autotrophe aérobie qui va transformer les composés ammoniacaux apportés par l'effluent en nitrates. Cette biomasse autotrophe nécessite une source de carbone minéral (bicarbonates) [23].

En réalité, cette étape de nitrification s'effectue en deux phases successives :

- Phase de la transformation du NH_4^+ (azote ammoniacal) en NO_2^- « par les bactéries du genre *Nitrosomonas* ».

- Phase de la transformation des nitrites (NO_2^-) en Nitrates (NO_3^-). « par les bactéries du genre *Nitrobacter* ».

Dénitrification : est assurée par une biomasse hétérotrophe aérobie présente sur la filière boue activée et capable d'utiliser l'oxygène fixé des nitrates pour former de l'azote gazeux. Cette voie métabolique est complexe et lente et n'intervient qu'aux conditions suivantes :

- L'oxygène dissous doit être absent,
- La quantité de carbone assimilable (biomasse hétérotrophe).
- Les paramètres classiques du milieu (pH, T) ne doivent pas être trop différents [23].

II.2.5.3. Elimination du phosphore

La déphosphatation est une étape clé dans les traitements tertiaires. En effet, l'utilisation massive et grandissante de phosphates dans les produits d'entretien et en agriculture pose de réels problèmes dans le milieu aquatique.

Une déphosphatation biologique peut être mise en place. La biomasse accumule alors le phosphore. Cette déphosphatation est souvent couplée avec le traitement biologique secondaire. Un traitement physico-chimique peut aussi être effectué. Dans ce cas, un ajout de chlorure ferrique permet aux ions phosphates de former un précipité de phosphate de fer, qui est ensuite éliminé par une étape de séparation [20].

II.2.6. La désinfection

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants [26].

Les caractéristiques principales d'un procédé de désinfection sont les suivantes :

- Etre efficace sur les microorganismes pathogènes
- Ne pas engendrer la formation de sous-produits indésirables
- Etre non dangereux pour la santé et l'environnement [20].

II.2.6.1. La désinfection par chloration

La méthode la plus ancienne de désinfection est l'utilisation de chlore. Le chlore est injecté directement dans les eaux usées. Il peut être utilisé sous forme de chlore gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore.

Cet oxydant très puissant permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose. C'est une technique très facile à mettre en place et peu coûteuse.

La désinfection des eaux usées par chloration peut avoir un impact négatif sur la faune et flore aquatique (toxicité du chlore résiduel). De plus, les réactions entre le chlore et les matières organiques restantes dans les eaux peuvent former des sous-produits organochlorés, parfois cancérigènes [20].

II.2.6.2. La désinfection par l'ozone

L'ozone est un gaz oxydant très puissant, qui permet de dégrader la matière organique et d'éliminer les principales sources pathogènes présentes dans l'eau [20].

II.2.6.3. La désinfection par l'UV

Le procédé d'ultraviolet se place à la suite d'un traitement secondaire du type boues activées plus clarificateur. Les rayonnements UV sont des ondes lumineuses de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. [20].

II.3. Le traitement des boues

Le traitement des boues consiste donc tout d'abord à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination.

Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires : l'épaississement, la stabilisation (souvent associée à une hygiénisation), la déshydratation et le séchage [27].

II.3.1. Epaississement

Cette opération a pour objet la séparation de l'eau interstitielle des particules de boue. Elle peut être utilisée comme première étape de traitement [24].

Le taux de siccité obtenu peut atteindre jusqu'à 10% de MS. Quelle que soit la technique utilisée, l'eau récupérée doit être recyclée en tête de station [26].

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- Epaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation).
- Epaississement dynamique : la flottation, la centrifugation.
- un système de drainage (gilles et table d'égouttage) [27].

II.3.2 Stabilisation

Ce processus limite les fermentations en vue de permettre la valorisation agricole des boues. On distingue les stabilisations chimiques ou biologiques. Pour ce dernier cas, les phénomènes peuvent être aérobies ou anaérobies. Il s'agit alors de l'étape de digestion des boues [26].

II.3.3. Déshydratation et conditionnement

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues).

La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, et facilite une utilisation en agriculture [27].

II.3.4. Séchage

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée. Plusieurs techniques de séchage sont envisageables :

- Lit de séchage.
- Séchage thermique [27].

CHAPITRE III :
Représentation de la
STEP de la wilaya de
M'sila

III.1. Localisation de la wilaya de M'sila

La ville de M'sila est située au Sud-Est d'Alger, à 256Km. Elle se situe au Nord-Est de la wilaya (Fig. n°). La commune de M'sila s'étend sur une superficie de 252 Km². Elle est délimitée, au Nord par la commune d'El Euch (BBA), à l'Est par la commune Mtarfa, à l'Ouest par la commune Oueled Mansour, au Sud par la commune Oueled Madhi et au Sud-Est par la commune d'Elsouamaa.

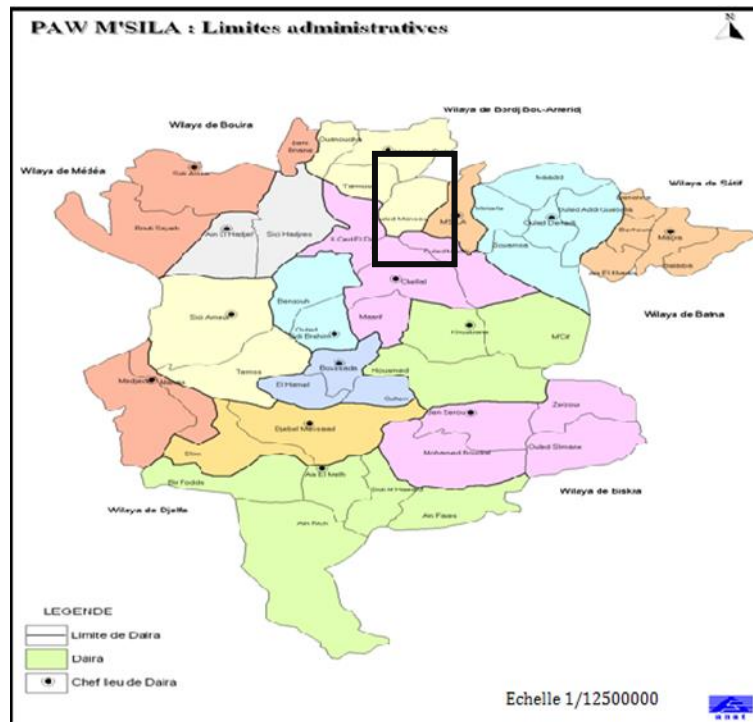
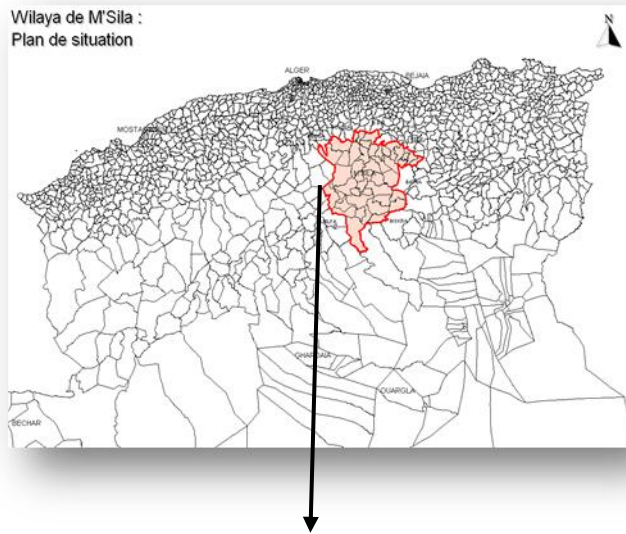


Figure III.01 : Carte administrative de la ville de M'sila (plan d'aménagement de la wilaya de M'sila, 2009)

III.2. Localisation de la station d'épuration des eaux usées

La station d'épuration de la wilaya de M'sila est située au sud à environ 9 Km du centre de la ville de M'sila, d'une superficie de 4,16 ha. Elle est située à la frontière entre la commune de M'sila et la commune de Oueled Madhi. Elle est délimitée par oued el Djayah au Nord, oued K'sob à l'Est, Ardh el hichem au Sud et la route nationale N° 45 à l'Ouest.

