



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES



**FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES**

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Génie des procédés

OPTION : Procédés organiques et macromoléculaires

Thème

***Etude d'amélioration des performances de la
station d'épuration de Zemmouri***

Réalisé par :

-Draa el guendoul Nawel

-Lounis nadjima

Promoteur : M^r Bouraghda M

Encadreur: M^r SABRI

2016/2017

Liste des figures

| | <i>Page</i> |
|---|-------------|
| Figure II.1 : schéma général de la nitrification-dénitrification..... | 22 |
| Figure II.2 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées..... | 25 |
| Figure III.1: Vue satellitaire de la STEP de Zemmouri (Google EARTH)..... | 30 |
| Figure III.2: Chaîne de traitement d'épuration des eaux usées de la STEP de Zemmouri..... | 33 |
| Figure III.8.1: Variation du PH et T°C dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri.... | 38 |
| Figure III.8.2: Variation des MES dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri..... | 40 |
| Figure III.8.3: Variation de la quantité des DBO ₅ de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri..... | 42 |
| Figure III.8.4: Présente la quantité des DCO de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri..... | 44 |
| Figure III.8.5: Présente la quantité des PT de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri | 46 |
| Figure III.8.6: Variation de la quantité des NTK et NH ₄ ⁺ dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri..... | 48 |
| Figure III.8.7: Variation de la quantité des NO ₃ dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri..... | 50 |
| Figure III.8.8: schéma d'élimination de l'azote | 53 |
| Schéma actuel de La STEP de Zemmouri | 54 |
| Schéma proposé de la STEP de Zemmouri | 55 |

Liste des tableaux

| | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| Tableau I.1: Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées :..... | 06 |
| Tableau I.2 : Normes de rejet internationales :..... | 14 |
| Tableau I.3 : Normes de rejet algérienne :..... | 15 |
| Tableau II.1: Classification des procédés à boues activées :..... | 22 |
| Tableau III.1: Données de base de la STEP de Zemmouri..... | 32 |
| Tableau III.2: Caractéristiques de l'épaisseur de la STEP de Zemmouri :..... | 35 |
| Tableau III.3: Caractéristiques du SUPERPRESS de la STEP de Zemmouri..... | 36 |
| Tableau III.8.1: Variation du PH et T°C dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 38 |
| Tableau III.8.2: Variation des MES dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 40 |
| Tableau III.8.3: Variation de la DBO ₅ dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 42 |
| Tableau III.8.4: Variation de la DCO dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 44 |
| Tableau III.8.5: Variation de la PT dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 46 |
| Tableau III.8.6: Variation des NTK et NH ₄ ⁺ dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 48 |
| Tableau III.8.7: Variation des NO ₃ ⁻ dans l'eau brute et l'eau épurée..... | 50 |

Liste d'abréviation

CO₂: gaz de carbone.

COT : Carbone total organique.

C_v : La charge volumique exprimé en kg O₂ .m⁻³.j⁻¹ .

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

EH : l'équivalent habitant.

H₂O : eau.

Im : Indice de Mohlman (mg/l).

K: constatant de la biodégradabilité.

MES : Matière En Suspension (mg/l).

MMS : matière minérales sèche (mg/l).

MP : matière phosphorées.

MVS : matière volatile en suspension (mg/l).

N-org: Azote organique.

NH₄⁺: l'azote ammoniacal (mg/l).

NH₃: ammoniac (mg/l).

NO₂⁻: nitrites (mg/l).

NO₃⁻: nitrates (mg/l).

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³: orthophosphates (mg/l).

STEP: Station d'Épuration.

T : Température.

T_s : temps de séjour (h).

V: volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation (ml/l).

VBA : volume de bassin d'aération (m³).

Q_j : le débit journalier d'eau brute à traiter (m³.j⁻¹).

Table des matières

| | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| Introduction générale : | 01 |
| Chapitre I : Généralités sur les eaux usées | |
| I.1.Introduction : | 03 |
| I.2 Définition des eaux usées: | 03 |
| I.2.1.Les eaux usées domestiques : | 03 |
| I.2.2.Les eaux industrielles : | 04 |
| I.2.3.Les eaux agricoles : | 04 |
| I.2.4.Les eaux pluviales : | 04 |
| I.3.Système d'assainissement : | 04 |
| I.3.1.Le Système unitaire: | 04 |
| I.3.2.Le système séparatif : | 04 |
| I.4.La pollution des eaux usées : | 05 |
| I.4.1.La pollution chimique : | 05 |
| I.4.2. La pollution organique : | 05 |
| I.4.3.La pollution microbienne : | 05 |
| I.4.4.La pollution thermique: | 06 |
| I.4.5.La pollution radioactive: | 06 |
| I.4.6.La pollution par hydrocarbures: | 06 |
| I.4.7.La pollution Physique: | 07 |
| I.4.8.La pollution par le phosphore: | 07 |
| I.4.9.La pollution par l'azote: | 07 |
| I.5.Les paramètres caractéristiques des eaux usées..... | 08 |
| I.5.1. Les paramètres organoleptiques : | 08 |
| I.5.2. Les paramètres physiques : | 08 |
| I.5.3. Les paramètres chimiques : | 09 |
| I.5.4. Les Paramètres bactériologiques: | 12 |
| I.6. Estimation de la pollution des rejets et charge de polluante : | 13 |
| I.7. Normes internationale : | 14 |
| I.6. Normes Algériennes : | 15 |
| Chapitre II Procédées de traitement des eaux usées | |
| II.1. Définition de l'épuration..... | 16 |
| II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées : | 16 |

| | |
|--|----|
| II.3. Rôle des stations d'épuration..... | 16 |
| II.4. Procédés d'épuration des eaux usées..... | 16 |
| II.4.1 Prétraitement :..... | 16 |
| II.4.2 traitement primaire :..... | 18 |
| II.4.3. Traitement biologique..... | 19 |
| II.4.3.1 Procédés biologique extensifs..... | 19 |
| II.4.3.2 Procédés biologique intensifs:..... | 20 |
| II.4.3.2.1 Disque biologique :..... | 20 |
| II.4.3.2.2 Les lits bactériens :..... | 20 |
| II.4.3.2.3 Les boues activées :..... | 21 |
| II.4.3.2.4 Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées :..... | 22 |
| II.4.3.2.5 Paramètres influençant le fonctionnement du bassin d'aération :..... | 24 |
| II.4.4 La décantation secondaire :..... | 24 |
| II.4.5 Le traitement tertiaire :..... | 24 |
| II.4.5.1 Elimination de l'azote :..... | 25 |
| II.4.5.1.1 Elimination biologique de l'azote:..... | 25 |
| II.4.5.1.2 Elimination de l'azote par les procédés physico-chimiques:..... | 26 |
| II.4.5.1.3 Elimination de l'azote par le traitement électrochimique:..... | 27 |
| II.4.5.3 Elimination du phosphore :..... | 27 |
| II.4.5.2.1 L'élimination du phosphore par les procédés physico-chimique : | 27 |
| II.4.5.2.2 Elimination du phosphore par les procédés biologique :..... | 28 |
| II.4.5.3 La désinfection :..... | 28 |
| II.4.6 Le traitement des boues :..... | 29 |
| II.5 Conclusion :..... | 29 |
| <i>Chapitre III Présentation de la STEP de Zemmouri et Performances de traitement</i> | |
| III.1. Introduction..... | 30 |
| III.2. Description et situation géographique :..... | 30 |
| III.3. Organisation et potentiel humain:..... | 31 |
| III.4- Description des Installations..... | 31 |
| III.5 - Données de base :..... | 32 |
| III.6- Filière de traitement: | 32 |
| III.6.1 : Prétraitement et traitement primaire :..... | 32 |
| III.6.2 Arrivée de l'eau et Relevage | 32 |
| III.6.3 Dégrillage :..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| III.6.4 Dessablage-dégraissage | 34 |
| III.6.5 Traitement secondaire | 34 |
| III.6.5.1 Bassin d'aération..... | 34 |
| III.6.5.2 Clarification et ouvrage de recirculation | 34 |
| III.6.6 Traitement complémentaire | 35 |
| III.6.7 Traitement des boues | 35 |
| III.6.7.1 Épaississement des boues | 35 |
| III.6.7.2 Déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses | 36 |
| III.7 Conclusion..... | 36 |
| III.8. Performances de la station d'épuration de l'année 2016 :..... | 37 |
| III.8.1 Suivi des paramètres physico-chimique de la STEP de Zemmouri. | 38 |
| III.8.1 Conclusion..... | 45 |
| III.8.2 Suivi de l'évaluation de la pollution azotée et phosphorée..... | 46 |
| III.8.2 Conclusion..... | 51 |
| III.8.3 Recommandations d'amélioration des performances de la Station : | 52 |
| Conclusion générale..... | 56 |

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

J'exprime mon profond remerciement à *Mr. BOURAGHDA* d'avoir accepté de m'encadrer sur ce thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter son attention tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier *Mr. AKASSAS* Chef de département de Génie des Procédés.

Je tiens également à remercier *M^{me} CHABOUN fatiha* et *Mr SABRI rachid* et tous le personnel de la station d'épuration des eaux usées de Zemmouri pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.

Mes vifs remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail particulièrement à ma famille.

Introduction Générale

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. (Devaux I, 1999).

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée.

La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle.

Face à la pénurie d'eau, due essentiellement à la baisse régulière du volume des précipitations depuis ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration.

Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents

dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore.

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées. Bien que les performances épuratoires et la fiabilité de ce procédé soient approuvées, plusieurs types de dysfonctionnements peuvent apparaître. Le plus fréquent est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation de la décantation des boues avec une qualité de l'eau épurée non conforme aux normes en vigueur.

En vue d'étudier l'efficacité des stations d'épuration à boues activées concernant l'abattement de la charge polluante et le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration, on a choisi de travailler, dans ce projet de fin d'étude, sur la station d'épuration de la ville de Zemmouri.

Le travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station en analysant les paramètres suivants: DCO, DBO5, MES, la pollution azotée, la pollution phosphorée, le pH et la température de l'eau.

Ce travail est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite les généralités sur les eaux usées
- Le deuxième chapitre décrit les procédés d'épuration des eaux usées.
- Le troisième chapitre est consacré à la description et le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de Zemmouri avec la présentation des résultats de traitement des données obtenus durant l'année 2016 et leur interprétation.
- Enfin une conclusion générale.

Chapitre I
Généralités sur les eaux usées

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore....etc.) Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites [1].

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel [2].

Une eau est considérée comme «eau usée »lorsque son état, sa composition sont modifiés par les actions anthropiques dans une mesure telle qu'elle se prête moins facilement à toutes ou certaines des utilisations auxquelles elle peut servir à l'état naturel. Aujourd'hui on parle de plus en plus des notions d'eaux claires.

Origine et Composition des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue entre quatre catégories d'eaux usées :

I.2.1. Les eaux usées domestiques : Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, ...etc.et en eaux 'vannes' sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [1].

I.2.2. Les eaux industrielles : Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, (arsenic, acide sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds) Elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les êtres vivants.

I.2.3. Les eaux agricoles : Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau [3]. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ✓ Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais
- ✓ Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides
- ✓ Apport de sulfate de cuivre de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes [3].

I.2.4. Les eaux pluviales : Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes : Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées

- ✓ Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent
- ✓ Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts [4].

1.3 Système d'assainissement :

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

1.3.1 Le Système unitaire:

L'assainissement des eaux se fait au moyen d'un seul collecteur qui recueille les eaux usées et les eaux pluviales. Appelé aussi « tout-à-l'égout » La notion de « tout-à-l'égout » est aujourd'hui à proscrire, car elle suggère que tout et n'importe quoi peut être rejeté dans le réseau d'assainissement unitaire

1.3.2 Le système séparatif :

L'assainissement des eaux se fait cette fois-ci au moyen de deux collecteurs, l'un étant réservé aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales [34]. Il consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. Ce système présente, par ailleurs certains avantages :

- ✓ il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur ;
- ✓ il assure à la station d'épuration qui traite les eaux collectées un fonctionnement régulier [35].

I.4 La pollution des eaux usées :

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution [7].

I.4.1 la pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- ✓ Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
- ✓ Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [36].

I.4.2 la pollution organique :

Elle constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbain, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banale "protides, glucides, lipides", Les détergents, les huiles et goudron [7].

I.4.3 la pollution microbiologiques :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [8]. Les gemmes pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux sont données sur le tableau I.1 suivant :

Tableau I.1: Germes pathogène rencontrés dans les eaux usées

| Germes | Organismes | Maladie |
|----------------------------------|--|--|
| Les bactéries pathogènes | Salmonella Shigelles | Typhoïde Dysenterie |
| Entérobactérie vibrions | Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibrion coma | Tuberculose Cholera |
| Les Virus | Entérovirus Reovirus Adénovirus Rota virus | Poliomyélite Méningite Affection respiratoire, diarrhée |
| Les parasites et Les champignons | Taenia, ascaris | Lésions Viscérales Eczéma, Maladie de la peau |

I.4.4 la pollution thermique:

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène [9].

I.4.5 la pollution radioactive:

C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements [9].

I.4.6 la pollution par hydrocarbures:

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition. En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes.

* **Toxicité aiguë:** elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiate des poissons s'effectuent par colmatage des bronchites. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures.

* **Toxicité à long terme:** les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes. Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrées jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain [9].

I.4.7 La pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défibrage de bois, de tanneries) [11].

I.4.8 Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [3].

