

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université *Mouloud Mammeri* de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme **Master**

Spécialité : traitement et valorisation des ressources hydriques.



Thème
***Le suivi temporel des performances épuratoires de
la station EST de la ville de Tizi-Ouzou.***

Présenté par :

M^{elle} BOUZID Malika

M^r YAHIAOUI Faouzi

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de :

M ^{rs} : BOUKHAMZA.M. Professeur	U.M.M.T.O.	président
METAHRI. M ^{ed} .S. Maître de conférences	U.M.M.T.O.	promoteur
MERIDJA.S. Maître de conférences	U.M.M.T.O.	examineur
MAKHLOUF.M . Maître de conférences	U.M.M.T.O.	examineur

Promotion 2014/2015

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions le bon dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour atteindre notre objectif.

A l'issue de ce travail, nous tenons à adresser nos remerciements à :

Notre promoteur M^r METAHRI M.S, d'avoir accepté de diriger ce travail avec une grande patience, qu'il trouve ici nos sincères gratitudees et nos profondes reconnaissances.

Nous tenons à remercier également :

M^r Boukhamza M, M^r Meridja.S, d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Enfin

Nous tenons à remercier tous ceux et celles qui nous ont aidé de près ou de loin à réaliser notre travail.

Dédicaces

A Ma mère, mon mari, ma fille Alicia et mon fils Rayane tant aimés,

A la mémoire de mon père,

A mes deux frères,

A mes nièces, mes neveux et leurs mamans,

A ma belle famille,

Ainsi qu'à tous ceux que j'apprécie et qui m'apprécient

BOUZID.M

Liste des tableaux

Tableau(1) : Types de pollution selon la source et la nature de l'effluent.

Tableau (2): Les normes de rejets en Algérie.

Tableau (3) : illustre les différentes vitesses de sédimentation de quelques matériaux.

Tableau (4): Caractéristiques et performances des systèmes épaisseurs.

Tableau (5) : Effets de la stabilisation sur la qualité des boues.

Tableau (6) : Caractéristiques des boues selon la filière de traitement.

Tableau (07) : Caractéristique technique de la station d'épuration.

Tableau (08) : résultats obtenus au niveau du bassin d'aération.

Tableau (09) : résultats obtenus au niveau du bassin de stabilisation.

Tableau (10) : résultats obtenus au niveau du puits à boues.

Tableau (11) : variation des températures.

Tableau (12) : valeurs des MES obtenues.

Tableau (13) : valeurs de la turbidité obtenues.

Tableau (14) : valeurs de la conductivité obtenues.

Tableau (15) : valeurs de la DBO₅ obtenues.

Tableau (16) : valeurs de la DCO obtenues.

Tableau (17) : valeurs des MES obtenues.

Tableau (18) : valeurs du phosphore obtenues.

Tableau (19) : valeurs d'Ammonium obtenues.

Tableau (20) : valeurs des nitrites obtenues.

Tableau (21) : valeurs des nitrates obtenues.

Tableau(22) : Résultats d'analyse des six ans (pour le mois d'avril de chaque année).

Tableau(23) : Rendement temporel de certains paramètres importants.

Liste des figures

- Figure (1)** : les étapes de l'assainissement
- Figure (2)** : Caractérisation des eaux résiduaires par leur potentiel d'oxydo-réduction
- Figure (3)** : Exemple de courbe de DBO pour un effluent urbain
- Figure (4)** : Décomposition de la DCO
- Figure(5)** : Réacteur à mélange intégrale
- Figure (6)** : Schéma d'une filière du disque biologique
- Figure(7)** : Schéma d'une filière à lit bactérien
- Figure (8)** : Biomasse fixée – filtration
- Figure(9)** : schéma représentatif de la filtration membranaire
- Figure (10)** : Décomposition du NK.
- Figure (11)** : Décomposition du P.
- Figure(12)** : Représentation du floc biologique constituant de la boue biologique
- Figure (13)** : vue générale de la STEP
- Figure (14)** : Situation de la STEP par rapport à la ville de Tizi-Ouzou
- Figure (15)** : une vue aérienne de la STEP Est du Pont de Bougie.
- Figure (16)** : Dégrilleur grossier
- Figure (17)** : Dessablage et dégraissage
- Figure (18)** : vis sans fin
- Figure (19)** : soufflante du by-pass
- Figure (20)** : Réacteur biologique
- Figure (21)** : Clarificateur
- Figure (22)** : Stabilisateur
- Figure (23)** : Épaississeur
- Figure (24)** : Remplissage des lits
- Figure (25)** : lit de séchage
- Figure (26)** : boue séchée
- Figure(27)** : variation temporelle des températures
- Figure(28)** : variation temporelle du pH
- Figure(29)** : évolution temporelle de la conductivité
- Figure(30)** : évolution temporelle de la turbidité
- Figure(31)** : variation temporelle des concentrations en MES

Figure(32) :variation temporelle des concentrations en DCO

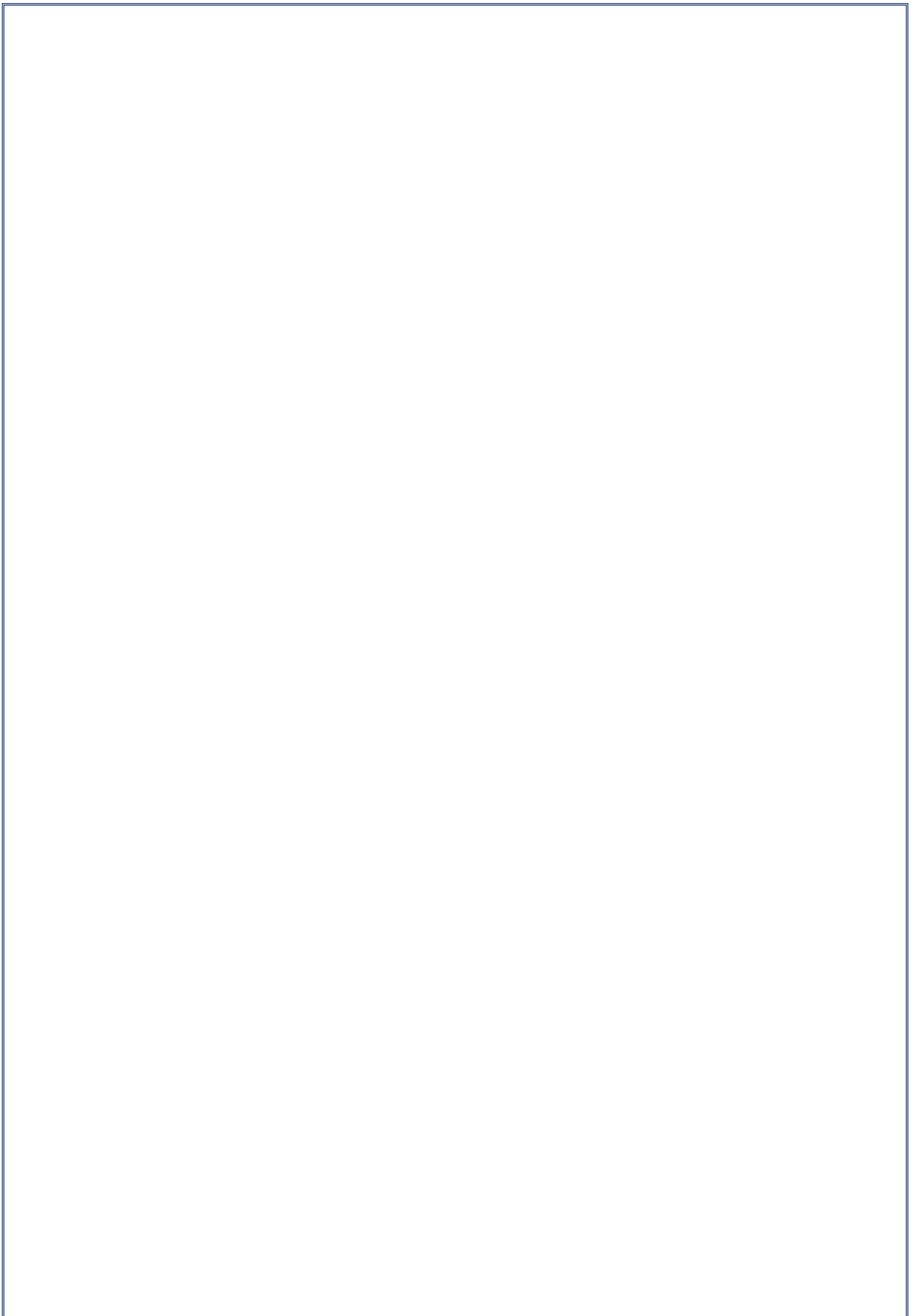
Figure(33) : variation temporelle des concentrations en NH_4^+

Figure(34) : variation temporelle des concentrations en NO_2^-

Figure(35) : variation temporelle des concentrations en NO_3^-

Figure(36) : variation temporelle des concentrations en PO_4^{3-}

Figure (37) : Illustration graphique des rendements étudiés



Liste des abréviations

BA : bassin d'activation.

BR : boue de retour.

BS : bassin de stabilisation.

C_m: Charge massique.

COT : Carbone organique total.

CV : Charge volumique.

DBO: demande biochimique en oxygène.

DBO₅: demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO: demande chimique en oxygène.

FTU : formazine turbidity unit.

°F : degré français.

IB : indice de boue.

Im : Indice *de MOLHMAN*.

ISO : International Organization for Standardization (organisation internationale de standardisation).

MA : matière azotée.

MO : matière oxydable.

MP : matière phosphorée.

MES: matières en suspension.

MEST: matières en suspension totales.

MMS: matières minérales en suspension.

MVS: matières volatiles sèches.

MS: matière sèche.

OMS: organisation mondiale de la santé.

PH : potentiel Hydrogène.

PtCo : platine cobalt.

Rd : rendement.

STEP: station d'épuration.

TDS : la teneur en sels dissous.

UV : ultraviolet.

μS : micro siemens.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie bibliographique.

Chapitre I : caractéristiques des eaux usées.

INTRODUCTION.....	3
I-1- Définition et origine des eaux résiduaires.....	3
I-1-1- Définition d'une eau résiduaire	3
I-1-2- Origine des eaux usées.....	3
I-1-2-1- Eaux usées domestiques	3
I-1-2-2- Eaux usées industrielles	3
I-1-2-3- Eaux usées agricoles.....	4
I-1-2-4- Les eaux pluviales.....	4
I-2- Définitions.....	4
I-2-1-La pollution de l'eau.....	4
I-2-2-Polluants de l'eau	4
I-2-3-Différents types de pollution	5
I-2-3-1-Pollution physique.....	5
I-2-3-2-Pollution organique	5
I-2-3-3-Pollution chimique.....	5
I-2-3-4-Pollution microbiologique	6
I-2-3-5-Autres pollutions.....	6
I-3-Estimation de rejets d'eaux résiduaires.....	7
I-4-Assainissement.....	7
I-4-1-Types d'assainissement	8
I-5-Paramètres de pollution	9
I-5-1-Paramètres physique.....	9
I-5-2-Les paramètres chimiques	Erreur ! Signet non défini.
I-5-3-Paramètres bactériologiques.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : les différents processus de traitement des eaux usées.

Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II-1- Les prétraitements	Erreur ! Signet non défini.
II-2- Le traitement primaire (décantation - flottation)	Erreur ! Signet non défini.
II-3- Les traitements secondaires (l'élimination biologique des matières polluantes)	Erreur ! Signet non défini.

II-3-1-Les boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II-3-2-Disque biologique	22
II-3-3-Les lits bactériens.....	23
II-3-4-Les biofiltres et filtres bactériens	24
II-3-5-Les procédés membranaires	25
II-3-6-Le lagunage naturel	25
II-4-Traitements tertiaires	26
Conclusion	31

Partie expérimentale.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Introduction.....	32
I-Généralités	32
I-1- Conception et réalisation	32
I-2- La Situation géographique	33
I-3- Topographie du site.....	33
I-4- Caractéristique des eaux	Erreur ! Signet non défini.
I-5- Description et fonctionnement des ouvrages de la station	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : analyse et interprétation des résultats

Introduction.....	41
I. Prélèvement et échantillonnage	41
I.1. Les analyses effectuées	41
I.2.Détermination des caractéristiques de la boue.....	41
I.3. Analyses des caractéristiques des eaux usées	43
I.3.1. Analyses quotidiennes	43
I.3.2.Analyses complètes	Erreur ! Signet non défini.
II. Résultats obtenus	48
II.1. La boue	48
II.2. les eaux usées	49
II.2.1.Analyses quotidiennes.....	49
II.2.2.Analyses complètes	52
III.1. Synthèse des résultats.....	55

Chapitre III : étude comparative des résultats.

Introduction.....	56
-------------------	----

I- Le suivi temporel	56
I-1- Les résultats d'analyses obtenus durant les six dernières années	56
I-2-Interprétation des résultats	57
II- Etude Comparative des rendements épuratoires	62
III- Synthèse des résultats et anomalies.....	62
Conclusion	63
Conclusion générale.....	64

Annexes

Références bibliographiques



Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Pour chaque individu, l'eau n'a pas la même valeur. Elle ne cesse de fasciner les scientifiques grâce à ces propriétés chimiques et physiques uniques. Pour la majorité des êtres humains, elle constitue une ressource vitale, rare et difficile à prélever. Au contraire, pour d'autres, cette boisson abondante, utilisée naturellement chaque jour, elle est devenue une habitude normale et banale. Certains la gaspillent, d'autres la vénèrent. L'eau est une source de vie et un objet de culte depuis les origines de l'homme. L'eau est une source de travail, un produit de l'économie et un élément majeur de l'environnement.

L'eau occupe une place importante dans la vie des êtres vivants ; on ne peut s'en passer d'elle, on peut rester cinq semaines sans manger mais pas trois jours sans boire. Elle rentre aussi en jeu dans divers secteurs : agricole, industrielles et touristiques, ce pendant elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

Cela dit cette ressource demeure un sujet de questionnement de première importance qui soulève aujourd'hui de plus en plus des enjeux environnementaux, économique, sociaux et politique majeurs. En plus de sa mal répartition, cette ressource conventionnelle vitale se raréfie dans le monde, à l'effet conjugué de la croissance considérable de la population ainsi que leurs besoins ; ce qui induit au stress hydrique ; 11 % de la population mondiale, soit 768 millions d'individus, n'ont pas accès à l'eau potable (estimation OMS, 2011).

La rareté hydrique est ainsi devenue le facteur principal limitant le développement. Par conséquent, le recours à l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles et la gestion globale de l'eau de façon efficace et efficiente, sont devenues des problèmes urgents et des défis à relever dans la plupart des pays du monde. L'épuration de l'eau et son utilisation dans différents domaines et en particulier en irrigation est une option attrayante, et spécialement dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelable et fiables.

L'épuration des eaux usées s'est avérée une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants mais aussi pour protéger les milieux naturels contre le dépassement de leur pouvoir auto-épurateur et ainsi se conformer aux règlements relatifs aux rejets des eaux usées en vue de la préservation de l'environnement et de la santé publique.

Dans le souci de la préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique. L'Algérie mène depuis une décennie une bataille pour régler définitivement le problème d'assainissement et du traitement des eaux usées. Cela se perçoit par la réalisation de plusieurs stations d'épuration à travers le territoire national dont la station Est de la ville de Tizi-Ouzou qui fait l'objet de notre étude.

Notre travail sera porté essentiellement sur le Suivi temporel des performances épuratoires de la station d'épuration EST de la ville de Tizi-Ouzou.

Pour atteindre cet objectif, ce travail est divisé en deux grandes parties :

1 - la partie théorique consacrée aux généralités sur l'analyse des eaux usées urbaines qui se subdivise en deux chapitres :

- le premier consiste à déterminer les principales causes de la pollution des eaux et ses paramètres.