Le choix du site est motivé par des critères essentiels tel que la disponibilité du terrain, son voisinage des surfaces d'irrigations et en fin son éloignement des habitations.



Figure III.02 : Photo de la STEP à partir de Google earth.

Le tableau ci-dessous, présente la fiche technique de la STEP du M'sila :

Tableau III.01 : Fiche technique de la station d'épuration [28]

Wilaya		M'SILA
Nom	Station d'épuration de M'sila	
Date de mise en service	Avril-2013	
Procédé d'épuration	Boue activé à faible charge	
Capacité actuelle et à l'horizon en EQ/Hab	200,000	
Volume nominal actuelle et à l'horizon en m³/J	32000	

Communes raccordées à la STEP	M'sila-plus tard (oued madhi-m'tarfa)
Impacts	Elimination des rejets et lutte contre les MTH
Devenir des boues (décharge /aire de stockage/agriculture)	Aire de stockage

III.3. Procèdes d'épurations des eaux usées

Les eaux usées urbaines de la ville de M'sila sont collectées grâce à un réseau d'assainissement unitaire de canalisation relié à la station d'épuration, où elles sont traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel (Oued el Djayah). La chaîne de traitement varie en fonction de la nature et le volume des eaux usées arrivant à la station, le degré d'épuration est jugé nécessaire pour la préservation du milieu récepteur

La station d'épuration des eaux usées de la ville de M'sila se compose principalement des phases de traitement suivantes :

III.3.1. Prétraitement ou traitement primaire

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Le prétraitement comporte :

III.3.1.1 Dégrillage grossier

Les eaux usées destinées à la STEP sont recueillies dans un réservoir sous terraine qui se termine par un canal, après lequel sont disposés cinq dégrilleurs grossiers qui ont pour but l'élimination des matières volumineuses (papiers, plastiques, fibres textiles.....), afin d'éviter un colmatage et pour protéger les équipements de traitement (Figure 03).

Le dégrillage grossier est constitué des dégrilleurs à grille droit, avec les données suivantes [29]

- Nombre des dégrilleurs : 04, dont une (01) manuelle ;
- Epaisseur des barreaux : 10 mm ;
- Espace libre entre les barreaux : 50mm ;
- Largeur : 1250mm ;
- Hauteur : 2000mm.

Les refus des grilles tombent sur un transporteur à bande, installé perpendiculairement aux grilles, puis ils sont évacués vers un conteneur de stockage, placé à côté des dégrilleurs, en suite ils sont envoyés vers le CET. Le fonctionnement des dégrilleurs dépend du débit des eaux usées entrantes.



Figure III.03 : Les dégrillages grossiers.

III.3.1.2 Poste de relevage

Le poste de relevage comprendra un bassin de relevage ayant un volume d'environ 300 m³. Le poste est équipé de quatre pompes submersibles. Chaque pompe est équipée d'un pied d'assise et d'un dispositif de relevage [29].

La station de relevage remonte les eaux usées de 12 m pour permettre un écoulement gravitaire d'un bassin de traitement à un autre (Figure 04).

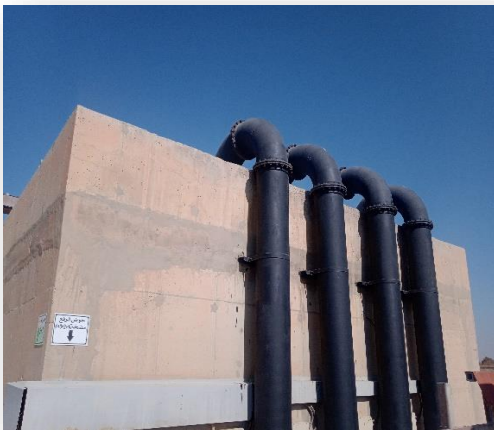


Figure III.04 : La station de relevage

III.3.1.3 Dégrillage fin

Il comporte cinq dégrilleurs fins. Quatre qui fonctionnent automatiquement et l'un est manuel (de secours). Ces dégrilleurs retiennent tous les petits corps étrangers échappés du dégrilleur grossier, pour la protection des équipements de traitement en aval (Figure 05).

Le dégrillage fin est constitué des dégrilleurs à grille droit, avec les caractéristiques suivantes [29]

- Epaisseur des barreaux : 8mm ;
- Espace libre entre les barreaux : 10mm ;
- Largeur : 1250mm ;
- Hauteur : 2000mm.

Comme ceux au dégrillage grossier les refus des grilles tombent sur un transporteur à bande, évacués vers un conteneur, puis ils sont envoyés vers le CET.



Figure III.05 : Les dégrilleurs fins.

III.3.1.4 Dessablage / déshuilage

L'eau dégrillée passe dans le dessableur-deshuileur de type longitudinal. L'aération du dessableur-deshuileur est assurée par les suppresseurs d'air. Cette opération permettant, d'une part la bonne séparation du sable de l'eau usée par sédimentation, et d'autre part favorisant la flottation des huiles et des graisses en surface.

Les particules de sable décantées sont extraites à l'aide d'un racleur et envoyés vers un classificateur à sables. Ils sont déposés dans une benne avant la mise en décharge.

Les matières flottantes comme les graisses seront recueillies par le dispositif d'enlèvement des écumes et envoyées vers la fosse à graisse. Cette étape de prétraitement est très sensible, puisque si les huiles passent au bassin anoxique ou au bassin d'aération, ils vont constituer une couche sur la surface des eaux et gênent la dissolution de l'oxygène nécessaire pour le développement des bactéries (Figure 06).



Figure III.06 : Le dessableur/déshuileur.



Figure III .07: Mécanisme de l'extraction du sable (calibreur de sable)

Tableau III.02 : Les dimensions relatives aux dessableurs/déshuileurs. [29]

Dessableurs– Déshuileurs	Unité	Valeur
Dimensions : Dessableur		
Longueur	M	40.00
Largeur	M	4.60
Profondeur de l'eau	M	3.60
Volume de chaque dessableur	m ³	680
Volume total des dessableurs	m ³	1360
Dimensions: Déshuileur		
Longueur	M	40.00
Largeur	M	2.40
Profondeur de l'eau	M	2.50
Volume de chaque déshuileur	m ³	120
Volume total des déshuileurs	m ³	240

III.3.1.5. Ouvrage de répartition

Le répartiteur est installé en aval du dessableur /déshuileur, il permet de répartir les eaux usées en deux parties égales.

III.3.2. Traitement secondaire

A la suite de prétraitements, les effluents à traiter subissent un traitement du type « boues activées à faible charge fonctionnant en aération prolongée » [29].

Le traitement biologique consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme des floccs appelés bio floccs. Ces derniers provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange (eau usée-biofloccs) est appelé liqueur mixte. Cette dernière est maintenue dans un régime turbulent par l'aération.

Le traitement se fait dans deux filières de bassins biologiques. Chaque filière comportant :

- Un bassin anoxique ;
- Un bassin aérobique.

L'élimination de l'azote se fait par nitrification/dénitrification. La nitrification se produit dans des bassins aérobiques alors que la dénitrification se fait dans les bassins anoxiques.