I.4.9 Pollution par l'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires [13]. L'azote existe sous deux formes: la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

I.5 Les paramètres caractéristiques des eaux usées: On distingue les paramètres physiques, les paramètres chimiques et les paramètres toxiques.

I.5.1. Paramètres organoleptiques

➤ **Couleur**

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

➤ **Odeur**

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition [14].

I.5.2. Les paramètres physiques

➤ **Température**

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau [15].

➤ **La turbidité**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [16].

➤ **Les matières en suspension (MES)**

Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques [11].

➤ **Les matières volatiles en suspensions (MVS):**

Elle représente la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2h. La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS (en mg /l) d'une eau [35].

➤ **Les matières minérales sèches (MMS) :**

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

➤ **Les matières décantables et non décantables**

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques [1].

-les matières décantables: Elles sont composées des matières en suspensions qui sédimentent en 2heurs dans une éprouvette.

I.5.2. Les paramètres chimiques :

➤ **Potentiel d'hydrogène**

Sa valeur détermine un grand nombre d'équilibre physicochimique. la valeur de pH basse ou élevée altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9) [25].

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies [12]. Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l [20].

- ✓ DCO = 1.5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines ;
- ✓ DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire ;
- ✓ DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles [21].

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation suivante: $MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3$

➤ **La demande biochimique en oxygène (DBO):**

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et au moyen des bactéries aérobies, les matières organiques des eaux usées. Cette oxydation s'effectue en deux stades :

- ✓ Oxydation des composés de carbone, phénomène qui à 20°C, se trouve pratiquement terminer en 20 jours ;
- ✓ Oxydation des combinaisons comprenant de l'azote, réaction qui ne s'amorce qu'au bout d'une dizaine de jour.

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5 [21].

➤ La 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 $K=DCO/DBO_5$:

- ✓ 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 inhibiteurs 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, si non on applique un traitement physico-chimique [23].

➤ Carbone total organique (COT)

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous. Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO_2 à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon [24].

➤ Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l [25].

➤ **La conductivité électrique (CE)**

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu\text{Sm/cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm . La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [26].

➤ **L'azote**

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

- ✓ L'azote total de Kjeldahl (NTK);
- ✓ Les nitrates (NO_3^-);
- ✓ Et les nitrites (NO_2^-).

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [27].

- **L'azote kjeldahl**

L'azote kjeldahl= Azote ammoniacal+ azote organique [1].

- **L'azote organique**

L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines [27].

- **L'azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ . En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate [27].

➤ **Le phosphore total**

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes:

- ✓ d'ortho-phosphate, soluble PO_4H_2 ;
- ✓ de poly-phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho-phosphate;
- ✓ de phosphore non dissous [28].

I.5.4. Les paramètres bactériologiques :

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Parmi les éléments pathogènes les plus rencontrés, on cite :

➤ **Virus :**

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel [29]. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, l'hépatite A.

➤ **Protozoaires :**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* [12].

➤ **Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries par 100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonella responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux [30].

➤ **Helminthes**

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréments des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée [36]. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3 œufs par litre. On peut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Tænia saginata* [29].

➤ **Coliformes totaux**

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène.

➤ **Coliformes fécaux**

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau. Il faut en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins importante de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli* [32].

➤ **Les streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, ce sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes [33].

I.5 - Estimation de la pollution des rejets et charge de polluante :

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 a 200 litres d'eaux est évaluée de 70 a 90 g de matière en suspensions (MES) ,60 a 70 g de matière organiques (MO) ,15 a 17g de matières azotés (N), 4 g de phosphore (P) et plusieurs milliards de germes pour 100 ml. Pour estimer une pollution en vue de dimensionner un système d'épuration, il faut disposer d'une unité. Dans la pratique on prend comme unité de pollution l'équivalent habitant [6].

➤ **Définition de l'équivalent habitant :**

L'équivalent habitant c'est la pollution journalière produite par un habitant et par jour exprimée en g d'oxygène nécessaire pour la dégradation [10].

➤ **Charge de polluante :**

*Charge en DBO : les charge en DBO apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées comme suit suivant le type de réseaux :

- réseau séparatif : 54 g/hab.j.
- réseau pseudo séparatif : 60 g/hab.j.
- réseau unitaire : 74 g/hab.j.

Ces valeurs sont variables suivant le nombre d'habitants raccordé au réseau [7].

*Charge en matière en suspension : les charges en matière en suspension sont de l'ordre de 70 à 90 g/h/j avec environ 70 % de matières organiques et de 30 % de matières minérales. Ceci correspond a une charge en MVS de 50 a 64 g/hab.j.et de 20 à 25 g/hab.j pour les matière

minérales [6].

*Charge en DCO : les charge en DCO apportées les eaux usées varient généralement de 60 à 180 g/hab.j en fonction du nombre d'habitant.

I.7. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant [37].

Tableau I.2 : Normes de rejets internationales.

| Paramètres | Unité | Normes utilisées (OMS) |
|-------------------------------|-------|------------------------|
| PH | - | 6.5-8.5 |
| DBO ₅ | mg/l | <30 |
| DCO | mg/l | <90 |
| MES | mg/l | <20 |
| NH ₄ ⁺ | mg/l | <0,5 |
| NO ₂ ⁻ | mg/l | 1 |
| NO ₃ ⁻ | mg/l | <1 |
| P ₂ O ₅ | mg/l | <2 |
| Température T | °C | <30 |
| Couleur | - | Incolore |
| Odeur | - | Inodore |

I.8. Normes Algériennes

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement. Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau ci-dessous

**Tableau I.3 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur
(Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).**

| PARAMÈTRES | UNITÉS | VALEURS LIMITES |
|-----------------------------|--------|-----------------|
| Température | °C | 30 |
| pH | - | 6.5 à 8.5 |
| MES | mg/l | 35 |
| DBO5 | mg/l | 35 |
| DCO | mg/l | 120 |
| Azote Kjeldahl | mg/l | 30 |
| Phosphates | mg/l | 02 |
| Phosphore total | mg/l | 02 |
| Cyanures | mg/l | 0.1 |
| Aluminium | mg/l | 03 |
| Cadmium | mg/l | 0.2 |
| Fer | mg/l | 03 |
| Manganèse | mg/l | 01 |
| Mercure total | mg/l | 0.01 |
| Nickel total | mg/l | 0.5 |
| Plomb total | mg/l | 0.5 |
| Cuivre total | mg/l | 0.5 |
| Zinc total | mg/l | 03 |
| Huiles et Graisses | mg/l | 20 |
| Hydrocarbures totaux | mg/l | 10 |
| Indice Phénols | mg/l | 0.3 |
| Fluor et composés | mg/l | 15 |
| Étain total | mg/l | 02 |
| Composés organiques chlorés | mg/l | 05 |
| Chrome total | mg/l | 0.5 |
| Chrome III + | mg/l | 03 |
| Chrome VI + | mg/l | 0.1 |
| Solvants organiques | mg/l | 20 |
| Chlore actif | mg/l | 1.0 |
| PCB | mg/l | 0.001 |
| Détergents | mg/l | 2 |
| Tensioactifs anioniques | mg/l | 10 |

Chapitre II

Procédés d'épuration des eaux Usées

Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable [38].

II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées :

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien [39].

II.3. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement [40].

II.4. Procédés d'épuration des eaux usées

D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes :

II.4.1 Prétraitement :

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles :

a- Dégrillage :

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, on faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé. L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue:

- ✓ Un pré dégrillage espacement 30 à 100mm
- ✓ Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25mm
- ✓ Un dégrillage fin : espacement 3 à 10mm

Pour le nettoyage des grilles, on peut rencontrer deux types de grilles :

- **Grilles manuelles** : se sont composées avec de barreaux le plus souvent inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale, elles sont réservées à la petite station. Leur inconvénient est la nécessité de les nettoyer quotidiennement, car si la grille reste longtemps sans nettoyage, l'effluent risque de refluer dans le collecteur d'arrivée.
- **Grille mécanique** :

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Elles se classent en deux catégories :

- ✓ Grille droite : elle est inclinée à 80° sur l'horizontale. Le nettoyage se fait automatiquement à l'aide des râpeaux, des peignes ou encore des brosses [7].
- ✓ Grille courbes: sont utilisées pour les stations d'épuration des eaux industrielles. Le nettoyage se fait par un double râteau tournant ou encore par un système de bielle appliquée contre la grille [9].

b. Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100µm) [41].

c- Dessablage : c'est un procédé qui consiste à l'élimination des sables présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduits et les pompes contre l'érosion et le colmatage d'une part [7]. La technique classique du Dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [41].

3- Dégraissage déshuilage :

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

- ✓ Envahissement des décanteurs;
- ✓ Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs;
- ✓ Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;
- ✓ Risque de bouchage des canalisations et des pompes;
- ✓ Diminution du rendement du traitement qui arrive après.

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter [7].

- **Dégraisseur-déshuileur aéré** : Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h [7].
- **Déshuileur longitudinal** : C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond.

L'ouvrage est calculé pour :

- ✓ -une vitesse d'écoulement horizontal de 20 à 50 m/h
- ✓ -une longueur de 2 à 6 m
- ✓ -une hauteur d'eau de 1 à 3 m [6].

II.4.2. Le traitement primaire

a- La décantation primaire :

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation) [43].

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluante.

- La décantation physique (naturelle):

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des

eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration

- La décantation physico-chimique:

Si les particules sont très fines (colloïdales), ils peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération. Par l'injection des réactifs tels que: (le sulfate d'alumine, le sulfate ferrique) pour coagulation et pour la floculation on trouve: les floculant minéraux, les floculant organiques [1].

II.4.3. Le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les micro-organismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floes et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes.

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

II.4.3.1. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'auto-épuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.

a. Le lagunage (culture libre)

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux [44].

- a.1 Lagunage naturel : L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est trois (03). Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la

photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique [44].

- a.2 Lagunage aéré : Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air)[44]. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année [44].

II.4.3.2 Procédés biologiques 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 [9].

II.4.3.2 .1 Disques biologiques (cultures fixées)

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel [46].

II.4.3.2 .2 Les lits bactériens :

Les lits bactériens, appelés aussi lits ou filtres à ruissellement ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Son principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux micro-organismes .les

micro-organismes qui est fixé sur le support éliminent les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) [1].

II.4.3.2.3 Les boues activées : Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Ce procédé utilise l'épuration biologique dans le traitement des eaux usées. C'est un mode d'épuration par cultures libres. Dans une filière de traitement des eaux, le procédé à boues activées fait partie des traitements secondaires.

L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération [25]. Il existe quatre principales utilisations spécifiques du procédé à boues activées:

- Élimination de la pollution carbonée (matières organiques) ;
- Élimination de la pollution azotée ;
- Élimination biologique du Phosphore ;
- Stabilisation des boues: procédé dit d'aération prolongée ou digestion aérobie [25].

Dans tous les cas, une station d'épuration à boues activées (figure III.1) comprend:

*Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mis en contact avec la masse bactérienne épuratrice.

*Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne.

*Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur.

*Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire de surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat, un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.

*Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, d'éviter les dépôts, de favoriser la diffusion de l'oxygène partout où il en a besoin. Très fréquemment, le même dispositif est utilisé pour l'aération et le brassage.

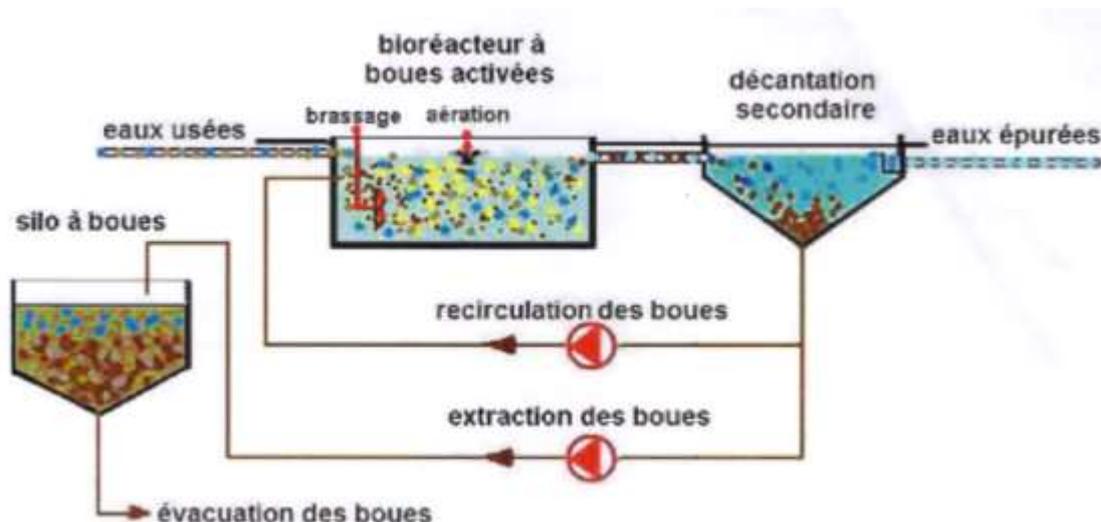


Figure 11.2 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées

11.4.3.2.4 Paramètre de fonctionnement des stations à boues activées

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants:

- ✓ **La charge massique (Cm)** : C'est la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le bassin d'aération par rapport à la masse de boues présente dans ce réacteur; Elle est exprimée en (kg DB05 .kg-1MS.j-1).
- ✓ **La charge volumique (Cv)** : C'est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation. Elle est exprimée en (kg DB05 m3 j1)

Il est courant de classer les différents procédés par boues activées suivant la valeur de la charge massique ou volumique à laquelle ils fonctionnent. Les valeurs sont montrées sur le tableau 11.1:

Tableau 11.1: Classification des procédés à boues activées [5].

| Type | Charge massique (Kg DB5.Kg-1MV.j-1) | Charge volumique (Kg DB5.m-3.j-1) |
|--------------------|--|--------------------------------------|
| Très fort charge | >1.5 | 1.0 |
| Forte charge | 0.50 à 1.5 | 2.4 |
| Moyenne charge | 0.25 à 0.50 | 4 |
| Faible charge | 0.1 à 0.25 | 8 |
| Très faible charge | < 0.1 | 20 |

- ✓ **Age des boues** : C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues produites par la station [5].