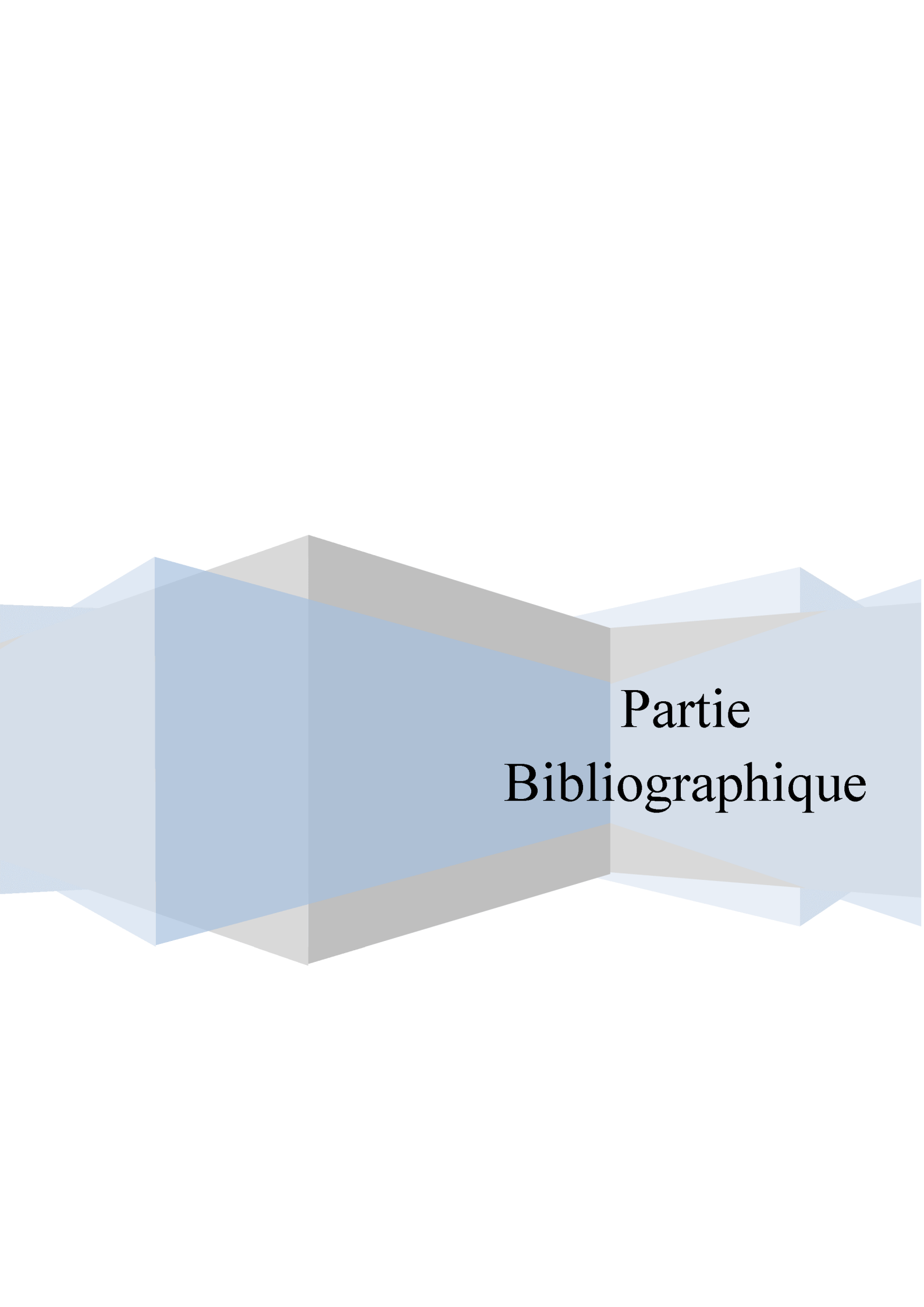
INTRODUCTION GÉNÉRALE

- le deuxième présente les modes d'épuration de l'affluent urbain.

2- Partie expérimentale, qui comprend :

- Analyse et Interprétation des résultats des eaux épurées de la station EST de Tizi-Ouzou
- Rendement épuratoire des analyses de l'année en cours.
- Étude comparative des résultats et des rendements sur un l'abs de temps de six ans.

En fin nous terminons notre travail par une conclusion générale.



Partie
Bibliographique

The background features a series of overlapping, semi-transparent geometric shapes in shades of blue and grey, creating a layered, architectural effect. The shapes are primarily rectangular and trapezoidal, with some appearing to be slightly offset or rotated relative to each other, giving a sense of depth and movement. The overall composition is clean and modern.

Chapitre I

Introduction

L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants. Malheureusement le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. C'est pourquoi, des traitements d'élimination des polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels.

I-1- Définition et origine des eaux résiduaires

I-1-1- Définition d'une eau résiduaire

Sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, les rendant impropre à leur étatisation initial.

I-1-2- Origine des eaux usées

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux pluviales, au quels s'ajoutes les eaux de ruissellement agricoles.

I-1-2-1- Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différent usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires.

I-1-2-2- Eaux usées 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 sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) ;

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations.

I-1-2-3- Eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphorées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

I-1-2-4- Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (**METAHRI, 2012**).

I-2- Définitions

I-2-1-La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. La pollution de l'eau a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels. La pollution de l'eau se manifeste principalement, dans les eaux de surface, par :

- Une diminution de la teneur en oxygène dissous
- La présence de produits toxiques
- Une prolifération d'algues
- Une modification physique du milieu récepteur
- La présence de bactéries ou virus dangereux

L'ensemble des éléments perturbateurs décrits ci-dessus parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement.

I-2-2-Polluants de l'eau

Agent physique, chimique ou biologique qui provoque dans un hydrosystème, par sa concentration dans l'eau, des perturbations préjudiciables au bon équilibre de l'écosystème et en réduit les possibilités d'usages de l'eau. (**Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010**).

I-2-3-Différents types de pollution

Cette modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme sous produits de l'action humaine (**KOLLIER, 2004**) se manifeste sous forme de :

I-2-3-1-Pollution physique

I-2-3-1-1-La pollution thermique

La pollution thermique des eaux est l'augmentation de la température causée par des rejets d'eaux de refroidissement, en particulier des centrales thermiques et nucléaires. Elle peut causer des dommages importants à la faune des cours d'eau. Le réchauffement climatique provoqué par les gaz à effet de serre est une autre forme de pollution thermique qui concerne la Terre toute entière. (**Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010**).

Aussi le réchauffement des eaux accentue la toxicité de certaines substances, ainsi qu'un accroissement de température de 10°C, la toxicité du cyanure et du potassium est multipliée par deux. (**RODIER, 2005**)

I-2-3-1-2-Pollution radioactive

La pollution radioactive est une contamination générée par la radioactivité. Elle correspond à l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement". Elle peut être provoquée par : l'explosion de bombes thermonucléaires, une épave de sous-marin nucléaire, un accident grave dans des centrales nucléaires, de rejets accidentels de déchets radioactifs par l'industrie nucléaire.

I-2-3-2-Pollution organique

Désigne la pollution qui provient des matières qui constituent les organismes vivants ou morts, ou produites par des organismes vivants. Elle est formée de molécules organiques (composées de carbone). L'élimination de cette pollution passe par le traitement biologique. (**Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010**).

I-2-3-3-Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des métaux lourds par des industries. Un polluant chimique est une substance toxique pour la flore, la faune et l'homme ; présente à des concentrations élevées dans le milieu naturel aura des répercussions sur l'environnement et la santé. Les exemples des polluants connus du public que l'on retrouve dans les effluents sont nombreux et très variés allant de nitrates, phosphates, détergents, produits phytosanitaires (dont les pesticides), solvants chlorés, en passant par des métaux lourds (plombs, nickels, mercures, chromes et cadmium etc.) les produits minéraux (arsenic, cyanure, sulfures) et agents bactériologiques ; d'autres moins connus mais sont considérés comme substances dangereuses prioritaires (dioxine, pesticides.....). (**CRINI & BADOT, 2007**).

I-2-3-4-Pollution microbiologique

De nombreux microorganismes, virus, bactéries et protozoaires, voire des champignons et des algues sont présents dans l'eau. Les conditions anaérobies généralement rencontrées dans les eaux souterraines en limitent cependant la diversité. Les bactéries, virus et autres agents pathogènes rencontrés dans les eaux souterraines proviennent de fosses septiques, des décharges, des épandages d'eaux usées, de l'élevage, de matières fermentées, de cimetières, du rejet d'eaux superficielles. Ces pollutions peuvent être aussi dues à des fuites de canalisations et d'égouts ou à l'infiltration d'eaux superficielles. La grande majorité de ces microorganismes nocifs, susceptibles d'engendrer des infections humaines redoutables, diffuse dans l'environnement hydrique par l'intermédiaire de souillures fécales humaines ou animales. Les pollutions microbiologiques se rencontrent surtout dans les aquifères à perméabilité de fissure (craie, massifs calcaires), dans lesquels la fonction épuratrice du sous-sol ne peut s'exercer et dans lesquels la matière organique est dégradée partiellement. (Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010).

Tableau(1) : Types de pollution selon la source et la nature de l'effluent (LESVRE,2014)

types de pollution	Nature	Source
➤ Physique		
pollution thermique	rejets d'eau chaude	centrales thermiques
pollution radioactive	radio-isotopes	installations nucléaires
➤ Matière organique	glucides, lipides, protides	effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires
	ammoniac, nitrates	élevages et piscicultures
➤ Chimique		
fertilisants	nitrates, phosphates	agriculture, lessives
métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	industries, agriculture, pluies acides, combustion
pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
organochlorés	PCB, solvants	Industries
composées organiques de synthèse	nombreuses molécules	Industries
détersifs	agents tensio-actifs	effluents domestiques
hydrocarbures	pétrole et dérivés	industrie pétrolière, transports
➤ Microbiologique	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

I-2-3-5-Autres pollutions

I-2-3-5-1-Pollution chronique

C'est une pollution permanente qui est la conséquence d'émissions répétées ou continues de polluants. Elle peut être aussi liée à la présence de polluants très rémanents (qui persistent après la disparition de la source).

I-2-3-5-2-Pollution diffuse

C'est une pollution causée par la diffusion de multiples polluants dans le temps et dans l'espace. Peu visible, elle se distingue de la pollution accidentelle. L'identification des pollueurs et leur responsabilisation sont rendues délicates par la multiplicité et la discrétion des origines de contamination.

I-2-3-5-3-Pollution intermittente

C'est une pollution répétitive qui est émise de façon non continue dans le temps.

I-3-Estimation de rejets d'eaux résiduaires

Les statistiques sur l'épuration des eaux usées et les systèmes d'égouts nous informent quant à la proportion de la population qui est raccordée aux systèmes d'égouts et aux stations d'épuration des eaux usées. (HARP-NUT, 2004).

I-3-1-Notion d'équivalent habitant

Il correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57g de matières oxydables(MO), 90g de matières en suspension(MES) et 15g de matières azotées(MA), et 4g de matières phosphorées(MP). En fin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (KOLLER, 2004).

I-3-2-Les normes de rejets :

En Algérie, les valeurs des paramètres de pollution de rejet sont fixées par le décret exécutif N° 83-03 relatif à la protection de l'environnement et le décret exécutif N° 93-160 réglementant les rejets d'effluents liquides.

Tableau (2): Les normes de rejets en Algérie. (OIE.2001)

Paramètres	Unités	Normes
Température	C°	30
Ph	/	6.5 à 8.5
MES	mg/1	30
DBO_s	mg/1	30
DCO	mg/1	90
Azote global	mg/1	50
Phosphore total	mg/1	02

I-4-Assainissement

L'assainissement vise à assurer l'évacuation et le traitement des eaux usées et des excréments en minimisant les risques pour la santé et pour l'environnement.

Le réseau d'assainissement d'une ville doit répondre à deux catégories de préoccupations :

- le transit vers l'épuration des eaux usées et éventuellement des eaux résiduaires industrielles ;
- l'évacuation des eaux pluviales afin de prévenir les inondations des zones urbanisées et la stagnation dans les points bas après les averses.

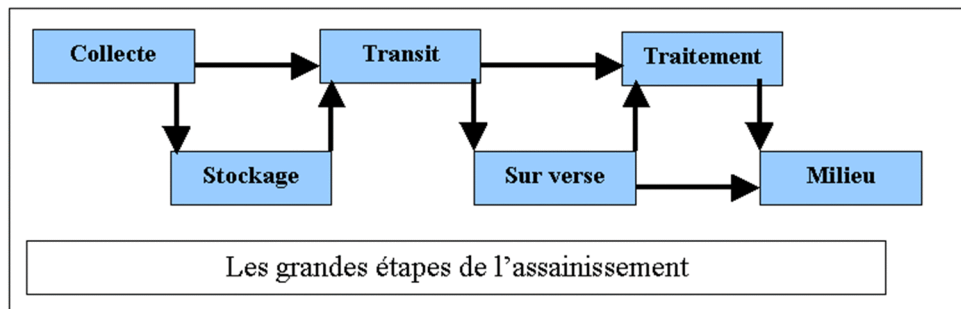


Figure (1) : les étapes de l'assainissement.

Ainsi, plusieurs types de systèmes d'évacuation sont susceptibles d'être mis en service.

I-4-1-Types d'assainissement

Selon la nature de l'habitat et le choix de la collectivité, on distingue deux types d'assainissement

- assainissement collectif.
- Assainissement non collectif

I-4-1-1-Assainissement non collectif

Autrefois dénommé assainissement autonome ou individuel, l'assainissement non collectif est reconnu comme un système d'assainissement à part entière dont les capacités épuratoires sont proches des traitements collectifs. Par opposition au système d'assainissement collectif (localisé en domaine public) l'assainissement non collectif est en domaine privé. L'investissement et la gestion de ce type d'assainissement dépendent de l'usager, seul le contrôle est de la compétence de la collectivité.

I-4-1-2-Assainissement collectif

L'Assainissement collectif est un mode d'assainissement constitué par un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers un ouvrage d'épuration ; station d'épuration. (**Dictionnaire environnement et Développement Durable, 2010**).

I-4-1-3-Système unitaire

Le réseau unitaire ou « tout à l'égout » collecte dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales. Il est dimensionné pour supporter les variations importantes de débits lors des pluies. Il cumule les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (pas d'erreur de branchement) (**ACHLEITNER et Al, 2007**).

I-4-1-4-Système séparatif

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et de certains effluents industriels, alors que l'évacuation des eaux météorologiques est assurée par un autre réseau. Comme avantage, il évite le risque de débordement d'eaux usées dans le

milieu naturel lorsqu'il pleut, permet de mieux maîtriser le flux et la concentration en pollution. Par ailleurs, il permet de mieux adapter la capacité des stations d'épurations (**ACHLEITNER et Al, 2007**).

I-4-1-5-Système pseudo séparatif

Reçoit les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement en provenance directe des habitations.

- les apports d'eaux pluviales provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques;
- les apports d'eaux pluviales provenant des surfaces de voirie, qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà reçus pour cet objet par les services de la voirie municipale (caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuations directes dans la nature,...)

I-4-1-6-Système composite

C'est une variante du système séparatif. Il prévoit, grâce à divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur épuration (**CROMPTON et SAVIOLI, 1993**). Il est recommandé dans les grandes villes où la structure importante de la voirie concentre énormément de déchets sur toute l'étendue des chaussées, trottoirs... etc.

I-5-Paramètres de pollution

La caractérisation d'une eau fait appel à l'utilisation de plusieurs paramètres. Ils peuvent être physiques, chimiques, spécifiques et biologiques.

I-5-1-Paramètres physique

I-5-1-1-Température

La température : il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau ; car c'est un facteur important de vie pour les cours d'eau. Un changement de la température affecte les diverses propriétés de l'eau. Elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques, par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto épurateur des cours d'eau (**Degremont, 2005**). La température, ne doit pas être supérieure à 30 °C. Une température trop élevée peut être dangereuse pour les agents d'exploitation mais peut également dégrader les ouvrages d'assainissement et perturber le fonctionnement de la station d'épuration. (**Service Etudes Travaux et Exploitation Réseaux, Reims Métropole, 2014**)

I-5-1-2-Odeur

L'odeur est souvent le résultat de l'interaction d'un mélange complexe de molécules de nature très divers avec une muqueuse dite muqueuse olfactive au sommet et au fond des fosses nasales.

L'eau d'égout d'origine domestique dégage une odeur fade qui est désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde. En effet, toute odeur est le signe de pollution ou de présence de la matière organique en décomposition (**HIRATIUC, 2007**)

I-5-1-3-Couleur

C'est un paramètre organoleptique lié à la présence d'éléments dissous ou à l'état colloïdal tels que les composés humiques, les métaux ou les déchets de différents types (**BEAUX, 1997**). Les eaux naturelles sont généralement bleues ou vertes ou brunes à cause des particules en suspension qui réfléchissent la lumière. La couleur s'exprime en unité Hazen ou unité Platine Cobalt (PtCo).

I-5-1-4-Débit

L'estimation du débit journalier des eaux résiduaires urbaines qui arrive à la station d'épuration repose sur :

- l'enregistrement du temps de fonctionnement des pompes de relèvement qui alimentent la station
- la mesure du débit dans un canal de comptage situé à l'entrée ou à la sortie de la station.

Des variations de débit peuvent se produire au cours de la journée ou même au cours de la semaine. Elles ont plusieurs origines :

- la consommation d'eau potable cyclique (matin, midi soir) ;
- les variations dans le fonctionnement d'établissements publics (écoles) ou industriels ;
- l'incidence des eaux pluviales ou des eaux parasites ;
- les dimension et caractéristiques du réseau de collecteurs.

Le débit est donc variable, on peut déterminer le débit moyen journalier sur la station d'épuration ainsi que le débit de pointe, débit maximum horaire enregistré sur la station, qui doit correspondre au débit nominal de pointe prévu lors de la conception de la station. Il peut être déterminé théoriquement par rapport au débit moyen journalier.

Pour chaque type de polluant, on peut calculer la charge polluante arrivant à la station d'épuration par la formule :

Charge polluante (Kg.j^{-1}) = Concentration du polluant (Kg/m^3). Débit moyen journalier ($\text{m}^3.\text{j}^{-1}$)
(**REJSEK, 2002**).

I-5-1-5-Turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau, elle est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. la turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. (**RODIER, 2009**)

I-5-1-6-Matières en suspension

Désigne l'ensemble des matières solides (petites particules de polluants solides qui résistent à la séparation par des méthodes conventionnelles) contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation.

I-5-1-7-Matières en suspension totales

Elles représentent la totalité des particules en suspension dans l'eau (minérales, organiques et colloïdales) et donc la pollution décantable. L'échantillon est filtré, le filtre est séché à l'étuve à 105°C. Les MEST sont quantifiées par la différence de poids entre le filtre propre et sec et le filtre sale et sec. Elles s'expriment en mg/l. (**Dictionnaire environnement et Développement Durable, 2010**).

I-5-1-8-Pouvoir oxydo-réducteur (E_H et rH)

Les eaux usées résiduaires (notamment urbaines) présentent un potentiel d'oxydo-reduction qui peut être mesuré grâce à une cellule électrochimique consistée d'une électrode de mesure (platine) et d'une électrode de référence. La mesure du potentiel lié au déplacement des électrons, donne la valeur de E_H .