III.3.2.1 Bassins biologiques

Les eaux dessablées et déshuilées arrivent à une chambre de répartition ou répartiteur. Les boues recirculées sont aussi admises à l'entrée de cette chambre. A ce niveau, l'eau à épurer est distribué également vers les deux bassins biologiques.

➤ Les bassins anoxiques

Les bassins anoxiques reçoivent un débit en provenance du répartiteur des bassins biologiques et un débit de recirculation de la liqueur mixte provenant des bassins aérobiques. Chaque ligne anoxique est équipée de quatre agitateurs de brassage et un poste de recirculation (Figure.08).



Figure III .08 : Le bassin anoxique.

➤ Les bassins aérobiques

Les bassins aérobiques reçoivent l'eau qui se trouvait dans les bassins anoxiques. Chaque bassin aérobique est équipé de huit aérateurs de surface, qui assurent une bonne oxygénation de l'eau à épurer, et une bonne mise en suspension des boues.

La liqueur mixte déborde dans une goulotte d'extrémité. Ce dernier, se termine par un approfondissement vers le répartiteur des décanteurs secondaires (Figure 09).



Figure III .09: Le bassin d'aération.

Les dimensions des bassins biologiques sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.03: Les dimensions des bassins biologiques [29].

Bassins Biologiques	Unité	Valeur
Bassins Anoxiques		
Nombre de bassins	-	2
Volume unitaire de chaque bassin	m ³	6642
Nombre d'agitateur par bassin	-	4
Puissance installée de chaque agitateur	kW	8.00
Bassins Aérobits		
Nombre de bassins	-	2

Volume unitaire de chaque bassin	m ³	11340
Nombre d'aérateur par bassin	-	8
Puissance installée de chaque aérateur de surface	kW	55

III.3.2.2. Ouvrage de répartition

Une chambre de répartition est réalisée en aval des bassins d'aération, pour équilibrer les débits. Elle reçoit les débits sortant des deux bassins d'aération, les oriente vers les décanteurs secondaires [29]. (Figure 10).



Figure III .10: Ouvrage de répartition

III.3.2.3. Décantation secondaire

L'objectif de la décantation est de séparer l'eau des boues, pour obtenir une eau claire et limpide, que l'on peut évacuer vers le milieu récepteur après désinfection.

L'alimentation de chaque décanteur se fait au moyen d'une conduite en siphon surmontée au centre du bassin. Les boues sédimentent et se déposent sur le radier du décanteur, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par une goulotte périphérique vers la chambre de rejet du décanteur.

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur qui contient :

- Des racleurs de fond qui ramènent les boues vers la fosse centrale à boues, puis vers la station de pompage des boues. Dans ce dernier, une partie des boues est recyclée par des pompes submersibles vers la chambre de distribution alimentant les bassins biologiques, l'autre partie des boues forment les boues en excès qui sont achemine vers les épaisseurs.
- Des racleurs de surface permettent de récupérer les matières flottantes qui seront collectées dans une trémie, puis ils sont refoulés vers les épaisseurs (Figure 11).



Figure III. 11 : Décanteur secondaire.

Les dimensions relatives de chaque décanteur secondaire sont mentionnées dans le tableau ci-dessous

Tableau III. 04 : Les dimensions relatives aux décanteurs [29].

Décanteurs Secondaires	Unité	Valeur
Nombre de décanteurs	-	2
Diamètre de chaque décanteur	M	46
Surface de chaque décanteur	m ²	1,662
Hauteur droite en rive	M	3.50

Volume de chaque décanteur	m ³	5,817
-----------------------------------	----------------	-------

III.3.3. Le traitement des boues

III.3.3.1. Station de pompage des boues

➤ Recirculation des boues activées

Pour obtenir un bon déroulement d'épuration du traitement biologique par boues activées, il faut une recirculation importante des boues provenant des décanteurs secondaire afin de maintenir une concentration suffisante en boues activées pour régénération des bactéries épuratrices dans les bassins biologiques. Cette recirculation est assurée par quatre électropompes submersibles dont une de secours [29].

➤ Evacuation des boues en excès

Les boues en excès sont extraites du poste de pompage des boues par deux électropompes submersibles puis elles sont refoulées vers les épaisseurs.

La station de pompage reçoit aussi les flottants des décanteurs. Les flottants sont refoulés vers les épaisseurs par deux électropompes submersibles dont une de secours [29].

III.3.3.2. L'épaississement

L'épaississement des boues a pour but de réduire le volume des boues, afin de réduire les capacités requises des étapes suivantes du traitement des boues. Il est réalisé dans des bassins circulaires qui ont la forme d'un cylindre à fond conique à faible pente. Le bassin est équipé de :

- Un groupe de commande posé sur une passerelle ;
- Un arbre vertical tournant à faible vitesse et portant des barres verticales d'épaississement ;
- Racleurs de fond.

L'avantage d'un tel ouvrage réside en une facilité du glissement des boues épaissies vers la fosse centrale de laquelle ces dernières sont extraites.

Deux épaisseurs identiques seront installés pour recevoir les boues en excès des décanteurs secondaires. [29]

Le tableau ci-dessous donne les dimensions des épaisseurs de la STEP de M'sila

Tableau III.05: Les Dimensions des épaisseurs [29]

Epaississeurs	Unité	Phase I Horizon 2020
Nombre d'épaississeur	-	
Diamètre choisi	m	15
Profondeur	m	3.50
Surface d'un épaississeur	m ²	177
Volume d'un épaississeur	m ³	620
Charge massique de surface	kg/m ² .j	29

III.3.3.3. Déshydratation des boues

Il existe deux méthodes de déshydratation des boues dans la STEP :

➤ La déshydratation mécanique des boues

Le processus de déshydratation mécanique se fait par des filtres presses à bandes. Pour obtenir une déshydratation optimale des boues, il est nécessaire de les conditionner avec un polymère (floculant) placé en aval de la pompe à boues. Ce qui s'épare les boues des eaux, et donc obtenir une boue parfaitement floculée (Figure.12).

Le but de cette opération est le séchage des boues pendant la période pluvieuse



Figure III.12 : Les filtres presse à bandes

➤ La déshydratation naturelle (lits de séchage)

Il existe huit lits de séchage naturel sous forme rectangulaire où les boues sont déversées directement après arrivage de l'épaississeur (Figure 13).



Figure III.13 : Les lits de séchage.

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes

IV. Matériels et méthodes

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique des eaux usées urbaines de la ville de M'sila et d'évaluer le rendement de traitement de la station d'épuration, deux étapes principales se succèdent : l'étape de l'échantillonnage et l'étape d'analyse, le tout formant une chaîne de mesure.

IV.1.1. L'échantillonnage

L'échantillonnage est la première étape de la chaîne de mesure et qui conditionne l'ensemble des résultats obtenus en aval.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau [7].

Au cours de notre étude, le prélèvement a été réalisé en deux points de la de la station d'épuration :

- La première est à l'entrée (l'eau brute).
- La deuxième à la sortie (l'eau épurée).

Pour une période allant du mois de février jusqu'au mois d'Avril, Les analyses réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration sont effectués chaque semaine.

IV.1.2. Prélèvement des échantillons d'eau

Les prélèvements de l'eau ont été effectués par un échantillonnage composé, en raison de la forte hétérogénéité des eaux (teneurs en MES, le débit ...etc.). En fait, on prend la moyenne de 3 prélèvements effectués durant la journée (9 :00 h, 11 :00 h et 14 :00 h), afin d'avoir un échantillon représentatif.

Les échantillons des eaux usées sont recueillis dans des bouteilles en plastique. Les bouteilles de prélèvement sont nettoyées et identifiées au préalable ; sur Chacune, on note la date, l'heure et l'endroit de prélèvement sont mentionnés.