- ✓ **Décantabilité des boues** : Le bon fonctionnement d'une station de boues activées repose sur celui du bassin d'aération, mais également sur celui du clarificateur. Pour que ce dernier puisse séparer efficacement la biomasse de l'eau traitée, cette biomasse doit être correctement floculée [5]. Si Im (indice de Mohlman) > 200 les boues sont malades. Il peut se produire un phénomène de "bulking" qui empêche la décantation normale des floes. Plusieurs raisons sont à l'origine de ce problème :
 - La croissance exagérée de bactéries filamenteuses due à la trop grande richesse de l'effluent en substrat facilement dégradable.
 - l'arrivée de toxiques qui réduit l'activité biologique et détruit le floc.
 - l'excès ou l'insuffisance d' O_2 dans le bassin d'aération.
 - la mauvaise vitesse de décantation dans le clarificateur secondaire [25].

✓ **Aération dans les bassins à boues activées :**

L'aération c'est pour la dégradation des matières organique et encore pour maintenir les bactéries en vie au moyen d'appareils appelés aérateurs. On a admet cependant, que le micro-organisme aérobic en suspensions dans l'eau n'utilise pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau [7].

- **Les systèmes d'aération**
- Aération mécanique de surface : Les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes :
 1. aérateurs à axe vertical à faible vitesse, aspirant l'eau par le fond et la rejetant directement à l'horizontale.
 2. aérateurs à axe vertical à grande vitesse (1000 à 1800 tr mn⁻¹)
 3. aérateurs à axe horizontal permettant l'oxygénation par pulvérisation d'eau dans l'air.
- Aération par air sur pressée : Les dispositifs d'injection d'air sur pressé à fines bulles (diffuseurs poreux à haut rendement d'oxygénation: 12 %), à moyennes bulles (diffuseurs à clapets) ou à grosses bulles (diffuseurs à larges orifices) à faible rendement d'oxygénation 5 % [25].

II.4.3.2.5 Paramètres influençant le fonctionnement des bassins d'aération

Le processus aux boues activées peut être influencé par plusieurs facteurs. On se doit de créer des conditions optimales de fonctionnement afin d'obtenir un traitement des eaux usées le plus performant possible [47]. Les paramètres les plus importants et surtout critiques sont les suivants :

Inhibitions liées aux paramètres caractéristiques de l'eau brute

- ✓ Débit d'alimentation
- ✓ PH
- ✓ Température
- ✓ Nutriments
- ✓ Composés toxiques
- ✓ Problèmes biologiques
- ✓ Inhibition par les bactéries filamenteuses
- ✓ Inhibition par les mousses
- ✓ Problèmes mécaniques
- ✓ Problèmes d'aération
- ✓ Dysfonctionnement lié aux agitateurs

II.4.4 La décantation secondaire :

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs.

L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) [48].

II.4.5 Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires [42]. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

II.4.5.1 Elimination de l'azote :

L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes :

1. Azote minérale : principalement sous forme d'azote moléculaire, (N_2), d'ion ammonium (NH_4^+), d'ion nitrite (NO_2^-) et d'ion nitrate (NO_3^-).
2. Azote organique : présent sous forme de protéines qui donnent par l'hydrolyse des acides aminés conduisant eux même par condensation aux peptides et polypeptides. Il se trouve également dans une grande variété d'autres combinaisons organique (urée, acide urique, créatinine etc.....).

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 [42].

II.4.5.1.1 Elimination biologique de l'azote :

L'élimination biologique (figure II.1) de l'azote fait intervenir 4 réactions principales :

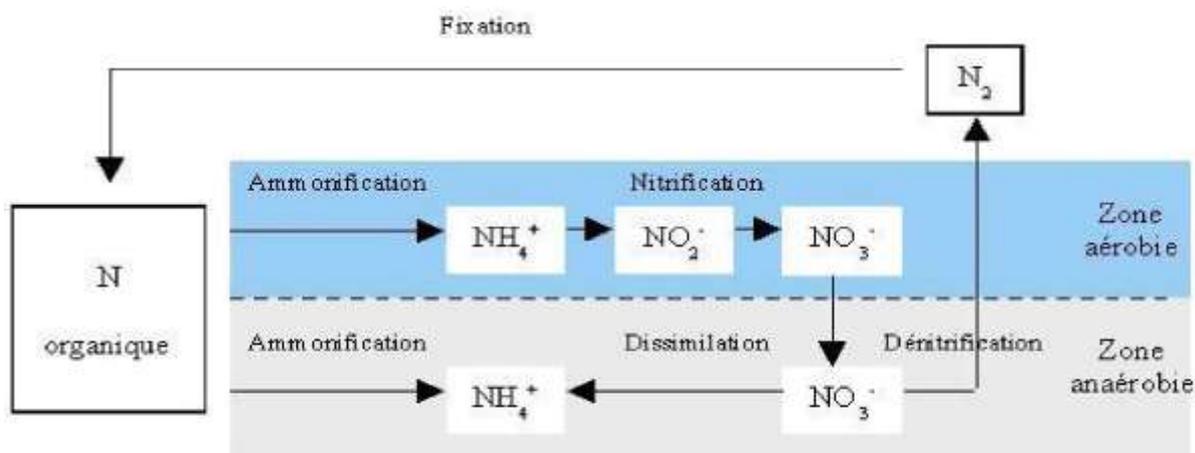


Figure II.1 : schéma général de la nitrification-dénitrification

- **L'ammonification** : c'est l'utilisation d'une partie de l'azote organique en azote ammoniacale. la vitesse d'ammonification dépend essentiellement de la concentration en azote ammoniacal.

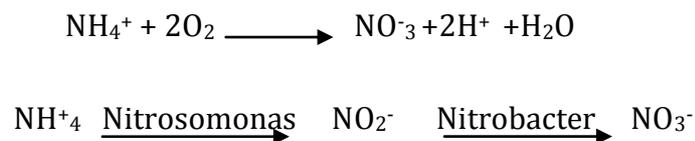
- **L'assimilation** : c'est l'utilisation d'une partie de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour la synthèse bactérienne.

-**La nitrification** : C'est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate .Elle s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes Cette transformation est réalisée en milieu aérobie:

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

*Oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) : Les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent au germes Nitrobacter.

La réaction globale simplifiée de la nitrification peut s'écrire :



- La dénitrification :

C'est un processus anaérobie (absence de l'oxygène) par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

Avant d'arriver au stade ultime d'utilisation complète de l'oxygène du nitrate pour obtenir l'azote gazeux N_2 , une série de réactions complexes se produisent. On peut néanmoins les résumer :



II.4.5.1.2 Elimination de l'azote par les procédés physico-chimiques:

- **Le stripping (élimination de l'ammoniaque)**: l'azote ammoniacal peut être éliminé par un gaz (air), circulant à contre-courant de l'effluent. Ce processus implique l'utilisation d'une tout dans lequel s'effectue-la réaction l'efficacité de l'épuration dépend du tempe de contact, du **pH** et de la température. Il est possible d'élimination ainsi 98.5 % de l'azote ammoniacal contenu dans les eaux a un **PH** de 10,8.
- **Les résines échangeuses d'ion** : cette technique s'applique aux formes minérales de l'azote et du phosphore, et la présence de **M.O** dans l'eau rend complexe l'utilisation des résines. En effet une partie de ces résines tend à se fixée irréversiblement sur les résines et à diminuer progressivement leur capacité d'adsorption, il importe donc de les éliminer avant le passage de l'effluent sur les résines.

II.4.5.1.3 Élimination de l'azote par le traitement électrochimique : ce traitement se fait généralement sur les solutions côtières puisque dans ce processus une source de magnésium est indispensable.

II.4.5.2 Élimination du phosphore :

Le phosphore se présente lui aussi sous deux formes :

1- phosphore minérale : présent principalement sous formes d'ortho phosphate, de phosphures, de diverses combinaisons minérale comme le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétra sodique et l'hexa méta phosphate de sodium.

2- phosphore organique : présent dans les combinaisons cellulaires organique soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme cellulaire [1].

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques, en ce qui concerne les traitements physico-chimique, l'adjonction de réactifs comme les sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et élimination par décantation. Cette technique est la plus utilisée actuellement élimine entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production de boues [45].

II.4.5.2.1 L'élimination du phosphore par les procédés physico-chimique :

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée; elle est en effet utilisée dans 86% des cas. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières :

- ✓ En amont du bassin d'aération, par pré-précipitation La chaux est le réactif le plus souvent utilisé à cause de son prix peu élevé. La précipitation des phosphates entraîne une élimination de la pollution carbonée. Cette technique, très intéressante dans le cas d'une station biologique saturée, permet de pallier la surcharge de la station et de différer son extension.
- ✓ Dans le bassin d'aération, par co-précipitation, le sulfate de fer (ou d'aluminium) est souvent employé dans cette technique. La co- précipitation est la technique la plus utilisée dans les stations d'épurations. Elle présente de nombreux avantages techniques et économiques, en termes de mise en œuvre et d'exploitation, pour une élimination efficace du phosphore.
- ✓ En aval du clarificateur, par post-précipitation: Cette précipitation exige une installation physico-chimique spécifique en aval des clarificateurs, suivie d'une filtration des effluents traités. C'est une technique très onéreuse, mais elle permet de restituer un effluent

de très bonne qualité. Les boues produites par cette technique sont traitées avec les boues biologiques. Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 %.

La déphosphoration biologique est plus délicate à mettre en œuvre, et les rendements obtenus ne sont pas aussi fiables en raison des fluctuations de la charge en phosphore. En outre, les rendements envisageables ne sont que de l'ordre de 50 à 60 %, ce qui implique en général un procédé mixte de déphosphoration procédé biologique + une précipitation chimique .

II.4.5.2.2 Elimination du phosphore par les procédés biologique :

Le principe de la déphosphatation biologique consiste en une accumulation de phosphore dans la biomasse microbienne, essentiellement par les bactéries accumulatrices de polyphosphata (poly-P), en vue de réaliser des réserves d'énergie ou des réserves en phosphore. Cette déphosphatation demande une alternance de séquences anaérobies/aérobies :

L'alternance de ces séquence a pour but de modifier l'équilibre enzymatique régulant la synthèse du poly -P en phase anaérobie.

- ✓ Phase anaérobie : des bactéries acétogènes, anaérobies facultatives, utilisent le carbone organique mis à leur disposition pour produire de l'acétate. Ces micro-organismes vont accumuler progressivement du phosphore jusqu'à des valeurs pouvant atteindre 10 à 11% de leur poids sec.
- ✓ Phase aérobie : l'acétate produit est réutilisé par des bactéries du groupe acinetobacter (moraxella).

II.4.5.3 La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par:

- ✓ **Le chlore** : Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont: le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium ($NaClO$) appelé communément " eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ($Ca(ClO)_2$), le chlore de chaux ($CaCl_2OCl_2$) et le chlorite de sodium ($NaClO_2$).
- ✓ **L'ozone (O_3)** : Est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les

tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité

Il existe aussi des traitements physiques tel que:

- ✓ **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.
- ✓ **La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [45].

II.4. 6. Le traitement des boues

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration. Le traitement des boues a pour objectifs de :

- ✓ réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) ;
- ✓ diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation)[43].

II.5 Conclusion

Dans le chapitre I et II on a présenté une petite généralité sur les eaux usées, quelle est l'origine des eaux usées et la composition de ces eaux, et on a cité les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration et on a précisé aussi quelque types de traitement des eaux par exemple : boues activé, lit bactérienne, biodisque et lagunage naturelle.

Chapitre III

Présentation de la STEP de Zemmouri et Performances de traitement

Chapitre III : Présentation de la STEP de Zemmouri et performance de traitement

III.1. Introduction

Dans la wilaya de Boumerdes il existe trois 03 stations d'épuration urbaines. Parmi ces dernières, la station de la commune de Zemmouri qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique de la ville de Zemmouri et Zaatra ainsi que Zemmouri el Bahri par le procédé d'épuration de boues activées [49] La station d'épuration de Zemmouri est de type boues activées à faible charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau



Figure III.1 : Vue satellitaire de la STEP de Zemmouri (Google EARTH)

III.2. Description et situation géographique :

La STEP de Zemmouri est implantée sur un ancien terrain agricole dans la commune de Zemmouri au sud-ouest de la wilaya de Boumerdes avec une superficie totale de **56036.30 m²** et **40 %** du site est occupée par des espaces verts, elle est mise en service en décembre 2001 et la population raccordée à cette station est de **25 000 Eq/h**, son volume journalier est de **5000 m³/j**, avec linéaire du réseau de **19 Km**, elle a été conçue dans le but d'épurer les eaux usées urbaines pour protéger le milieu récepteur, en l'occurrence Oued Araar.