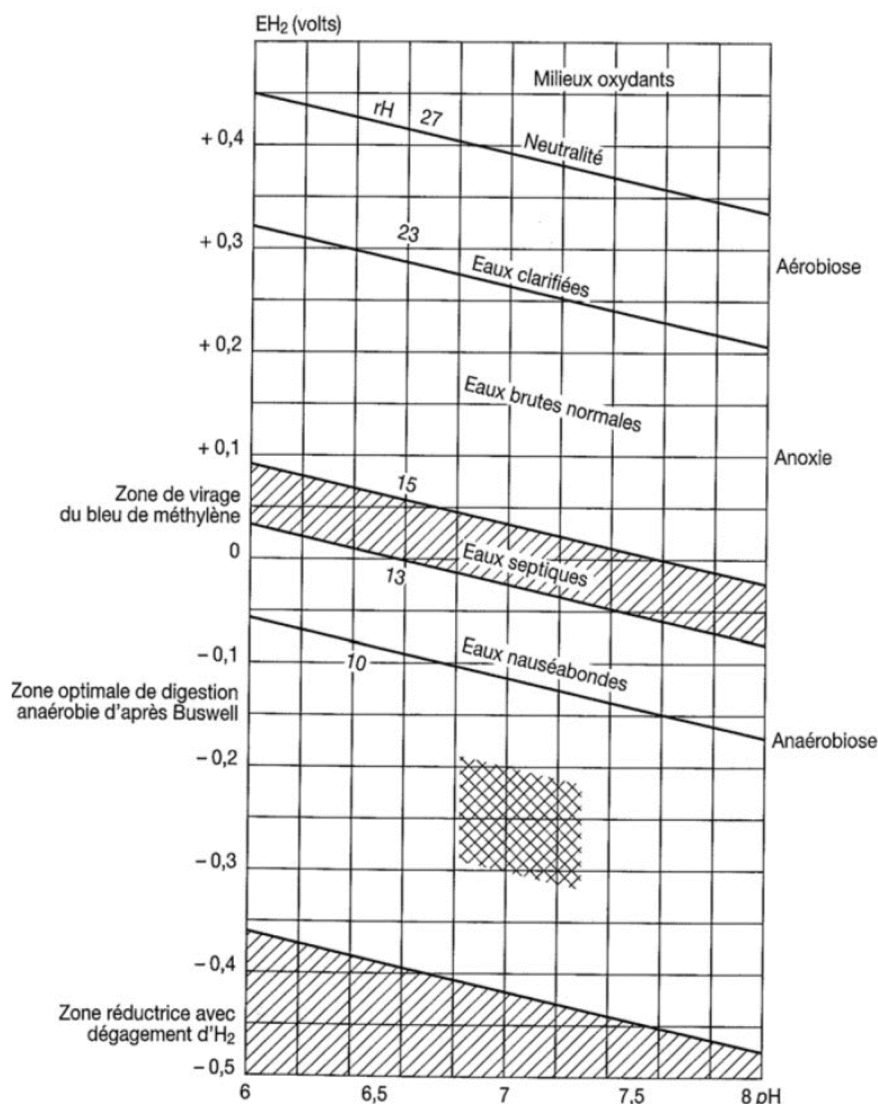


Figure (2) : Caractérisation des eaux résiduaire par leur potentiel d'oxydo-réduction (RODIER, 2009).

I-5-2-Les paramètres chimiques

I-5-2-1-Potentiel Hydrogène (PH)

La mesure de ce paramètre physico-chimique sans unité permet de savoir si l'échantillon d'eau est acide ($pH < 7$), neutre ($pH = 7$) ou basique ($pH > 7$).

L'échelle des pH varie de 0 à 14. Pour rendre une solution neutre, il suffit d'ajouter une base si celle-ci est acide, ou d'ajouter un acide si elle est basique, en quantité appropriée.

Le pH se mesure avec un pH-mètre. Les eaux en sortie de station d'épuration doivent avoir un pH aux alentours de 7,5. (Service Études Travaux et Exploitation Réseaux, Reims Métropole, 2014)

I-5-2-2-Oxygène dissous

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (max 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Paramètre important de

l'écologie des milieux aquatiques. **(Rodier, 1996)**. L'oxygène dissous dans l'eau est indispensable à toute forme de vie aquatique animale. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau. En effet, la matière organique va être oxydée par cet oxygène dissous dont la teneur dans l'eau va par conséquent être diminuée. **(Service Études Travaux et Exploitation Réseaux, Reims Métropole, 2014)**

I-5-2-3-Conductivité

Ce paramètre mesure la capacité d'un liquide à transmettre un courant électrique à une température précise. Elle est définie comme étant la réciproque de la résistance électrique de l'eau. Elle est proportionnelle à la teneur en sels dissous (TDS).

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (uS/cm) **(RODIER, 2009)**.

I-5-2-4-Alcalinité de l'eau

C'est la quantité totale de base dans l'eau. Ces bases pouvant être des hydroxydes de carbonates, des bicarbonates. La quantité totale de carbone organique dépend des concentrations en calcium et magnésium **(Banton et Bangoy ,1997)**. Elle s'exprime en mg/l de CaCO_3 . Elle permet de définir la dureté de l'eau qui elle s'exprime en degré Français ($1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/l de } \text{CaCO}_3$).

I-5-2-5-Demande biochimique en oxygène (DBO)

Critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau, par voie biologique. On utilise conventionnellement la DBO_5 , c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative normalement que de la pollution organique carbonée biodégradable. **(Dictionnaire environnement et Développement Durable, 2010)**.

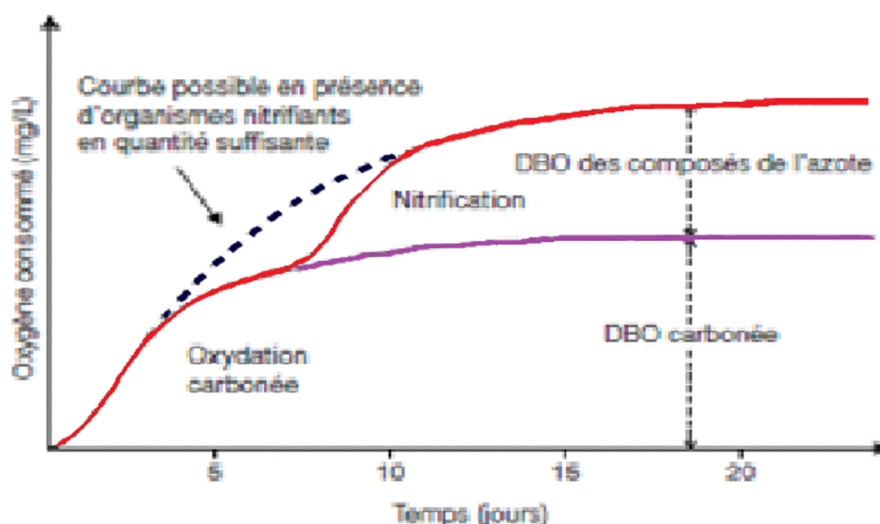


Figure (3) : Exemple de courbe de DBO pour un effluent urbain.

I-5-2-6-Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables par voie chimique dans les conditions opératoires définies. En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, qu'elle que soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). La DCO est fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation,etc.

I-5-2-7-Notion de biodégradabilité

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO₅ permet une bonne approche de la biodégradabilité, la DCO représentant la matière organique dans sa globalité et la DBO la seule fraction biodégradable dans des conditions fixées. La DBO₅ représente la quantité de matières organiques présente dans l'échantillon et qui se sont dégradées en cinq jours. Si l'on poursuit la biodégradabilité pendant une période plus longue (une vingtaine de jours pour une eau résiduaire urbaine), on aboutit à un palier, qui correspond à la DBO ultime.

- Si toute les matières organiques de l'échantillon étaient biodégradables : DBO ultime=DCO.
- De nombreuses molécules organiques présentes dans les eaux résiduaires ne sont cependant pas biodégradables ou le sont très lentement : DCO > DBO ultime.
- Le rapport DCO/ DBO₅ permet de se faire une idée réaliste de la biodégradabilité d'un effluent :
 - ✓ $1.5 < \text{DCO} / \text{DBO}_5 < 2.5$ l'effluent est moyennement biodégradable
 - ✓ $\text{DCO} / \text{DBO}_5 > 2.5$ l'effluent n'est pas biodégradable (**RODIER, 2009**)

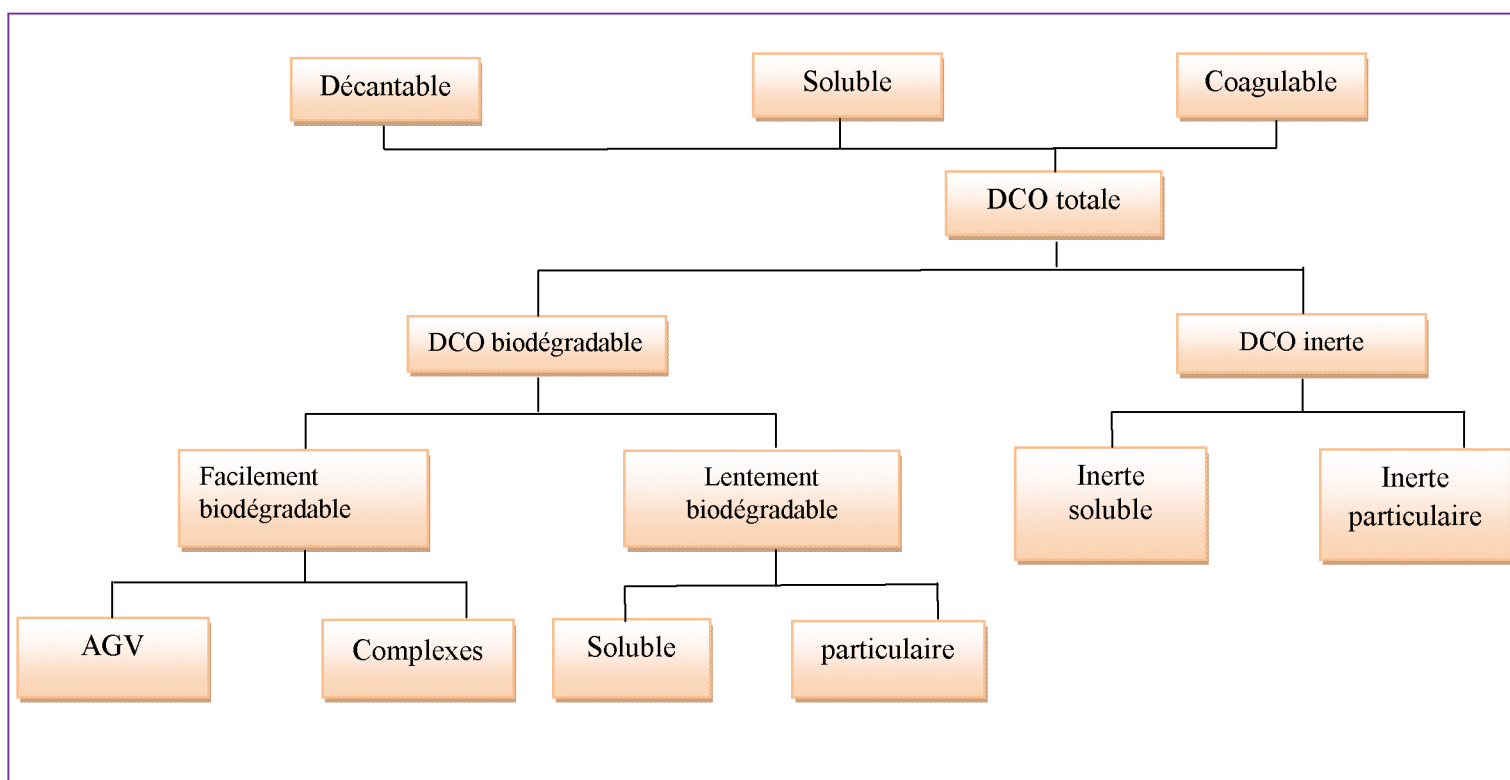


Figure (4) : Décomposition de la DCO.

I-5-2-8-Eléments nutritifs ou substances eutrophisantes

Il s'agit principalement de l'azote (N) et du phosphore (P).

I-5-2-8-1-L'Azote

La pollution en ions NH_4^+ existe principalement pour les eaux de surface. La situation devient alarmante à partir d'une concentration de 2mg/l. leur oxydation conduit à la formation d'ion NO_2^- . Ils sont en équilibre avec la forme gazeuse NH_3 . Ces deux espèces sont très toxiques pour la faune aquatique et problématique pour la santé publique. **(CARDOT, 2010)**.

Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et pour suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

- Azote ammoniacal ou N-NH_4^+ .
- Azote nitreux ou N-NO_2^- .
- Azote nitrique ou N-NO_3^- .
- Et organique ou N_{org} .

L'Azote global (ou total) est alors défini par :

$$\text{NGL} = \text{N}_{\text{total}} = \text{N}_{\text{organique}} + \text{N}_{\text{minéral}} = \text{N}_{\text{organique}} + \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-.$$

I-5-2-8-2-Le phosphore

Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différents composés sont soit solubilisés, soit fixés sur les matières en suspension **(RODIER, 2009)**.

On mesure généralement 3 types de phosphore :

Le phosphore particulaire : comprenant le phosphore organique et le phosphore inorganique.

- Le phosphore soluble : constitué des polyphosphates, du phosphore colloïdal et des orthophosphates. Les orthophosphates (PO_4^{3-}) sont les principaux éléments nutritifs dans les systèmes aquatiques continentaux. Ils jouent un rôle déterminant dans l'induction des phénomènes d'eutrophisation lorsqu'ils atteignent des concentrations élevées, les premières nuisances apparaissent à partir de 0,2 mg/l. Le dosage des orthophosphates est basé sur le développement de la coloration au bleu de molybdène.

- Le phosphore total dissous : on estime qu'il y'a 90 % de phosphore particulaire et 10 % de phosphore soluble.

Les eaux de surface ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels (Industries agro-alimentaires, ateliers de traitement de surfaces, laveries) et domestiques ou par lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides **(RODIER, 1996)**.

I-5-2-9- Carbone organique total (COT)

Critère de pollution organique mesurant tous les composés organiques fixés ou volatils présents dans les eaux résiduaires : cellulose, huiles, sucres, suie, etc. Les éléments carbonés sont oxydés à 950°C en présence de catalyseurs. Le CO₂ qui se forme est dosé dans un analyseur infra rouge. Les résultats sont exprimés en milligramme de carbone par litre d'eau ou en équivalent oxygène obtenues en multipliant la concentration en carbone par 2,66. **(Dictionnaire environnement et Développement Durable, 2010).**

I-5-3-Paramètres bactériologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux de microbes pathogènes dangereux pour l'homme : eau potable, eaux de baignade, ...

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les Escherichia coli (E. coli) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui peuvent donc se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries.

Une présence très importante de germes fécaux indique une pollution fécale importante d'origine humaine ou animale. **(CPEPESC, 2010)**

The background features a series of overlapping, semi-transparent geometric shapes in shades of blue and grey, creating a layered, architectural effect. The shapes are primarily rectangular and trapezoidal, with some appearing to recede into the distance. The text 'Chapitre II' is centered in the middle of the composition, overlaid on the blue shapes.

Chapitre II

Introduction

Ils permettent de traiter les eaux usées qui proviennent des activités quotidiennes de l'homme, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer notre environnement.

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Cela ce fait dans des stations d'épurations prévues spécialement a cet effet leur schéma est le suivant :

II-1- Les prétraitements

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

Ce traitement comprend plusieurs opérations :

➤ **Le dégrillage :** Au cours du dégrillage, les eaux usées passent à travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement.

➤ **Le tamisage :** le tamisage est en fait un dégrillage poussée ; et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles des différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles supérieurs à 0,3 mm) et un micro-tamisage (maille inférieur à 100 μ).

➤ **Le dessablage :** Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessaleur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

Le tableau suivant donne une idée de la vitesse de sédimentation des particules

Tableau (3) : illustre les différentes vitesses de sédimentation de quelques matériaux.

Matériaux	diamètre mm	masse spécifique g/cm ³	vitesse de sédimentation cm/s
sable fin	0,02-0,2	2,65	2,00-100
Limon	2,65	2,65	0,04-2,0
Argile	1,01	2,65	0,005-0,04
matières organiques	0,01-0,4	1,01	0,3-0,200

➤ **Le déshuilage :** favorisé, par injection de fines bulles d'air au fond de l'ouvrage permettent la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération). Elles peuvent aussi faire l'objet d'un traitement biologique spécifique au sein de la station d'épuration.

De nombreuses stations utilisent des dessaleurs-dégraisseurs combinés. **(Ministère ONEMA de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012)**

II-2- Le traitement primaire (décantation - flottation)

Si les prétraitements visent à l'élimination des matières solides, des sables, et des matières minérales qu'on peut récupérer par surnage, le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue une pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. Les matières décantables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après adjonction de produits agglomérant les matières et accélérant leur flottation ou leur sédimentation.

- La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension.

- L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension.

- La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage. Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés "flocs". **(DALOZ, 2007)**

II-3- Les traitements secondaires (l'élimination biologique des matières polluantes)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments. **(VILAGIES, 2003).**

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. **(DHAOUADI, 2008).**

Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, deux types de traitements **(VILAGINES, 2003).**

a- Les traitements aérobies : Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. Dans cette voie, la pollution est transformée en biomasse microbienne facile à récupérer par décantation. Elle est schématisée comme suit :

- ✓ Matières polluantes + O₂ + Micro-organismes → Micro-organismes + N + P + H₂O + CO₂.
- ✓ Micro-organismes + O₂ + N + P → Micro-organismes + CO₂ + H₂O.

b- Les traitements anaérobies : Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂.

