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 Agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme Master

Spécialité : traitement et valorisation des ressources hydriques

Thème

Caractérisation et Valorisation des effluents solides et liquides de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou

Présenté par :
M. BERRAHMOUN Mohamed Amine

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

M^{me}. ZERROUKI. N	Professeur	U.M.M.T.O.	Présidente
M. METAHRI. M^{ed} .S	Maître de conférences A	U.M.M.T.O.	Promoteur
M^{me}. BERROUANE .N	Chargé de cours	U.M.M.T.O.	Co-Promotrice
M^{me}. NAIT KACI. M	Maître de conférences A	U.M.M.T.O.	Examinatrice
M. BERRADJ. O	Maître assistant A	U.M.M.T.O.	Examinateur

Promotion 2015 / 2016

REMERCIEMENT

Je remercie **DIEU** le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements, en premier lieu, à mon promoteur M. **METAHRI** d'abord, pour avoir accepté à superviser mon projet de fin de cycle, ensuite pour m'avoir prodigué conseils pour concevoir et élaborer ce document. Je le remercie surtout pour son entière disponibilité et sa patience.

Mes sincères remerciements vont à Madame **BERROUANE** pour avoir Co-encadrer ce travail. Ses conseils, son dynamisme et ses qualités humaines ont été une source de motivation. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Je tiens également à remercier Madame **ZERROUKI** d'avoir accepté de présider le jury de mon projet de fin de cycle.

Je remercie Madame **NAIT KACI** et M**. BERRADJ** Qu'ont bien voulu examiner mon travail. Leur présence va valoriser, de manière certaine, le travail que j'ai effectué.

Je tiens à remercier chaleureusement, le personnels également, les laborantines de la station EST de Tizi-Ouzou qui ont orienté mon travail, de leurs disponibilités et leurs soutiens qui ont permis de mener à bien mon travail au sein de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Mes remerciements à tous les enseignants du département, pour la formation qu'ils nous ont donné durant les 3 années de spécialité. Merci à toute personne qui à contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet que ce soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

D é d i c a c e

- *Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie source de mon courage et mon inspiration, mes très chers **parents** pour tous les sacrifices qu'ils ont fournis pour mes études. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises.*

- *A la mémoire de ma chère grand-mère,*
- *A Mon frère **Anis**, Ma sœur **Sabrina**, son mari et A mon adorable nièce **Tasnim**,*
- *A ma grand-mère et à toute ma famille…*

- *A mes chers amis(es) et a leur tête Azedine, Oualid kamel, Sarah #HS, Hayat, A mes deux sœurs de la promo DIhIa et Sarah En fin, à tous les étudiants de la promotion TVRH 2014-2016 surtout Aghiles Nourredine, Amazigh, Mohamed.*

- *A toutes les personnes qui me connaisse et qui ont contribués de prés ou de loin à la réussite dans mon cursus pédagogique.*

M^ed Amine…

Liste des abréviations

COT : Carbone Organique Total

CM : Charge Massique

CV : Charge Volumique

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

EH : Equivalent Habitants

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

IM : Indice de MOLHMAN

MES : Matières En Suspensions.

MVS : Matières Volatiles en Suspension

MMS : Matières Minérales Sèches

MO : Matière Organique.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Epurées.

SAR : Taux d'adsorption de Sodium (Sodium Adsorption Ratio).

STEP : Station d'épuration

Liste des figures

Figure 1 : Composition des eaux usées 7

Figure 2: Caractérisation des eaux résiduaires par leur potentiel d'oxydoréduction ……..13

Figure 3: Schéma d'un lit bactérien utilisé pour l'épuration des eaux usées 21

Figure 4: Disque biologique 22

Figure 5: Nitrosomonas 1000x 26

Figure 6 : Vue générale de la STEP 38

Figure 7 : Image satellitaire représentant la situation géographique de la station. 39

Figure 8 : Dégrilleur grossier 40

Figure 9 : Pompes de relevage. 41

Figure 10 : Dégrillage fin 41

Figure 11 : Bassins de Dessablage et dégraissage 42

Figure 12 : Vis sans fin 42

Figure 13 : Soufflante de by-pass 42

Figure 14 : Bassin biologique. 43

Figure 15 : Clarificateur. 43

Figure 16 : Bassin de stabilisation 44

Figure 17 : Épaississeur (vue au-dessus) 44

Figure 18 : Épaississeur. 44

Figure 19 : Lits de séchage 45

Figure 20 : Aire de stockage des boues. 45

Figure 21 : Evolution de la Température de la STEP Est de Tizi-Ouzou 55

Figure 22 : Evolution du pH de la STEP Est de Tizi-Ouzou. 56

Figure 23 : Evolution de la Turbidité de la STEP Est de Tizi-Ouzou 56

Figure 24 : Evolution de la Conductivité de la STEP Est de Tizi-Ouzou 57

Figure 25 : Evolution des MES de la STEP Est de Tizi-Ouzou 58

Figure 26 : Evolution de la DCO de la STEP Est de Tizi-Ouzou. 58

Liste des figures

Figure 27 : Evolution de la DBO de la STEP Est de Tizi-Ouzou 59

Figure 28 : Evolution de Phosphore Po43- de la STEP Est de Tizi-Ouzou. 60

Figure 29 : Evolution des $NH4^{+}$de la STEP Est de Tizi-Ouzou..... 60

Figure 30 : Evolution des Nitrite $NO2^{-}$de la STEP Est de Tizi-Ouzou 61

Figure 31 : Evolution des Nitrate $NO3^{-}$ de la STEP Est de Tizi-Ouzou 62

Figure 32 : Evolution de l'IB de la STEP Est de Tizi-Ouzou 63

Liste des tableaux

Tableau 1 : proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes…..8

Tableau 2 : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée…….12

Tableau 3 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie…….....17

Tableau 4 : Les concentrations limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation……..… annexes

Tableau 5 : Fiche technique de a station d'épuration.....39

Tableau 6 : Résultats obtenus au niveau du bassin d'aération……..62

Tableau 7 : Résultats obtenus au niveau du bassin de stabilisation……..62

Tableau 8 : Résultats obtenus au niveau du puits à boues……62

Tableau 9 : les besoins en azote et en phosphore de diverse culture en kilogrammes par hectare et par an dans la wilaya de Tizi-Ouzou……..64

Tableau 10 : concentration en métaux lourds des boues résiduaires fraîches de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou en mg/kg de Ms……...66

Sommaire

Introduction Générale 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

1-Introduction 4
2-Définition de la pollution 4
3-Types de pollution 4
3.1. Pollution physique 4
3.2. Pollution organique 5
3.3. Pollution chimique 5
3.4. La pollution microbiologique 6
4-Définition d'une eau usée 6
5. Composition des eaux usées 6
6. Les Différents types d'eaux usées 7
6.1. Les eaux usées domestiques : 7
6.2. Les eaux pluviales 8
6.3 Les eaux usées industrielles 8
6.4. Les eaux agricoles 9
7. Les paramètres de pollution 9
7.1. Paramètres physiques 9
7.1.1. La température 9
7.1.2. Couleur 9
7.1.3. Odeur 9
7.1.4. Turbidité 10
7.1.5. Les Matières En Suspension (MES) 10
7.1.5.1. Les matières volatiles en suspension (MVS) 10
7.1.5.2. Les matières minérales (MMS) 10
7.2. Paramètres chimiques 11

7.2.1. Le Potentiel Hydrogène 11
7.2.2 L'Oxygène Dissous 11
7.2.3 La Conductivité 11
7.2.4 Alcalinité de l'eau 12
7.2.5. Demande chimique en oxygène 12
7.2.6 La demande biochimique en oxygène 12
7.2.7 Pouvoir oxydo-réducteur (EH et rH) 12
7.2.8 Notion de biodégradabilité 13
7.3. Eléments nutritifs ou substances eutrophisantes 14
7.3.1 L'azote : 14
7.3.2 Le Phosphore 15
7.3.3 Le carbone organique total 15
7.4. Paramètres Bactériologiques : 16
8. l'assainissement : 16
8.1. Les différents réseaux de collecte 16
9 Estimation de rejets d'eaux résiduaires 17
9.1. Notion d'équivalent habitant 17
9.2. Les normes de rejet. 17

Chapitre II : Les procèdes de traitement des eaux usées

1. Introduction : 18
2. Le prétraitement 18
2.1. Le dégrillage 18
2.2. Poste de relevage 18
2.3. Le dessablage 18
2.4. Le dégraissage-déshuilage : 18
3. Le traitement primaire 19
3.1. Décantation 19
3.2. Coagulation-floculation 19
3. 3. Filtration 20
4. Le traitement secondaire ou biologique : 20
4.1. Le traitement anaérobie 20
4.2. Le traitement aérobie 20
4.2.1. Les cultures fixes 21

4.2.1.1. Lits bactériens 21
4.2.1.2 Disque biologiques 22
4.2.2. Les cultures libres ‘’boues active’’ 22
4.2.2.1. La charge massique 23
4.2.2.2. La charge volumique 23
4.2.2.3. Consommation en oxygène 23
4.2.2.4. Production de boues biologique 24
4.2.2.5. Age des boues 24
4.2.2.6. Indice de MOLHMAN 24
4.2.3. Le lagunage 25
4.2.4. L’infiltration/percolation 25
5. Le traitement tertiaire : 26
5.1. Elimination de l’azote : 26
5. 2.Elimination du phosphore : 27
5. 3.Elimination des odeurs : 27
5. 4.La Désinfections 28
5. 5.traitements et éliminations des boues 28
5. 5.1. Épaississement des boues 29
5. 5.2. Stabilisation des boues 29
5. 5.3. La Déshydratation 29
5. 5.4. Le séchage 29
5. 5.5. Valorisation agricole 29
5. 5.6. L'incinération 30
5. 5.7. La mise en décharge 30

Chapitre III : La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

1. Introduction 31
2. Définition des la réutilisation des eaux usées : 31
3. Historique de la réutilisation 32
4. Catégories de réutilisation des eaux usées 32
4.1. Usage agricole 32
4.2. Usage industriel 32
4.3. Usage domestique et municipal 32

4.4. Recharge des nappes 33
4.5. La production d'eau potable 33
5. Critères de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation 34
5.1. Critères physico-chimiques 34
5.1.1. Salinité 34
5.1.2. Alcalinité 34
5.1.3. Toxicité spécifique des ions 35
5.1.4. Eléments traces et métaux lourds 35
5.1.5. Fertilisants dans les eaux usées traitées 35
5.2. Critères de qualité biologique 36
6. Choix du système d'irrigation 36
7. Stratégie pour protéger la santé humaine et l'environnement 36
8. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées 37
9. Risques liés à la réutilisation des eaux usées traitées 37