III.3. Organisation et potentiel humain:

Le Nombre total du personnel de la STEP de Zemmouri est de 37 qui sont divisés par les postes suivants :

- ✓ **Le Chef de STEP** : qui assure le contrôle et le bon fonctionnement de la STEP.
- ✓ **L'ingénieur de laboratoire** : qui effectue les analyse de l'eau Brute et l'eau épurées ainsi que la Boue.
- ✓ **Le Technicien de maintenance** : qui assure la maintenance sur l'ensemble des équipements et installation.
- ✓ **Les Opérateurs d'assainissement et Surveillants pompistes** : qui assurent la vérification du fonctionnement des pompes existantes au niveau des Bassins.
- ✓ **Les Agents de Sécurités et d'exploitation** : qui veillent sur l'entretien de la Station, le nettoyage des bassins et la chaine de prétraitement.

III.4- Description des Installations

La station comprend :

Pour la partie Eaux Usées :

- * Dégrilleur
- * Dessableur – déshuileur
- * Deux bassins d'aération
- * Deux décanteurs secondaires

Pour la partie Boues :

- * Un poste de pompage des boues avec pompe de recirculation
- * Un épaisseur
- * Bassin en chicane

Aire de stockage des boues séchées

En plus une salle de contrôle dont la quelle on trouve un tableau électronique qui affiche la filière de traitement au niveau de la station ainsi que l'état de chaque équipement .la couleur verte indique l'état de marche, et la couleur rouge indique l'état d'arrêt [49]

III.5 - Données de base :

La station d'épuration de Zemmouri a été dimensionnée sur les bases de données suivantes :

| Paramètres | Unité | Valeurs |
|--------------------------------|----------------------|---------|
| type de réseau | Unitaire | / |
| Nature des eaux brutes | Domestiques | / |
| Population | EQ-HAB | 25 000 |
| Débit journalier | m ³ /jour | 5 000 |
| Débit moyen 24h | m ³ /h | 236 |
| Débit de pointe temps sec | m ³ /h | 440 |
| Débit de pointe temps de pluie | m ³ /h | 785 |
| DBO ₅ journalière | kg/J | 1985 |
| Matière en suspension | kg/J | 2140 |

Tableau III.1: Données de base de la STEP de Zemmouri [49]

Les caractéristiques du rejet qui devraient être garantie selon la notice d'exploitation de la station est défini comme suite :

- ✓ Matière en suspension.....30 Mg /L
- ✓ DBO₅.....30 Mg/L
- ✓ DCO.....90 Mg/L

III.6- Filière de traitement:

Les étapes de traitement sont les suivantes :

III.6.1 : Prétraitement et traitement primaire

Le prétraitement élimine les grosses particules véhiculées par les eaux afin de protéger les ouvrages de la station du colmatage et des dépôts de boues. Le prétraitement comporte :

III.6.2 Arrivée de l'eau et Relevage

L'effluent brut arrive d'une manière gravitaire à la station. Il est relevé respectivement par une vis d'Archimède. Dès que l'effluent a atteint son niveau d'entrée du prétraitement, il est acheminé gravitairement vers :

- Le By-pass total des installations par manœuvre d'un batardeau contrôlant l'entrée générale à la station ;
- L'alimentation du prétraitement en aval.

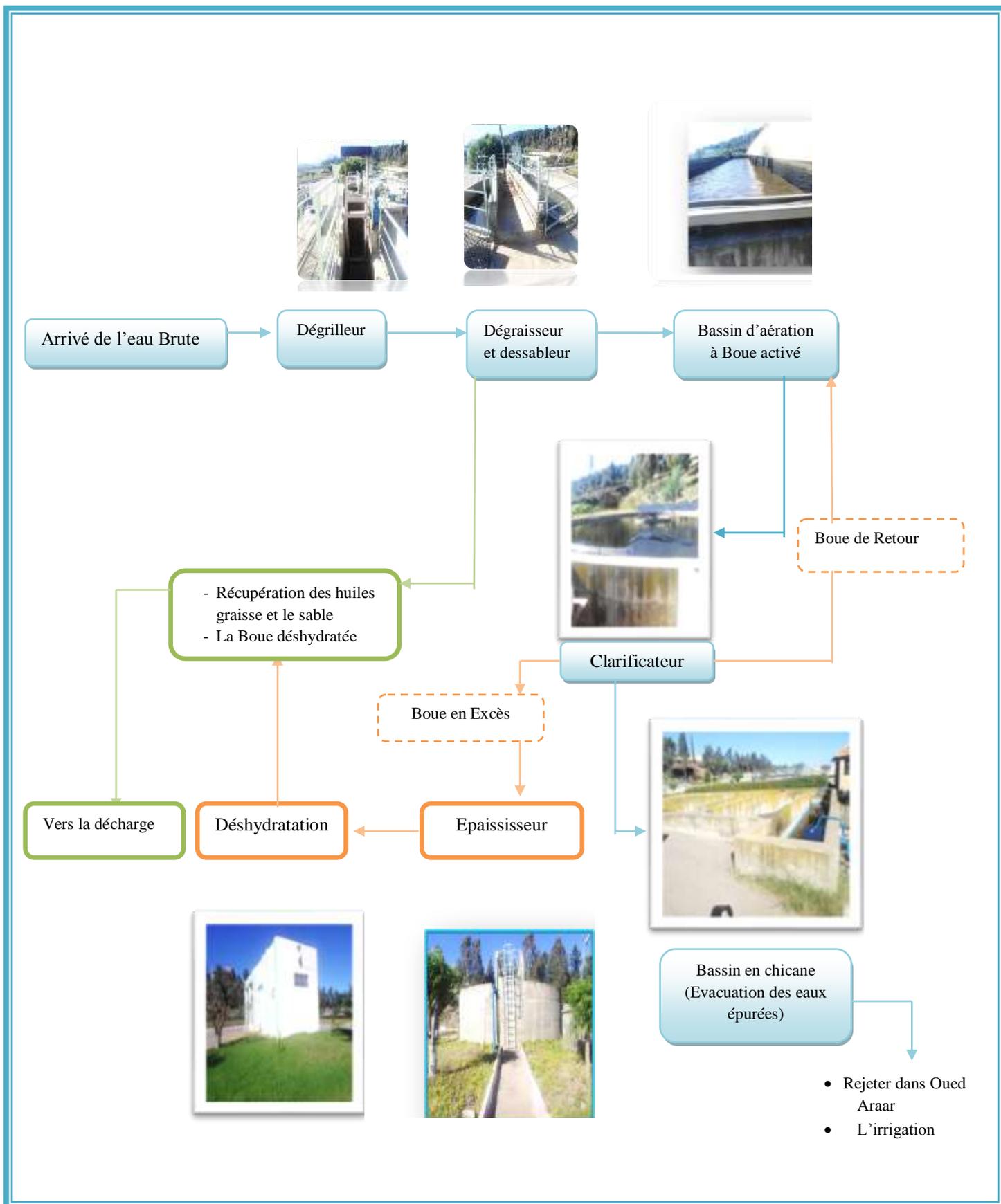


Figure III.3 : Présentation de la chaîne de traitement d'épuration des eaux usées de la STEP de Zemmouri

III.6.3 Dégrillage

L'ensemble de dégrillage comporte un dégrilleur automatique fin de type à champ courbe, avec espacement entre barreaux de 20 mm, Le dégrillage grossier ayant déjà été assuré à l'entrée de la station. Les refus sont évacués par un convoyeur à vis vers une benne.

En cas d'avarie ou d'entretien sur le dégrilleur automatique, il est prévu un canal de by-pass équipé d'un dégrilleur de secours à champ droit manuel avec espacement entre les barreaux de 20 mm. Il est isolé par des batardeaux en aluminium à commande manuelle.

Tous les canaux de dégrillage sont isolables par le même dispositif de batardeau en aluminium. [49]

III.6.4 Dessablage-dégraissage

Les ouvrages circulaires de dessablage dégraissage ont pour but :

- L'élimination par décantation de la grande partie des sables de dimensions supérieures à 150-200 μm
- L'élimination d'une grande partie des matières flottantes (graisse, écume...) en partie supérieure des ouvrages.

III.6.5 Traitement secondaire

III.6.5.1 Bassin d'aération

Les eaux prétraitées sont dirigées vers deux (2) bassins d'aération munis de turbines type « anti-rotor » permettant l'aération prolongée de la culture bactérienne à l'origine du traitement.

Les bassins reçoivent d'autre part la « liqueur mixte » constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux [49] .

- Nombre de bassins02
- Volume unitaire.....3000 m³
- Profondeur.....4.5 m
- Nombre d'aérateur.....03 pour chaque bassin.

III.6.5.2 Clarification et ouvrage de recirculation

Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées à l'aide d'un racleur vers un puits central de collecte. Elles sont reprises par une tuyauterie les acheminant vers la bêche de recirculation attenante aux bassins d'aération. Une partie des boues est recyclée en tête d'aération sous le nom de liqueur mixte et une partie est extraite pour être envoyée vers l'épaisseur.

Les eaux décantées sont recueillies par surverse dans une rigole périphérique pour être dirigées vers la désinfection et le canal de comptage.

III.6.6 Traitement complémentaire

-Canal de comptage et désinfection de l'eau traitée

L'eau clarifiée transite vers un ouvrage en béton comportant un certain nombre de canaux en chicanes. Un premier canal permet la mesure de débit d'eau traitée.

Une série de canaux en chicane permet d'assurer un contact prolongé entre l'eau à désinfecter et le produit désinfectant chlore

- ✓ Largeur des canaux1 m
- ✓ Volume total.....150 m³
- ✓ Temps de séjour.....20 mn

Normalement, la dose de chlore prévue est de 10 g/m³ et est assuré par un ensemble de chloration à partir de chlore gazeux. Actuellement aucune chloration ne se fait donc l'eau n'est pas désinfectée.

III.6.7 Traitement des boues

III.6.7.1 Épaississement des boues

Avant transfert en déshydratation, il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dans le but essentiellement de traiter de plus faibles volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compacts [49].

| <u>Caractéristiques dimensionnelles</u> | |
|--|-------------------------|
| Diamètre inférieur de l'ouvrage (épaississeur) : 9 m | |
| <u>Caractéristiques fonctionnelles</u> | |
| Diamètre inférieur de l'ouvrage (épaississeur) | 9 m |
| Charge massique | 30 kg/m ² /j |
| Concentration de sortie moyenne | 20 g/l minimum |
| Volume journalier à transférer en déshydratation | 528 m ³ |

Tableau III.2: Caractéristiques de l'épaississeur de la STEP de Zemmouri

Les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage pour être refoulées vers la déshydratation à l'aide d'une pompe à vitesse variable [49]

III.6.7.2 Déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses

Les boues épaissies sont d'abord floculées avant d'être envoyées sur une bande presseuse SUPERPRESS ST 3. L'ajout de polymère en faible quantité est nécessaire afin d'améliorer la filtrabilité des boues [49].

| <u>Caractéristiques du SUPERPRESS</u> | |
|--|------------------------|
| Largeur de bande | 2 m |
| Capacité unitaire | 150 kg MS/m/h |
| Avec un SUPERPRESS en service actuel | 13.6 kg/j |
| Consommation de polymère moyenne | 20 kg/j |
| Siccité des boues déshydratées | 17± 1 % |
| Masse journalière moyenne de boues actuellement produite | 650 kg/j boues sèches |
| Masse journalière moyenne de boues avec mise en production de la deuxième file | 1300 kg/j boues sèches |

Tableau III.3: Caractéristiques du SUPERPRESS de la STEP de Zemmouri

III.7 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée de la station d'épuration de Zemmouri et les conditions de fonctionnement de cette dernière ainsi que des différents procédés de traitement des eaux usées, à savoir: les prétraitements, traitement biologique et décantation. et d'autre part, le traitement des boues; l'épaississeur et la déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses.

III.8. Performances de la station d'épuration de l'année 2016 :

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée par la station d'épuration des eaux usées par boue activée de la ville de Zemmouri. Afin de déterminer les performances de l'épuration des eaux usées au niveau de la STEP de Zemmouri, nous avons effectué les analyses de différents paramètres de pollution qui sont: la température, le pH les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote de Kjeldahl, l'azote ammoniacal (NH₄), le nitrate (NO₃), et Phosphore totale (PO₄) de l'eau brute et l'eau épurée durant la période de fonctionnement allant du mois de janvier jusqu'au mois de décembre 2016. Les résultats ci-dessous nous ont été fournis par les gestionnaires de la STEP (ONA de Zemmouri).

- ✓ Il est à noter que les analyses physique tels que le PH, T°C, MES sont effectuées au niveau de la STEP de Zemmouri chaque jour.
- ✓ les analyses chimiques sont effectuées au niveau de laboratoire de Boumerdes sauf NTK et P total au niveau du laboratoire central Alger,.
- ✓ L'analyse des paramètres DCO DBO5 et MES est effectuée 1fois /semaine.
- ✓ L'analyse du N-NO₂.N-NO₃, P-PO₄, N-NH₄, Ptot et NTK est effectuée 2fois /mois.

III.8.1 Suivi des paramètres physico-chimique de la STEP de Zemmouri.