- ✓ Matières Polluantes + Micro-organismes $\xrightarrow{\text{anaérobies}}$ Micro-organismes + CO₂ + H₂O + CH₄

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer. Dans les cas étudiés, le principe général est de favoriser la croissance de communautés de bactéries aérobies, c'est-à-dire qui prélève l'Oxygène pour leur métabolisme.

On distingue différents types :

II-3-1-Les boues activées

Ce traitement vise à éliminer l'essentiel des agents polluants à savoir la matière organique biodégradable et éventuellement les microorganismes pathogènes. Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice dite «boue activée» qui est un écosystème simplifié et sélectionné constitué d'une microflore et d'une microfaune de bactéries ainsi que de protozoaires, ... La dégradation se réalise alors par voie aérobie, en présence d'oxygène. Elle consiste à oxyder biologiquement les impuretés grâce à l'action de la boue activée dont les bactéries digèrent la matière organique dans un milieu optimisé (taux d'oxygène dissous et concentration de la boue).

On développe donc une culture bactérienne libre dans un bassin brassé, aéré et alimenté en eau à épurer. Le brassage permet d'homogénéiser le mélange ; l'aération se fait à partir de l'oxygène de l'air qui se dissout dans l'eau à épurer.

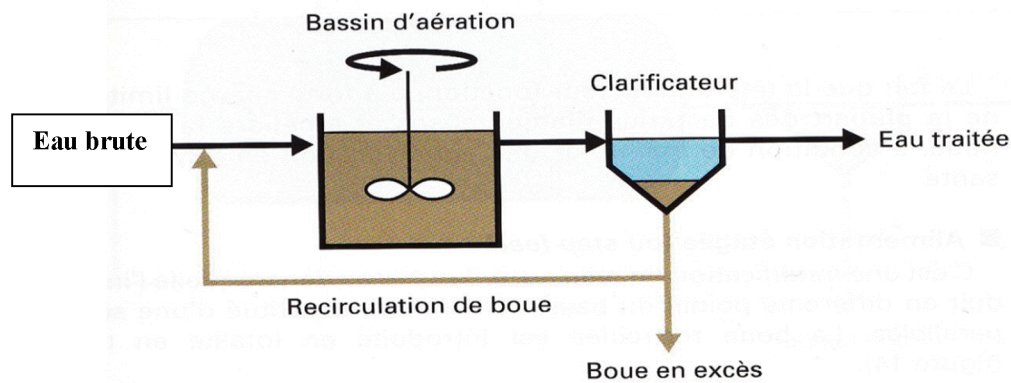
Le temps de contact eau usée-boue activée est de l'ordre de 6 à 10 heures. Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :

Eau usée + boue activée + oxygène ⇒ eau épurée + accroissement de la boue activée + CO₂ + H₂O.

(DUNGLAS, 2014)

Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocons. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation.

C'est dans le clarificateur que cette séparation entre la boue et l'eau clarifiée a lieu. Une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé. **(DHAOUADI.H, 2008)**



Figure(5) : Réacteur à mélange intégrale (MEMENTO, 2005)

II-3-1-1-Le principe de fonctionnement : Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation). Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues.

Le bassin d'aération constitue le cœur même du procédé dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine de l'épuration. C'est dans ce bassin que la majeure partie des réactions biochimiques de transformation de la pollution carbonée a lieu.

II-3-1-2-Les paramètres de fonctionnement :

Les principaux paramètres qui déterminent la performance d'un procédé d'épuration sont les suivants :

II-3-1-2-1-Charge massique C_m ou facteur de charge :

La charge massique est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée à la quantité de matière active présente.

C_m s'exprime donc comme suit :
$$C_m = \frac{Q \cdot S_o}{X_t \cdot V}$$

Avec :

C_m (KgDBO₅/Kg MES /j) : charge massique ;

Q (m³/h) : le débit moyen journalier ;

S_o (Kg/m³) : la concentration en DBO₅ de l'eau à traiter ;

X_t (Kg/m³) : la concentration en MES dans la boue ;

V (m³) : le volume du bassin d'aération.

Selon la valeur de C_m , on définit le type de la charge massique. On distinguera la forte ($0.4 < C_m < 1.2$), moyenne ($0.15 < C_m < 0.4$), faible ($0.07 < C_m < 0.15$) et très faible ($C_m < 0.07$) charge ou aération prolongée.

II-3-1-2-2-Charge volumique CV :

La Charge volumique est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation. C_v s'exprime donc par :

$$C_v = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

Avec :

C_v : la charge volumique en $\text{KgDBO}_5/\text{m}^3$.

II-3-1-2-3-Consommation en oxygène :

Les besoins théoriques en oxygène représentent la somme :

- de l'oxygène consommé pour fournir l'énergie nécessaire à la synthèse.
- et de l'oxygène consommé pour la respiration endogène.

II-3-1-2-4-Production de boues biologiques :

L'accroissement net de la masse de matière active des boues résulte à la fois de la masse cellulaire synthétisée à partir de la pollution éliminée et de la masse détruite par respiration endogène.

II-3-1-2-5-Age des boues :

L'âge des boues (A) est un paramètre important de suivi des stations d'épuration par boues activées, car il est directement lié au rendement d'épuration du réacteur. C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans l'aérateur et la quantité de boues extraites (donc produites) par jour.

$$A = \frac{Q \cdot X}{Q_w \cdot V_w}$$

Avec :

A (h) : Age des boues ;

V (m^3) : volume de la liqueur mixte ;

X (kg/m^3) : concentration en solide (ou solide volatile) de la liqueur mixte ;

X_w (kg/m^3) : concentration en solide (ou solide volatile) des boues ;

Q_w (m^3/h) : débit d'évacuation des boues.

II-3-1-2-6-Indice de MOLHMAN :

Il mesure la décantabilité de la boue. C'est le volume occupé par un gramme de boue après 1/2 heure de décantation. Il est donné par :

$$I_m = \frac{V_{30}}{Q_w \cdot V_w}$$

Avec :

V_{30} : volume de boues obtenu après 30 mn de décantation d'un litre de boues activées ;

M : masse des matières en suspension dans le bassin des boues activées.

Généralement, les boues sont bien décantables pour $80 < I_m < 150$

Si $I_m \sim 80$ la décantation est très bonne mais les boues sont difficilement pompable.

Si $I_m \sim 150$: la décantation est très lente.

Les variations de l'indice de MOLHMAN en fonction de la charge massique pour une température de 20°C, indique qu'il existe toujours un point de fonctionnement pour lequel cet indice atteint sa valeur minimale garantissant un fonctionnement convenable de la station. (DHAOUADI.H, 2008)

II-3-2-Disque biologique :

Procédé de traitement biologique aérobie à biomasse fixée. Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques sont semi-immersés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

L'effluent est préalablement décanté pour éviter le colmatage du matériau support. Les boues qui se décrochent sont séparées de l'eau traitée par clarification.

L'unité de disques biologiques est constituée de disques en plastique rotatifs montés sur un arbre dans un bassin ouvert rempli d'eaux usées. Les disques tournent lentement dans le bassin et lorsqu'ils passent dans les eaux usées, les matières organiques sont absorbées par le biofilm fixé sur le disque rotatif. L'accumulation de matières biologique sur les disques en augmente l'épaisseur et forme une couche de boues. Lorsque les disques passent à l'air libre, l'oxygène est absorbé, ce qui favorise la croissance de cette biomasse. Quand cette dernière est suffisamment épaisse (environ 5 mm) une certaine quantité se détache et se dépose au fond de l'unité.

L'alternance de phases de contact avec l'air et l'effluent à traiter, consécutive à la rotation du support permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne.

Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique de la phase émergée.

Les matériaux utilisés sont de plus en plus légers (en général du polystyrène expansé) et la surface réelle développée de plus en plus grande (disque plat ou alvéolaire).

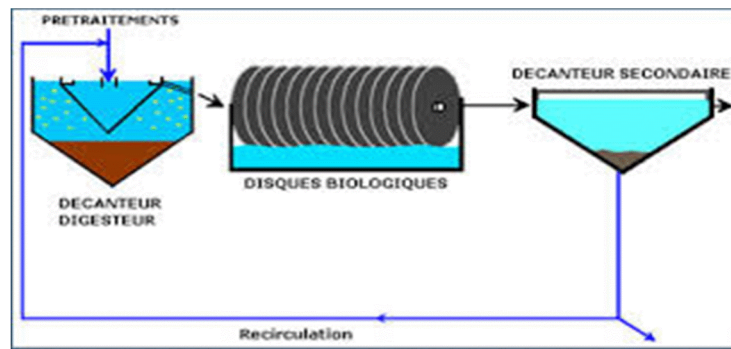


Figure (6) : Schéma d'une filière du disque biologique

II-3-3-Les lits bactériens

Procédé de traitement biologique aérobie à culture fixée. Les micro-organismes se développent sur un matériau support régulièrement irrigué par l'effluent à traiter. Cette filière consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériau (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution.

Le film biologique se décroche au fur et à mesure que l'eau percole. En sortie du lit bactérien, est recueilli un mélange d'eau traitée et de biofilm. Ce dernier est piégé au niveau d'un décanteur secondaire sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle.

Les eaux usées sont réparties sur la partie supérieure du lit dans la majorité des cas, au moyen d'un distributeur rotatif (sprinkler). La satisfaction des besoins en oxygène est obtenue par voie naturelle ou par aération forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire aux bactéries aérobies pour les maintenir en bon état de fonctionnement.

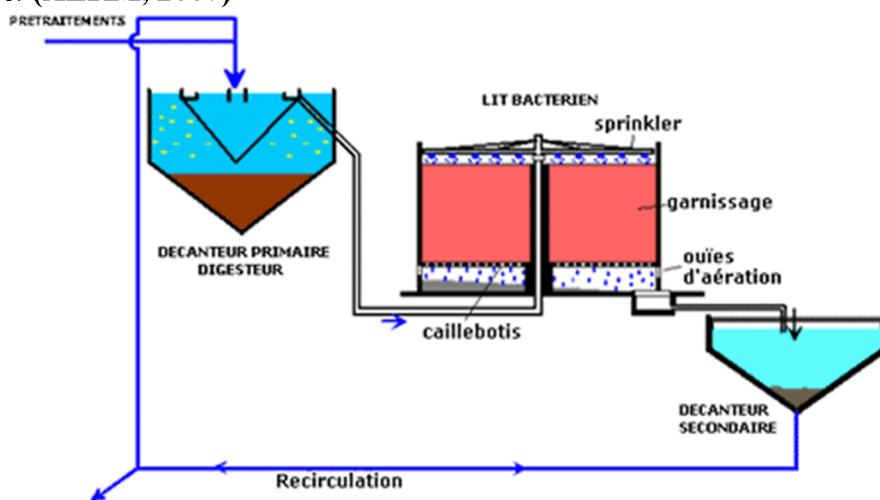
Les matières polluantes sont assimilées par les micro-organismes formant le film biologique. Celui-ci est constitué de bactéries aérobies à la surface et de bactéries anaérobies en profondeur. Les sous produits et le gaz carbonique normalement produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides ou gazeux. Les boues excédentaires qui se décrochent naturellement du support sous l'effet de la charge hydraulique sont séparées par décantation secondaire.

Cette technique épuratoire repose sur la capacité des bactéries contenues dans les effluents à synthétiser et libérer des exopolymères visqueux (longs filaments polysaccharides appelés Glycocalix) lesquels assurent leur fixation sur un support inerte.

Les bactéries s'agglomèrent pour former un biofilm qui assure son développement à partir de l'effluent qui ruisselle à sa surface et de l'oxygène contenu dans l'air atmosphérique. Le biofilm est composé essentiellement de bactéries mais accueille également d'autres organismes intégrés dans une chaîne alimentaire plus ou moins complexe (protozoaires, métazoaires, insectes,...). Le biofilm est autorégulé grâce :

- **au décollement naturel** (l'absence d'oxygène en fond de flocc provoque une fermentation anaérobie laquelle engendre la formation de microbulles et une fragilisation du biofilm lequel finit par se détacher et être entraîné avec l'effluent)

- **à la consommation du biofilm** par les macro-invertébrés (nématodes et larves d'insectes) ou les protozoaires. L'ensemble des micro-organismes (bactéries, vers, protozoaires, etc.) fixés sur le support est appelé Zoogloée. (AERM, 2007)



Figure(7) : Schéma d'une filière à lit bactérien.

II-3-4-Les biofiltres et filtres bactériens

On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables... (biofiltres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants. En effet, on va alors concentrer les bactéries et ainsi localiser leur action, la rendant plus efficace.

De nombreuses stations d'épuration cumulent aujourd'hui les traitements primaires et secondaires. Certaines plus rares utilisent des traitements avancés ou tertiaires. En effet, à la fin des traitements secondaires, il reste encore dans l'eau des éléments dissous que les bactéries n'auront pas absorbés (azote, phosphore) et des éléments qu'elles ne sont de toute manière pas aptes à traiter (œstrogènes par exemple).

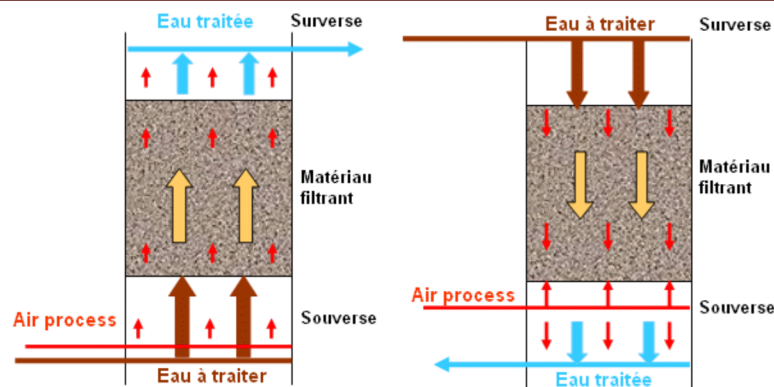
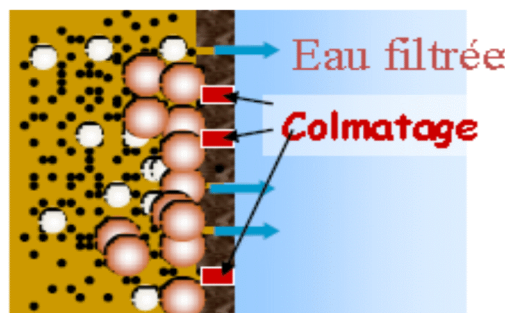


Figure (8) : Biomasse fixée – filtration (LESVRE,2014)

II-3-5-Les procédés membranaires

Les procédés membranaires combinent des procédés biologiques et physiques. Un traitement par boues activées est suivi d'une filtration au travers de membranes organiques ou céramiques. Ces membranes très fines constituent une barrière physique qui retient les micro-organismes et les particules. Les bactéries ne franchissent pas la membrane, mais restent dans le réacteur, c'est-à-dire le bassin à boues activées où se déroule la réaction biologique de dégradation des matières organiques. Ce type de traitement a l'avantage de nécessiter des installations de dimension réduite (suppression du clarificateur) et d'offrir un très haut niveau d'épuration. Mais il reste peu utilisé, car les coûts de fonctionnement en sont très élevés. (LESVRE, 2014)



Figure(9) : schéma représentatif de la filtration membranaire.

II-3-6-Le 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 de 3. Cependant, utiliser une configuration avec 4 voir 6 bassins permet d'avoir une désinfection plus poussée.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes".

Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique. En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau. **(AERM, 2007)**

II-4-Traitements tertiaires

Ces traitements sont à la fois physico-chimiques et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments. . . Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le Déplacement Nutritif Biologique. On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple). On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur. Un autre type de traitement que l'on pourrait classer comme tertiaire est le traitement aux UV. On dénature alors des molécules, comme les œstrogènes, sensibles à ces rayons. **(Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société.2013).**

Si les substances à éliminer ne sont pas directement nocives, leur action sur le milieu aquatique est néfaste. En effet ils diffusent jusqu'à la surface éclairée où ils favorisent la prolifération excessive d'algues et autres plantes vertes qui à leur tour décomposent nitrates et phosphates dont l'oxygène passe dans l'atmosphère. Ils jouent un rôle prépondérant dans ce que l'on appelle l'eutrophisation des eaux. Dans la STEP. **(DALOZ, 2007)**

Des traitements plus poussés sont effectués lorsque la nature des milieux recevant l'eau dépolluée l'exige : les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation, les lieux de baignade et de conchyliculture (élevage de coquillages).....etc.

II-4-1-L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour s'aligner aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de l'azote ammoniacal est le plus souvent obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification". La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries "dénitrifiantes", sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le CO_2 produit par l'élimination des matières carbonées. Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment, être combinés à l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants. Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût.