Sur site les bouteilles sont d'abord rincées deux à trois fois par l'eau à analyser puis, elles sont remplies, en les plongeant à une profondeur de 20 cm de la surface de l'eau. Durant la période de prélèvement, on évite toute modification des caractéristiques des échantillons (composés volatils dissous, contamination biologique...).

Le temps de transport des échantillons doit être minimisé au maximum jusqu'à l'arrivée au laboratoire, les échantillons doivent être conservés à une température entre (3°C et 5°C) afin de garantir leur intégrité.

Le tableau ci-dessous donne la chronologie des prélèvements et les paramètres à analysées.

Tableau IV.1 : la chronologie des prélèvements et les paramètres analysées.

Les points de prélèvement	Les dates	Paramètres analysées
Point 1 : Eau brute	18-02-2025	Paramètres physico-chimiques : température, pH, conductivité. MES, DBO ₅ , DCO.
	27-02-2025	
	04-03-2025	
	12-03-2025	
	19-03-2025	
	06-04-2025	
	10-04-2025	
	20-04-2025	
	22-04-2025	
	28-04-2025	
Point 2 : Eau épurée	18-02-2025	Paramètres physico-chimiques : température, pH, conductivité. MES, DBO ₅ , DCO.
	27-02-2025	
	04-03-2025	
	12-03-2025	
	19-03-2025	
	06-04-2025	
	10-04-2025	
	20-04-2025	
	22-04-2025	
	28-04-2025	

IV.2.1. Les Analyses organoleptiques**IV.2.1.1. La couleur**

Cette méthode nous donne une première indication sur la coloration apparente de l'eau. C'est la seule qui puisse être utilisée sur terrain de manière simple, on peut observer un film d'hydrocarbure, des matières flottantes, la formation de mousse...etc [30]

IV.2.1.2. L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaire [7].

IV.2.2. Les Analyses physico-chimiques**IV.2.2.1. La température****Mode opératoire**

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre. En plongeant l'électrode à environ 15 cm de profondeur pendant 5 minutes et on prend la valeur affichée, le résultat est exprimé en degré Celsius (c°).

IV.2.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)**➤ Principe**

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant de même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ [7].

➤ Mode opératoire

Les mesures du pH sont effectuées à l'aide d'un pH-mètre de type violab XS PH 80+DHS L'eau à examiner sera amenée au contact de l'électrode par circulation, la lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH.

IV.2.2.3 La conductivité électrique (CE)**➤ Principe**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm [7].

➤ Mode opératoire

La conductivité électrique d'une eau est mesurée à l'aide d'un conductimètre de type de type violab XS (cond 50 violab). Elle s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Pour analyser l'eau, rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner [7].

IV.2.2.4. Les matières en suspension (MES)**➤ Principe**

Les matières en suspension sont obtenues soit par filtration des effluents peu chargés, soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à l'évaporation total d'eau [7]

➤ Mode opératoire

Dans notre analyse, nous avons adopté la méthode de la filtration. L'eau est filtrée et le poids de matière retenues par le filtre et déterminé par pesée différentielle

➤ Expression des résultats

Le rapport entre la différence des masses et le volume filtré donne la concentration des matières en suspension dans l'échantillon en mg/l. On applique la formule suivante :

$$C_{MES} = (M_1 - M_2) 1000 / V$$

- C_{MES} : concentration de MES en mg/l ;
- M_0 : masse de la membrane avant filtration ;
- M_1 : masse de la membrane après filtration ;
- V : volume d'échantillon filtré.

IV.2.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO)**➤ Principe**

La DCO consiste à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières oxydables présentes dans l'eau (d'origine organique ou minérale, biodégradables ou non) pendant 2 heures à l'ébullition (150°C) ; La DCO est mesurée par voie photométrique.

➤ Mode opératoire

On ajoute 2 ml d'échantillon Dans un tube à réactif de type Lr (0-150 mg/l) pour l'eau épurée et Mr (0-1500 mg/l) pour l'eau brute, on ferme hermétiquement les tubes et les mélangé avec précaution.

Dans le réacteur, on chauffe les tubes pendant 120 minutes, à 150°C. Puis on laisse refroidir, en suite on fait la mesure à l'aide d'un photomètre de type (Lovibond RD 125).

IV.2.2.6 La demande biologique en oxygène (DBO₅)

✓ Principe

La méthode consiste à mesurer l'évolution de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon. Cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en Oxygène de l'atmosphère d'incubation.

L'échantillon d'eau est introduit dans une enceinte thermo-staée et mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la Matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes Présent consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant ainsi une diminution de la pression laquelle est enregistrée par le système de mesure OxiTop WTW.

La prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon qui varie selon une eau brute ou épurée

Tableau IV.2 : Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO₅.

Volume de l'échantillon	DBO ₅ prévu mg/l	Facteur	Gouttes d'inhibiteur dénitrification
432	0-40	1	9
365	0-80	2	7
250	0-200	5	5
164	0-400	10	3
97	0-800	20	2
43.5	0-2000	50	1
22.5	0-4000	100	1

Pour prévoir la valeur de DBO₅, on applique la corrélation suivante :

DBO₅ devrait être proche de 50 % de la valeur de la DCO.

➤ Mesurer pour la bouteille marron le volume correspondant à la DBO₅ prévu (voir Tableau IV.2).

➤ Mettre un agitateur magnétique dans chaque bouteille.

➤ Ajouter le réactif inhibiteur de nitrification (voir Tableau IV.2).

- Mettre le bouchon en caoutchouc.
- Mettre 2 comprimés d'hydroxyde de sodium dans la capsule.
- Vissez l'OXITOP directement sur la bouteille.
- Appuyez sur les touches S et M simultanément pendant 2 secondes jusqu'à ce que l'affichage
- Indique "00" (à partir de la mesure).
- Mettre les pots
- dans l'incubateur à 20 °C, avec système d'agitation inductive, pendant 5 jours.
- Lorsque la température de fonctionnement (20 ° C) est atteinte l'OXITOP démarre automatiquement la mesure de l'oxygène consommé.
- Relever les valeurs après 5 jours

Expression des résultants est :

- $DBO5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur de la valeur après 5 jours} \times \text{Facteur.}$

CHAPITRE V

Résultats et discussions

V. Résultats et discussions

V.1. Les caractéristiques organoleptiques

V.1.1. La couleur

La couleur des eaux usées varie selon la composition et la nature des rejets. Durant mon étude j'ai remarqué que les eaux usées brutes de la ville de M'sila sont caractérisées généralement par une couleur grise verdâtre résultant de la présence des matières organiques, des substances humiques et des particules colloïdales en suspensions.

Par contre les eaux épurées sont légèrement trouble à cause de la présence des particules en suspension non complètement éliminées.

V.1.2. L'odeur

Les eaux usées brutes sont caractérisé par une odeur nauséabonde résultant de la décomposition des matières organiques dans les réseaux d'assainissements (fermentation), et le dégagement du gaz sulfurique, au niveau des eaux épurées cette odeur est presque disparue.

V.2. Les analyses physicochimiques

V.2.1. Variation de La température

L'évolution des températures à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans le tableau suivant :

Tableau V01: Variation T (c°) STEP M'SILA

prélèvements		T(C°)		NORMES
Date	Eau d'entrée	Eau de sortie		
18-02-2025	20.73	16.56		30 C°
27-02-2025	18.63	17.1		
04-03-2025	20.4	16.4		
12-03-2025	20.1	17.53		
19-03-2025	21.97	18.43		
06-04-2025	22.7	19.3		
10-04-2025	25.06	21.16		

20-04-2025	22	18.76
22-04-2025	22.85	20.85
28-04-2025	23.33	21.9

On constate que les valeurs journalières de la température se situent dans un intervalle qui va du minimum de 18.63°C au maximum de 25.06 °C à l'entrée (l'eau brute), avec une moyenne de 19.58°C, et entre 16.4°C et 21.9°C à la sortie (l'eau traité), avec une moyenne de 18.79°C.