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1. Introduction 38
2. Généralités 38
2.1. Conception et réalisation 38
2.2. Situation géographique : 39
2.3. Caractéristique des eaux 39
3. Description et fonctionnement des ouvrages de la station 40

Chapitre II : Analyse et interprétation des résultats

1. Introduction 46
2. Prélèvement et échantillonnage 46
2.1. Les analyses effectuées 46
3. Détermination des caractéristiques de la boue 47
4. Analyses des caractéristiques des eaux usées 48
4.1. Analyses quotidiennes 48

4.2. Analyse complète 50

I : interprétation des résultats « Eau » 55

II : interprétation des résultats « Boue » 62

III : Estimation des taux de participations en EH/ ha/ an en eau, en azote et en phosphore de l'effluent traité de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou en vue d'une valorisation agricole. 64

Conclusion Générale 67

Introduction Générale

Introduction Générale

La Terre appelée communément, la planète bleue en raison de l'immense quantité d'eau qu'on y trouve. Nous aimerions croire que l'eau est infiniment abondante. Ce n'est pas le cas, grâce aux données publiées par l'UNESCO, près de 70 % de sa surface est recouverte d'eau. Or, seule une infime partie de cette eau peut servir à la consommation, puisque 97 % des réserves d'eau de la planète sont salines et donc impropres à la consommation. On ne compte donc que 3 % d'eau douce, répartie dans les calottes glaciaires, les nappes phréatiques, les bassins souterrains, les marais, les lacs et les rivières. Encore là, la très forte majorité de celle-ci est difficilement accessible pour la consommation **(Anctil, 2008).**

La pénurie de l'eau dans le monde, et la gestion des ressources en eau constituent l'un des problèmes les plus cruciaux du 21ème siècle. Les changements climatiques et la sécheresse qui sévissent depuis plusieurs décennies dans différentes régions du monde, ont touché particulièrement les pays d'Afrique du Nord, d'Afrique Subsaharienne, et ont eu un impact négatif sur les ressources en eau de ces pays. Cette sécheresse, qui risque de s'accentuer durant les siècles à venir, pourrait entraîner dans ces pays une véritable crise de l'eau.

La ressource en eau renouvelable ne permettant pas de garantir les besoins de la population mondiale, à cause de l'inégale répartition dans le temps et dans l'espace, il faut envisager des solutions pour l'avenir **(Morel, J. 2007).**

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, notre pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible. L'eau usée traitée récoltée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains.

Cependant, en raison de la nature variable de la composition de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques); sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes, afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, l'eau et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble **(FAO, 2003).**

Problématique :

L'Algérie est caractérisée, dans la plupart de ses régions, par un climat semi-aride à aride. Le pays souffre autant de l'insuffisance des pluies que de leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace. Les contraintes du climat, la croissance démographique et les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. Parallèlement, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture.

Face à ces demandes qui ne cessent de croitre, et comme les ressources hydriques conventionnelles deviennent de plus en plus insuffisantes. Ainsi, pour satisfaire les besoins globaux en eau de la population et afin de préserver les eaux de bonne qualité pour les vocations nobles à savoir l'alimentation en eau potable. Dans ce contexte, le recours aux eaux non conventionnelles épurées et traitées devient une alternative incontournable et fait partie intégrante de la stratégie actuelle de mobilisation de toutes les ressources disponibles **(Metahri, 2016).**

Le recyclage des eaux usées traitées à grande échelle et à long terme en agriculture, nécessite qu'on précise les conditions d'optimisation de ces pratiques. Il s'agit entre autre de lever toutes les limites de réutilisation agricole de ces eaux, d'élargir la gamme des cultures utilisées, d'adapter les systèmes d'irrigation à la qualité des effluents et à la culture irriguée et d'ajuster les entrées et les sorties des fertilisants aux besoins des cultures en place afin de garantir les objectifs de qualité des milieux naturels récepteurs **(Metahri, 2015).**

Le présent travail a pour objectifs la gestion rationnelle des ressources hydriques conventionnelles et non conventionnelles à fin de répondre aux besoins globaux en eaux.

Le paradoxe de l'azote et du phosphore fait que ces éléments sont importants et incontournables aux yeux des agriculteurs dans le compartiment sol pour améliorer leur productivité agricole mais ils sont indésirables pour les hydrologistes et les écologistes car leur présence en excès est préjudiciable à la santé publique et à l'environnement.

De ce fait L'objectif principal de cette étude est aussi l'optimisation des entrées et sorties de l'azote et du phosphore dans les compartiments, sol, eau, pour cela la quantification exhaustive des entrées et sorties de ces éléments dans l'effluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou sera traité dans notre étude.

La réutilisation permet d'une part, de fournir des quantités d'eau et d'engrais supplémentaire, et d'autre part, d'assurer l'équilibre du cycle naturel d'eau et la protection de l'environnement. La valorisation des eaux usées en agriculture apporte en outre des bénéfices

additionnels résultant, dans certains cas, de l'augmentation du rendement des cultures et de l'amélioration des systèmes d'irrigations.

Dans le cadre de notre travail, nous nous proposons de faire une étude pour la caractérisation des effluents de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, et d'évaluer leurs taux de participation ou bien leurs rapports en eau, en azote et en phosphore par équivalent habitant dans le cadre d'une réutilisation agricole.

Dans ce contexte nous avons effectué un travail qui est partagé en quatre parties principales :

- Une introduction générale.
- Une synthèse bibliographique divisée en trois chapitres :
  - Chapitre I : paramètres de pollution des eaux usées,
  - Chapitre II : procédés d'épuration des eaux usées,
  - Chapitre III : réutilisation des eaux usées traitées en agriculture.
- Une partie expérimentale basé sur :
  - La caractérisation des eaux brutes et des eaux traitées de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou.
  - La quantification des taux de participation en EH/ ha / an en eau, en azote et en phosphore de l'effluent traitée de la STEP en, vue d'une valorisation agricole des sols de la vallée du moyen Sebaou
- Une conclusion générale.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

1. Introduction

Il ya quelques dizaines d'années, les eaux usées domestiques ou industrielles étaient le plus souvent rejetées sans aucun traitement préalable. Malgré le pouvoir d'auto-épuration de l'eau, le rejet en rivière a des limites : dans une grosse agglomération, la quantité d'eau usée déversées peut très vite dépasser les capacités naturelles de la rivière, et les micro-organismes de l'eau ne peuvent donc « consommer » toute la pollution. De plus, l'auto-épuration ne concerne pas les métaux lourds et d'autres produits toxiques : ceux-ci ne sont jamais éliminés et s'accumulent dans les sédiments et les animaux aquatiques **(Koller, 2009).**

2. Définition de la pollution

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'activité humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes **(RAMADE 2011).** ''Ces modification peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature '' **(Koller, 2009).**

3. Types de pollution

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

3.1. Pollution physique

3.1.1. Pollution thermique

La pollution thermique apparaît souvent comme mineure mais, avec l'augmentation des besoins industriels en liquide de refroidissement, un réel problème se pose.

En aval d'une installation industrielle l'eau d'une rivière peut avoir une température plus élevée de 10 à 15 °C que celle de l'eau en amont. Ceci entraîne une quantité de dioxygène dissous plus faible qui est parfois à l'origine de la mort de nombreux poissons, et des

perturbations dans la vie aquatique animale ou végétale provoquant, par exemple, des éclosions trop rapides des œufs de certains poissons.

Même si certains complexes industriels adaptent des tours de refroidissement, des récupérateurs de chaleur … le problème de la pollution thermique n'est pas encore résolu **(DEFRANCESCHI, 1998).**

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 **(Dictionnaire de l'environnement durable, 2010).**

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 de l'environnement durable, 2010).**

3.3. La pollution chimique de l'eau

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants, dont le plus menaçants sont les métaux lourds. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines **(Bouziani. M, 2000).**

3.4. La pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes, bactéries et virus. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiène publique qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers-monde.

Cette extension incessante de la pollution microbiologique des eaux continentales et littorales pour conséquence une recrudescence d'affections telles que les colibacilloses ou les hépatites virales, dont la fréquence s'accroît avec régularité dans les nations industrialisées. L'actuelle extension des maladies entériques montre aussi les graves problèmes épidémiologiques qui peuvent résulter de cette contamination microbiologique des eaux. De façon générale, l'eau de boisson et cette utilisation pour la préparation des aliments constituent la principale cause de pathologie des populations humaines.

De nombreuses affections pathogènes sont favorises par la pollution biologiques des eaux : les colibacilloses, les dysenteries, le choléra, la typhoïde, des shigelloses, des maladies virales entériques **(RAMADE, 2005).**

4. Définition d'une eau usée

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produit directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation établit.

Les eaux usées sont toutes les eaux résultantes des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement a la station d'épuration . Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance **(Metahri, 2012).**

5. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute **(figure 1)**, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes,

les matières en suspension, les éléments traces minérales ou organiques, et les substances nutritives (**BAUMONT, 1997).**