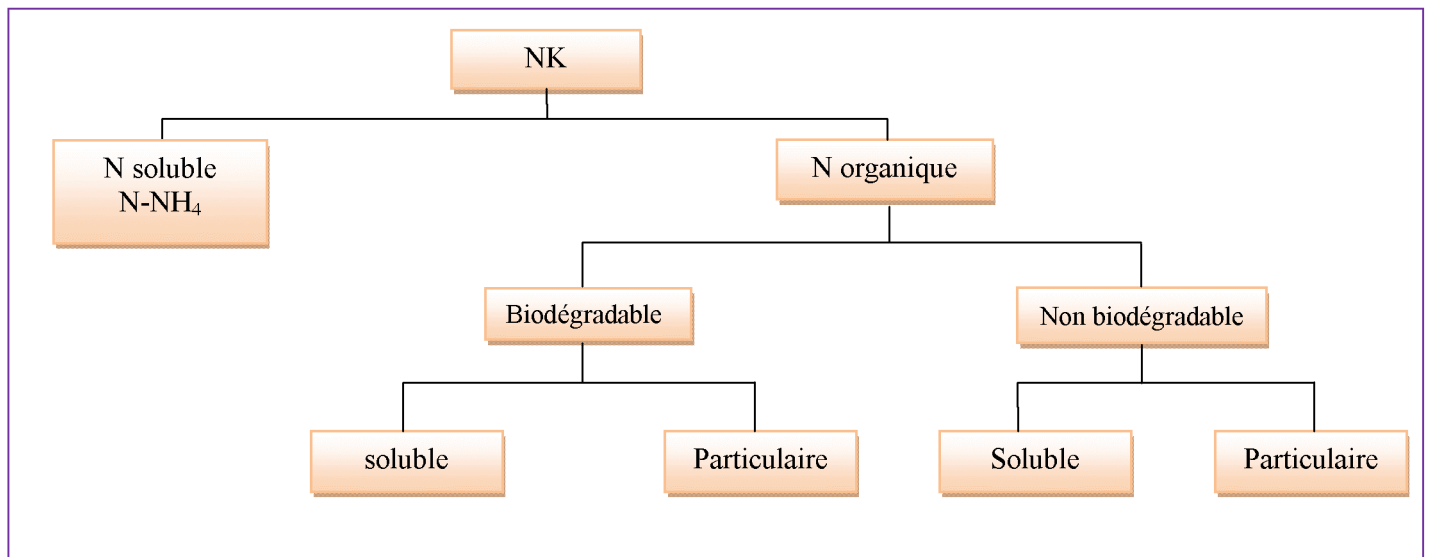


Figure (10) : Décomposition du NK. (MEMENTO, 2005)

II-4-2-L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées).

Le rendement moyen est d'environ 60 %. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis.

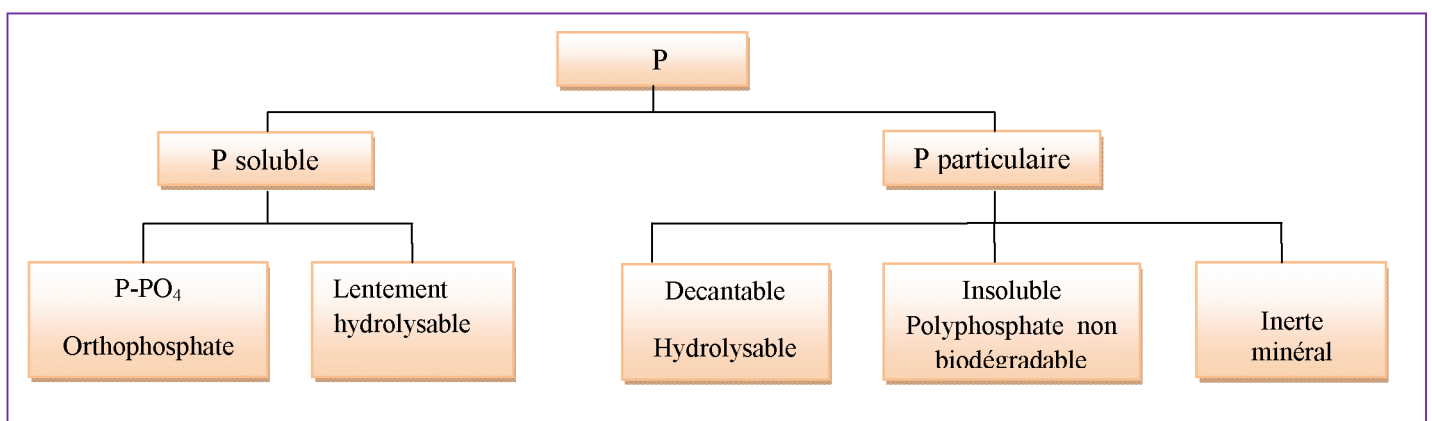


Figure (11) : Décomposition du P. (MEMENTO, 2005)

II-4-3-La désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade, de pisciculture ou d'élevage de coquillages.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel.

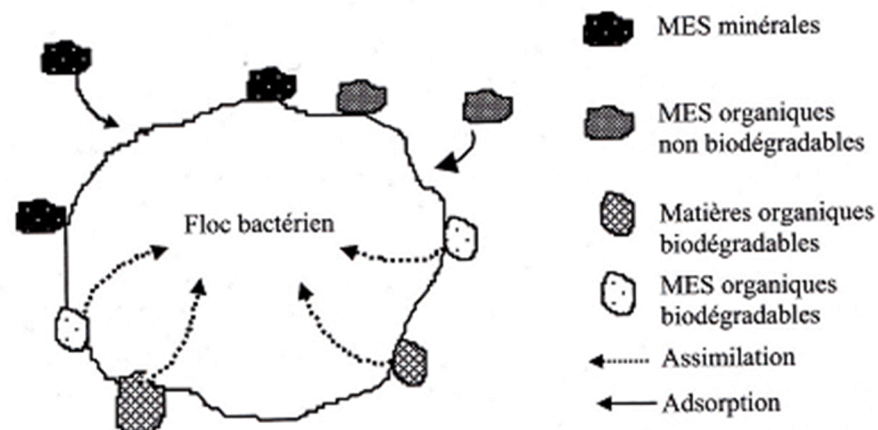
Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome, voire du dioxyde de chlore.

Le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des micro-organismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé (50 à 60 jours). Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit, pendant l'hiver ou lors de remise en suspension de sédiments à l'occasion de fortes précipitations. Des lagunes de finition peuvent par contre être installées en aval d'une station biologique classique.

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous produits de désinfection. (MOULIN.2013)

II-4-4-Le traitement des boues

Le but du traitement est de réduire le volume et de rendre inerte les boues. La diminution du volume est obtenue par l'élimination de l'eau. Il faut réduire la teneur en matières organiques pour éviter toute fermentation. Le choix du traitement est fonction de l'origine et de la qualité des boues.



Figure(12) : Représentation du floc biologique constituant de la boue biologique.

II-4-4-1-Épaississement

L'épaississement vise à obtenir des boues concentrées mais toujours liquide, c'est la première étape pour réduire le volume de boues et en augmenter la concentration pour permettre la déshydratation. Le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement. La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en MES, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur. Puis sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en MS progresse. Il s'agit de la sédimentation.

Ce type d'ouvrage doit être utilisé par bâchée et le temps de séjour maximum est de 48 heures. Le surnageant est renvoyé en tête de station.

Tableau (4): Caractéristiques et performances des systèmes épaisseurs.

	Aérobic	Anaérobic	Chimique
Épaisseur statique	0,6 à 1	100 à 150 si boue primaire kg de MS.m ⁻² .j ⁻¹ 30 si boue biologique kg de MS.m ⁻² .j ⁻¹	8 à 10 2,5
Grille d'égouttage	-	60 à 150 kg de MS.h ⁻¹ .m de largeur de grille	8
Tambour égoutteur	-	-	10
Flottateur	4 à 6	3 à 13 en kg de MS.m ⁻² .j ⁻¹	5

II-4-4-2-Stabilisation

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

Tableau (5) : Effets de la stabilisation sur la qualité des boues

	Aérobic	Anaérobic	Chimique
Matières organiques	Réduction de 0-10 %	Réduction de 30-50 %	Réduction de 30-40 % sur boues liquide
Matières minérales	Inchangé	Inchangé	Augmentation de 10-50%
NKT	Réduction faible	Transformation de 40% du norga en NH ₄ ⁺	stripping de NH ₄ ⁺
Réduction masse de boue	Réduction de 0 à 7 %	Réduction de 15 à 30 %	Augmentation de 10 à 30 %
Fermentation ultérieure	Possible	Nulle	Très faible si ph >10,5

II-4-4-3-Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de passer la boue de l'Etat liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie. Une floculation préalable est nécessaire pour rompre la stabilité colloïdale de la suspension et augmenter la taille des particules. Le paramètre essentiel de ces dispositifs est le tût de capture ou rendement d'extraction. Il représente le rapport entre les flux de MS du gâteau et des boues humides.

II-4-4-4-Séchage

Le séchage des boues préalablement déshydratées est une solution pour réduire fortement le volume à évacuer de l'usine de dépollution et pour obtenir un composé parfaitement hygiénisé. Toutes les techniques des séchages thermiques sont dévoreuses d'énergie. En conséquence, les fournisseurs ont trouvé des solutions technologiques récupératrices d'énergie comme le séchage solaire.

Tableau (6) : Caractéristiques des boues selon la filière de traitement (CARDOT, 2010).

Filière de traitement	État de la boue	Siccité obtenue	Caractère physique
Épaississeur Table égouttage	Liquide liquide chaulée	3% 6%	Liquide
Épaississeur + Filtre à bandes	Pâteuse Pâteuse chaulée	10-18% 18-25%	Liquide Pelletable
Épaississeur +digestion + centrifugeuse+ chaulage	Solide chaulée	30-35%	Pelletable/ gerbable
Épaississeur +digestion + centrifugeuse+ séchage thermique	Sèche	95%	Pluvérulente/granulée

II-4-5-La destination finale des boues

II-4-5-1-Épandage agricole : est une valorisation de sous produits qui consiste à répandre sur un champ les boues riche en fertilisants. La disponibilité du phosphore, de l'azote, et du taux de matière organique des boues est conditionnée par le procédé de traitement utilisé dans la station. Les boues, une fois épandues, augmentent le rendement des cultures. Elles contiennent des nutriments pour les cultures et servent d'amendements organiques et calciques pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol.

II-4-5-2-Incinération : permet de détruire toute la matière organique des boues et parfois génère de la vapeur ou de l'électricité.

II-4-5-3-La méthanisation : C'est un processus biologique anaérobie conduisant à la production de gaz carbonique et de méthane.

II-4-5-4-Mise en Décharge : la mise en décharge est considérée comme le dernier recours en matière d'évacuation des boues, elle doit être contrôlée et considérer comme une filière de secours.

II-4-6-Les nuisances liées aux stations d'épuration : le traitement des odeurs

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de relevage et de prétraitement. Le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe. Cependant, les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut par exemple veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées. Ainsi, les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds. Leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.

Des installations de désodorisation chimiques ou biologiques sont également mises en place au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage où un liquide désodorisant est pulvérisé.

Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et / ou de l'eau de javel, réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.

La désodorisation biologique consiste à faire passer l'air au travers d'un matériau poreux sur lequel on développe un biofilm, de façon analogue aux biofiltres utilisés pour le traitement de l'eau.

(DALOZ, 2007)

Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes (tertiaires). Tout cela est évidemment très encadré, et c'est cette orchestration au niveau européen qui aide à mieux veiller sur la qualité de l'eau potable et usée. **(Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société, 2013)**



Partie
Expérimentale

The background features a series of overlapping, semi-transparent geometric shapes in shades of blue and grey, creating a layered, architectural effect. The shapes are primarily rectangular and trapezoidal, with some appearing to recede into the distance. The overall composition is clean and modern.

Chapitre I

Introduction

Avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui nécessitent en revanche une épuration avant d'être rejetée dans les milieux naturels récepteurs.

A cet effet plusieurs stations d'épurations on vue le jour, parmi-elle la station d'épuration EST de Tizi-Ouzou.

I-Généralités

I-1- Conception et réalisation

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en service en Août 2001 et transféré à l'ONA en juillet 2003.

Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau, l'Office National de l'Assainissement « ONA » qui est un établissement public national, à caractère industriel et commercial, créé par décret exécutif n°01-102 du 21 avril 2001.

L'ONA s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004. Où elle est certifiée pour la première fois en 2007.

Cette distinction demeure la première à l'échelle nationale et Africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement.

L'étude du projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou, en collaboration avec la société française DEGREMONT.



Figure (13) : vue générale de la STEP

I-2- La Situation géographique :

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est implantée sur la berge de l'oued Sebaou à l'endroit du Pont de bougie situé à 3 Km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou.



Figure (14) : Situation de la STEP par rapport à la ville de Tizi-Ouzou.

I-3- Topographie du site

Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'oued Sebaou présentant une pente d'orientation Nord-Sud relativement douce. La pente originelle était d'orientation Sud-Nord.



Figure (15) : une vue aérienne de la STEP Est du Pont de Bougie.

I-4- Caractéristique des eaux

A- Eau brute

A-1- Fiche technique de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou

Tableau (07) : Caractéristique technique de la station d'épuration

Désignation	Valeurs
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m ³ /j
Débit moyen journalier en temps sec	750 m ³ /h
Débit de pointe en temps sec	1620 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	2250 m ³ /h
Charge polluante DBO₅	
Flux journalier	6500 Kg/j
Concentration moyenne	360 mg/l
MES	
Flux journalier	8400 Kg/j
Concentration moyenne	446 mg/l
Ph	6 à 8,5
Température	< à 25°C

B- Eau traitée

Les objectifs à atteindre sont :

- DBO₅ ≤ à 30 mg/l sur un échantillon moyen de 24heures.
- MES ≤ à 30 mg/l sur un échantillon de 24heures.
- DCO ≤ à 90 mg/l sur un échantillon de 24 heures.
- pH compris entre 6,6 et 8,5.

I-5- Description et fonctionnement des ouvrages de la station

La STEP fonctionne selon le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge.

Les eaux traitées par la STEP sont les eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou.

Les étapes d'épuration des eaux de la station sont dans l'ordre comme suite :

- **l'arrivée** : par laquelle l'eau de l'affluent urbain rentre à l'intérieure de la station
- **soufflante du by-pass**: joue le rôle d'un déversoir d'orage.
- **Dégrillage grossier** : une première filtration est nécessaire pour l'élimination des déchets les plus volumineux.
- **Poste de relevage** : sert à relever les eaux usées au niveau de la station. Cette opération se fait à l'aide de quatre pompes submersibles.
- **Dégrillage fin** : la station comprend deux Dégrilleurs fins l'un mécanique et l'autre manuel. Dans cette étape l'eau subie une seconde filtration par le dégrillage fin, l'eau circule dans les autres compartiments de la station par gravité.

La récupération des refus de grille se fait par deux modes : automatique et manuel. En mode automatique, la récupération des refus se fait grâce à une vis d'extraction horizontale (vis sans fin), et son fonctionnement est lié à celui du dégrilleur, l'arrêt étant temporisé à 2 mn, afin d'assurer l'évacuation des refus.



Figure (16) : Dégrilleur grossier.

➤ **Dessablage et dégraissage**

La station possède deux ouvrages rectangulaires ou se fait :

- une décantation des sables par gravité : après sédimentation ces particules sont aspirées par une pompe. Les sables sont ensuite récupérés à l'aide d'une vis sans fin et mis en décharge.
- Une flottation des huiles et des graisses : ces produits étant de densité inférieure à celle de l'eau donc l'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses et ensuite elles seront éliminées par raclage en surface.

- caractéristiques de chaque ouvrage :

- Longueur : 11,25 m
- Largeur : 4 m
- Hauteur moyenne : 3,60 m
- Surface : 45 m²
- Volume : 125 m³



Figure (17) : Dessablage et dégraissage



Figure (18) : vis sans fin

➤ **soufflante du by-pass**

Cette dernière est utilisée lors d'une arrivée d'eau brute anormalement chargée comme la présence d'huile de vidange par exemple.



Figure (19) : soufflante du by-pass

➤ **Réacteur biologique**

La station dispose de deux grands bassins d'aération (réacteur biologique) qui présentent les caractéristiques suivantes pour chacun :

- Longueur : 49,50m
- Largeur : 16,50m
- Hauteur moyenne : 4 m
- Surface : 817m²
- Volume : 3250 m³
- Nombre d'aérateur : 03



Figure (20) : Réacteur biologique

➤ **La clarification**

La séparation des eaux épurées et boues est assurée par deux clarificateurs aux caractéristiques suivantes pour chacun :

- Hauteur moyenne : 3,10 m
- Surface : 530m²
- Diamètre périphérique : 26 m
- Volume : 2550 m³



Figure (21) : Clarificateur

➤ **la stabilisation**

Les boues activées sont stabilisées dans deux stabilisateurs aux caractéristiques suivantes pour chacun :

- Longueur : 49,50m
- Largeur : 13,25m
- Hauteur moyenne : 4 m
- Surface : 656m²
- Volume : 2550 m³



Figure (22) : Stabilisateur

➤ **L'épaississement**

C'est le premier stade de traitement des boues. Les boues sont épaissies dans un épaisseur de forme cylindrique aux dimensions suivantes :

- Diamètre : 49,50 m
- Hauteur : 4 m
- Surface : 176 m²
- Volume : 740 m³

Cette étape permet aussi l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est recerclée en tête de station.



Figure (23) : Épaisseur

➤ **Séchage**

Les boues épaissies sont envoyées vers les lits de séchage où elle séjourne 20 à 24 jours ; la station compte vingt lits dont les caractéristiques unitaires sont les suivantes :

- Longueur : 30 m
- Largeur : 15m
- Hauteur de remplissage de boue : 0,70 m
- Surface : 450 m²



Figure (24) : Remplissage des lits séchés



Figure (25) : lit de séchage



Figure (26) : boue séchée

- Une fois la boue est séchées, la dernière étape est l'extraction, qui se fait manuellement en suite les boues seront déplacer vers l'aire de stockage des boues, qui sont récupérées par des agriculteurs.



Chapitre II

Introduction

L'exploitant de la station d'épuration doit se livrer à une série de mesures pour évaluer l'efficacité de la chaîne du traitement mis en place.