Tableau III. 8.1: Variation mensuel du PH et T°C dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Période Paramètre | Janvier 2016 | Février 2016 | Mars 2016 | Avril 2016 | Mai 2016 | Juin 2016 | Juillet 2016 | Août 2016 | Septembre 2016 | Octobr e 2016 | Novembr e 2016 | Décembr e 2016 |
|----------------------|----------------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | Entrée de la STEP | PH 7.63 | 7.78 | 7.62 | 7.70 | 7.6 | 7.48 | 7.4 | 7.49 | 7.45 | 7.49 | 7.63 |
| | T°C 14.14 | 14.2 | 13.44 | 17.15 | 19.39 | 17.15 | 22.09 | 23.70 | 22.21 | 22 | 18.98 | 16.31 |
| Sortie de la STEP | PH 7.48 | 7.57 | 7.46 | 7.59 | 7.48 | 7.23 | 7.27 | 7.27 | 7.31 | 7.25 | 7.07 | 7.1 |
| | T°C 13.94 | 13.92 | 13.19 | 17 | 19.30 | 17.1 | 21.82 | 22.76 | 22.21 | 21.39 | 18.47 | 15.83 |

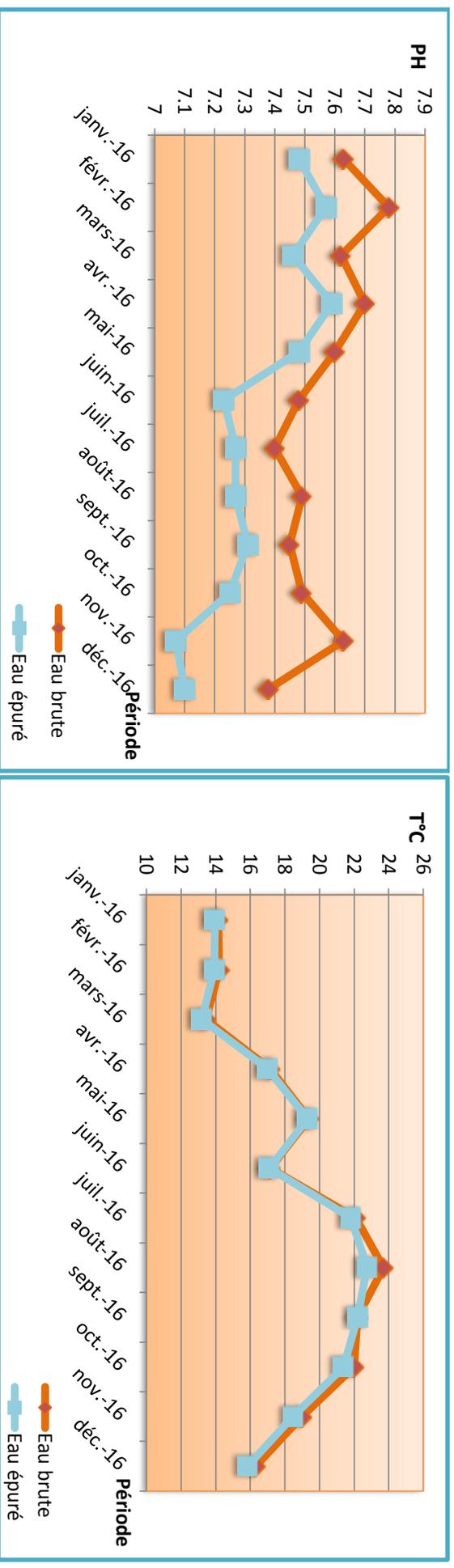


Figure III 8.1: Variation mensuel du PH et T°C dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

Interprétation :

Le pH des eaux usées brutes à l'entrée de la station varie entre 7.40 et 7,78 (Tableau 1), L'épuration nous a conduit à des valeurs de pH comprises entre 7,07 et 7.59, ces valeurs se situent dans la fourchette de neutralités qui permet un bon déroulement de processus de traitement d'épuration. et elles sont aussi conformes aux norme de rejet direct qui est comprise entre 6,5 et 8,5. Concernant la variation de la température au cours de l'année 2016 on remarque une stabilité de cette dernière entre l'eau brute et l'eau traitée.

Tableau III.8.2: Variation mensuel des MES dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Période Paramètre | Janvie r 2016 | | Février r 2016 | | Mars 2016 | | Avril 2016 | | Mars 2016 | | Juin 2016 | | Juillet 2016 | | Août 2016 | | Septembre 2016 | | Octobre 2016 | | Novembr e 2016 | | Décembr e 2016 | |
|----------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) | MES mg/l | Rendement d'élimination(%) |
| Entrée de la STEP | 182.5 | 94.52 | 191.11 | 94.76 | 182.22 | 94.51 | 178.75 | 91.60 | 183.6 | 92.37 | 167.5 | 94.54 | 191.6 | 93.47 | 173 | 91.90 | 161.25 | 92.24 | 155 | 90.32 | 180 | 9.5 | 107.5 | 12.5 |
| Sortie de la STEP | 10 | 94.52 | 10 | 94.76 | 10 | 94.51 | 15 | 91.60 | 14 | 92.37 | 8.66 | 94.54 | 12.5 | 93.47 | 14 | 91.90 | 12.5 | 92.24 | 15 | 90.32 | 13.5 | 9.5 | 12.5 | 12.5 |

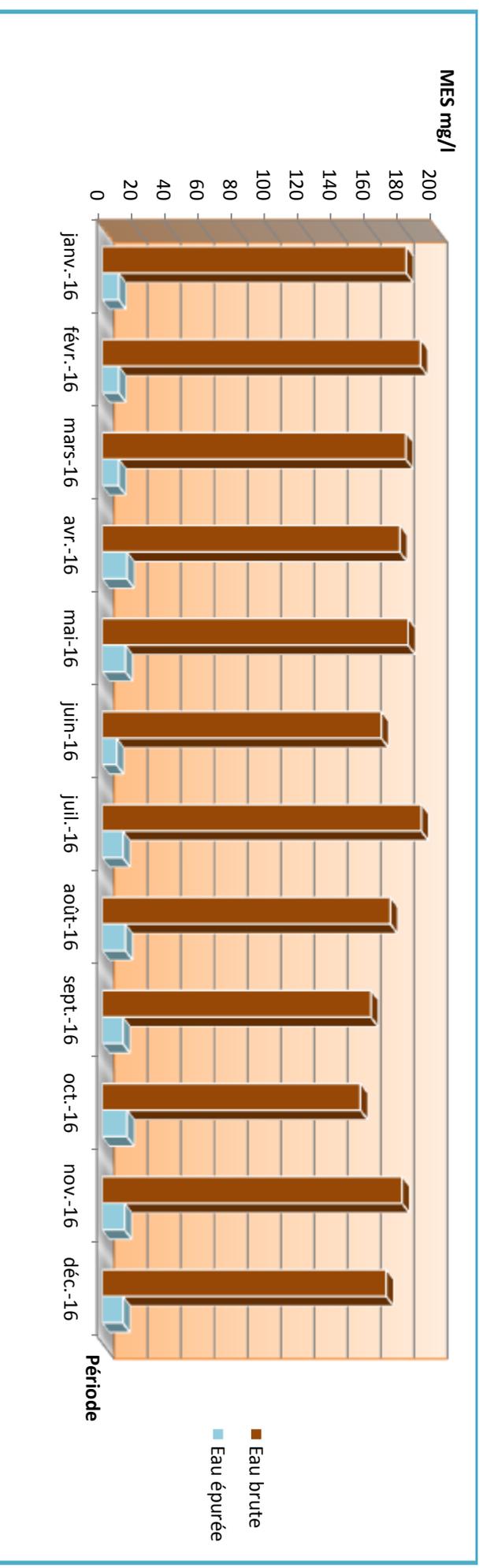


Figure III.8.2: Variation mensuel de la quantité des MES de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

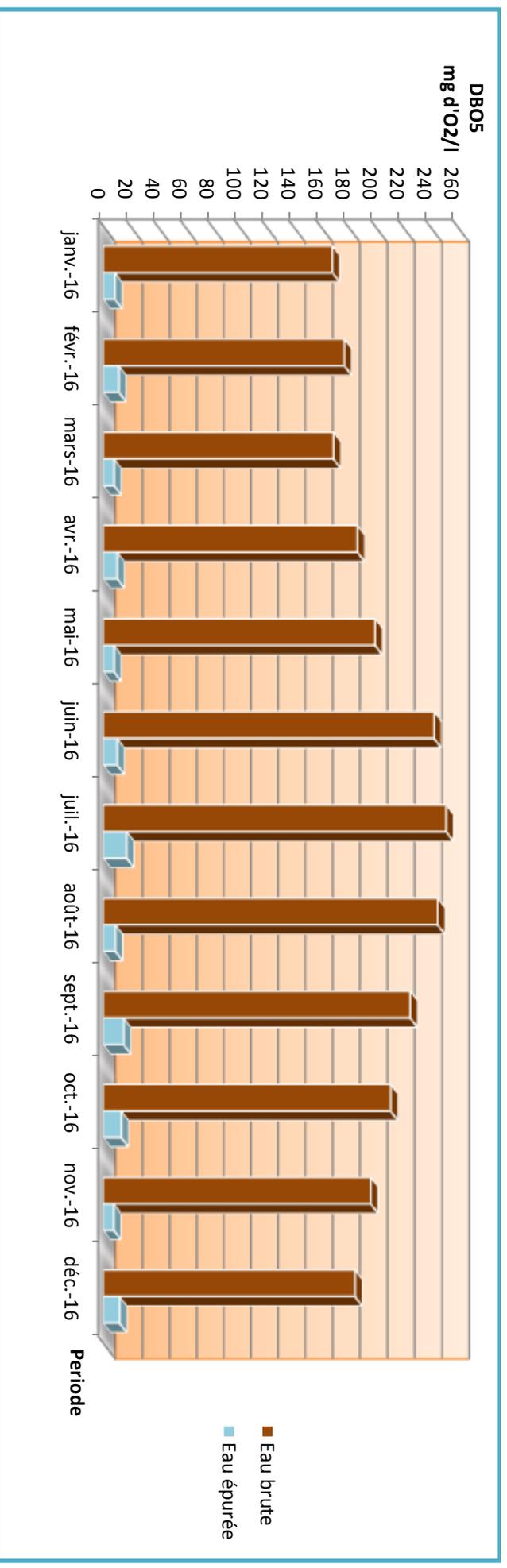
Interprétation :

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, diminution de la capacité d'épuration de la station, détérioration du matériel par l'abrasion, ainsi que perturbation de l'écosystème, etc.).

La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 155 mg/l et 191.6 mg/l avec une moyenne de **185** mg/l (Tableau 2), et celle à la sortie varie entre 8.66 mg/l et 15 mg/l avec une moyenne de **12.84** mg/l. Ces résultats montrent que durant toute la période de Janvier jusqu'à décembre 2016, la concentration des MES dans l'eau épurée est inférieure à la norme admise pour le rejet qui est de 30 mg/l.

Tableau III.8.3: Variation mensuel de la DBO₅ dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Paramètre | Période | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--------------|-----------|------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------------|--------------|---------------|---------------|--------|
| | Janvier 2016 | Février 2016 | Mars 2016 | Avril 2016 | Mai 2016 | Juin 2016 | Juillet 2016 | Août 2016 | Septembre 2016 | Octobre 2016 | Novembre 2016 | Décembre 2016 | |
| Entrée de la STEP | DBO ₅ mg d'O ₂ /l | 168.75 | 177.5 | 169.5 | 187 | 200 | 243.12 | 252 | 245.71 | 225.71 | 211.25 | 196.76 | 185.25 |
| Sortie de la STEP | DBO ₅ mg d'O ₂ /l | 8.5 | 11.5 | 8 | 10.25 | 8 | 10.25 | 17.25 | 9 | 15 | 13.25 | 7.75 | 12 |
| Rendement d'élimination (%) | | 94.96 | 93.52 | 95.28 | 94.51 | 96 | 95.78 | 93.15 | 96.33 | 93.35 | 93.72 | 96.06 | 93.55 |

Figure III.8.3: Variation mensuel de la quantité des DBO₅ de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

Interprétation :

La DBO₅ indique la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de la matière organique biodégradable par des processus biochimiques ; Les concentrations de la DBO₅ à l'entrée de la station varient entre **168.75**mg d'O₂/l et **252** mg d'O₂/l en mois de juillet ce qui explique l'augmentation du taux de consommation et d'usage d'eau et par conséquent une augmentation remarquable des volumes d'eau usées rejetées (Tableau 3), celles de la sortie varient entre 8 mg d'O₂/l et 17.25 mg d'O₂/l avec une moyenne de 10.64 mg d'O₂/l. Ces valeurs à la sortie nous renseignent que durant toute l'année le rendement d'élimination est supérieur à 90% est la concentration de la DBO₅ dans l'eau épurée est inférieure à la norme admise pour le rejet qui est de 30 mg/l.