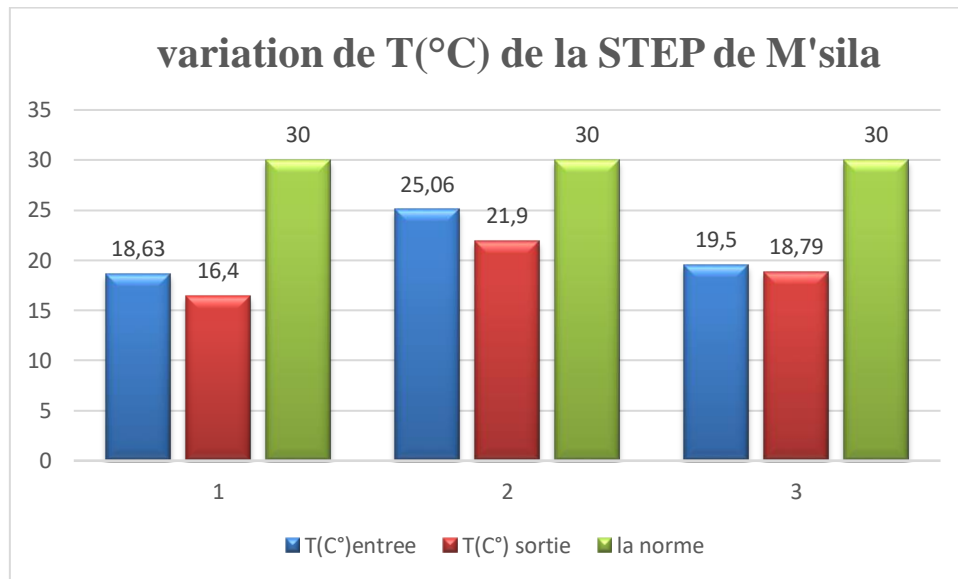


Figure V.01 : Variation T (C°) STEP M'SILA

On observe une diminution des valeurs de température des eaux traitées par rapport aux eaux brutes, et ceci peut s'expliquer par l'effet de brassage exercé par les aérateurs mécaniques et des mouvements des eaux dans les bassins et entre les étages, et par l'effet des conditions climatiques locales. L'élévation de la température au cours du temps est influencée par la température atmosphérique. Ces effets sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées par des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques. Ces valeurs ne dépassent pas les normes de rejets des eaux usées dans la nature appliquées en Algérie qui sont à l'ordre de 30°C (voir annexe1).

V.2.2. Variation de pH

Le pH est l'outil qui, en chimie, permet de mesurer l'acidité d'une solution. C'est un indicateur de pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques ou acides.

L'évolution du pH des échantillons prélevés à l'entrée et à la sortie de la STEP sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.02: Variation pH STEP M'SILA

prélèvements		PH		NORMES
Date	Eau d'entrée	Eau de sortie		
18-02-2025	8.00	7.93		6.5-8.5
27-02-2025	7.91	7.97		
04-03-2025	7.75	8.08		
12-03-2025	8.07	8.12		
19-03-2025	7.75	7.85		
06-04-2025	8.25	8.06		
10-04-2025	8.16	8.03		
20-04-2025	7.97	7.83		
22-04-2025	7.99	7.95		
28-04-2025	8.06	8.04		

La figure 02 montre que le pH au niveau des eaux usées (brute et épurée) est alcalin durant toute la période d'étude.

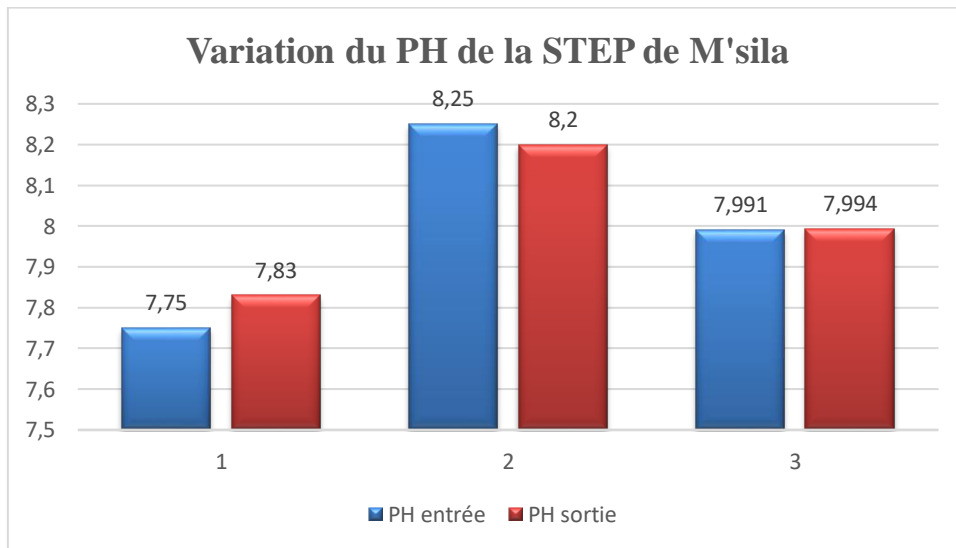


Figure V.02: Variation pH STEP M'sila

On constate que les valeurs de pH des eaux usées brutes sont comprises entre 7.75°C et 8.25°C, avec une moyenne de 7.99°C, qui est favorable à l'action bactérienne, pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie.

Concernant les valeurs de PH des eaux usées traitées sont comprises entre 7.83°C et 8.2°C, avec une moyenne de 7.99°C.

Les résultats montrent que les valeurs présentent un pH situé dans la fourchette des normes adoptées par la réglementation algérienne (6,5 à 8,5).

V.2.3 La variation de la Conductivité

La mesure de la conductivité fournit une indication de la concentration ionique et apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Il dépend de la température, de la concentration et types d'ions présents.

L'évolution de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans le tableau suivant :

Tableau V03: Variation COND STEP M'SILA

prélèvement	Conductivité (µs/cm)		NORMES
Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	3000 µs/cm
18-02-2025	3343.33	3060	
27-02-2025	3516.67	3293.33	
04-03-2025	3466.66	3373.33	
12-03-2025	3406.66	3370	
19-03-2025	3403.33	3476.67	
06-04-2025	3496.66	3626.66	
10-04-2025	3866.66	3786.6	
20-04-2025	3886.66	3303.33	
22-04-2025	3780	3550	
28-04-2025	3830	3786.66	

Les valeurs journalières de la conductivité des eaux usées brutes (l'entrée) varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 3343.33 µs/cm à un maximum de 3886.66 µs/cm, avec une valeur

moyenne de 3599.66 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...) dans les eaux qui arrivent à la STEP.

À la sortie de la STEP, elles se situent entre 3060 et 3786.66 au-dessus du maximum fixé par la norme algérienne : 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (annexe 01).