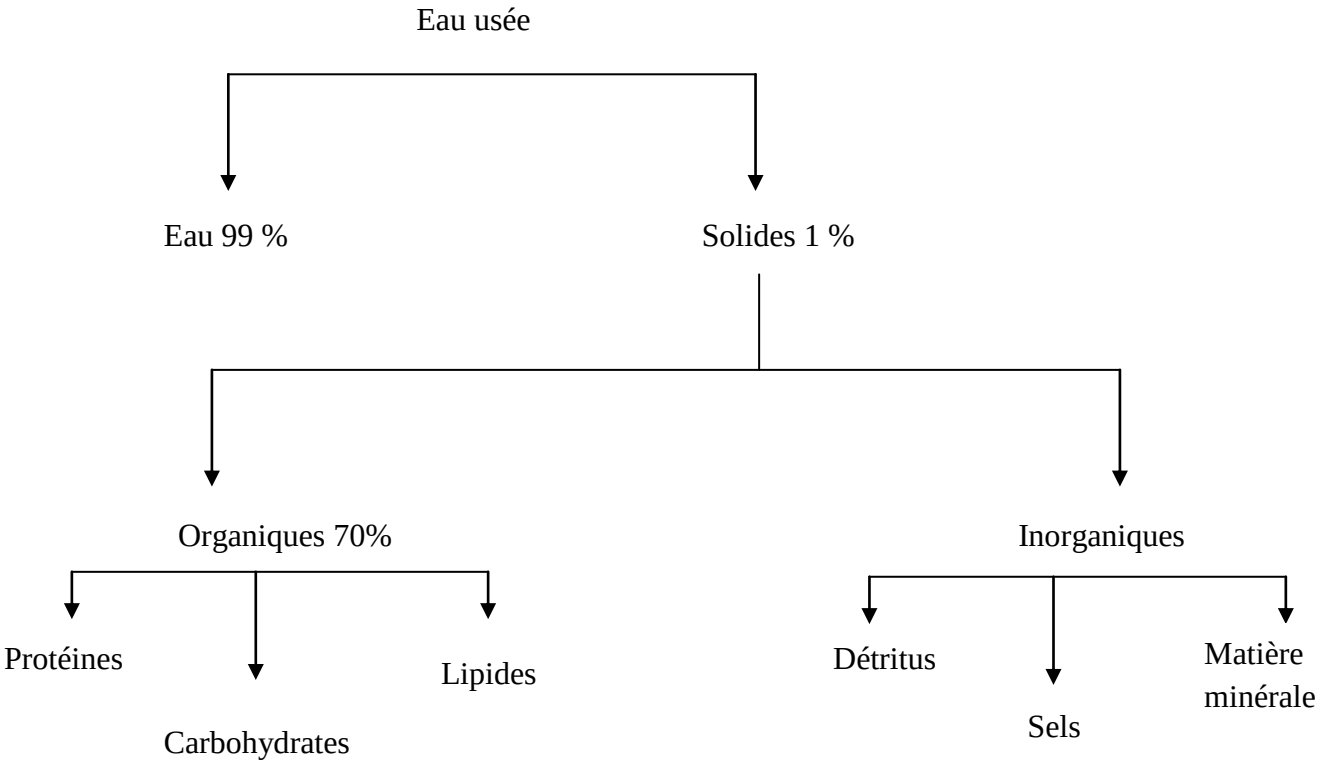


Figure N° 1 : composition des eaux usées **(Ouanouki, 2014).**

6. Les Différents types d'eaux usées

6.1. Les eaux usées domestiques :

Elles constituent généralement l'essentiel de la pollution et se composent :

Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides), et des produits détergents utilisés pour le la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;

- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;

- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires(WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes **(REJSEK, 2002).**

Tableau n°1 : proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestiques polluantes **(REJSEK, 2002).**

Activité Domestique	Volume rejeté(%)
Cuisine : évier Lave-vaisselle	3 % 13%
Lave-linge	13 %
Salle de bains	44 %
Chasse d'eau	26 %

6.2. Les eaux pluviales

Elles peuvent elles aussi constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds…)

Lorsque le système d'assainissement est dit unitaire, les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, ce mélange très pollué est directement déversé dans le milieu naturel pour protéger les installations dépuration (délestage). Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les soles imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution **(Lagardette, 2004).**

6.3 Les eaux usées industrielles

L'industrie a toujours eu une prépondérante dans la pollution des rivières, des plans d'eau et de la mer, malgré les efforts entrepris pour réduire les volumes de pollution rejetés provenant des usines, l'eau est caractérisée par une grande diversité de composition, suivant sont utilisation, elle contient des matières organiques et graisses(industrie agro-alimentaire), des hydrocarbures (raffineries), métaux (métallurgie), acide, bases et produits chimiques

divers (industries chimique, tanneries), eaux chaudes (circuit de refroidissement des centrales thermiques) **(Gaujous, 1995).**

6.4. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides, Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant : des engrais, des purins et lisiers (élevage) ;
- La présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides…) **(Gaujous, 1995).**

7. Les paramètres de pollution

7.1. Paramètres physiques

7.1.1. La température

Les effluents, par leur quantité et leur température, ne doivent pas être susceptibles de porter l'eau des égouts à une température supérieure à 30 °C selon le Règlement Sanitaire Départemental. En effet, 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 **(SETER, 2014).**

7.1.2. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(Rodier 2005).**

7.1.3. Odeur

C'est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ; la qualité de cette sensation particulière par chacune des ces substances. **(Rodier 2005).**

7.1.4. 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).**

7.1.5. Les Matières En Suspension (MES)

Les Matières En Suspension désignent l'ensemble des matières solides insolubles présentes dans une eau (sables, argiles, matières organiques, débris en tous genres…).

Des teneurs élevées en MES peuvent provoquer la détérioration des ouvrages d'assainissement (obstruction des réseaux par la décantation, abrasion, dégradation des pompes ...). En cas de rejet au milieu naturel, elles peuvent troubler l'eau, diminuant ainsi le rayonnement lumineux indispensable pour une bonne croissance des végétaux au fond des cours d'eau (c'est la turbidité), diminuer l'oxygène dissous et ainsi limiter le développement de la vie aquatique **(SETER, 2014).**

MES= 30% MMS + 70 % MVS

7.1.5.1. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la ‘’perte au feu ‘’ et correspond à la teneur en MVS en (mg/ l) d'une eau **(Metahri ,2012).**

7.1.5.2. Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son ‘’extrait sec’’ constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc **(Metahri ,2012).**

7.2. Paramètres chimiques

7.2.1. Le Potentiel Hydrogène

Le Potentiel Hydrogène, plus connu sous le nom de ‘’pH’’ permet de mesurer l’acidité ou la basicité d’une solution. Le pH de l’eau pure à 25°C, qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d’un milieu neutre. Le pH mesure l’activité chimique des ions hydrogènes H^+ en solution. **(Ouanouki, 2014).** Les eaux en sortie de station d’épuration doivent avoir un pH aux alentours de 7,5 **(SETER, 2014).**

7.2.2. L’Oxygène Dissous

L’oxygène dissous est un composé essentiel de l’eau car il permet la vie de la faune et de la flore il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l’oxygène dans l’eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O_2 l^{-1} **(REJSEK, 2002).**

7.2.3. La Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d’un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d’ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. **(REJSEK, 2002)**. L’unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

1 S/m = 10^4 µS/cm = 10^3 mS/m. **(RODIER, 2005).**

Tableau n°2 : Relation entre la minéralisation de l’eau et la conductivité mesurée **(REJSEK, 2002).**

Conductivité en µS.cm^{-1}	Minéralisation de l’eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

7.2.4. Alcalinité de l'eau

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, des carbonates et des hydroxydes. La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) **(RODIER, 2005).**

7.2.5. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation,… **(Rodier, 2009).**

7.2.6. La demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène représente la quantité d'oxygène dépensée par, d'une part, les phénomènes d'oxydation chimique et d'autre part la dégradation des matières organiques par voie aérobie, pour réaliser la destruction des composés organiques non azotés. Cette demande en oxygène se manifeste progressivement et l'évolution des échantillons se poursuit pendant des durées très longues. Par convention et par commodité. On a choisi la DBO_5, c'est-à-dire que l'on restreint la période d'observation à 5 jours.

La DBO_5 s'exprime en milligrammes d'oxygène « consommée » par litre (mgO_2/L) en grammes d'oxygène par jour et par habitant **(Bourrier, 2008).**

7.2.7. Pouvoir oxydo-réducteur (E_H et rH)

Les eaux usées résiduaires (notamment urbaines) présentent un potentiel d'oxydoréduction 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.

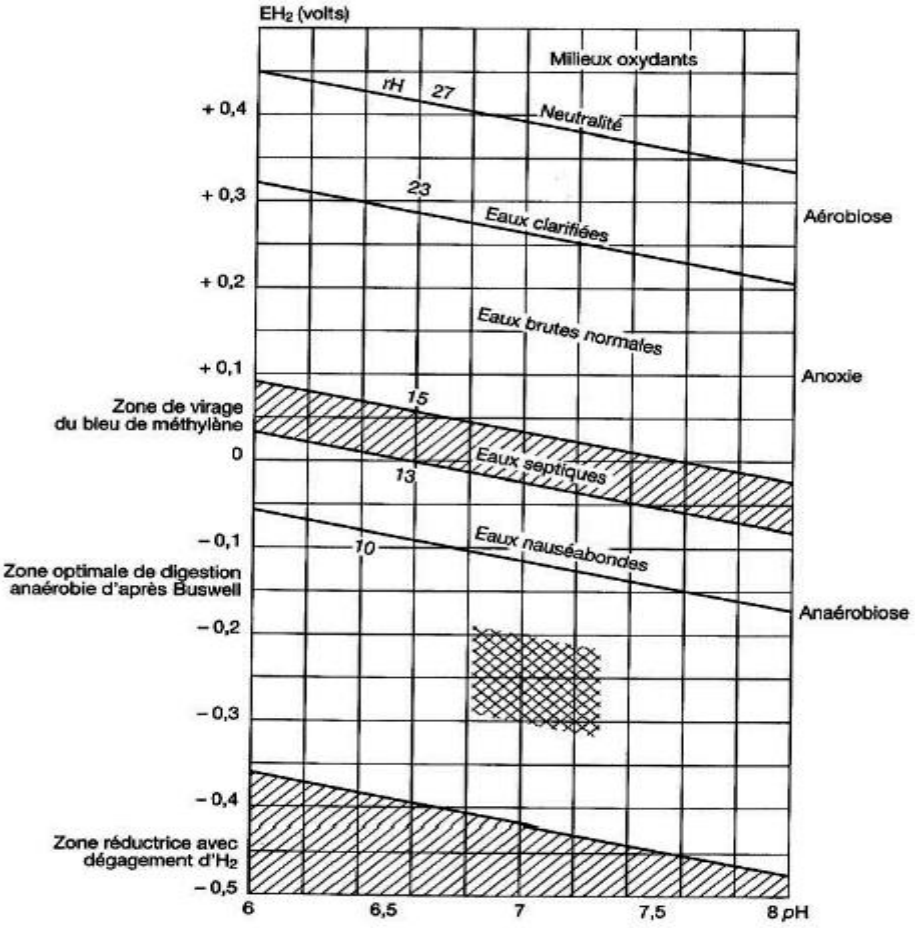


Figure (2) : Caractérisation des eaux résiduaires par leur potentiel d'oxydoréduction **(Degrémont 1989).**

7.2.8. Notion de biodégradabilité

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO_5 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 DBO_5 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/ DBO_5 permet de se faire une idée réaliste de la biodégradabilité d'un effluent :

  - ✓ $1.5 < DCO/ DBO_5 < 2.5$ l'effluent est moyennement biodégradable
  - ✓ $DCO/ DBO_5 > 2.5$ l'effluent n'est pas biodégradable **(RODIER, 2009).**

7.3. Eléments nutritifs ou substances eutrophisantes

7.3.1 L'azote :

L'azote des eaux usées provient essentiellement du métabolisme humain (l'azote organique aminé : urée, protéines), il est considéré comme le second polluant des eaux après le carbone et avant le phosphore. On retrouve l'azote dans de nombreux types d'eaux usées sous deux formes : minérale et organique **(Ouanouki, 2014).**

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeur partie de l'azote total **(RODIER, 2005).**

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

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

$$\mathbf{NGL = N_{total} = N_{organique} + N_{mineral} = N_{organique} + N\text{-}NH_4^+ + N\text{-}NO_2^- + N\text{-}NO_3^-.}$$

7.3.2 Le phosphore

Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (ortophosphates, 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).**

7.3.3 Le carbone organique total

Le carbone organique total est défini comme la concentration en mg de carbone par litre d'échantillon, c'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques d'une eau. Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à 950°C sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO_2 dégagé, et par la suite de mesurer le carbone total (organique et minéral). Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : l'analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contient des composés toxiques), mais il exige un appareillage coûteux (**LOUNNAS, 2009).**

7.4. Paramètres Bactériologiques :

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène **(RODIER, 2005).**

8. l'assainissement :

De nos jours l'assainissement des eaux usées domestiques et industrielles est perçu comme une évidence, aussi bien pour la protection de notre santé que pour la préservation de l'eau en tant qu'écosystème. La collecte et le traitement des eaux usées ont suivi, à la fois, le mode de vie des sociétés au fil de l'Histoire, mais également les découvertes scientifiques. La prise de conscience des problèmes de santé publique et la compréhension des causes d'épidémies, telles que le choléra, ont entraîné la construction d'infrastructures et le développement de procédés, de plus en plus sophistiqués, permettant de mettre un terme à ces problèmes (**LE HYARIC, 2009).**

8.1. Les différents réseaux de collecte

S'il est relativement facile de prévoir et de contrôler les volumes d'eaux usées domestiques, il en va tout autrement des eaux pluviales. Il existe deux types de réseaux de collecte :

- **Les réseaux unitaires** évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Ils cumulent les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition) ; mais ils nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.