L'exploitant s'assure du respect des normes de rejets et de la vérification quotidienne, du bon fonctionnement des ouvrages et l'application des mesures d'hygiène et sécurité. Cette vérification s'opère au niveau du laboratoire par une série d'analyse selon des méthodes et des modes opératoires bien précis, en fin les résultats obtenus seront comparés aux normes de l'OMS.

I. Prélèvement et échantillonnage

La méthode appliquée dans la station d'épuration Est de Tizi Ouzou est celle de l'échantillon composite ; elle consiste à prélever deux à trois fois par jour un volume déterminé pour l'eau brute (entrée) et pour l'eau épurée (sortie).

Cet échantillon sera conservé au réfrigérateur après avoir effectué quelques analyses journalières, Chaque volume prélevé sera bien mélangé avec tous les prélèvements précédents pour constituer l'échantillon moyen à analyser par la suite. Cette méthode permet donc de récolter une fraction de l'ensemble des matières polluantes qui transite dans les différents ouvrages de la station durant la journée.

Aussi ya des analyses qui se font sur place pour les boues de la station à savoir les boues des deux bassins d'aération (BA_(1,2)), les boues de la stabilisation (BS_(1,2)), les boues de retour (BR_(1,2)), les boues épaissies et les boues séchées.

I.1. Les analyses effectuées

- Détermination des caractéristiques de la boue : matières sèches, indice de boue en déterminant le V_{30} .
- Détermination des caractéristiques des eaux usées :
 - Analyses quotidiennes : les matières en suspension (MES), la température, conductivité, turbidité, PH.
 - Analyses complètes : matières volatiles sèches (MVS), demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO_5), demande chimique en oxygène (DCO), NO_3^- , PO_4^{3-} , NO_2^- , NH_4^+ .

I.2. Détermination des caractéristiques de la boue

I.2.1. Matières sèches (MS)

La matière sèche (MS) est ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un produit.

Le pourcentage de matière sèche est le ratio entre le poids de la matière sèche et la masse de la matière non-séchée (hydratée).

-Mode opératoire :

- On pèse le papier filtre (P_0) et on le place dans un entonnoir qui est placé l'entonnoir sur un bécher puis on verse une quantité d'échantillon de boue.

- Après filtration, on met le papier filtre dans une coupelle qu'on mettra à sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.
- On prend ce dernier et on le met dans un dessiccateur pour le déshydraté totalement.
- On pèse une deuxième fois ce filtre soit P1.
- On calcul la concentration des MS suivant cette formule : $MS = (P1 - P0) \times 1000 / V$ (g/l).



Filtration

Etuve

Dessiccateur

I.2.2. Test de décantation V_{30}

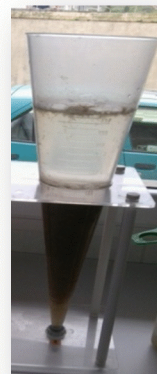
Pour ce test on Prélève un échantillon de boue dans les bassins d'aération après 15 mn de fonctionnement de l'aérateur et un échantillon d'eau épurée (sortie).

- on remplit un cône de 1000 ml avec 1L de boue.
- noter le niveau de boue décanté dans le cône après 30 min.

Cette valeur notée est le V_{30} exprimé en ml/l.

- le V_{30} doit être impérativement inférieur à 300 ml/l.
- Dans le cas contraire, procéder à une dilution avec de l'eau épurée où on calcul l'indice de boue suivant :

$$IB = V_{30} / MS \times \text{facteur de dilution}$$



I.2.3. Les matières volatiles sèches (MVS)

La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques ces dernières sont appelées matières volatiles sèches (MVS). La concentration en MVS est un taux par rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce taux permet de connaître la stabilité d'une boue d'épuration.

- Mode opératoire :

- On introduit dans une coupelle de poids connu (P_0) une quantité de boue.
 - On place la coupelle dans une étuve à 105°C jusqu'à évaporation totale.
 - Après refroidissement on pèse la coupelle (P_2).
 - puis on procède à une calcination à 550°C pendant 2h.
 - une fois la coupelle refroidie on procède à une dernière pesée pour avoir le poids (P_3), et on calcule la concentration des MVS selon cette formule : $\text{MVS} = (P_2 - P_3 / P_2 - P_0) \times 100$
- ($P_2 - P_0$) : détermine le poids des MS.

I.3. Analyses des caractéristiques des eaux usées**I.3.1. Analyses quotidiennes****I.3.1.1. Matières en suspension (MES) par spectrophotométrie**

On mesure la concentration en matières en suspension dans l'éprouvette qui est exprimée en mg/l, La concentration en MES ne doit pas dépasser 30 mg/l.

- Mode opératoire :

- prélever 25ml d'échantillon à analyser (entrée, sortie)
- préparer le spectrophotomètre.
- entrer le numéro du programme.
- remplir un flacon de 25ml d'eau distillé (le blanc) puis le placer dans l'appareil et procéder à la lecture.
- placer les échantillons l'un après l'autre après agitation (entrée- sortie) et faire la lecture.



Spectrophotomètre



flacons

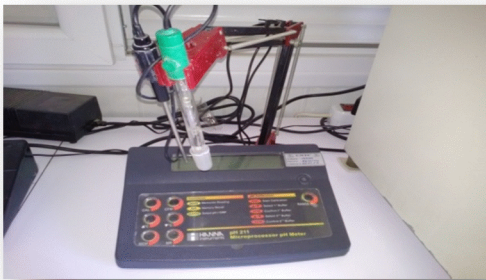
I.3.1.2. Température et pH

Il est important de mesurer la température des eaux de la station car elle influence les vitesses des réactions Biochimiques et elle a aussi un rôle déterminant sur le processus biologique. La température optimale pour l'activité microbienne se situe entre 25°C et 30°C .

Le pH a une grande influence sur l'activité des micro-organismes responsable de l'épuration biologique. Les écarts brusques importants du pH sont néfastes pour tout traitement biologique et engendre des difficultés à la clarification. Le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

- Mode opératoire :

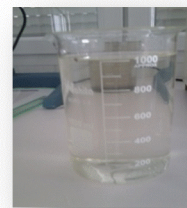
- préparer le PH mètre.
- verser une quantité d'échantillon (entré, sortie) dans un bécher.
- allumer le PH mètre.
- plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon.
- attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.



pH mètre



Entrée



Sortie

I.3.1.3. Conductivité :

La conductivité de l'eau dépend d'une large variété de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans les solutions d'eau. Les substances dissoutes communes sont sodium, chlorure, sulfates, calcium, bicarbonate, nitrates, phosphates, fer, et magnésium. Tous ces matériaux à certaines concentrations ont la capacité de porter un courant électrique.

La conductivité est mesurée en micro-Siemens par cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- Mode opératoire :

- préparer le Conductimètre
- verser une quantité d'échantillon (entré, sortie) dans un bécher.
- allumer conductimètre et sélectionner l'échelle appropriée.
- plonger la sonde dans l'échantillon.
- faire la lecture une fois que la mesure est stabilisée.



Conductimètre

I.3.1.4. Turbidité :

La turbidité est due à la présence des particules en suspension minérales ou organiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse ou en particules sédimentable, plus elle est turbide.

- Mode opératoire :

- on prélève 25ml d'échantillon à analyser (entrée, sortie)
- on prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.
- on remplit un flacon de 25ml d'eau distillé (le blanc) puis on le place dans l'appareil et on procède à la lecture, ensuite on place les échantillons l'un après l'autre après agitation (entre, sortie) et on lit.

I.3.2. Analyses complètes :

I.3.2.1. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO ou Demande Biochimique en Oxygène correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau afin d'oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables dans l'eau.

Elle est en général calculée au bout de 5 jours à 20 °C et dans le noir. On parle alors de DBO₅ et la norme respectée est de 30 mg d'O₂/l.

- Mode opératoire :

- On remplit une bouteille ombrée avec 150 ml d'eau d'entrée et une autre avec 400 ml d'eau de sortie.
- On met dans chacune d'elles un oxymètre puis on les place dans un DBOmètre (enceinte réfrigérée) à température constante (20°C) et à l'obscurité pendant 5 jours. Au bout de 5 jours on procède à la lecture.



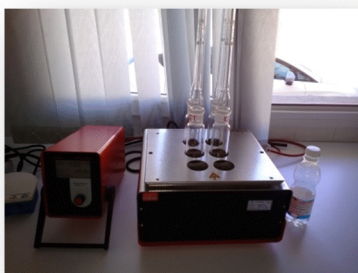
DBO mètre

I.3.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique contenue dans l'eau qu'elle soit biodégradable ou non.

- Mode opératoire :

- On commence d'abord par la préparation :
- D'un échantillon témoin avec 10 ml de la solution d'hydrogenophthalate de potassium (étalon).
- 10 ml d'eau distillée (le blanc).
- 10 ml d'eau usée (entrée).
- 10 ml d'eau épurée (sortie).
- On ajoute à chaque flacon 5 ml de Dichromate de Potassium, 15 ml d'acide Sulfurique – Sulfate d'argent.
- On ajoute ensuite deux régulateurs d'ébullition dans chaque tube.
- On met ces derniers dans le réacteur à DCO pendant 2h de temps à 150 °C.
- Après refroidissement on ajoute pour chaque flacon 45 ml d'eau distillée.
- Puis on procède à la titration avec le Sulfate de Fer et d'Ammonium.
- en fin on fait une lecture sur la burette puis on procède au calcul.



Réacteur à DCO

I.3.2.3. L'Azote et le Phosphore

Pour l'azote on le trouve sous forme ammoniacale (NH_4^+), nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-).

Et pour le phosphore on le trouve sous forme de PO_4^{3-} .

I.3.2.3.1. Détermination des nitrates (NO_3^-)

- Mode opératoire :

a) Entrée (faible concentration 0 à 0,4 mg/l)

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.
- On prend 30 ml d'échantillon on lui rajoute Nitraver 6 avec 3 min d'agitation et 2 min de réaction.

- On prélève 25 ml de cet échantillon puis on lui rajoute le réactif nitrifier 3 avec un temps de réaction de 10 min.

- On prépare le blanc avec 25ml d'échantillon.

b) Sortie (forte concentration 0 à 30 mg/l) :

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.

- On prend 25 ml d'échantillon, on ajoute nitrifier 5 avec 1 min d'agitation et 5 min de réaction.

- On prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon.

I.3.2.3.2. Détermination des nitrites (NO_2^-)

-Mode opératoire :

a) Entrée: pas de dilution (25 ml).

b) Sortie : dilution à 1/2 ou bien 1/5.

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.

- On prélève 25 ml d'échantillon puis on ajoute le réactif nitrifier 3 avec agitation et 15 min de réaction.

- On prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon.

I.3.2.3.3. Détermination de l'Azote ammoniacal (N-NH_3) :

-Mode opératoire :

a) Entrée: dilution à 1/100 (1 ml).

b) Sortie : dilution à 1/25 (4 ml).

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.

- On prélève 25 ml d'échantillon et 25 ml d'eau distillée.

- On rajoute pour les deux le réactif Salicylate d'ammonium avec agitation et 3 min de réaction.

- Puis on ajoute le réactif Cyanurates d'ammonium avec agitation et 15 min de réaction.

I.3.2.3.4. Détermination des Phosphates (PO_4^{3-})

- Mode opératoire :

a) Entrée: dilution à 1/10 (2,5 ml).

b) Sortie : dilution à 1/10 (2,5 ml).

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme.

- On prélève 25 ml d'échantillon puis on ajoute le réactif phosver 3 avec agitation et 2 min de réaction.

- On prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon.

II. Résultats obtenus

II.1. La boue

On a obtenu les résultats suivants :

Pour le V30 Avant la dilution on a trouvé des valeurs supérieures à la norme de rejet qui est de 300 ml/l. Après la dilution avec les eaux épurées récupérées à la sortie des clarificateurs on a trouvé des valeurs inférieures à la norme (130,150 ; 210,200 ; 220,200) ce qui signifie qu'on a une bonne décantation des boues.

Tableau (08) : résultats obtenus au niveau du bassin d'aération.

Aération						
Date	01/04/2015		05/04/2015		12/04/2015	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	4,62	4,71	7,77	3,54	7,77	3,54
MVS %	52,1	50	57,13	60,6	/	/

Tableau (09) : résultats obtenus au niveau du bassin de stabilisation.

Stabilisation						
Date	01/04/2015		05/04/2015		12/04/2015	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	16,25	13,82	16,23	10,33	17,53	13,10
MVS %	17,43	44,84	55,83	57,41	/	/

Tableau (10) : résultats obtenus au niveau du puits à boues.

Retour						
Date	01/04/2015		05/04/2015		12/04/2015	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	16,1	10,97	13,81	11,65	19,29	13,95
MVS %	/	/	/	/	/	/

Pour les résultats de la matière sèche (MS) et la matière volatile (MVS) sont tous proches aux normes ceci indique que le traitement biologique est efficace.

II.2. les eaux usées

II.2.1. Analyses quotidiennes

On a obtenu les résultats suivants:

1) La température :

- **Tableau (11) :** variation des températures.

Date	Température (°C)	
	E	S
29/03/2015	14	14,2
30/03/2015	15	15,2
31/03/2015	16,5	15,5
01/04/2015	17,8	17,6
02/04/2015	17,5	17,3
05/04/2015	16,9	16,5
06/04/2015	16,8	16,5
07/04/2015	16,1	16,3
08/04/2015	18,3	16,7
09/04/2015	17,5	16,8
12/04/2015	18,1	17,6

Les valeurs de la température enregistrées sont légèrement inférieure à la norme de l'OMS (30 °C), la moyenne est de 16,77 pour l'eau brute et de 16,38 pour l'eau traitée, toute fois le tableau nous montre une légère augmentation avec l'augmentation des températures

saisonnaire. La vitesse des réactions décroît avec la baisse des températures provoquant ainsi le ralentissement de l'activité de la biomasse épuratrice, toute augmentation des températures entraîne une diminution de la teneur en oxygène dissout donc elle affecte l'activité des microorganismes.

2) Le pH :

- **Tableau (11) :** valeurs du pH obtenues.

Date	pH	
	E	S
29/03/2015	8,1	8,03
30/03/2015	7,73	7,81
31/03/2015	8,16	8,2
01/04/2015	8,16	8,01
02/04/2015	7,99	7,91
05/04/2015	8,16	8,14
06/04/2015	8,22	8,12
07/04/2015	8,26	8,3
08/04/2015	7,8	7,74
09/04/2015	8,05	8
12/04/2015	8,07	7,06

Le tableau ci-dessus nous montre que les valeurs du pH se situent dans les intervalles de 7,73 et 8,26 pour les eaux d'entrée et de 7,06 et 8,2 pour les eaux de sortie.

Les valeurs moyennes du PH obtenues durant la durée de notre stage pour l'eau brute et traitée sont respectivement: 8,06 et 7,94 et se situent dans les normes de rejet comprise entre 6,5 et 8,5. Cela explique que le PH des échantillons analysés est propice pour l'activité des microorganismes.

3) Les MES :

- **Tableau (12) :** valeurs des MES obtenues.

Date	MES (mg/l)	
	E	S
29/03/2015	211	9
30/03/2015	224	11
31/03/2015	206	5
01/04/2015	167	10
02/04/2015	180	8
05/04/2015	181	11
06/04/2015	229	5
07/04/2015	191	7
08/04/2015	377	6
09/04/2015	224	10
12/04/2015	318	10

La moyenne des résultats des analyses quotidiennes obtenues est de 8,36 mg/l à la sortie ce qui signifie que les normes sont respectées.

4) La turbidité :

- **Tableau (13) :** valeurs de la turbidité obtenues.

Date	Turbidité (FTU)	
	E	S
29/03/2015	203	14
30/03/2015	229	15
31/03/2015	169	5
01/04/2015	196	8
02/04/2015	144	10
05/04/2015	163	13
06/04/2015	179	7
07/04/2015	153	10
08/04/2015	283	9
09/04/2015	189	14
12/04/2015	263	17

5) La conductivité :

- **Tableau (14)** : valeurs de la conductivité obtenues.

Date	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	
	E	S
29/03/2015	959	861
30/03/2015	1009	909
31/03/2015	1014	810
01/04/2015	1117	870
02/04/2015	1110	888
05/04/2015	1167	1133
06/04/2015	988	875
07/04/2015	979	745
08/04/2015	1139	850
09/04/2015	1030	866
12/04/2015	1074	749

Les résultats sont satisfaisants et rependent aux normes (inferieurs à 1200 $\mu\text{s/cm}$)

II.2.2. Analyses complètes

On a obtenu les résultats suivants:

1) La DBO_5 :

- **Tableau (15)** : valeurs de la DBO_5 obtenues.

Date	31/03/2015			06/04/2015		
	E	S	Rd (%)	E	S	Rd (%)
DBO_5 (mg/l)	306	12	96,07843137	261	15,3	94,137931

Les valeurs obtenues à l'entrée sont relativement élevées car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

Les valeurs de DBO_5 enregistrées à la sortie de la station sont 12mg/l et 15,3mg/l, ces valeurs sont inferieures à la norme de rejet soit 30 mg/l.

2) La DCO :

- **Tableau (16) :** valeurs de la DCO obtenues.

Date	31/03/2015			06/04/2015		
Paramètre	E	S	Rd (%)	E	S	Rd (%)
DCO (mg/l)	420,08	37,76	91,01123596	514,68	30	94,17113546

Les valeurs obtenues après analyse des eaux traitées sont 37,76 mg/l et 30 mg/l inférieur à la norme de rejet qui est de 90 mg/l.

3) Les MES :

- **Tableau (17) :** valeurs des MES obtenues.