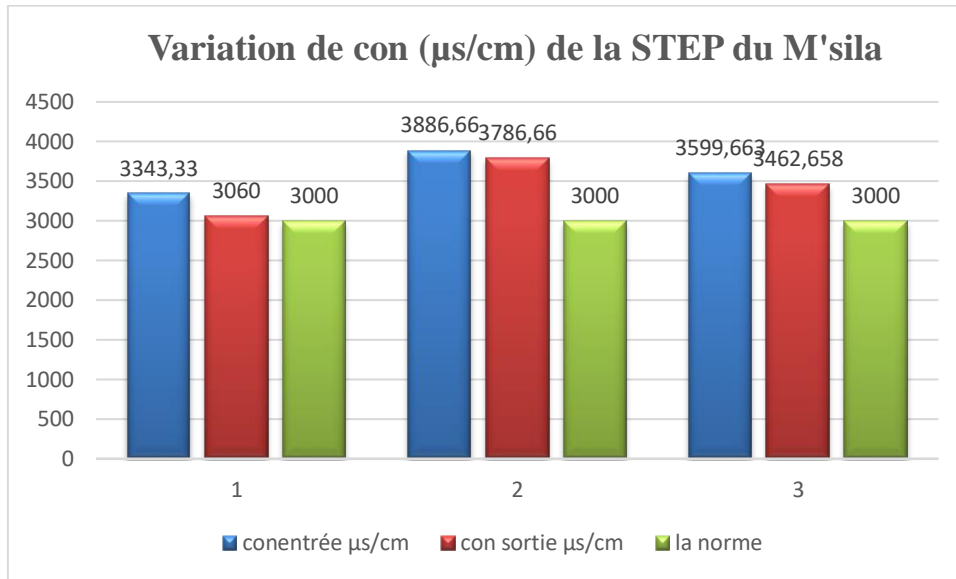


Figure V.03 : Variation de conductivité de la STEP M’sila

La figure 03 montre la variation de la CE de la STEP de Msila.

Les résultats indiquent que les valeurs de la conductivité électrique des eaux usées traitées ne sont pas conformes aux normes Algérienne en raison de la charge polluante élevée des eaux brutes.

V.2.4 Variation de la matière en suspension (MES)

L’évolution des MES à l’entrée et à la sortie de la STEP sont présentés dans le tableau suivant :

TableauV.04: Variation MES STEP M’SILA

Prélèvements	MES (mg/l)		NORMES
	Eau brute	Eau épurée	
18-02-2025	410	173.33	30 mg/l
27-02-2025	290	106.66	
04-03-2025	290	73.33	
12-03-2025	120	26.66	
19-03-2025	225	32	

06-04-2025	306.66	108
10-04-2025	240	80
20-04-2025	215	92
22-04-2025	275	28
28-04-2025	205	72

D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs journalières de MES varient dans un intervalle qui va du minimum de 120 mg/l à un maximum de 410 mg/l, avec une valeur moyenne de 257 mg/l pour les eaux brutes, et entre 26.66 mg/l et 173.33 mg/l pour les eaux traitées avec une valeur moyenne de 79.198 mg/l.

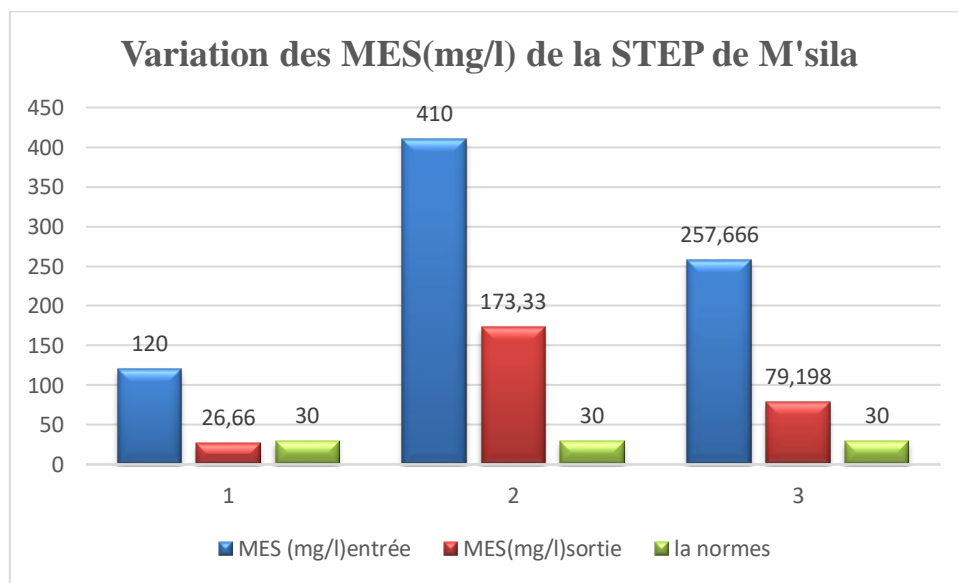


Figure. V. 04 : Variation MES STEP M'SILA

Les résultats sont présentés dans la (Figure V.04) montrent une non-conformité par rapport aux normes pour 08 prélèvements sauf le prélèvement du 12/03/2025 et du 22/04/2025 qui conforme aux normes.

La non-conformité des concentrations de MES dans les eaux épurées pourrait s'expliquer par certaines pannes survenue au niveau des unités de prétraitement. En effet, les dysfonctionnements au niveau du quelle peuvent entrainer un passage de matières solides vers les étapes ultérieures du traitement ; ce passage peut alors diminuer l'efficacité globale du procédé et compromettre la qualité finale de l'effluent, notamment en ce qui concerne les MES.

V.2.5. La variation de la demande biochimique en oxygène (DBO5)

L'évolution de la DBO5 à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans le tableau suivant :

TableauV.5: Variation DBO5 STEP M'SILA

Prélèvements	DBO5 (mg/l)		NORMES
Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	
18-02-2025	480	55	30 mg/l
27-02-2025	480	65	
04-03-2025	620	40	
12-03-2025	460	65	
19-03-2025	320	95	
06-04-2025	500	55	
10-04-2025	380	40	
20-04-2025	340	60	
22-04-2025	380	65	
28-04-2025	480	45	

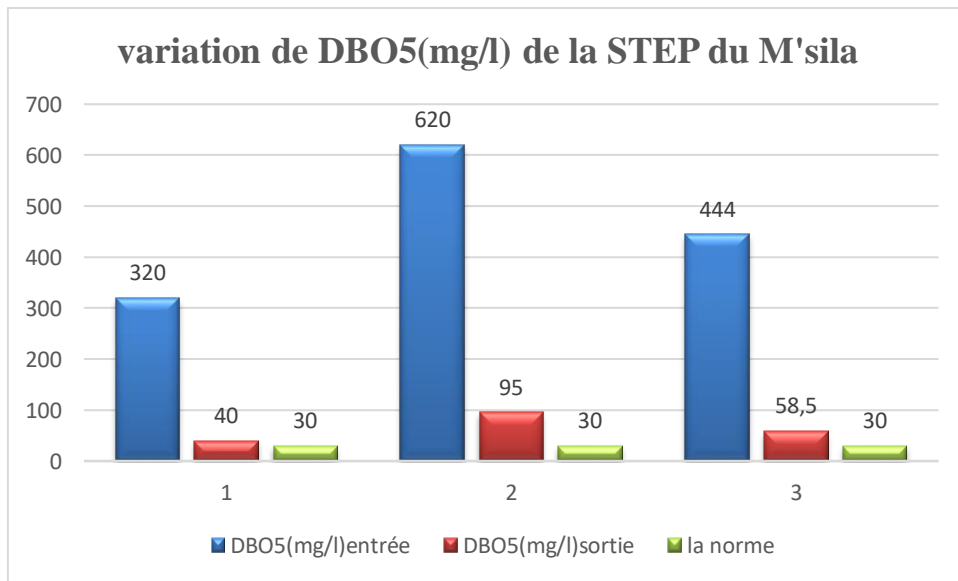


Figure V. 05: Variation DBO5 STEP M'SILA

La figure 05 représente les variations de la DBO₅ durant notre période d'étude. On remarque que les valeurs de la DBO₅ des eaux brutes sont élevées et varie d'une façon irrégulière, elles sont comprises entre 620 mg/l comme valeur maximale et 320 mg/l comme valeur minimale, avec une valeur moyenne de 444 mg/l.