- **Les réseaux séparatifs** collectent les eaux usées domestiques et les eaux pluviales dans des réseaux distincts. Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut. Il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration **(http://www.cieau.com).**

9 Estimation de rejets d'eaux résiduaires

9.1. 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), 90 g de matières en suspension (MES) et 15 g de matières azotes (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP), la concentration des germes et généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (**Koller, 2009).**

9.2. Les normes de rejet.

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inferieur à respecter. Elle est fixée par une loi, une directive, ou un décret-loi.

Tableau n°3 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie **(JORAD, 2012).**

Paramètre	Normes utilisées (OMS)
Température	30°C
pH	6,5-8,5
DBO5	30 mg/1
DCO	90 mg/1
MES	30 mg/1
Azote total	50 mg/1
NH_4^+	20 mg/1
NO_2^-	1 mg/1
NO_3^-	<1 mg/1
$PO4_3^-$	2 mg/1

Les normes de rejet à respecter sont très variables :

- Les paramètres de pollution sont plus nombreux que pour les ERU et sont spécifiques des industries et des pays, voire des bassins concernés ;
- Les exigences des législations concernant des paramètres spécifiques dépendant de méthodes de mesure différentes et sont de sévérité inégale suivant les pays.
- Les normes doivent tenir compte des sensibilités de méthodes de dosage et des possibilités techniques de traitement **(Degrémont, 2005).**

CHAPITRE II

1. Introduction

L'épuration est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau. Pour atteindre la qualité conforme à la réglementation à partir d'une eau brute. Les méthodes utilisées sont classées selon trois catégories principales, les procédés physiques, chimiques et biologiques.

1. Le prétraitement

1.1. Le dégrillage

Le dégrillage consiste à retenir les objets trop volumineux et encombrants qui pourraient dégrader les pompes ou obstruer les canalisations. Il existe différents types de dégrillage : le pré-dégrillage avec des barreaux espacés de 30 à 100 mm, le dégrillage moyen avec un espacement entre 10 et 30 mm et le dégrillage fin dont les barreaux sont espacés de moins de 10 mm. Les dégrilleurs sont habituellement implantés en tête de station **(Ouanouki, 2014).**

1.2. Poste de relevage

La conception du poste de pompage (poste de relevage) d'une station de traitement des eaux usées est en grande partie similaire à la conception de la poste de relèvement placé dans le réseau d'assainissement. La principale différence est le choix du type de pompes utilisées pour assurer cette tâche. Généralement le poste de relevage est équipe de pompes centrifuges, par contre dans le cas d'une station d'épuration plus importante (débit plus important et variable), l'utilisation d'une pompe à vis est un choix plus judicieux **(Djeddou, 2014).**

1.3. Le dessablage

Le dessablage vise à éliminer les sables et les graviers par décantation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » 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 envoyés en décharge, soit réutilisées, selon la qualité du lavage **(Ladjel, 2004).**

1.4. Le dégraissage-déshuilage

Les opérations dégraissage-déshuilage consiste à séparer les huiles et les graisses de l'effluent brut, par flottation. Ces derniers étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, l'injection des micros bulle d'aire permet d'accélérer la flottation des graisses.

Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses. On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90 % des graisses et matières flottantes (soit 30 à 40 % des graisses totales) **(Ladjel, 2004).**

2. Le traitement primaire

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que coagulation-floculation**.**

2. 1. Décantation

La décantation est un procède qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les stations d'épuration et de traitement des eaux **(Desjardins ,1997)**. Elle a pour but d'éliminer les particules en suspension par gravité. La vitesse de décantation est fonction de la vitesse de chute des particules qui elle-même est fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : la grosseur, et la densité, des particules **(Vilaginès, 2003).**

2. 2. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causée par la présence des particules très petites, dites particules colloïdales, ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longes périodes, et peuvent même traverser un filtre très fin. Puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principal de déstabiliser ces particules en suspension, et de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration **(Desjardins, 1997).**

2. 3. Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer a travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs **(Desjardins, 1997).**

3. Le traitement secondaire ou biologique

3. 1. Le traitement anaérobie

Il fait appel à des bactéries n'utilisant pas l'oxygène en particulier aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation de méthane à partir de matières organiques et de CO_2.

Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie, c'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé (30° C_35° C), le temps de séjour des boues dans le digesteur doit être suffisant (plusieurs jours au moins) il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien comme, les cyanures, les sels de métaux lourds, les phénols…

Ce système est davantage utilisé pour le traitement des effluents urbains que pour le traitement des effluents industriels généralement toxiques pour les bactéries **(Vilaginès, 2003)**.

3. 2. Le traitement aérobie

Les traitements des eaux résiduaires se font essentiellement suivant deux techniques aérobies : les lits bactériens et les boues activées.

Dans les deux cas l'azote organique et l'azote ammoniacal sont transformés en éléments pratiques constitutifs des micro-organismes présents dans la station suivant la réaction schématique **(Vilaginès, 2003).**

$$\text{Matières organiques(MO)} + (NH_3) + O_2 \rightarrow C_5 H_7 NO2$$

3. 2.1. Les cultures fixes

Cette technologie est la résultante d'un objectif de réduction des volumes dédiés à l'épuration, comme pour les cultures fixées immergées. Il s'agit d'une croissance bactérienne libre dans l'eau, et on chercher à obtenir une croissance agrégée des bactéries sous forme de flocs, conséquence de la dégradation de la matière organique. Dans chaque floc, on trouve plusieurs centaines de bactéries.

Dans une culture libre, les bactéries sont également en permanence dans l'eau usée à traiter ; il est donc nécessaire de leur apporter de l'oxygène, car la simple diffusion de l'air dans l'eau ne permet pas d'assurer les apportes nécessaires à la dégradation de la matière organique. **(Cauchi, 2011).**

3. 2.1.1. Lits bactériens

Le principe de ce procédé consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

L'aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'au micro-organisme assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies prés du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gaz **(ABA-AAKI, 2012).**

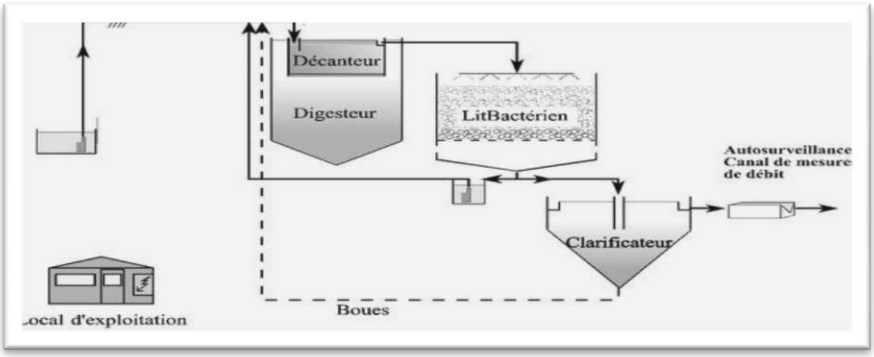


Figure N° 3 : schéma d'un lit bactérien utilisé pour l'épuration des eaux usées **(ABA-AAKI, 2012).**

3.2.1.2 Disque biologique

Sont constitués d'une succession de disques en matière plastique ou moins immergés (40_60 %) dans un réservoir à flux continu, tournant à une vitesse d'environ 1 tr/mn et sur lesquels s'est développée la biomasse. Lors de leur émission, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent. Dés que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyés par pompage périodique vers le décanteur-digesteur pout y être stockées et digérées. La fixation sur un support poreux granulaire immergé de la biomasse active permet de combiner à la fois la filtration dans la masse et capacité épuratoire des microorganismes **(Ouanouki, 2014).**

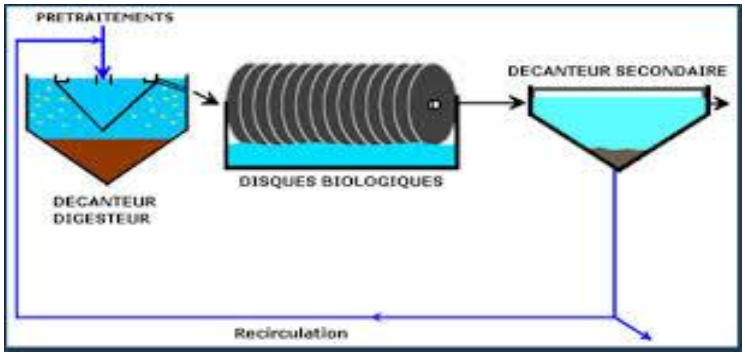


Figure n°4 : Disque biologique

3.2.2. Les cultures libres ''boues active''

Principe très largement répandu dans l'épuration des eaux usées de plus grand taille, la boue activée est une culture libre dans un bassin aéré, suivi d'un clarificateur assurant la décantation des boues biologiques produites fans le bassin d'aération. Pour maintenir une biomasse en quantité adaptée à la charge organique (polluante) des eaux usées alimentant l'installation, une recirculation des boues (recirculation des bactéries-biomasse épuratrices) est réalisée. Une partie des boues ayant sédimenté dans le clarificateur est donc acheminée en tête du bassin d'aération. Le principe de l'activation repose sur cette recirculation de biomasse **(Cauchi, 2011).**

3.2.2.1. La charge massique

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

Elle s'exprime donc comme suit : $$Cm = \frac{Q \,.So}{\boldsymbol{Xt} \,.\boldsymbol{V}}$$

Avec :

C_m : charge massique en ($KgDBO_5/Kg$ MES /j)

Q : le débit moyen journalier en (m^3/h)

So : la concentration en DBO_5 de l'eau à traiter en (Kg/m^3)

Xt: la concentration en MES dans la boue en (Kg/m^3)

V : le volume du bassin d'aération en (m^3)

Selon la valeur de Cm, 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.