Date	31/03/2015			06/04/2015		
Paramètres	E	S	Rd (%)	E	S	Rd (%)
MES (mg/l)	206	5	97,57281553	229	5	97,81659389

Les résultats obtenues sont satisfaisants avec un rendement important et rependent aux normes de rejet fixées par l'OMS.

4) Le phosphore :

Tableau (18) : valeurs du phosphore obtenues.

Date	31/03/2015		06/04/2015	
PO ₄ ³⁻	E	S	E	S
	4,77	0,37	5,17	0,57

La valeur moyenne des phosphates à la sortie est de 0,37 mg/l qui est inférieur à la norme (2mg/l) donc les résultats sont satisfaisants dans l'ensemble. Nous ne remarquons pas de perturbation du processus biologique responsable de la dégradation du phosphate ou bien une arrivée excessive de phosphate dans la station d'épuration.

5) L'Ammonium :

Tableau (19) : valeurs d'Ammonium obtenues.

Date	31/03/2015		06/04/2015	
NH ₄ ⁺	E	S	E	S
		27,09	1,29	23,86

Les résultats obtenus sont satisfaisants même si les apports ammoniacales à l'entrée de la station sont importants (27,09 mg/l et 23,86 mg/l) ; on a observé à la sortie des concentrations très faible (1,29 mg/l et 2,25mg/l) ceci s'explique par une bonne ammonification.

6) Les nitrites :

Tableau (20) : valeurs des nitrites obtenues.

Date	31/03/2015		06/04/2015	
NO ₂ ⁻	E	S	E	S
		0,069	0,57	0,026

D'après le tableau, les résultats nous montrent une augmentation de la teneur en nitrite de l'effluent de sortie par rapport à celui de l'entrée ; cela s'explique par une nitrification de l'ammoniac en nitrite. Les bactéries responsables de cette nitrification sont les nitrosomonas.

7) Les nitrates :

Tableau (21) : valeurs des nitrates obtenues.

Date	31/03/2015		06/04/2015	
NO ₃ ⁻	E	S	E	S
		0,22	18,04	0,176

D'après le tableau, on remarque des concentrations élevées des nitrates dans les eaux épurée par rapport aux eaux brutes; ceci est dû à la transformation des nitrites en nitrates avec la présence des nitrobacters.

III. Synthèse des résultats

Les résultats obtenus au terme de notre étude montrent du point de vue physique et chimique, que les eaux présentent :

- Dans l'ensemble en ce qui concerne les MES, DBO5 et DCO, des valeurs inférieures à la norme avec un très bon rendement dépassant les 90 % : MES (97,69%), DBO5 (95,1%) et DCO (92,59%).
- Un pH moyen qui tend vers la neutralité, répondant à la norme.
- Des températures qui varient peu et restent inférieures aux normes de rejets (30°C).
- En ce qui concerne les composés phosphatés et azotés, les valeurs restent dans les normes, bien que la station n'est pas dotée d'une filière spécifique destinée à l'élimination de ce type de pollution (absence de traitement tertiaire).



Chapitre III

Introduction

I- Le suivi temporel

Dans le but d'apprécier les résultats obtenus on a procédé à une étude comparative de nos résultats avec d'autres. Ces derniers on était obtenus précédemment par des stagiaires ayants effectué leurs pratique dans la même station d'épuration étudié et durant la même période c'est-à-dire le mois d'Avril.

I-1- Les résultats d'analyses obtenus durant les six dernières années

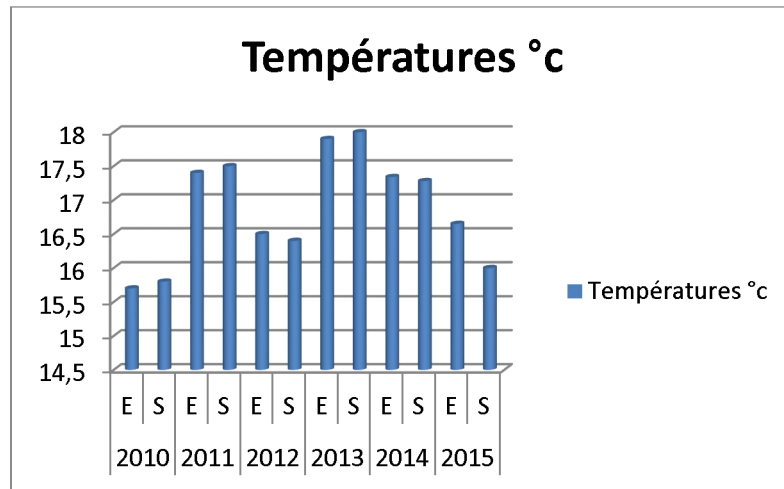
Les résultats d'analyses complètes obtenues durant les six dernières années sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau(22) : Résultats d'analyse des six ans (pour le mois d'avril de chaque année). Données ONA

Années	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Températures °c	15,7	15,8	17,4	17,5	16,5	16,4	17,9	18	17,34	17,28	16,65	16
Ph	7,69	7,53	7,49	7,5	7,62	7,61	7,77	7,81	7,6	7,54	8,19	8,16
Conductivité μS /cm	1078	1026	1041	869,6	1065	817,9	1005	854	1032	871	1001	842,5
Turbidité(FTU)	217	18	241	11	235	8	250	13	234	9	174	6
MES (mg/l)	266	17	327,9	14,3	281,5	12,5	337	10	313,29	13,96	217,5	5
DCO (mg/l)	456	52	550	45,1	527,3	36,5	690	30	446,18	33,24	467,38	37,76
DBO ₅ (mg/l)	225	24,6	291	22,4	277,5	14,63	283	13,7	329,2	11,02	283,5	13,65
NH ₄ ⁺ (mg/l)	27	0,85	47,27	1,75	33,54	2,67	70,9	1,93	48,47	1,64	25,47	1,77
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,98	13,78	3,23	14,2	1,35	26,8	0,35	10,56	1,29	18,71	0,198	16,72
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,08	1,15	0,063	1,26	0,13	1,38	0,05	0,69	0,02	0,96	0,047	1,205
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	5,18	0,46	10,18	3,3	8,6	4,63	8,79	2,29	7,04	2,52	4,97	0,47

I-2-Interprétation des résultats :

1) La température :

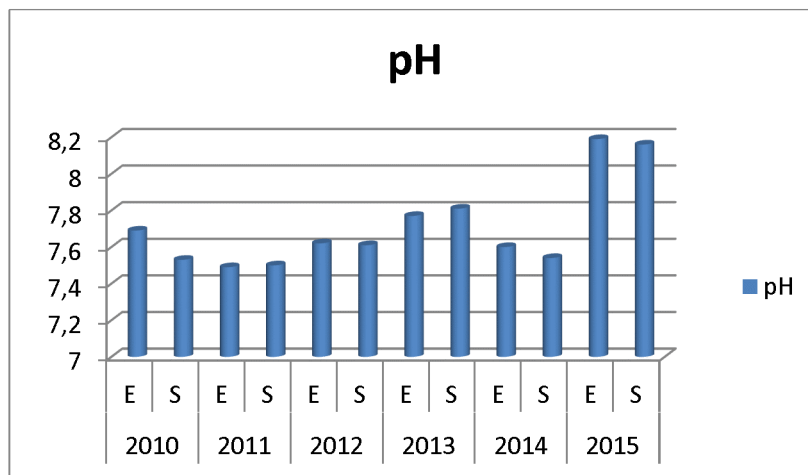


Figure(27) : variation temporelle des températures

D'après la figure (27) on remarque une variation de température d'une année à une autre, cela est conditionné essentiellement par la température des rejets domestiques d'une part et des conditions climatiques d'autre part, mais les valeurs restent conformes aux normes.

On remarque aussi une légère différence entre l'entrée et la sortie.

2) Le pH :

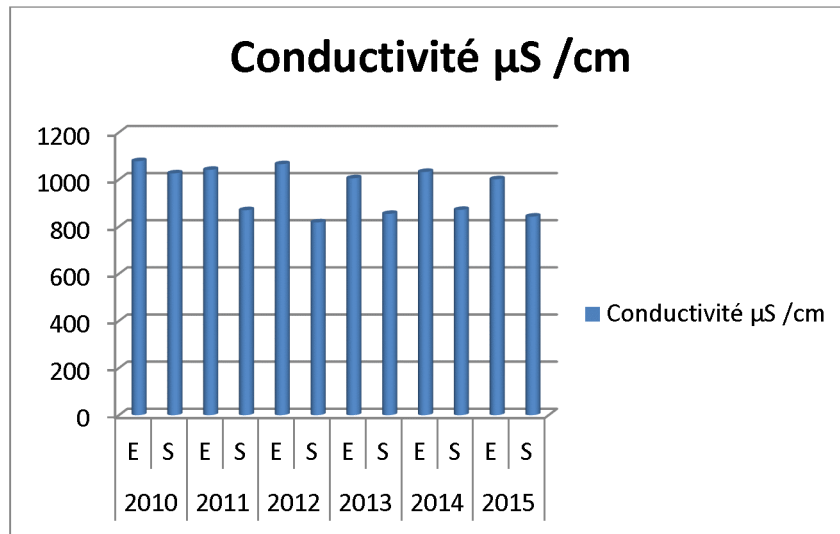


Figure(28) : variation temporelle du pH

Le pH est resté neutre durant les six dernières années, avec des valeurs élevées pour les eaux d'entrées et de sortie de 2015 ceci est lié à la quantité de matière organique présente dans les eaux domestiques cela dit les valeurs restent conformes aux normes de l'OMS.

D'une manière générale le pH de l'effluent étudié est relativement stable au voisinage de la neutralité, ceci pourrait s'expliquer par la nature calcaire des eaux de consommation de la région.

3) La conductivité :

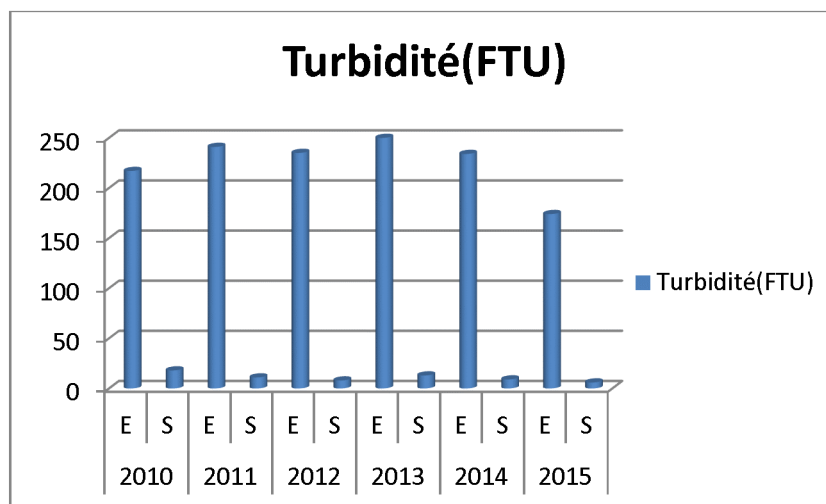


Figure(29) : évolution temporelle de la conductivité

On remarque que les valeurs se situent aux alentours de 1000 $\mu\text{S} /\text{cm}$ pour l'eau d'entrée et entre 842,5 et 1026 $\mu\text{S} /\text{cm}$ pour les eaux de sortie, elles sont conformes aux normes.

Cette diminution entre l'entrée et la sortie pourrait être expliquée par la sédimentation des sels minéraux dans le décanteur qui se sont concentrés dans les boues.

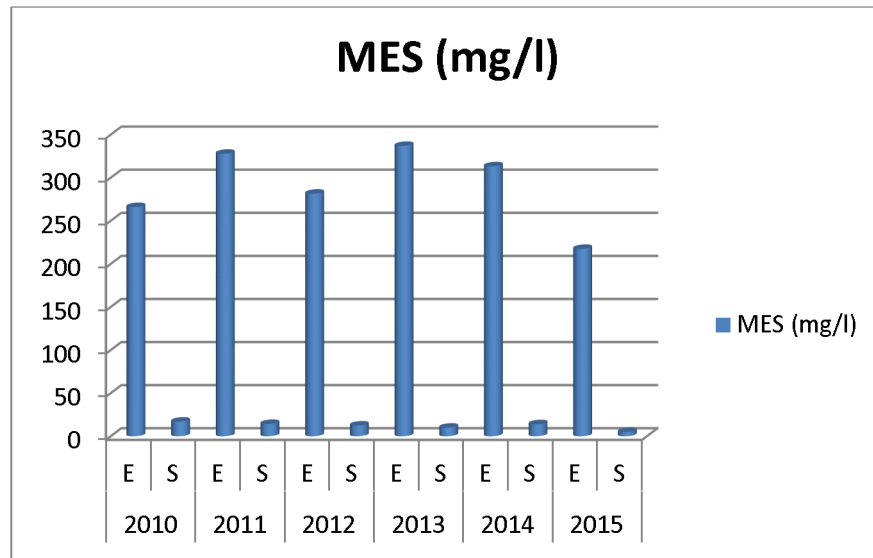
4) La turbidité :



Figure(30) : évolution temporelle de la turbidité

On remarque une diminution notable entre l'entrée et la sortie, cela reflète l'efficacité de la chaîne du traitement.

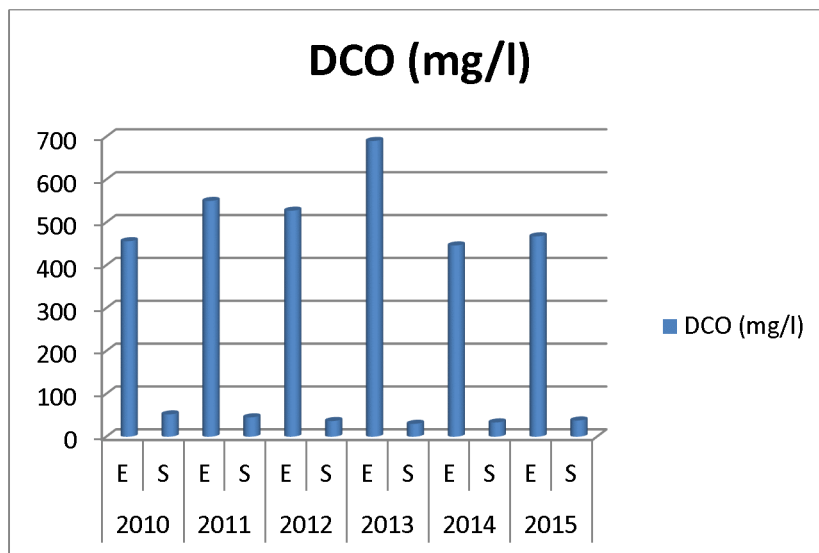
5) Les MES :



Figure(31) : variation temporelle des concentrations en MES

Les résultats d'analyses des six dernières années nous indiquent des concentrations élevées des MES à l'entrée, cela peut s'expliquer par la charge importantes, par contre elles sont faibles à la sortie, cette diminution est due aux traitements de décantation qu'a subi l'effluent traité.

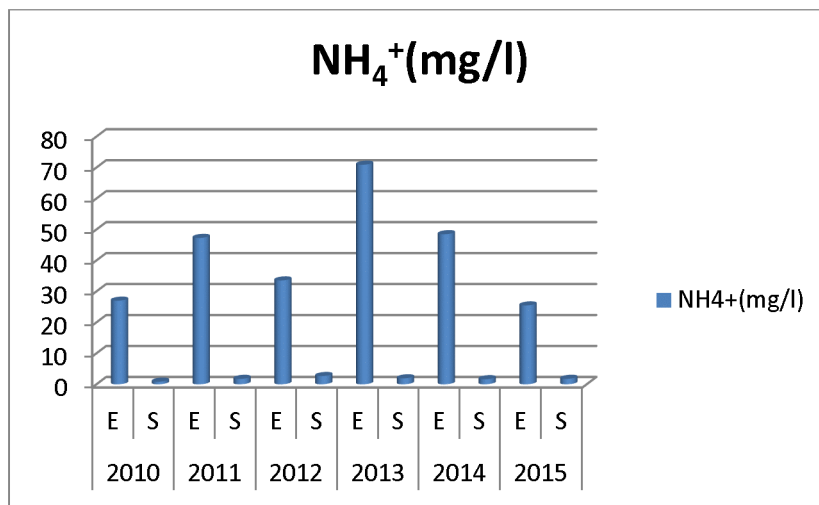
6) La DCO :



Figure(32) : variation temporelle des concentrations en DCO

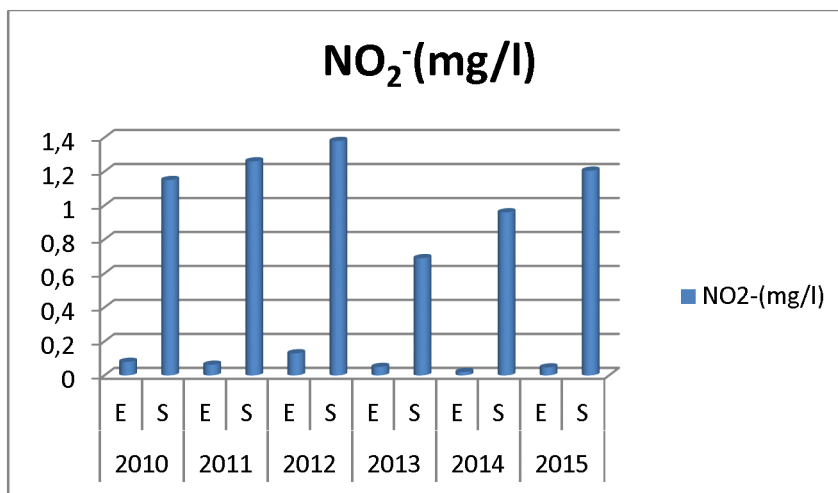
D'après la figure on peut constater que les valeurs sont élevées à l'entrée et faibles à la sortie, cette réduction est due à la dégradation de la matière organique et l'oxydation de la matière minérale, tout en respectant les normes de rejet < 90 mg/l.