Tandis que les valeurs de la DBO₅ de l'eau traitée sont variées dans un intervalle qui va du minimum de 40 mg/l à un maximum de 95 mg/l, avec une valeur moyenne de 58.5 mg/l.

Les résultats montrent que les valeurs de la DBO₅ des eaux brutes sont chargées et non conforme, ce qui affectent le fonctionnement de la STEP et influencent la sortie de l'eau qui dépasse la norme. (Annexe 01).

Le dépassement des valeurs de DBO₅ dans l'effluent traité et du à des dysfonctionnements au niveau des bassins biologiques, réduisant ainsi l'efficacité du traitement.

V.2.6. Variation de la Demande chimique en oxygène (DCO)

L'évolution de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans le tableau suivant :

TableauV.6: Variation DCO STEP M'SILA

Paramètres	DCO (mg/l)		NORMES	
	Date	Eau d'entrée		Eau de sortie
	18-02-2025	650	140	120 mg/l
	27-02-2025	796	208	
	04-03-2025	1100	298	
	12-03-2025	950	234	
	19-03-2025	895	240	
	06-04-2025	1260	304	
	10-04-2025	720	231	
	20-04-2025	840	294	
	22-04-2025	620	117	
	28-04-2025	700	198	

A la lumière des résultats obtenus, on constate que les valeurs de la concentration de DCO des eaux brutes varient entre un maximum de 1260 mg/l et un minimum de 620 mg/l, avec une valeur moyenne de 853.1 mg/l. En revanche, les valeurs de la concentration de DCO des eaux traitées varient entre un maximum de 304 mg/l et un minimum de 117 mg/l, avec une valeur moyenne de 226.4 mg/l.

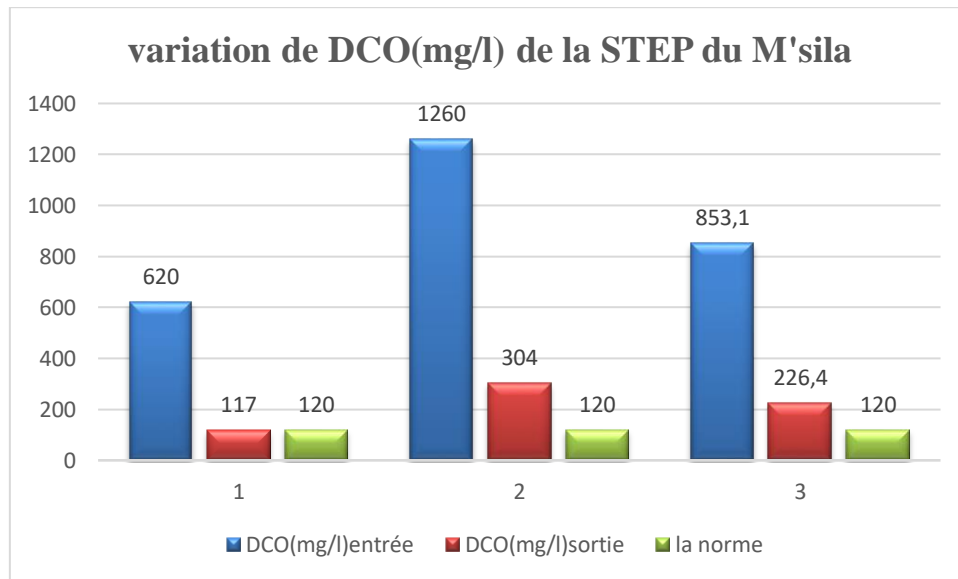


Figure V.06 : Variation DCO de la STEP de M'SILA

Les résultats sont présentés dans la (Figure V.6) montre que les valeurs de la DCO des eaux brutes sont élevées pour la 3^{ème}, 4^{ème} et le 6^{ème} prélèvement, traduisant une forte charge organique à l'entrée de la STEP.

Les valeurs de DCO à la sortie de la STEP sont non conformes pour tous les prélèvements sauf pour la 9^{ème} prélèvement qui est conforme à la norme algérienne.

La non-conformité des valeurs de DCO pour les eaux traitées indique une dégradation incomplète de la matière organique en raison de la charge organique élevée pour certain prélèvements d'une part et un dysfonctionnement au niveau du bassin biologique d'autre part. Cette situation reflète la nécessité d'optimiser les conditions opérationnelles du traitement secondaire afin d'assurer une meilleure élimination de la pollution organique et garantir le respect des normes.

V.3.Calcul de rendement épuratoire de la station

Le rendement épuratoire de la station C'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue. Il définit les performances de la station

$$\text{Le rendement épuratoire \%} = (\text{pollution entrée} - \text{pollution sortie}) / \text{pollution entrée} * 100$$

Conclusion Générale

La gestion et le traitement des eaux usées sont des enjeux cruciaux pour la préservation des ressources en eau et la protection de l'environnement. Il existe de nombreuses méthodes de traitement des eaux usées, dont la plus importante est le traitement biologique par boues activées. L'objectif de ce travail est de suivre les procédés de traitements des eaux usées pour avoir une bonne qualité d'eau à la sortie de l'installation.

À travers cette étude, nous avons évalué la performance de la station d'épuration de M'sila en analysant plusieurs paramètres physico-chimiques des eaux usées avant et après traitement. Les résultats obtenus montrent que, bien que la station assure une réduction significative de la pollution, les eaux épurées ne respectent pas totalement les normes de qualité requises pour une réutilisation en irrigation.

Cette non-conformité peut être due à plusieurs facteurs, notamment la charge polluante élevée des eaux brutes, les limites du procédé de traitement utilisé ou encore l'absence d'un traitement tertiaire plus avancé. Ainsi, malgré les performances globales du système, des améliorations restent nécessaires pour garantir une meilleure qualité de l'eau traitée et permettre son usage en toute sécurité.

En conclusion, il est essentiel d'envisager des solutions pour optimiser l'efficacité de la station, telles que l'ajout d'un traitement complémentaire, une meilleure gestion des rejets à la source ou encore un suivi plus rigoureux des paramètres de qualité. Une telle démarche permettrait d'aligner les eaux épurées sur les normes requises et de favoriser leur valorisation durable, notamment dans le cadre de l'irrigation agricole.

Références bibliographiques :

- [1] UNICEF (2023), « Une triple menace : Quand maladies, risque climatiques et inadéquation des services d’approvisionnement en eau, d’assainissement et d’hygiène se conjuguent pour former une combinaison mortelle pour les enfants », Fonds des Nations Unies pour l’enfance.
- [2] BOUMAAZA M, (2019-2020) « traitement et épuration des eaux ». Université 8 mai 1945 Guelma, Faculté des sciences et de technologie, Département de Génie civil et Hydraulique, P01.
- [3] « ONA : Office National de l’Assainissement ». ABDELHALIM OURAHMOUNE CHEF DE DEPARTEMENT CENTRAL GESTION DES STEP /DIRECTION GENERALE
- [4] Koller E, « traitement des pollutions industrielles Eau. Air. Sols. Boues », 2ème édition, DUNOD, P21-33-25-65-67-94.
- [5] UNESCO, (2017) « Les eaux usées : une ressource inexploitée ». Rapport mondial des ressources en eau 2017. programme mondial pour l’évolution des ressources en eau (WWAP), Organisation des Nations Unies pour l’éducation, la science et la culture.
- [6] BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2005)-Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d’aménagement et d’urbanisme de la région Ile-de-France, PP 13-14-37.
- [7] RODIED J, LEGUBE B, MERLET N et coll. « L’analyse de l’eau », 9ème Edition DUNOD, PP 3-968-50-35.
- [8] MORIN-CRINI N, CRINI G, (2017) « Eaux industrielles contaminées, Règlementation, paramètres chimique et biologique & procédés d’épuration innovants »
- [9] BENDIDA A, (2019) « Assainissement », Université TAHAR Mohamed, Béchar, Faculté de Technologie, Département de Génie Civil & Hydraulique.
- [10] Agence de l’eau Artois-Picardie « Guide de l’assainissement des communes rurales, sd »
- [11] Wunderlin P, Eugster F, (2022) « Eaux usées industrielles : possibilités de traitement », Association suisse des professionnels de la protection des eaux, P 12.
- [12] BEKKARI Naceureddine, (2020) « Etude et suivi de procédé d’épuration des eaux usées sous climat aride (simulation par l’application des méthodes d’intelligence artificielle) cas de

la station d'épuration de Touggourt », Thèse de doctorat des sciences en géologie, Université Kasdi Merbah-Ouargla.