3.2.2.2. La charge volumique

La Charge volumique est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation. **(Dhaouadi, 2008)**

Elle s'exprime donc par :

$$\mathbf{Cv} = \frac{\mathbf{Q} \,.\, \mathbf{So}}{\boldsymbol{V}}$$

Avec :

Cv : la charge volumique en $KgDBO_5/m^3$

Q : le débit moyen journalier en (m^3/h)

So : la concentration en DBO_5 de l'eau à traiter en (Kg/m^3)

V : le volume du bassin d'aération en (m^3)

II.3. 2.2.3. Consommation en oxygène

Lorsque la MO biodégradable est consommé par une masse de micro-organismes, en milieu aérobie, il y a une consommation d'O_2 par ces derniers pour leurs besoins énergétiques nécessaires à leur reproduction par division cellulaire et a leur respiration endogène.

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 **(Dhaouadi, 2008).**

3. 2.2.4. Production de boues biologique

L'accroissement 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 **(Dhaouadi, 2008).**

3. 2.2.5. Age des boues

L'âge de la culture, correspondant au ratio de la quantité totale de biomasse présente dans le bassin sur la quantité produite journalièrement, peut varier de moins d'un jour à plus d'un mois. Ce point est très important pour la sélection des espèces au taux de multiplication différent. Mais ce taux de croissance dépend également, d'autres facteurs tels que la température, la nourriture disponible, et l'aération…**(Canler et all 1999).**

3. 2.2.6. Indice de MOLHMAN

On définit l'indice de Mohlman comme étant le rapport du volume occupe par un litre de boue activée âpres 30 min de décantation (sans dilution) par la concentration de matière en suspension (MES). La valeur moyenne de l'indice de Mohlman est située entre 80 et 150 ml/g.au dessus de 150 des problèmes de décantation peuvent apparaître.

$$IM = \frac{\boldsymbol{Volume\ de\ boue\ décante\ en\ 30\ min\ (ml)}}{\boldsymbol{Masse\ de\ résidu\ sec\ de\ cette\ boue\ (g)}}$$

Généralement, les boues sont bien décantable pour 80 < IM < 150

Si Im ~80 ; la décantation est très bonne mais les boues sont difficilement pompables

Si Im ~ 150 : la décantation est très lente

Les variations de l'indice de Mohlman 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, 2008).**

3.2.2.3. Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'auto-épuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène **(Dhaouadi, 2008).**

3.2.2.4. L'infiltration-percolation

L'infiltration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant. On infiltre les effluents à raison de quelques centaines de litres d'effluent par mètre carré de massif filtrant et par jour. Trois mécanismes entrent en jeu :

La filtration des MES : plus le sable est grossier, plus la fixation des MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase d'infiltration et phase de séchage. L'élimination des MES permet également l'élimination des micro-organismes qui y sont fixés ;

L'adsorption des bactéries libres par les grains de sable du filtre : il se forme alors un film biologique contaminé, surtout dans la partie supérieure ;

Ce film va permettre une dégradation microbienne de la matière organique et des substances dissoutes dans l'effluent (phosphates, nitrates, etc.). Cette dégradation consomme de l'O_2 et produit du CO_2, il faut donc aérer régulièrement le film pour éviter l'asphyxie du milieu **(BAUMONT, 1997).**

4. Le traitement tertiaire

Le traitement tertiaire peut viser un enlèvement plus poussé pour des paramètres conventionnels comme les matières en suspension ou encore certains paramètres pour lesquels il y a peu d'élimination dans un traitement secondaire comme le phosphore, les nitrates …etc.

4. 1. Elimination de l'azote

L'élimination de la pollution azotée est assurée biologiquement par la nitrification dénitrification

La Nitrification est oxydation biologique de l'azote ammoniacal en nitrate. Elle se fait en deux phases sous l'action de micro-organismes autotrophes qui utilisent l'énergie de la réaction pour réduire le CO_2 et ainsi incorporer le carbone. La nitritation, qui est la transformation de l'ammonium en nitrite, est essentiellement liée aux Nitrosobactéries (genre *Nitrosomonas* – (figure n°5) alors que la nitratation, au cours de laquelle les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'œuvre des Nitrobactéries (genre *Nitrobacter*). Ces bactéries nitrifiantes, du fait de leur très faible taux de croissance se trouvent en large minorité au sein des boues activées (de 0,1 à 5 % de la biomasse totale d'une boue activée).

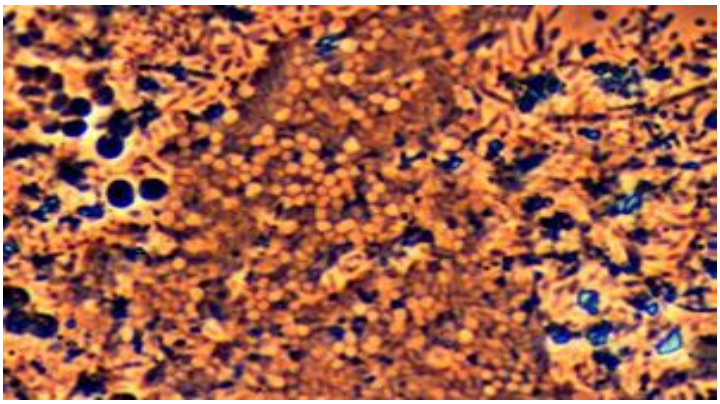


Figure n°5 : Nitrosomonas 1000x **(Dhaouadi, 2008).**

La Dénitrification C'est le processus de réduction de l'azote nitrique à un degré d'oxydation plus faible. Certains micro-organismes, généralement hétérotrophes, sont en fait capables, en période d'anoxie, d'utiliser les ions nitrites et nitrates au lieu de l'oxygène dissous dans leur chaîne respiratoire et donc de réaliser cette transformation de l'azote nitrique. On estime que 25 à 40 % de la biomasse d'une boue activée est dénitrifiant facultative **(Dhaouadi, 2008).**

4.2. Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore des eaux usées peut être réalisée par des procédés physiques, chimiques et biologiques. La déphosphatation biologique en procédé de boues activées modifié permet d'accumuler le phosphore en excès des besoins métabolique de croissance sans ajout de coagulant. **(Journées internationales d'étude des eaux, 1997).** La déphosphatation biologique peut atteindre des rendements de 60 à 70 %, mais doit aussi souvent être suive d'un traitement chimique. Ainsi, la déphosphatation chimique paraît incontournable, soit en complément d'un traitement biologique, soit comme unique traitement de déphosphatation.

Le traitement chimique consiste à ajouter le plus souvent des sels métalliques (fer ou aluminium), et plus rarement de la chaux, cet ajout peut être réalisé dans le réacteur biologique ou dans une unité de traitement tertiaire. Le traitement chimiques est fiable et permet d'atteindre des rendements d'élimination supérieurs à 85 % et des concentrations en phosphore total de 1 à 2 mg/ l **(BELHANI, 2008).**

4. 3. Elimination 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 des 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'hypochlorite de sodium (l'eau de javel), réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs **(Metahri, 2012).**

4. 4. La Désinfections

Elle est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées sans un milieu aquatique à usage balnéaire (plages, zones d'activités nautiques ou touristiques) ou pour diminuer le risque de contamination humain (prise d'eau potable, conchyliculture). Pour éliminer les germes pathogènes, les techniques classiques sont utilisées : chloration, ozonation, chaleur, irradiation par rayonnement ultraviolet (UV), filtration sur membranes ou d'agents chimiques qui agissent sur la cellule en induisant des composés toxiques ou modifications conduisant à la mort des germes pathogènes).

Les agents chimiques tels que $kMnO_4$, H_2O_2, O^3 provoquent une oxydation pure et simple de la cellule. Le désinfectant idéal doit être un germicide puissant et à action rapide mais présentant une faible toxicité vis-à-vis des formes vivantes plus évoluées et une faible affinité pour les constituants chimiques de l'eau. De nos jours, la désinfection est généralement réalisée par le chlore ou l'ozone **(Ouanouki, 2014).**

4. 5. Traitements et éliminations des boues

Le traitement biologique ou physico-chimique utilisés pour l'épuration des eaux résiduaires génèrent une production importante de boues diluées (> 99 % d'eau) et contenant de la matière organique fermentescible. Les deux principaux objectifs de la filière de traitement des boues seront donc :

- De stabiliser les matières organiques pour éviter toute fermentation incontrôlée qui entraînerait des nuisances olfactives importantes,
- D'éliminer un maximum d'eau afin de diminuer les volumes de boues à évacuer.

Apres une étape préalable d'épaississement permettant de concentrer les boues, la stabilisation de la matière organique est réalisée grâce à des procèdes biologiques ou physico-chimiques. L'étape finale de déshydratation permettra d'extraire le maximum d'eau **(Gérard, 1999).**

4.5.1. Épaississement des boues

L'épaississement constitue, le premier stade de la réduction de volume des boues, cette étapes se situé avant la digestion. L'épaississement consiste à séparer par gravité (décantation) ou par flottation, l'eau interstitielle des particules de boues. L'épaississement permet d'augmenter le temps de séjour des boues dans le digesteur, en raison de la réduction de volume qu'il occasionne **(Gaid, 1984).**

4.5.2. Stabilisation des boues

La stabilité des boues est obtenue, lorsque les matières organiques contenues sans les boues n'évoluent plus ou dégagent des odeurs provenant du processus de fermentation. Elle résulte de la diminution des éléments instable. Cette étape permet de réduire le pouvoir fermentescible des boues, ainsi que les nuisances olfactives **(Ouanouki, 2014).**

4.5.3. La Déshydratation

La déshydratation constitue une étape majeure de la filière de traitement car, elle intervient après un épaississement, et permet de réduire le volume de boue par effet de concentration. Généralement, une boue est jugée apte à être déshydratée lorsque sa concentration est au minimum de 15 g/ l **(OTV, 1997).**

4.5.4. Le séchage

Le séchage consiste à éliminer une grande partie ou en totalité l'eau par évaporation. Il est rendu nécessaire par les limitations rencontrées de la déshydratation mécanique des boues. Les boues ont un comportement spécifique qui influe sur les procédés thermiques de séchage, ce comportement dépend de la siccité atteinte.