7) L'ammonium :

Figure(33) : variation temporelle des concentrations en NH₄⁺

D'après le graphe on constate que les valeurs moyennes étudiées sont élevées à l'entrée et faible à la sortie. Cette diminution de la teneur en NH₄⁺ est le fait du processus d'épuration biologique par boues activées, qui se fait par la nitrification de l'azote et qui induit à la diminution de la charge polluante en NH₄.

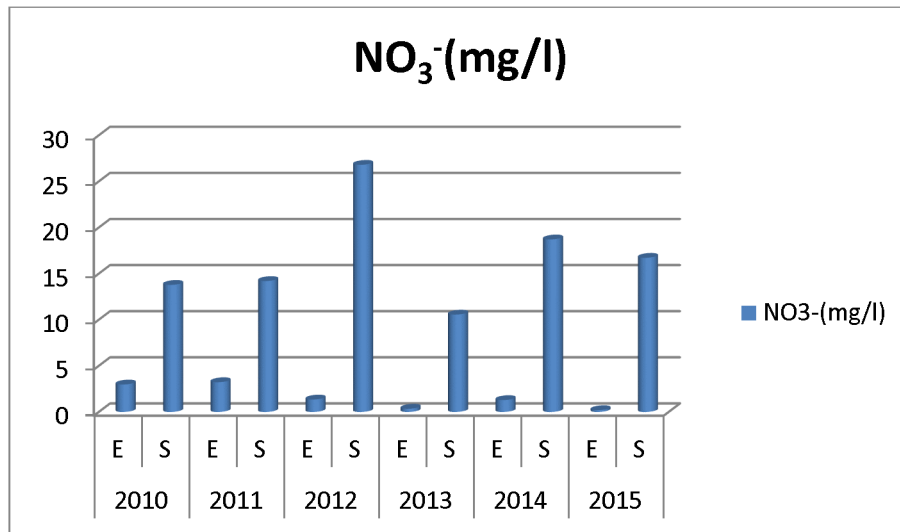
8) Les nitrites :

Figure(34) : variation temporelle des concentrations en NO₂⁻

D'après les résultats on constate une augmentation de la teneur en nitrite à la sortie de la STEP par rapport à l'entrée et c'est pareil pour toutes les années. Cela dit les concentrations

restent relativement faibles, cela peut être expliqué par le fait que l'ion nitrite (NO_2^-) est un composé intermédiaire et instable en présence d'oxygène.

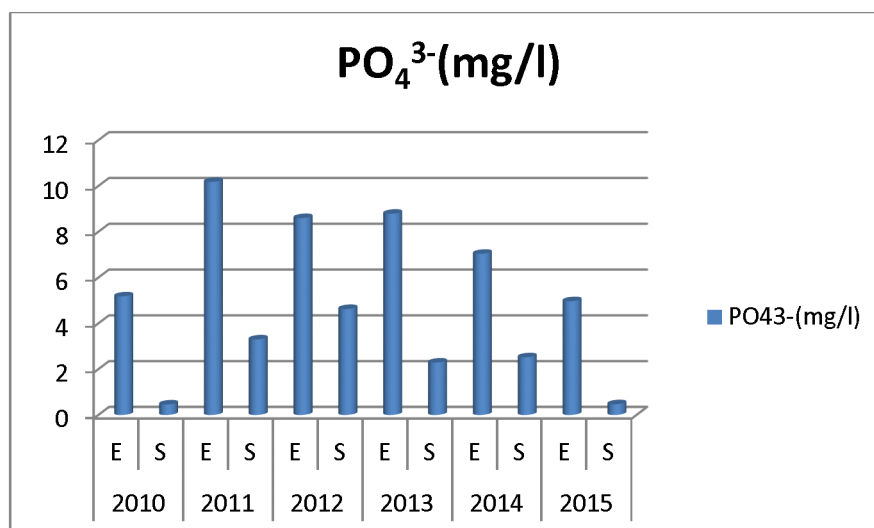
9) Les nitrates :



Figure(35) : variation temporelle des concentrations en NO_3^-

Selon le graphe on remarque une augmentation importante de la teneur en nitrate à la sortie par rapport à l'entrée durant les six années. La présence des nitrates dans les eaux usées traitées nous montre que la nitrification est significative au cours de l'épuration biologique à boue activée, avec un apport d'oxygène qui contribue à la transformation de grandes quantités d'azote ammoniacal en azote nitrique et confirme le bon fonctionnement du processus de l'autoépuration.

10) Le phosphore :



Figure(36) : variation temporelle des concentrations en PO_4^{3-}

On remarque une diminution des phosphates de l'entrée vers la sortie de la STEP et cette réduction est liée à sa consommation par les bactéries au fil du processus épuratoire.

II- Etude Comparative des rendements épuratoires

Cette comparaison des rendements épuratoires se perçoit dans le tableau suivant :

Tableau(23) : Rendement temporel de certains paramètres importants.

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Paramètre	Rendement %					
MES	93,6	95,63	95,56	97,03	95,54	97,7
DCO	88,6	91,8	93,08	95,65	92,55	92,6
DBO	89,06	92,30	94,73	95,16	96,65	95,1

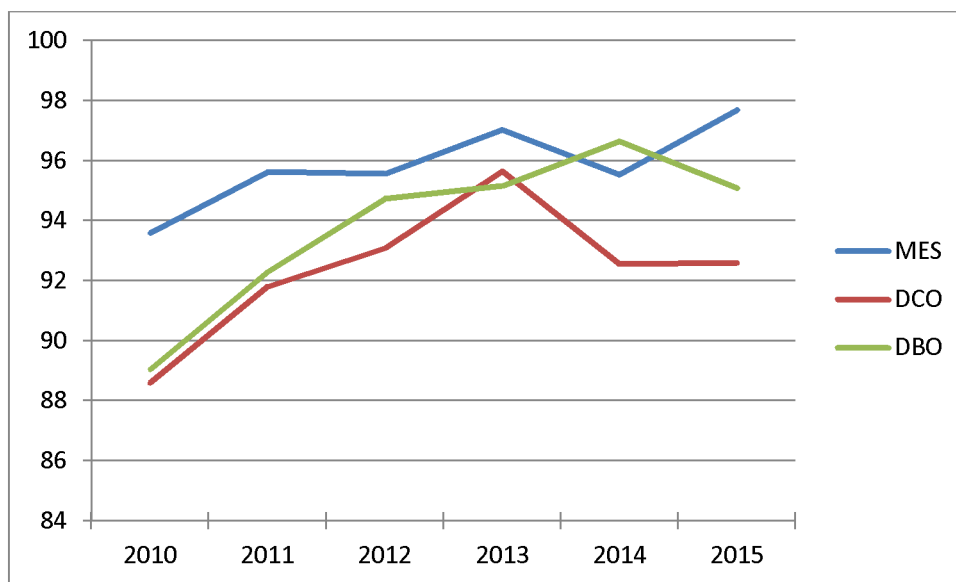


Figure (37) : Illustration graphique des rendements étudiés

Du point de vue rendement ; la station Est de la ville de Tizi-Ouzou maintient un niveau très élevé en terme de qualité des eaux traitées, qui sortent dépourvues de polluants nuisibles au milieu récepteur conformément aux normes de rejet. Les taux des rendements épuratoires se situent entre 88 et 98 % pour l'ensemble des paramètres étudiés reflétant l'efficacité du traitement infligé. (Voir représentation graphique ci-dessus).

III- Synthèse des résultats et anomalies

Les résultats obtenus durant notre stage pratique sont concluants pour la période étudiée (mois d'Avril) et sont semblables aux résultats des cinq années précédentes (même période).

Cela signifie que les modes opératoires sont très strictes, bien suivis et contrôlés rigoureusement par la station d'épuration en question.

L'eau épurée est envoyée directement dans l'oued sans traitement tertiaire, et avec l'exploitation anarchique du site la nappe phréatique ne joue plus son véritable rôle de filtre donc on aura des risques d'eutrophisation du milieu récepteur

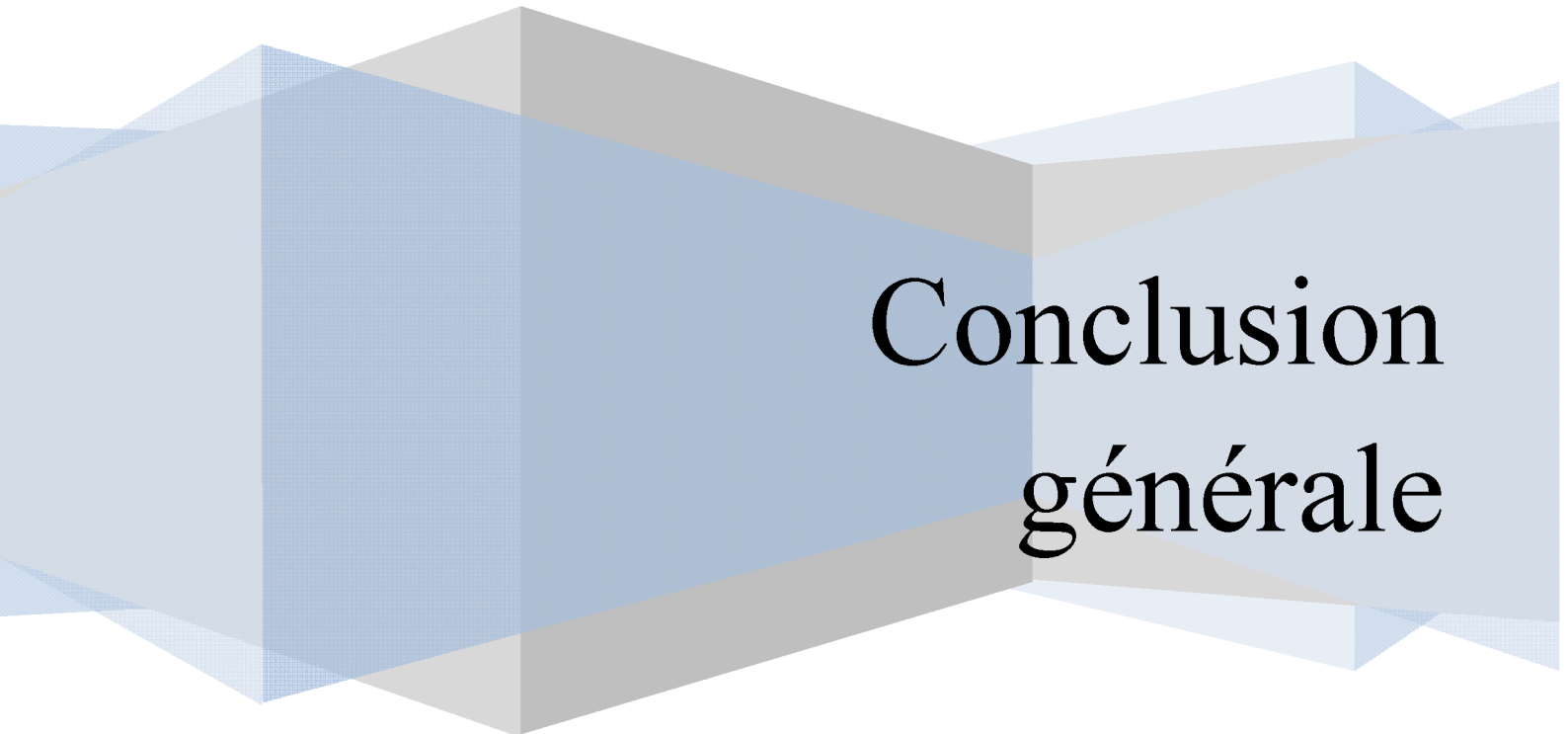
Les analyses des métaux lourds ainsi que les analyses bactériologiques ne sont pas effectuées au niveau de la station.

La STEP traite uniquement des eaux usées d'origine domestique et pour des fins écologiques et environnementales, en aucun cas ces eaux épurées peuvent être potable sans des traitements plus poussés

On signale aussi une arrivée d'eau brute anormalement chargée en huile de vidange le 05/04/2015 ce qui a poussé l'équipe technique de l'ONA à by-passer durant 20 min (temps nécessaire pour l'évacuation de ces dernières). Et c'est une période assez importante; sachant que les normes de protection de l'environnement fixent une limite du by-pass de 52 heures par an.

Conclusion

Notre suivi s'est porté sur l'analyse physico-chimique et l'interprétation des résultats et aussi on a procédé à une comparaison des résultats actuels avec les résultats antérieurs sur une période qui s'étale sur six ans. On a pu apprécier les performances du processus épuratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou à travers ses rendements très élevés et encourageants.



Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les eaux usées peuvent être épurées dans le but d'apporter un bénéfice économique d'une part et écologique d'une autre part.

Notre étude s'est portée sur la méthode et les procédés de la dépollution des eaux usées utilisés dans la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou ; on a voulu faire un suivi afin de vérifier la qualité des eaux épurées rejetées dans l'oued de Sebao et évaluer les performances épuratoires de la STEP.

Après l'observation des différentes étapes d'épuration biologique de la STEP, on a effectué des analyses quotidiennes et complètes pour la caractérisation des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées ensuite on les a comparé aux normes de rejet.

Les résultats d'analyse ont révélés que les eaux traitées présentent des caractéristiques satisfaisantes dans l'ensemble, un pH neutre avec une moyenne de 8,16 et une température moyenne saisonnière de 16 °C. Pour les MES, DBO et DCO les moyennes sont respectivement de l'ordre de 5 ; 13,65 ; 37,76 mg/l elles sont conformes aux normes de rejet. En ce qui concerne le phosphore et l'ammonium on a une bonne élimination, par contre on a une augmentation des taux de nitrates et nitrites qui est due au processus de nitrification.

Les rendements épuratoires sont de l'ordre de 90% et voir plus pour l'ensemble des paramètres important à savoir : DBO, DCO, MES.

Pour les différents types de boues (du bassin d'aération, du stabilisateur et les boues de retour), on a déterminé la matière sèche (MS) et le pourcentage de la matière volatile sèche (MVS), on a obtenu des résultats qui sont conformes aux normes de rejet, ceci indique que le traitement biologique est efficace.

En ce qui concerne l'indice de decantabilité (V_{30}), avant la dilution on a trouvé des valeurs supérieures à la norme de rejet qui est de 300 ml/l, et pour cela qu'on a procédé à une dilution puis on a obtenu des résultats inférieurs à la norme, ce qui signifie qu'on a une bonne décantation des boues.

Pour notre travail, on a procédé à une étude comparative de nos résultats avec les résultats des cinq dernières années on prenant en considération la période étudiée (mois d'Avril). Et on a eu des aboutissements semblables aux précédents ce qui signifie que les performances épuratoires sont conséquent sur une longue période.

La contribution de la STEP à la dépollution des eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou est très appréciable et répond aux normes environnementales.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Néanmoins la STEP ne procède pas aux traitements tertiaires pour l'élimination des métaux lourds et la réduction de l'azote et du phosphore ; pour pouvoir donner d'autres approches de réutilisation des boues et des eaux en agriculture.

Le séchage des boues se fait d'une manière naturelle ce qui nécessite une durée importante surtout en période hivernale, aussi elles restent longtemps dans l'air de stockage avant d'être prises par les agriculteurs.

Pour cela on préconise :

- Une extension de la STEP pour pouvoir effectuer des traitements tertiaires sur place afin d'une réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture locale.
- Un séchage de boue mécanique ou sous serre (thermique) en période hivernale.
- Une sensibilisation des agriculteurs aux bienfaits de l'utilisation des boues comme fertilisants.

Résumé

Notre étude s'est portée sur la méthode et les procédés de la dépollution des eaux usées utilisés dans la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou ; On a procédé à la caractérisation des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées ; Les résultats d'analyse ont révélés que les eaux traitées présentent des caractéristiques satisfaisantes dans l'ensemble, un pH neutre avec une moyenne de 8,16 et une température moyenne saisonnière de 16 °C. Pour les MES, DBO et DCO les moyennes sont respectivement de l'ordre de 5 ; 13,65 ; 37,76 mg/l elles sont conformes aux normes de rejet. En ce qui concerne le phosphore et l'ammonium on a une bonne élimination, par contre on a une augmentation des taux de nitrates et nitrites qui est due au processus de nitrification. Les rendements épuratoires sont de l'ordre de 90% et voir plus pour l'ensemble des paramètres important à savoir : DBO, DCO, MES. Le suivi a révélé des performances épuratoires conséquent sur une longue période.

La contribution de la STEP à la dépollution des eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou est très appréciable et répond aux normes environnementales.

Abstract

Our study was focused on the method and process of wastewater treatment used in the East wastewater treatment plant in the city of Tizi-Ouzou; This was done to characterize the physico-chemical parameters of raw and treated wastewater; Assay results have revealed that the treated water have satisfactory characteristics in all, a neutral pH with an average of 8.16 and a seasonal average temperature of 16 ° C. For MES, BOD and COD are respectively the average of about 5; 13.65; 37.76 mg / l they meet the discharge standards. With regard to phosphorus and ammonium was good removal, by cons there is an increase of nitrates and nitrites rate which is due to the nitrification process. The purification yields are on the order of 90% and see for all major parameters are: BOD, COD, MES Monitoring revealed purifying therefore performance over a long period.

The contribution of the WWTP to the treatment of wastewater from the city of Tizi-Ouzou is very valuable and meets environmental standards.