Tableau III.8.4: Variation mensuel de la DCO dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Période Paramètre | Janvier 2016 | | Février 2016 | | Mars 2016 | | Avril 2016 | | Mai 2016 | | Juin 2016 | | Juillet 2016 | | Août 2016 | | Septembre 2016 | | Octobre 2016 | | Novembre 2016 | | Décemb re 2016 | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | Entrée de la STEP DCO mg/l | Rendement d'élimination(%) |
| | 316.67 | 93.36 | 330 | 90.90 | 333.75 | 91.35 | 338.75 | 91.66 | 355.4 | 96.28 | 424.5 | 95.75 | 446.5 | 93.28 | 400.13 | 92.05 | 383.44 | 90.54 | 367.25 | 93.63 | 354.44 | 96.79 | 346 | 22.25 |
| | 21.01 | 93.36 | 30 | 90.90 | 27.4 | 91.35 | 28.25 | 91.66 | 13.2 | 96.28 | 18 | 95.75 | 30 | 93.28 | 31 | 92.05 | 36.25 | 90.54 | 24 | 93.63 | 12 | 96.79 | 22.25 | 22.25 |

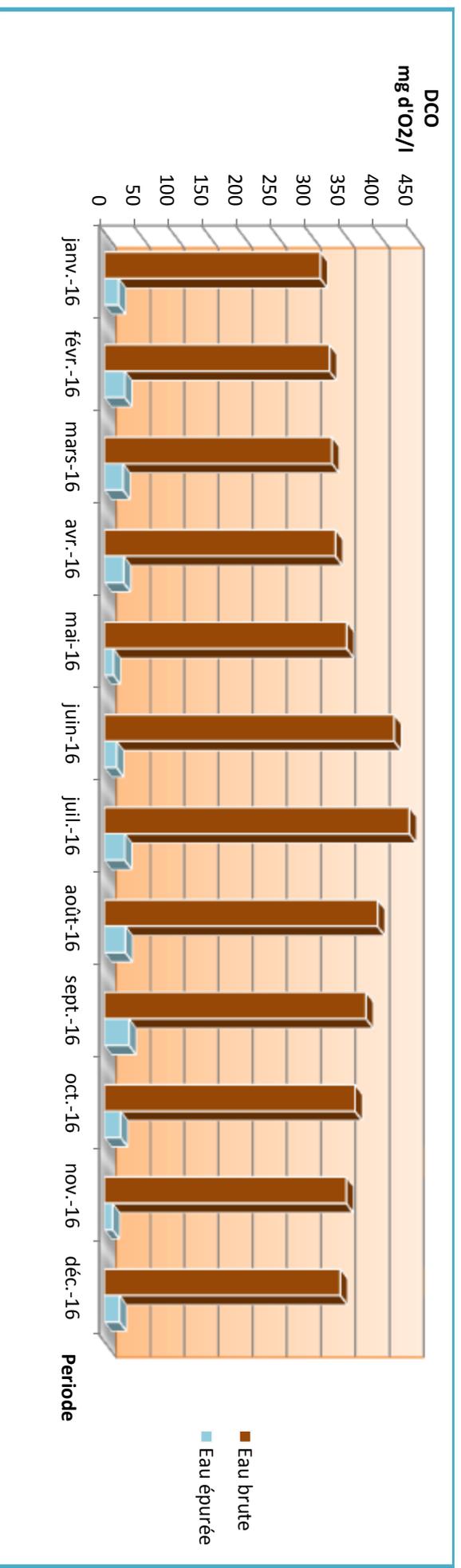


Figure III.8.4: Présente mensuel la quantité des DCO de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

Interprétation :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, à travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Les valeurs de la DCO à l'entrée varient entre 316.67 mg d'O₂/l et 446.5 mg d'O₂/l avec une moyenne de 366.40 mg d'O₂/l (Tableau 4), celles à la sortie varient entre 12 mg d'O₂/l et 36.25 mg d'O₂/l avec une moyenne de 24.44 mg d'O₂/l. Ces valeurs à la sortie nous renseignent que durant toute l'année le rendement d'élimination supérieur à 90% et la concentration de la DCO dans l'eau épurée est inférieure à la norme admise pour le rejet qui est de 90 mg/l.

III.8.1 Conclusion :

Le suivi des paramètres physico chimiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration de Zemmouri nous a permis de déduire que:

- Le traitement biologique des eaux usées par boues activées de l'unité de Zemmouri a montré une bonne performance d'élimination de la pollution organique ; à savoir, un taux d'élimination de la DCO aller jusqu'à 96 %, DBO5 98% et MES 96 %.
- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.

III.8.2 Suivi de l'évaluation de la pollution azotée et phosphorée

Tableau III.7.2.1: Variation mensuel du phosphore total dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Paramètre | Période | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| | Janvier 2016 | Février 2016 | Mars 2016 | Avril 2016 | Mai 2016 | Juin 2016 | Juillet 2016 | Août 2016 | Septembre 2016 | Octobre 2016 | Novembre 2016 | Décembre 2016 |
| Entrée de la STEP | 2 | 3 | 3 | 2.5 | 5.5 | 11.5 | 16 | 14.5 | 10.5 | 8 | 6.5 | 5.5 |
| Sortie de la STEP | 2 | 2.02 | 2.02 | 1.35 | 2.75 | 3.75 | 10 | 8.5 | 5.5 | 4.6 | 4 | 2.75 |
| Rendement d'élimination (%) | 25 | 50 | 50 | 46 | 50 | 50 | 37.5 | 41.37 | 47.61 | 42.5 | 38.46 | 50 |

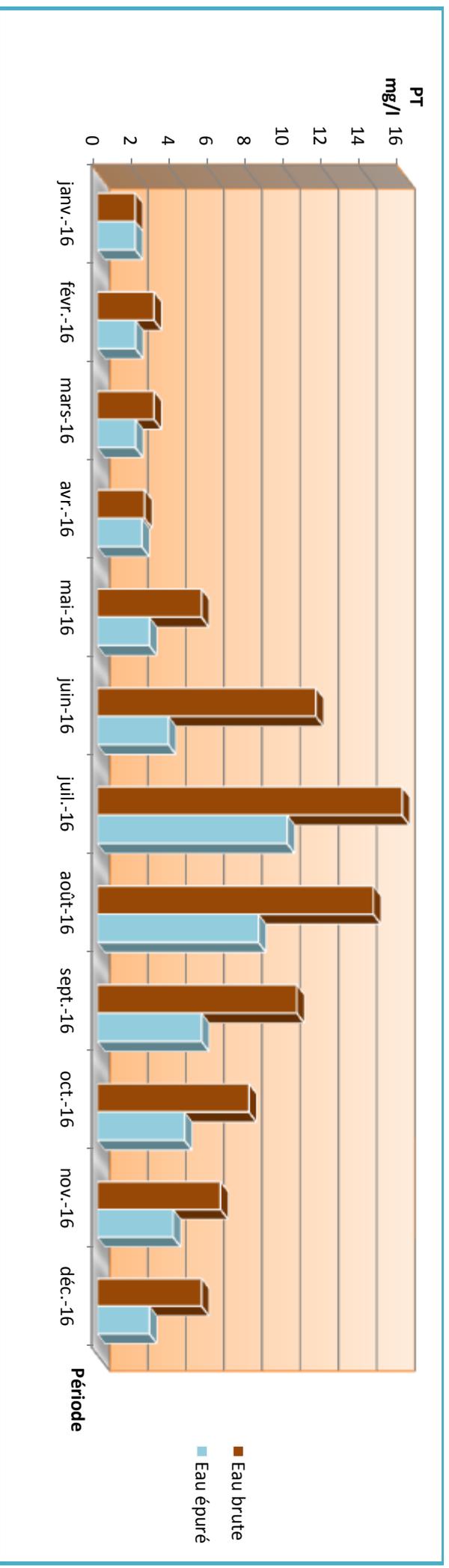


Figure III.8.2.1: Variation mensuel du phosphore total de l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

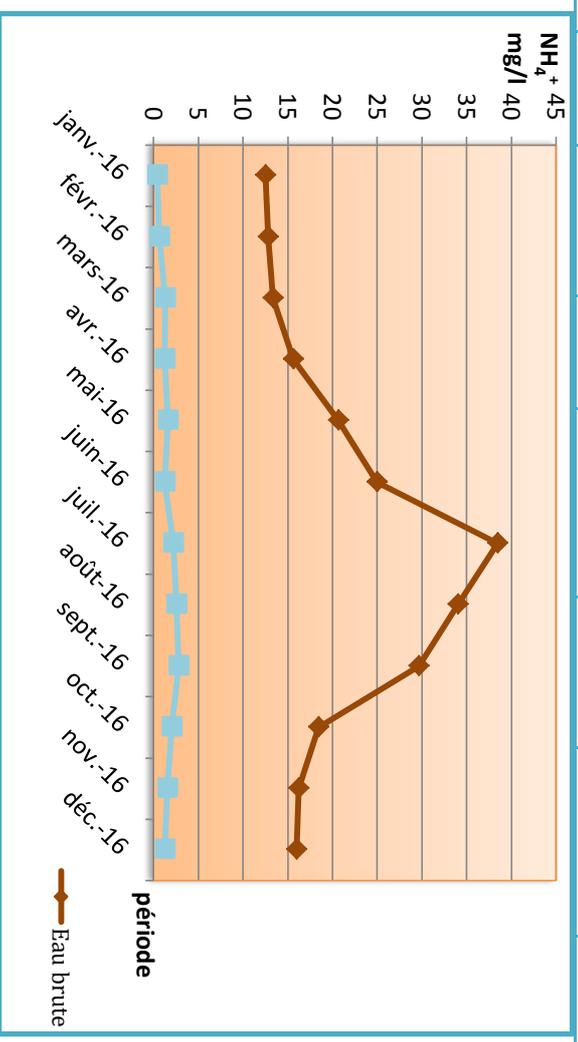
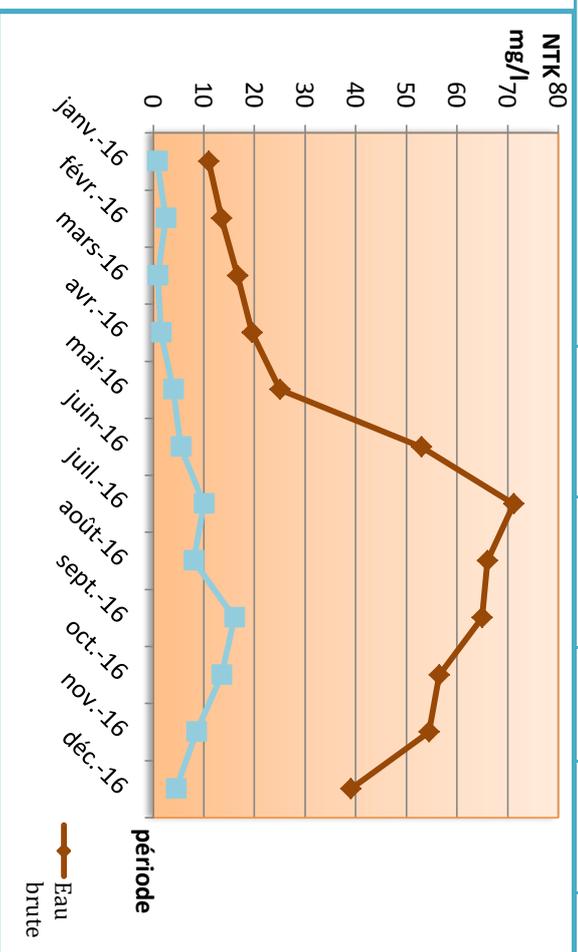
Interprétation :

On remarque que la quantité du phosphore totale à l'entrée de la station varient entre 2 mg/l et 16 mg/l (Tableau 6), et celles à la sortie varient entre 2 mg /l et 10 mg /l avec une moyenne de 4.14 mg /l. La concentration du phosphore totale dans l'eau épurée est supérieur à la norme admise pour le rejet qui est de 2mg/l et le rendement d'élimination ne dépasse pas les 50% ce qui explique une mauvaise déphosphatation biologique dans la chaine de traitement.

Devant cette situation il est impératif de prévoir une étape de déphosphatation dans cette unité de traitement vue que la présence de ce dernier dans l'eau épurée rejetée dans le milieu naturel a des conséquence néfaste sur l'environnement surtout le phénomène d' eutrophisation

Tableau III.8.2.2: Variation mensuel des NTK et NH_4^+ dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Paramètre | Période | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|--------------|-----------|------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| | Janvier 2016 | Février 2016 | Mars 2016 | Avril 2016 | Mai 2016 | Juin 2016 | Juillet 2016 | Août 2016 | Septembre 2016 | Octobre 2016 | Novembre 2016 | Décembre 2016 | |
| Entrée de la STEP | NTK mg/l | 11 | 13.5 | 16.63 | 19.5 | 25 | 53 | 71.25 | 66 | 65 | 56.5 | 54.5 | 39 |
| | NH_4^+ mg/l | 12.5 | 12.81 | 13.33 | 15.63 | 20.63 | 25 | 38.44 | 34 | 29.66 | 18.44 | 16.25 | 16 |
| Sortie de la STEP | NTK mg/l | 0.75 | 2.5 | 0.9 | 1.5 | 4 | 5.5 | 10 | 8 | 16 | 13.5 | 8.5 | 4.5 |
| | NH_4^+ mg/l | 0.39 | 0.62 | 1.29 | 1.25 | 1.62 | 1.25 | 2.19 | 2.54 | 2.81 | 2 | 1.55 | 1.25 |
| Rendement d'élimination (%) | | 84.09 | 81.48 | 94.58 | 92.31 | 96 | 85.90 | 81.13 | 87.69 | 80.49 | 82 | 91.94 | 92.04 |
| | | 96.88 | 95.16 | 90.32 | 92 | 92.14 | 95 | 94.30 | 92.52 | 90.52 | 89.15 | 90.46 | 92.18 |

Figure III.8.2.2: Variation mensuel de la quantité des NTK et NH_4^+ dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de