4.5.5. Valorisation agricole

Les boues représentent un amendement intéressant pour l'agriculture. En effet les boues d'épuration apportent des éléments fertilisants au sol (minéraux, matières organiques). De par leur composition, les boues permettent de couvrir une partie des besoins des cultures en azote, en phosphore, en calcium, en magnésium et en oligo-éléments. Les boues contribuent à l'amélioration du pouvoir de rétention de l'eau dans le sol et peuvent en outre, faciliter la prolifération de la flore microbienne autotrophe du sol agissant directement sur la

nutrition minérale des végétaux. La valorisation agricole des boues peut se faire de plusieurs façons : épandage des boues liquides, pâteuses, séchées ou encore compostées **(Ouanouki ,2014).**

4.5.6. L'incinération

Elle représente 15 % à 20 % du tonnage des boues, mais induit de forts coûts pour les exploitants des stations d'épuration. Les déchets sont brûlés dans une chambre à très haute température (de préférence à 1200°C) avec une fourniture suffisante en oxygène pour oxyder tous les matériaux organiques. Elle peut ainsi détruire 99,9 % des déchets organiques (y compris les composés organiques chlorés) si elle est convenablement utilisée **(Jardé, 2002).**

4.5.7. La mise en décharge

L'admission des boues en excès sur les sites de décharges contrôlées n'est envisageable que lorsque celles-ci ont subi un traitement de déshydratation naturelle (lit de séchage) ou mécaniques. L'admission de boues liquides est en effet à proscrire, dans la mesure où les risques d'écoulement, de lessivage, de percolation vers les milieux superficiels son trop importants **(Bechac, et all, 1987).**

CHAPITRE III

Chapitre III : La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

1. Introduction

Les eaux usées domestiques et industrielles (appelées aussi eaux résiduaires) étaient jusqu' a une époque récente uniquement traitées comme une matière inutile et nuisible, à rejeter après des traitements destinés à minimiser son impact sur le milieu naturel.

Cependant, depuis quelques décennies, compte tenu de la raréfaction des ressources en eau dites conventionnelles (réseau publics de distribution, rivières et nappes d'eau souterraines), et de l'augmentation de leur coût, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation connaît un fort développement, et est applicable aux espaces verts. Cette technique est notamment de plus en plus utilisée pour l'arrosage des terrains de golf. Accessoirement, à cote du fait qu'elles constituent une ressource en eau, les eaux usées contiennent des matières fertilisantes, ce qui permet des économies d'engrais **(Tiercelin, 2008)**.

Les eaux usées épurées peuvent être exploitées et réutilisées :

- Dans l'agriculture pour la création de nouveaux périmètres irrigués ;
- Dans la protection de l'environnement en contribuant à la recharge de nappes ;
- Dans le secteur industriel pour la production aquacole ;
- Comme technique d'assainissement et d'économie d'eau contribuant ainsi à l'économie des ressources en eau destinées à l'eau potable et constituant une ressource alternative qui vient augmenter le potentiel des ressources en eau ; **(El Haite ,2010).**

2. Définition des la réutilisation des eaux usées :

La réutilisation de l'eau est définie comme étant une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités supplémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est particulièrement intéressante dans les pays qui ont des ressources hydriques faibles, dans ces pays, l'irrigation des cultures ou des espaces verts constitue donc la voie de l'avenir pour la réutilisation des eaux usées urbaines traitées, à court et à moyen terme **(BENZARIA, 2008).**

3. Historique de la réutilisation

La réutilisation des eaux usées est une pratique très ancienne, au milieu du 19e siècle, de nombreuses villes d'Amérique du nord et d'Europe ont adopté l'irrigation des cultures comme moyen d'éliminer leurs eaux résiduaires. La raison essentielle était d'empêcher la pollution des cours d'eau et non l'amélioration de la production agricole **(BENZARIA, 2008).**

4. Catégories de réutilisation des eaux usées

4.1. Usage agricole

L'emploi des eaux usées en agriculture est très ancien et les champs d'épandage ont constitué les premiers systèmes d'épuration. Le sol est un filtre efficace et un hectare contient jusqu'à une ou deux tonnes de microorganismes. Aujourd'hui l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en culture est plus souvent l'apport d'eau indispensable aux plantations (zones arides) que l'épuration par le sol ou l'apport d'éléments nutritifs. Des dispositions doivent être pris es pour éviter les dépôts et la corrosion dans le système de distribution et un traitement préliminaire de décantation des effluents bruts est dans tous les cas à conseiller. Un prétraitement biologique est aussi souvent recommandé. Il permet, en particulier, de réduire sensiblement les risques d'odeurs. Deux catégories de risques sont liées à cet usage des eaux usées **(Degrémont, 1989).**

4.2. Usage industriel

L'eau résiduaire après traitement peut être une source d'eau tout à fait adaptée aux besoins industriels en particulier pour les refroidissements et les lavages. Les réalisations sont maintenant assez nombreuses. Très souvent une élimination poussée de la pollution organique est nécessaire et le traitement biologique est alors suivi d'un traitement de finition. L'eau, après un traitement tertiaire très complet, comprenant entre autres une étape de déminéralisation, peut être utilisée pour l'alimentation des chaudières basse pression. Des essais de longue durée ont démontré la faisabilité de cette solution pour des chaudières moyenne pression **(Degrémont, 1989).**

4.3. Usage domestique et municipal

La réutilisation des eaux usées traitées au domicile de l'habitant ou à l'échelle de la ville est possible à différents niveaux de qualité et suivant plusieurs schémas :

- Le recyclage partiel à l'intérieur des immeubles : cette solution a fait l'objet d'applications en Extrême-Orient, elle consiste le plus souvent à alimenter les chasses de toilette au moyen des eaux usées qui sont réutilisées après traitement,
- L'alimentation des réseaux municipaux de lavage (rues, camions, etc.) et des réseaux d'extinction d'incendie : cette utilisation ne doit pas apporter de gène d'exploitation dans le réseau (dépôts, développements bactériens, corrosion, etc.) ni entraîner de risques sanitaires inacceptables,
- La réalimentation partielle de nappes d'eau souterraines, (lits filtrants...),
- Constitution de barrières hydrauliques souterraines empêchant l'introduction d'eau de mer dans les aquifères côtiers,
- La réinjection dans le circuit d'eau potable,

L'élimination de la pollution organique, de l'ammonium, de la pollution bactériologique doit être très soignée **(Degrémont, 1989).**

4.4. Recharge des nappes

Le dispositif de la recharge des nappes consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous sol, on poursuit de la sorte plusieurs objectifs :

- La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable,
- La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée,
- Le stockage des eaux pour une utilisation différée,
- L'amélioration du niveau de traitement de l'eau en utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol
- La protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer **(AFD, 2011).**

4.5. La production d'eau potable

La réutilisation est directe quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel ; les eaux épurées sont directement acheminées de la station d'épuration à l'usine de traitement pour l'eau potable (système « *pipe to pipe* »). L'unique exemple dans le monde de réutilisation directe se trouve en Afrique, à Windhoek, capitale de la Namibie. La réutilisation est indirecte et non planifiée quand les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une

réserve souterraine qui sert à l'alimentation d'une usine de traitement, sans que ce lien soit volontaire. Cette notion est à la limite de la définition d'une REUE.

La réutilisation est indirecte et planifiée quand elle consiste à rejeter des effluents de station volontairement en amont d'une usine de traitement, au niveau du plan d'eau ou de la nappe qui sert d'ultime réservoir naturel avant le pompage et le traitement (**DJEDDI, 2007).**

5. Critères de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation

5.1. Critères physico-chimiques

Les caractéristiques chimiques et physiques sont identiques pour n'importe quelle eau destinée à l'irrigation. À cet effet, ils peuvent être employés pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques.

5.1.1. Salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité et est habituellement de faible salinité. En cas de pénurie d'eau, la salinité peut être un problème.

La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments **(FAO ,2003).**

5.1.2. Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR – Sodium Adsorptio Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et ECw (salinité) devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels **(FAO ,2003).**

La connaissance du RAS de l'effluent (rapport d'absorption de sodium) est alors importante

$$RAS = \frac{(Na^{+})}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$

Il y a danger si le RAS approche 10, cela n'arrive en général que sur certains effluents concentrés (distilleries, sucreries, fromageries).

5.1.3. Toxicité spécifique des ions

Les ions les plus toxiques rencontrés généralement dans l'eau usée traitée sont le sodium (Na), le chlorure (Cl) et le bore (B) ce bore est un des éléments essentiels aux cultures, une concentration excédant 0,5 mg/l peut être toxiques aux cultures sensibles.

Le chlorure (Cl) et le sodium (Na) sont moins toxiques que le bore. Dans les régions arides et semi-arides l'eau usée traitée peut avoir une concentration élevée en Cl et Na à cause du contenu relativement élevé en ces éléments dans les eaux domestiques. Avec une gestion appropriée de l'irrigation (système d'irrigation, fréquence d'irrigation, lessivage), les effets toxiques peuvent être réduits significativement, à des niveaux ne présentant aucune vraie contrainte pour la réutilisation **(FAO ,2003).**

5.1.4. Eléments traces et métaux lourds

C'est le problème principal avec la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays ayant une industrie lourde. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires (cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)) peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent également affecter les cultures irriguées. Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximum admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles **(FAO ,2003).**

Les concentrations limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation sont présentées en annexe tableau n°4.

5.1.5. Fertilisants dans les eaux usées traitées

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse

particulièrement les agriculteurs ; pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation est développé **(FAO ,2003).**

5.2. Critères de qualité biologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales, cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

6. Choix du système d'irrigation

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée, de la culture, des coutumes, de l'expérience, de la compétence, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public **(FAO, 2003).**

7. Stratégie pour protéger la santé humaine et l'environnement

La santé humaine et l'environnement pourraient être protégés des différents alias à travers quatre groupes de mesures :

- Le niveau de traitement des eaux résiduaires ;
- La restriction des cultures pratiquées ;
- La méthode d'irrigation ;
- Le contrôle et l'hygiène de l'exploitation humaine aux eaux usées épurées.

Le traitement complet des eaux usées empêche les microorganismes pathogènes excrétés d'atteindre les champs.

Cependant les agriculteurs, doivent faire face à la qualité de l'eau usée, a cause de cela, la restriction des cultures, le choix du système d'irrigation et le contrôle de l'exposition humaine sont importants.