[13] UPNAC, ONEMA, (2015) « Ouvrage de traitement par boues activées-Guide d'exploitation », P 16-18-20.

[14] Lyonnaise des Eaux & ENGEES, (2002) « Traitement des eaux usées Urbaines », CIRSEE, P 111.

[15] Office International de l'Eau (2001) « procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab) », Office de publications officielles des communautés européennes.

[16] SALAMA Y, (2014) « Aide-mémoire de traitement biologique des eaux usées de l'ingénieur » 1ère édition.

[17] CANLER J, PERRET J, DUCHENE P, COTTEUX E « Aide de diagnostic des stations d'épuration par L'observation microscopique des boues activées », Edition Cemagref. P 11.

[18] EDELINE F, (1980) « L'épuration biologique des eaux résiduaires THEORIE ET TECHNOLOGIE » Edition CEBEDOC s.p.r.l, P 243.

[19] ETURKI S, BOUKHCHINA R, MAKNI H, (2016), « Traitement des eaux usées urbains par infiltration percolation », NOOR PUBLISHING. P 4.

[20] BOURBON B, LAPAULUS G, LE DAHERON V, LOUVET C, MARAIS J, PAGES M, (2015) « les traitements tertiaires : pour quoi faire ? », Polytech Montpellier, Université Montpellier 2. P 5.

[21] Gouvernement du Québec, (2023) « Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique : 13, Séparation Solide-Liquide préliminaire », Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs.

[22] Attab Sarah, (2011), « amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local », Mémoire de magister en biologie, université Ouargla.

[23] CANLER J, PEERET J-M, CHOUDERT J-M, (2007) « le traitement du carbone et de l'azote pour des stations d'épuration de type boue activée confrontées à des fortes variations de

charge et à des basses températures : cas des stations touristique hivernales de montagne. » FNDAE-Documents techniques n°34, Cemagref.

[24] OUALI M-S, (2008) « cours de procédés unitaire biologiques et traitement des eaux », 2^{ème} édition, Office de publication universitaire, P 40-110.

[25] SATIN M, SELMI B, (2005) « Guide Technique De L'assainissement », 3^{ème} édition, Le Monteur. P 414.

[26] CARDOT C, (2013) « Les traitements de l'eau procédés physico-chimique et biologiques cours et problèmes résolus », nouvelle édition, Ellipses, P 61.

[27] AMORCE, (2012) « Boues de station d'épuration : Technique de traitement, valorisation et élimination », Série Technique DT 51, P 8-9-13.

[28] DHW, (2013) : direction de l'hydraulique de la wilaya de M'sila.

[29] DHW, (2008) : direction de l'hydraulique de la wilaya de M'sila.

[30] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, (2003) « Guide pratique : échantillonnage des eaux souterraines », OFEFP, P 52.

ANNEXE

Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, (Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation).

Paramètres physico-chimiques :

PARAMETRES	UNITE	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physique	pH	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l
	CE	ds/m
Chimiques	DBO5	mg/l
	DCO	mg/l
	CHLORURE(CI)	mg/l
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l
	Bicarbonate (HCO3	mg/l
		mg/l
Éléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l
	Arsenic	mg/l
	Béryllium	mg/l
	Bore	mg/l
	Cadmium	mg/l
	Chrome	mg/l
	Cobalt	mg/l
	Cuivre	mg/l
	Cyanures	mg/l
	Fluor	mg/l
	Fer	mg/l
	Phénols	mg/l
	Plomb	mg/l
	Lithium	mg/l
	Manganèse	mg/l
	Mercure	mg/l
	Molybdène	mg/l
	Nickel	mg/l
	Sélénium	mg/l
	Vanadium	mg/l
	Zinc	mg/l

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin

Résumé

La pollution des eaux usées représente un défi environnemental majeur, nécessitant des solutions de traitement efficace pour préserver les ressources hydriques.

Dans ce travail, nous avons mis en évidence sur l'évaluation des performances de la station d'épuration de m'sila, en analysant l'efficacité de ses procédés de traitement et la qualité des eaux épurées.

Pour cela, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés sur une période allant de février 2025 à Avril 2025 notamment (PH, T°C, DCO, DBO5, MES). Le procédé utilisé dans cette station repose sur le traitement biologique par boues activées, permettant la dégradation de la matière organique.

Les résultats obtenus montrent que les eaux usées brute contiennent une charge polluante élevée, nécessitant un traitement efficace. Après épuration, des taux de réduction significatifs ont été enregistrés : 75.34% pour la demande chimique d'oxygène, de 87.48% pour la demande biochimique d'oxygène et de 71.04% pour les matières en suspension

Mots clés : Eaux usées, Station d'épuration de M'sila, paramètres physico-chimique, eaux épurées, eau brute.

ملخص

يمثل تلوث المياه المستعملة تحدياً بيئياً كبيراً، مما يستدعي حلول معالجة فعالة للحفاظ على الموارد المائية. ركزنا في هذا العمل على تقييم أداء محطة معالجة المياه المستعملة بالمسيلة، من خلال تحليل كفاءة عمليات المعالجة وجودة المياه المصفاة.

لهذا الغرض، تم قياس معايير فيزيائية وكيميائية خلال الفترة الممتدة من فيفري 2025 الى غاية أفريل 2025، بما في ذلك تعتمد المحطة على عملية المعالجة البيولوجية بواسطة الحمأة النشطة، مما يسمح بتحليل PH، DCO، DBO، MES، المواد العضوية.

أظهرت النتائج أن المياه المستعملة الخام تحتوي على نسبة تلوث عالية مما يستلزم معالجة فعالة. بعد عملية التصفية، تم تحقيق نسب تخفيض كبيرة: 75.34% في الطلب على الأكسجين الكيميائي، و87.48% في الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي، و71.04% في المواد العالقة.

الكلمات الرئيسية: مياه الصرف الصحي، محطة معالجة المياه المستعملة بالمسيلة، التحليل الفيزيوكيميائية، المياه المصفاة.

Abstract

Wastewater pollution is a major environmental challenge, requiring effective treatment solutions to preserve water resources.

In this study, we focused on assessing the performance of the M'sila wastewater treatment plant by analyzing the efficiency of its treatment processes and the quality of the treated water.

For this purpose, several physiochemical parameters were measured over the period from February 2025 to April 2025, including (PH, T°C, COD, BOD5, and MES).the station operates using a biological treatment process with activated sludge, allowing for the degradation of organic matter.

The results indicate that raw wastewater contains a high pollutant load, requiring an efficient treatment process. After purification, significant reduction rates were recorded: 75.34% for the chemical oxygen demand, 87.48% for the biochemical oxygen demand and 71.04% for suspended matter of M'sila station.

Keywords: Wastewater, physiochemical parameters, M'sila wastewater treatment plant, the treated water, purification.