Interprétation

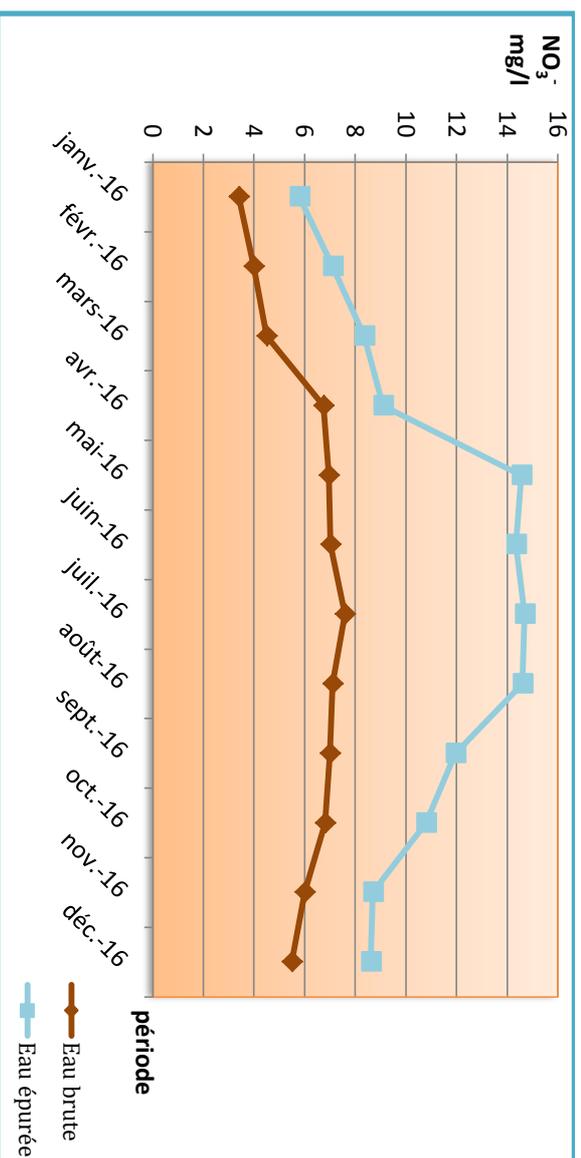
La détermination de l'azote Kjeldahl NTK nous informe sur la quantité de la pollution azotée existant dans l'eau brute, le tableau n° 6 montre que l'eau brute est chargé en azote avec des valeurs élevées enregistrées pendant le deuxième semestre de l'année en raison de l'augmentation du taux de consommation et d'usage d'eau, ainsi que l'utilisation des engrais a base d'azote par les agriculteurs de cette région.

Le procédé de traitement à boue activée permet d'atteindre un taux d'abattement de de l'azote NTK de 80% à 96% et de l'azote ammoniacal de 90% à 96%. On peut expliquer cette élimination par la Nitrification biologique qui consiste a transformé l'azote ammoniacal $\text{NH}_4\text{-N}$ en nitrate grâce à l'apport d'oxygène pendant la phase d'aération et les micro-organismes responsables de la nitrification, cette étape de nitrification s'effectue en deux phase successives :

- Phase nitritation avec la transformation du $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_2\text{-N}$.
- Phase nitratisation avec la transformation du $\text{NO}_2\text{-N}$. en $\text{NO}_3\text{-}$.

Tableau III.8.2.3: Variation mensuel des NO_3^- dans l'eau brute et l'eau épurée.

| Période Paramètre | Janvie r 2016 | Février 2016 | Mars 2016 | Avril 2016 | Mai 2016 | Jun 2016 | Juillet 2016 | Août 2016 | Septembr e 2016 | Octobre 2016 | Novembr e 2016 | Décembr e 2016 |
|---|---|-----------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | Entrée de la STEP NO_3^- mg/l | 3.4 | 4 | 4.5 | 6.75 | 6.95 | 7.01 | 7.6 | 7.1 | 7 | 6.8 | 6 |
| Sortie de la STEP NO_3^- mg/l | 5.8 | 7.1 | 8.35 | 9.1 | 14.55 | 14.35 | 14.68 | 14.6 | 11.95 | 10.8 | 8.7 | 8.6 |
| Rendement d'élimination (%) | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

Figure III.8.2.3: Variation de la quantité des NO_3^- dans l'eau brute et l'eau épurée de la STEP de Zemmouri

Interprétation

On remarque que pendant toute l'année La quantité de l'azote nitrique $N-NO_3$ à l'entrée de la station est inférieure à celle existée à la sortie, ce qui explique le déroulement de la réaction de nitrification de l'azote qui continuera sa transformation en NO_3-N dans le bassin d'aération.

les valeurs enregistrées dans l'eau épurées qui varient entre 5.8 mg/l et 14,68 mg/l sont supérieurs à la norme admise pour le rejet qui est de 01 mg/l. et le traitement d'épuration par boue activée dans le bassin d'aération prolongé n'arrive pas à éliminer l'azote nitrique NO_3-N . Devant cette situation il est impératif de prévoir une étape de dénitrification biologique dans cette unité de traitement vue que la présence de ce dernier dans l'eau épurée rejetée dans le milieu naturel a des conséquence néfaste sur l'environnement.

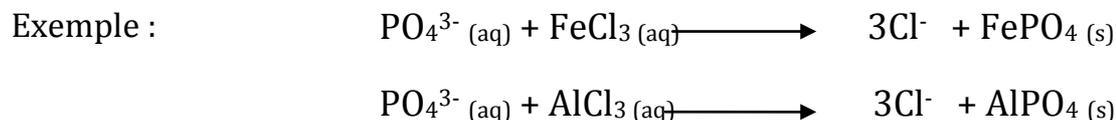
III.8.2 Conclusion :

Les résultats des analyses des paramètres de la pollution phosphorée et la pollution azotée dans l'eau épurées de la station de Zemmouri ont montré ce qui suit :

- Concernant la pollution phosphorée le traitement biologique au niveau de la station présente des taux d'élimination non satisfaisante < 50%.
- Concernant la pollution azoté le traitement biologique par l'aération prolonge assure un bon déroulement de la phase de nitrification par contre la phase de dénitrification de nitrate vers l'azote gazeuse N_2 est complètement absente.
- Présence d'un dysfonctionnement concernant l'élimination du Phosphore et de l'azote dans la chaine de traitement, ce qui nécessite la mise en place des processus d'épuration du phosphore par la déphosphatation et de l'azote par la dénitrification.

III.8.3 Recommandations d'amélioration des performances de la Station :

La déphosphatation physico-chimique : ce traitement repose sur une précipitation du phosphore soluble par ajout d'un sel métallique (sel de fer, d'aluminium, ou de calcium).



On obtient alors des précipités insolubles de phosphates métalliques séparés de l'eau par décantation. Nous avons choisi de mettre en place une déphosphatation physico-chimique, très efficace, car nous avons une faible quantité de phosphore à éliminer ce qui nécessite une quantité de réactif peu importante et donc un coût qui restera raisonnable.

L'ajout de réactifs peut se faire en différents points du procédé :

- Au niveau du décanteur primaire : on parle de **pré-précipitation**.
- Au niveau du bassin d'anaérobie, d'anoxie ou d'aération : on parle de **précipitation simultanée**.
- Au niveau du traitement tertiaire : on parle de **post-précipitation**.

Comme nous n'avons pas prévu de décantation primaire dans notre procédé, la pré-précipitation ne peut pas s'appliquer dans notre cas. De plus, cette méthode peut induire une carence en phosphore au niveau des bassins biologiques si le traitement est trop poussé. D'autre part, la post-précipitation nécessite l'ajout d'un décanteur supplémentaire. Finalement, nous pensons que la **précipitation simultanée** avec injection dans le bassin d'aération est la technique la plus adaptée à notre station. En effet, elle est facile à mettre en œuvre et produit peu de boues supplémentaires. De plus, la précipitation est plus efficace quand l'injection est réalisée dans un milieu agité de manière à assurer une bonne dispersion et un mélange complet. La séparation du phosphore sous forme particulaire de l'eau est réalisée dans le clarificateur.

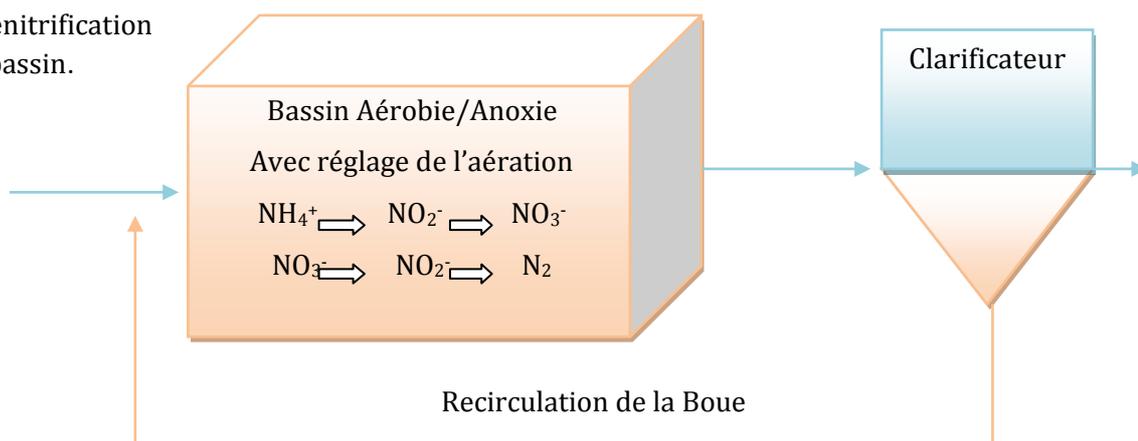
Cette technique nécessite la détermination de plusieurs paramètres physico-chimique et biologique afin d'optimiser le bon fonctionnement du bassin d'aération (le choix du sel métallique, son impact sur la biomasse du bassin, son impact sur la décantation des boues).

Élimination de l'azote :

L'élimination des composés azotés dans une station d'épuration par boues activées en aération prolongée implique que les phases de nitrification et dénitrification soient conduites dans de bonnes conditions. Bien qu'antagonistes, ces conditions sont soit réunies simultanément dans le bassin d'aération proprement dit (moyennant des réglages appropriés), soit séparées. Dans ce dernier cas, la phase de nitrification est réalisée dans le bassin d'aération. Quant à la phase de dénitrification, elle peut être accélérée et intensifiée dans une zone anoxique.

La zone anoxique est installée à l'amont immédiat du bassin d'aération. Les boues recirculées et la liqueur mixte concentrée en nitrates sont ramenées en entrée de la zone anoxique. La présence de substrat carboné véhiculé par l'eau résiduaire active la dénitrification assurée par les bactéries hétérotrophes présentes dans les boues. (Voir le schéma d'illustration)

1 : Nitrification/dénitrification dans le même bassin.



2 : Nitrification/dénitrification dans deux bassins distincts.