Une combinaison de mesures agro-techniques à sélectionner, selon les conditions socioculturelles, institutionnelles et économiques locales peut assurer la protection sanitaire. **(Metahri, 2012).**

8. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées

Dans les pays arides et semi-arides, la pratique de la réutilisation des eaux usées traitées présente beaucoup d'intérêts, autant sur les plans environnementaux qu'économiques :

Bénéfices environnementaux :

- Réduction des rejets de polluants dans le milieu naturel et notamment dans les milieux aquatiques protégés (zones de baignade, parcs naturels, espaces conchylicoles...) ;
- Limitation de la surexploitation des ressources naturelles ;
- Amélioration du cadre de vie et de l'environnement (arrosage des espaces verts, terrains de loisirs…) ;
- Les eaux usées traitées permettent, lorsqu'elles sont utilisées en irrigation, de réduire et même d'éliminer le recours aux engrais chimiques **(Benzaria, 2008).**

Bénéfices économiques :

- Création d'une ressource en eau fiable, de volumes constants et indépendants des aléas climatiques ;
- Développement de la production agricole dans les zones soumises à la sécheresse ;
- Création d'une ressource en eau moins chère pour des usages autres que la consommation humaine (agriculture, industrie, zones de loisirs...) ; (**synteau, 2006).**

9. Risques liés à la réutilisation des eaux usées traitées

Cette ressource qui constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes important peut également être une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en microorganismes pathogènes et sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour l'environnement. Une connaissance scientifique des effets directs et indirects des traitements et des suivis épidémiologiques est indispensable **(AFD, 2011).**

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

1. Introduction

L'épuration des eaux usées est considérée actuellement comme l'une des premières prérogatives de la lutte contre la pollution. De manière générale, les normes de qualité des eaux sont appelées à être de plus en plus rigoureuses. A cet effet plusieurs stations d'épurations on vue le jour, parmi-elle la station d'épuration EST de Tizi-Ouzou.

2. Généralités

2.1. Conception et réalisation

La station d'épuration EST de la ville de Tizi-Ouzou 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, crée par décret exécutif n°01-102 du 21 avril 2001. Elle a été conçue au début des années 90 et a te mise en service en Août 2001 et transfère e l'ONA en juillet 2003.

L'ONA s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004, Ou elle a été certifie pour la premier 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 (6) : vue générale de la STEP

2.2. Situation géographique :

La station d'épuration EST de Tizi-Ouzou est située sur la rive gauche d'Oued Sebaou à 200 m en amont du Pont de Bougie sur le chemin de Wilaya n° 124 reliant Tizi-Ouzou à Bejaïa. La STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain. D'une superficie de 35591 m^2 dont 14714 m^2 bâtis.

Figure (7) : Image satellitaire représentant la situation géographique de la station. (Google Earth, 2016).

2.3. Caractéristique des eaux

A- Eau brute

Tableau n°5 : Fiche technique de a station d'épuration (ONA).

Désignation	**Valeurs**
Type du réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m^3/ j
Débit moyen journalier	750 m^3/ h
Débit de point en temps sec	1620 m^3/ h
Débit de point en temps de pluie	2250 m^3/ h

Charge polluants DBO5	
➢ Flux journalier	6500 kg / j
➢ Concentration moyenne	360 mg / l
Matière en suspension (MES)	
➢ Flux journalier	8400 kg / j
➢ Concentration moyenne	466 mg / l
pH	6,5 à 8,5
Température	< à 25°C

B_ Eau traitée : Les objectifs à atteindre sont **:**

- $DBO_5 \leq$ à 30 mg/ l sur un échantillon moyen de 24 heures ;
- MES ≤ à 30 mg/ l sur un échantillon moyen de 24 heures ;
- DCO≤ à 90 mg/ l sur un échantillon moyen de 24 heures ;
- pH compris entre 6,6 et 8,5.

3. 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 :

3.1. Dégrillage grossier

Après l'arrivée de l'eau, cette dernière passe à travers des grilles d'un espacement de 5 Cm, qui permettra de retenir tout les éléments grossiers, qui seront évacués.

Figure (8) : Dégrilleur grossier (ONA)

3.2.Post de relevage

L'eau est pompée par 4 pompes d'une capacité de 750m^3/h (voir figure 9) qui fonctionnent en alternance.

Figure (9) : pompes de relevage (ONA)

3.3. Dégrillage fin

Consiste à faire passer les eaux à travers des grilles d'un faible espacement (25 mm). Les déchets sont récupérés à l'aide d'un peigne et acheminés vers le centre d'enfouissement par une vis sans fin (figure 10).

Le dégrillage se fait par deux modes manuellement, ou automatiquement.

Figure (10) : Dégrillage fin (ONA)

3.4. 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 inferieure 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 (Figure 11).

Figure (11) : Dessablage et dégraissage

Figure (12) : vis sans fin (ONA)

3.5. Soufflante de by-pass

Cette dernière est utilisée lors d'une arrivée d'eau brute anormalement chargée en polluants ; comme la présence d'huile de vidange par exemple (Figure 13).

Figure (13) : Soufflante de by-pass (ONA)

3.6. Réacteur biologique

La station dispose de deux grands bassins d'aération (bassins biologiques aérés) et alimentés en eau à épurer avec des cultures bactériennes libres développées à l'intérieur.

Le brassage permet d'homogénéiser le mélange des flocs bactériens avec l'eau usée et d'éviter leur dépôt. Qui présentent les caractéristiques suivantes pour chacun :

- Langueur : 49,50 m
- Largeur : 16,50 m

- Hauteur moyenne : 4 m
- Surface : 817 m^2
- Volume : 3250 m^3
- Nombre d'aérateur : 03

Figure (14) : bassin biologique (ONA)

3.7. La clarification

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

- Hauteur moyenne : 3,10 m
- Surface : 530 m^2
- Diamètre périphérique : 26 m
- Volume : 2550 m^3

Figure (15) : le clarificateur (ONA)

3.8. La stabilisation

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

- Langueur : 49,50m
- Largeur : 13,25m
- Hauteur moyenne : 4 m
- Surface : 656m^2
- Volume : 2550 m^3

Figure (16) : Bassin de stabilisation (ONA)

3.9. L'épaississement

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

- Diamètre : 49,50 m
- Hauteur : 4 m
- Surface : 176 m^2
- Volume : 740 m^3

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

Figure (17) : Épaississeur (vue au-dessus)

Figure (18) : Épaississeur (ONA)

3.10. Séchage

Les boues épaissies sont envoyées vers les lits de séchage où elle séjourne entre 20 à 24 jours (figure 19) ; la station compte vingt lits dont les caractéristiques unitaires sont les suivantes :

- Langueur : 30 m
- Largeur : 15m
- Hauteur de remplissage de boue : 0,70 m
- Surface : 450 m^2

Figure (19) : Les lits de séchage (ONA)

Une fois la boue est séchées, la dernière étape consiste en leur l'extraction, manuellement. Suite les boues seront déplacées vers ''l'aire de stockage des boues'' (figure 20), qui sont récupérées par des agriculteurs.

Figure (20) : Aire de stockage des boues (ONA)

CHAPITRE II

1. 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.

2. Prélèvement et échantillonnage

La méthode appliqué dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est celle de l'échantillon composite ; elle consiste à prélevé 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 constitué l'échantillon moyen à analyser par la suite. Cette méthode permet donc de récolté 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.

2.1. Les analyses effectuées

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

3. Détermination des caractéristiques de la boue

3.1. Matières sèches (MS)

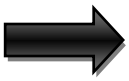
La matière sèche (MS) est ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un produit.

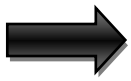
Le pourcentage de matière sèche est le ratio entre le poids de la matière sèche et la masse de la matière non-séchée (hydratée).

❖ **Mode opératoire :**

- On pèse le papier filtre(P_0) et on le place dans un entonnoir qui est place 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 :

$$\mathbf{MS} = (\mathbf{P_1} - \mathbf{P_o}) \times \mathbf{1000/V}\ (\mathbf{g/l})$$





Filtration **Etuve** **Dessiccateur**

3.2. 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 rempli 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 inferieur 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 :

$$\mathbf{IB} = \frac{\mathbf{V_{30}\ dilué}}{\mathbf{MS}} \times \mathbf{facteur\ de\ dillution}$$

3.3. 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 pendants 2h.
- une fois la coupelle refroidie on procède à une dernière pesée pour avoir le poids (P_3), et on calcul la concentration des MVS selon cette formule :

$$\boldsymbol{MVS = (P_2 - P_3 / P_2 - P_0)\, X\, 100}$$

(P_2-P_0) : détermine le poids des MS.

4. Analyses des caractéristiques des eaux usées

4.1. Analyses quotidiennes

1. Température (C°)

Paramètre physique important dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions. A chaque prélèvement, on plonge la sonde thermométrique dans l'échantillon. On attend jusqu'à le thermomètre se stabilise et on fait la lecture.

Thermomètre

2. pH

C'est le même principe que la température on prolonge l'électrode dans l'échantillon, on attend jusqu'à la stabilisation et on fait la lecture.

pH mètre

3. MES (mg/l)

Avec un spectrophotomètre, on choisit le programme qui convient, et on verse dans 3 flacons de 25 ml :

- Dans le 1er flacon prépare le blanc comme référence (rempli d'eau distillée) ;
- Un échantillon de l'effluant prélever à l'entré de la STEP ;
- Un échantillon de l'effluant prélevé à la sortie de la STEP.

On prend le blanc, on l'essuie bien, l'introduire dans l'appareil, on met le couvercle et on appuie sur « zéro ». Ensuite on introduit les échantillons préalablement agités et on appuie sur « Read », on a la valeur des MES qui s'affiche.

Spectrophotomètre

flacons

4. Conductivité (µS/cm)

On étalonne le conductimètre puis on plonge la sonde du conductimètre, ensuite on aura la valeur des échantillons (entrée et sortie de la STEP).

Conductimètre

5. 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 (entré, 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.

4.2. Analyse complète

1. Principe d'échantillonnage :

Pour cette analyse on réalise un échantillonnage **composite** (qui consiste à prélevé deux à trois fois par jour un volume déterminé), ensuite le conservé au réfrigérateur à 4°c pendant 24h.Le lendemain, on mélange les échantillons et les laisser à la température ambiante avant de commencer l'analyse.

2. Mesure de la DBO_5 (mg d'O_2/l)

On agite un peu pour homogénéiser et on prélève 432ml d'eau épurée et 97 ml d'eau brute dans deux bouteilles, et ceci avoir amené l'échantillon a une température qui avoisine les 20°C

- Introduire un barreau magnétique dans chaque bouteille.
- Placer 3 à 4 graines de KOH dans les couvercles (qui permettent d'absorber le CO_2 dégagé). Placer les oxytops sur les bouteilles en les serrant bien.
- On appuie sur les deux boutons de l'oxytop en même temps pour lancer la lecture, a l'affichage du zéro.