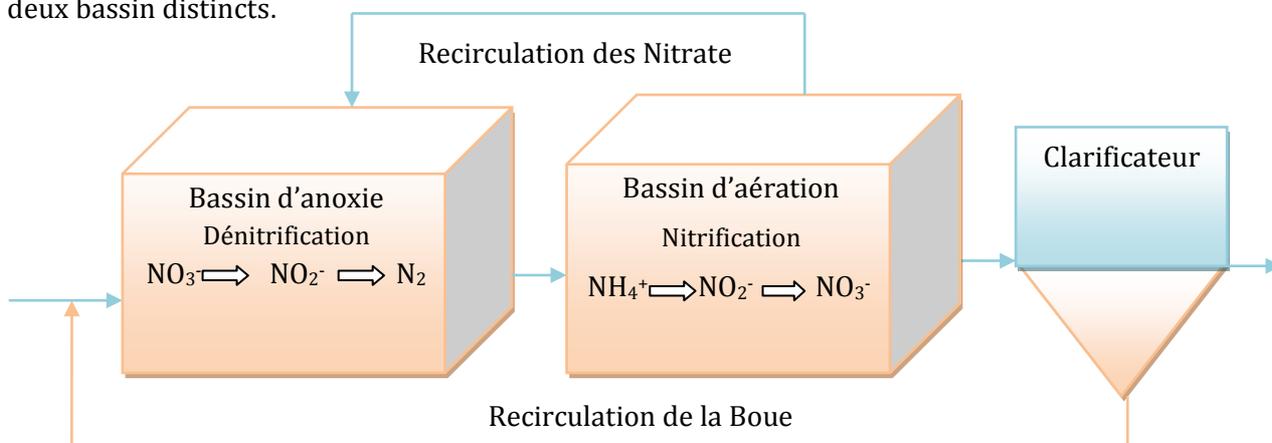


Figure III.8.8: schéma d'élimination de l'azote

- Schéma actuel de La STEP de Zemmouri

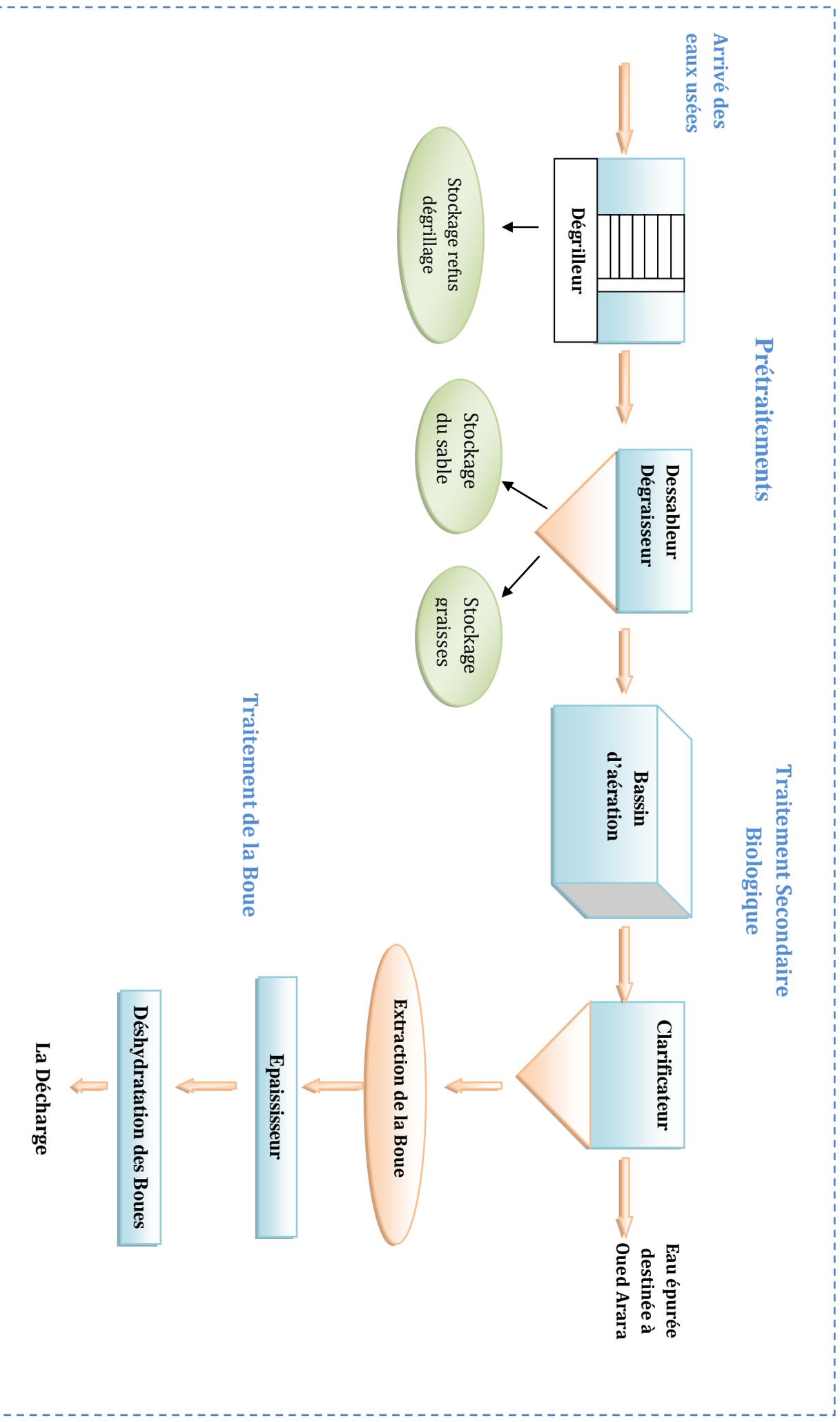
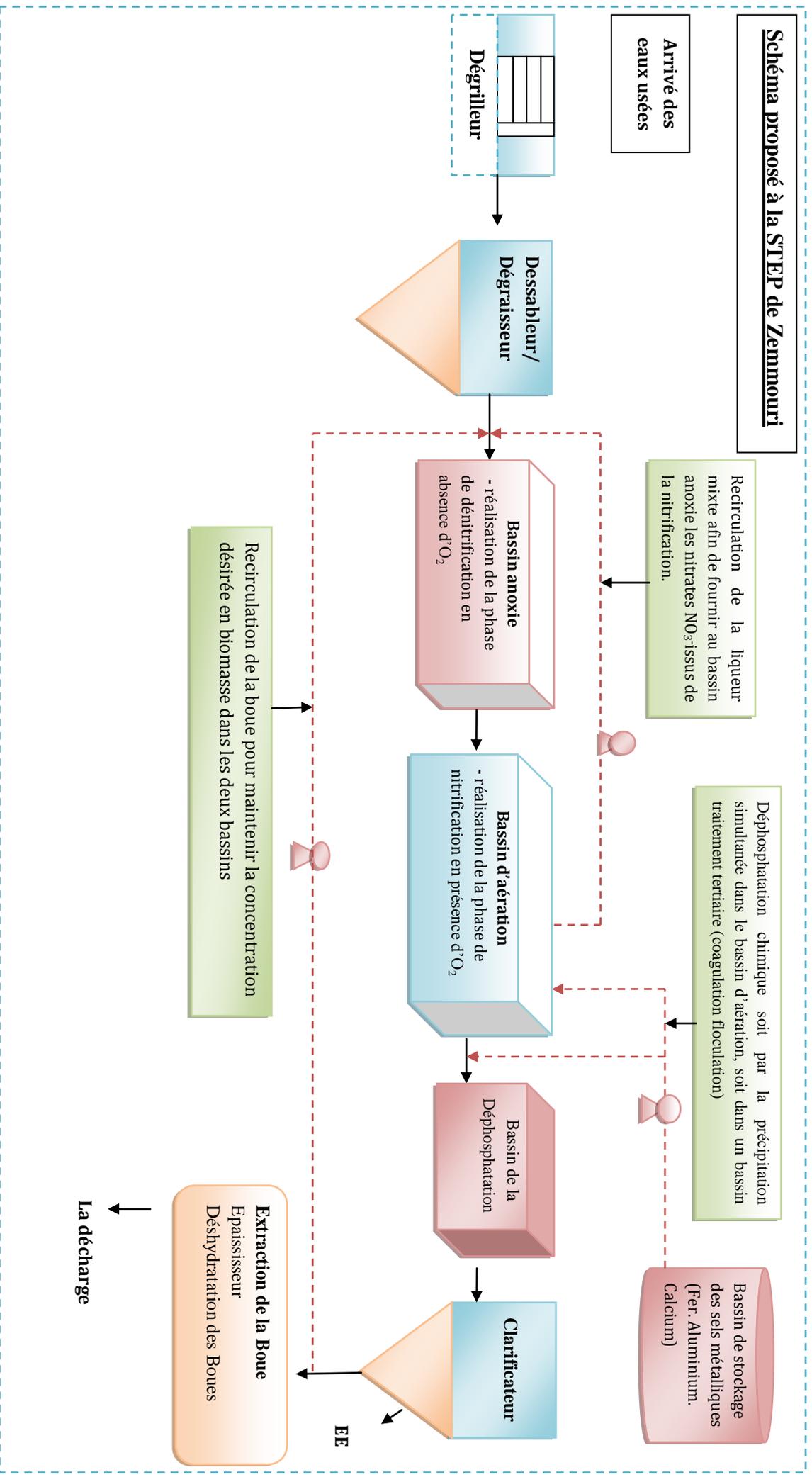


Schéma proposé à la STEP de Zemmouri



Conclusion Générale

Conclusion générale

La présente étude menée sur la station de traitement des eaux usées de la ville de Zemmouri, nous a permis d'évaluer les performances épuratoires de la station afin de contrôler le traitement des eaux usées urbaines par les procédés à boue activée et d'évaluer l'efficacité de ce traitement par la comparaison du bilan d'analyse de l'eau brute et l'eau épurée effectuée durant l'année 2016.

Le suivi de la performance de la STEP a permis de conclure que les valeurs de pH et de la température de l'eau épurée sont conformes aux normes de rejet direct et ne perturbent pas le traitement biologique.

Concernant les Matières en suspension MES les résultats montrent qu'il y ait une réduction remarquable qui dépasse les 90%, avec une concentration moyenne dans l'eau épurée de 12.84 mg/l inférieure à la norme admise pour le rejet qui est de 30 mg/l.

Le traitement biologique des eaux usées par boues activées représente une solution de choix pour la dépollution de la charge organique. Une bonne élimination de la DCO avec des rendements de 90 à 96 %, de la DBO5 avec des taux de 93 à 96%.

Les résultats d'élimination du phosphore totale montre un rendement qui ne dépasse pas les 50% ce qui explique une mauvaise déphosphatation biologique dans la chaîne de traitement avec une moyenne de 4.14 mg /l supérieurs à la norme admise pour le rejet qui est de 2mg/l.

Le suivi du bilan annuel des éléments de la pollution azotée exprimé en NTK, NH_4^+ , NO_3^- dans l'eau brute et l'eau épurée a montré une élimination satisfaisante de l'azote Kjeldahl NTK de 80% à 96% et de l'azote ammoniacal de 90% à 96%, cette élimination est effectuée grâce aux processus de nitrification par l'apport d'oxygène dans le bassin d'aération. Par contre les résultats d'analyse des nitrates dans l'eau épurée présente des concentrations élevées avec une moyenne de 10.71 mg /l par rapport à la norme de rejet, ce qui démontre un dysfonctionnement de traitement en terme d'élimination du nitrates.

d'une manière générale, le rejet excessif du phosphore et de l'azote dans le milieu naturel et aquatiques sont responsable de déséquilibre écologique et sont préjudiciable à la santé publique leur réduction au niveau du système d'épuration de la station est un facteur clé de la lutte contre la pollution et l'eutrophisation, devant cette situation et afin d'améliorer les rendements d'élimination de l'azote et du phosphore en vue de garantir une meilleure réduction de cette charge polluante qui doit être conformes à la réglementation algérienne « directive : Eaux usées urbaines ; journal officiel de la république algérienne ,2006) . Nous recommandons à l'ONA de prendre en compte toutes les solutions proposées (dans le chapitre III) afin de permettre un fonctionnement durable et efficace de la STEP de Zemmouri.

Références bibliographiques

- [1] Gaid A, (1984), « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.
- [2] Thomas O, (1955), Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.
- [3] Richarde C, (1996), les eaux; les bactéries; les hommes et les animaux; Edition Elsevier; Paris , P138.
- [4] Regsek F, (2002), analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Edition scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux.
- [5] Degremont2005 Memento Technique de l'eau 2^{ème} édition tome 1 édition Lavoisier
- [6] Lagardette J 2004-2005 l'eau potable et l'assainissement édition Johanat
- [7] G .Abdelkader 1984 Tom1 « épuration biologique des eaux usées ».
- [8] Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
- [9] FAIZA MEKHALIF « Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement 2009».
- [10] [11] Vaillant J R, (1974) Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris,.
- [12] Rodier J,(2005) L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- [13] Aoulmi Sofiane, (2007), Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.
- [14] Mizi A, (2006), Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA.
- [15] Alain Botta, Laurence Bellon, (2001) Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro Méditerranée TEHYS.
- [16] Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Monteil A ; Riou G ; Simon P, (2006), Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour L'environnement),

- [17] Rodert Thomazeau, (1981), Station d'épuration, Eaux potables-Eaux usées, Edition technique et Documentation, Paris.
- [18] Mechat. F, (2006), Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister.
- [19] C. GOMELLA et H. GERREE « les eaux usées dans l'agglomération ».
- [20] Taradat M H, (1992), Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada. 537p.
- [21] Suschka J, Ferreira E. (1986), Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, pp.137-144.
- [22] Mémento 2006 élimination de la pollution azoté, GLS
- [23] Metahri Mohammed Saïd, (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzo.
- [24] Brigitte Donnier, La pollution chimique en méditerrané, Laboratoire C. E. R. B. O. M., Nice, France.
- [25] site internet : www.technique-science.net « boue activée définition et exploitation »
- [26] Desjardins Raymands, (1997), « Traitement des eaux »,deuxième édition, Montréal
- [27] Cherki F, Et Hesses H, «étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université Tlemcen.
- [28] Yahlatene S, Tahirim El Tladj, (2011), « Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran », mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [29] Pierre J, Lienard A, Hedit A, P Duchene, (1990), « Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités », Document technique.
- [30] Feray C, (2000), « Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », Thèse de doctorat sciences naturelles, Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 204 p.
- [31] Ghazi M, «Cours de l'épuration des eaux usées », département hydraulique option traitement et épuration de l'eau, université Tlemcen. (Consulté le 27 Février 2015).

- [32] POTLON J L, Et ZYSMAN K, (1998), le guide des analyses de l'eau potable ,ED,SEPT, France ,P 79-213.
- [33] Asano T, (1998), Irrigation with Reclaimed municipal waste water: Califomia Expériences. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1. Reuse of Low, Quality Water for Irrigation in Mediterranean Countries.
- [34] Gérard Calvat « les réseaux et l'assainissement ».
- [35] Guide Technique de l'assainissement 2eme édition.
- [36] Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.
- [37] CSHPF, (1995), « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p.http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).
- [38] Saggai M M, (2004), Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.
- [39] Bekkouche M, Zidane F, (2004), Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p.
- [40] Banzaoui N Et Elbouz F, (2009), Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba.
- [41] Telli Sidi Mohamed, (2013), Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)-Tlemcen, mémoire master génie énergétique université de Tlemcen.
- [42] Franck R, (2002), Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.
- [43] Hadjou Belaid Z,(2013), « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.
- [44] Josep P, (2002), « station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation ».
- [45] 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.

[46] Maet,B. Aamy ,Z 1990 : les eaux usées urbaines règlementation des rejets urbaines traitement de définition par géo-épuration

[47] Latifa Kahim, Hanane Idabdellah,(2013). L'impact des dysfonctionnements rencontrés au niveau des bassins d'aération de la Station d'Épuration et de Réutilisation des Eaux Usées de Marrakech sur la qualité des eaux traitées. Mémoire licence en science et technique, université de marakeche.

[48] Amir, S2005 contribution à la valorisation de boue de station d'épuration par compostage, thèse de doctorat à l'institut polytechnique Toulouz

[49] Notice d'exploitation de la STEP de Zemmouri