- Les échantillons sont ainsi laissés dans le DBO mètre à température constante (20°c) sur des agitateurs magnétiques, et dans l'obscurité pendant 5 jours.
- Après 5 jours, on procède à la lecture.

DBO mètre

Enceinte DBO mètre

3. Mesure de la DCO (mg d'O_2/l)

On procède pour la méthode normalisée, bien qu'elle à des avantages par rapport au coût et la fiabilité mais elle génère des déchets, cette méthode permet de déterminer la teneur totale en matière organique oxydable des eaux.

❖ **Mode opératoire :**

Mode opératoire

On prépare 4 tubes : Etalon, Blanc, Eau épurée, Eau brute.

- Etalon : On prend 10ml de la solution hydrogénophtalate de potassium.
- Le blanc : 10ml d'eau distillée.
- 10ml d'eau brute (entrée).
- 10ml d'eau traitée (sortie).
- On ajoute 5 ml de dichromate de potassium dans chaque tube pratiquée dans une hôte, on ajoute 15ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent plus un régulateur d'ébullition dans chaque tube.
- On chauffe ces derniers à 150°c pendant 2heures, raccordés à des tubes réfrigérants.
- Après refroidissement on verse 45 ml d'eau distillée dans chaque tube et deux gouttes de l'indicateur ferroine.
- Titrer la solution avec le sulfate de fer et d'ammonium.
- Puis on procède au calcule.

$$DCO = \frac{8000 \cdot c. (V_1 - V_2)}{V_o}$$

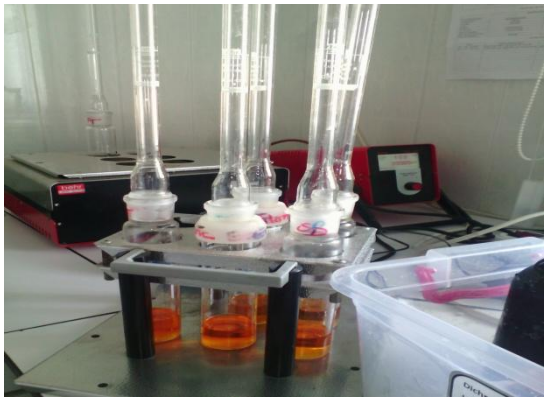
V_0: Volume en de la prise d'essai (en ml) ;

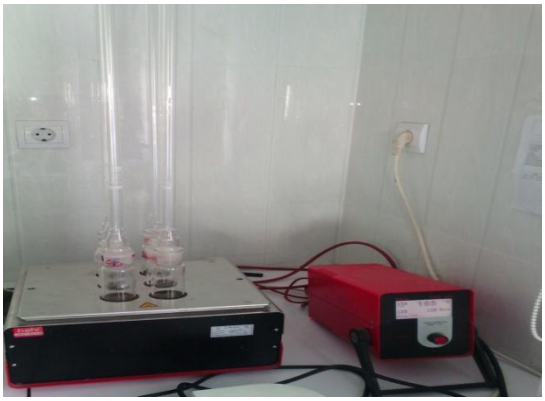
V_1: Volume de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc (en ml);

V_2: Volume de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour la détermination (en ml);

c: concentration en quantité de matière de la solution de sulfate de fer et d'ammonium (mole/l).

8000 : la masse molaire de ½ O_2 (mg/l).





Réacteur à DCO

4. Détermination des nitrates (NO_3^-)

❖ **Mode opératoire :**

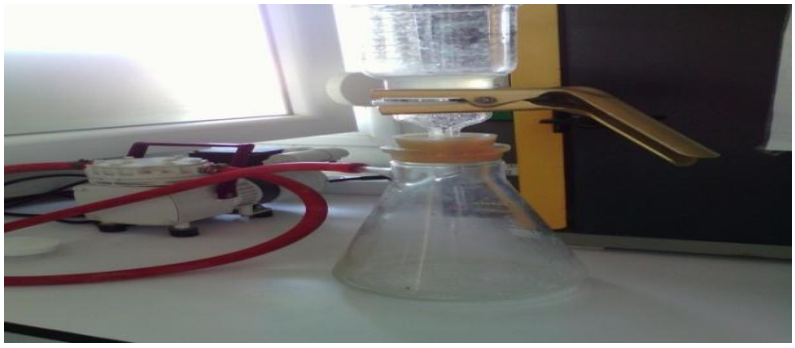
a) Entrée (faible concentration 0 à 0,4 mg/l)

- 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 nitriver 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 nitraver 5 avec 1 min d'agitation et 5 min de réaction.
- On prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon.



Dispositif de filtration sous vide (filtration de l'eau brute)

5. 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 nitriver 3 avec agitation et 15 min de réaction.
- On prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon.

6. Détermination de l'Azote ammoniacal ($N\text{-}NH_3$) :

❖ **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 Cyanurâtes d'ammonium avec agitation et 15 min de réaction.

7. 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.

Traitement des données :

Excel 2007 fait partie de la suite bureautique et base de données intégrée Microsoft Office 2007. Cet outil puissant permet la création, la mise en forme des feuilles de calcul ainsi que l'analyse et le partage des informations et la représentation de ces derniers sous forme des graphes et des courbes.

I : interprétation des résultats « Eau »

Durant notre stage qui s'est déroulé du 06 au 17 Mars 2016 nous avons procédé é l'analyse des :

- paramètres quotidiens : pH, température turbidité conductivité et MES.
- Paramètres hebdomadaires : nitrites, nitrates, ammonium, DBO_5 et DCO.

❖ **La température**

La figure (21) montre que les températures de l'eau d'entrée se situent entre 14,2 et 15,8 °C, et celles de l'eau à la sortie se situent entre 13,7 et 15,1°C elles sont inferieur à la norme de l'OMS fixée 30°C, nous observons une légère augmentation avec l'augmentation des températures saisonnière.

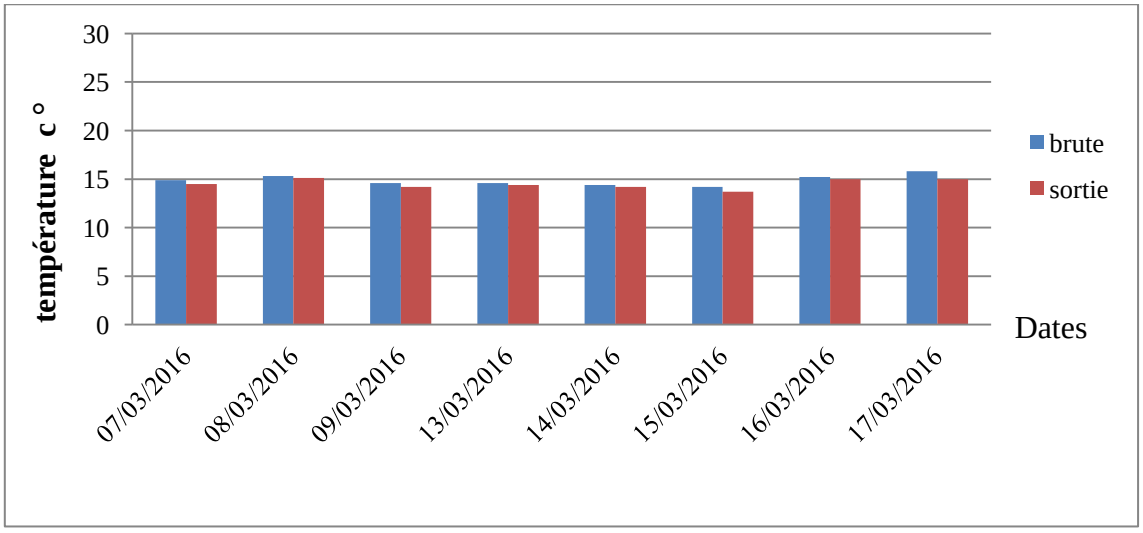


Figure (21) : Evolution de la Température de la STEP Est de Tizi-Ouzou**.**

❖ **Potentiel hydrogène**

La figure (22) Indique que le pH d'entrée se situe dans l'intervalle allant de 7,26 a 7,76 par contre le pH de sortie est compris entre 6,99 et 7,53. Ces valeurs sont conformes

aux valeurs indiquées par l'OMS (6,5-8,5). Le pH de nos échantillons est favorable pour l'activité microbienne.

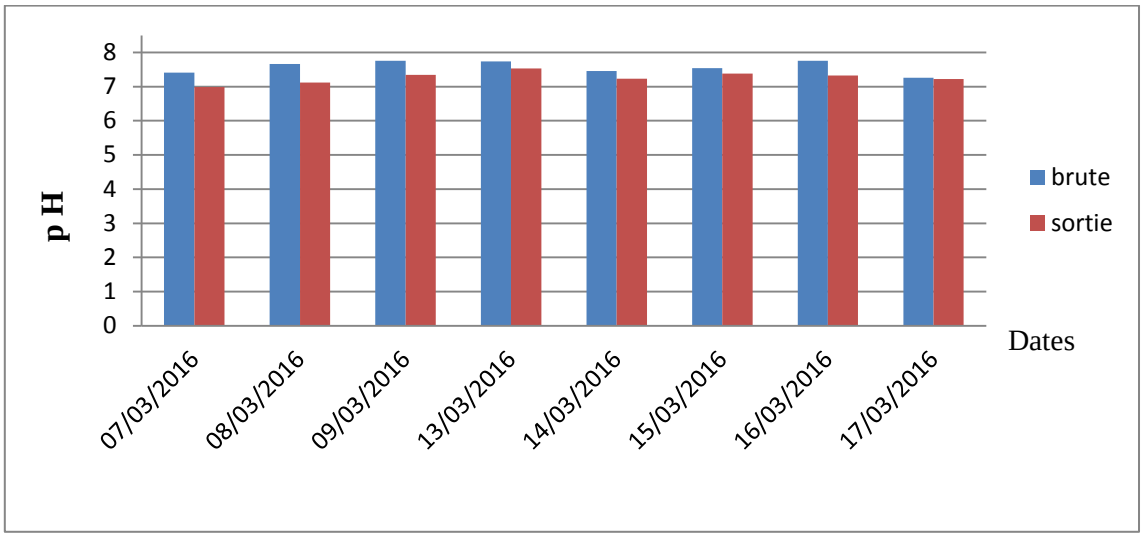


Figure (22) : Evolution du pH de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Turbidité**

La figure (23) indique que la turbidité de l'eau d'entrée est comprise entre 112 et 298 FTU alors que celle de l'eau de sortie est comprise entre 10 et 24 FTU. La diminution importante de la turbidité est due a la réduction de la concentration des MES d'eau ; elles passent de 248,63 mg/ l jusqu'à 11,5 mg/l grâce aux différents procédés de traitement.

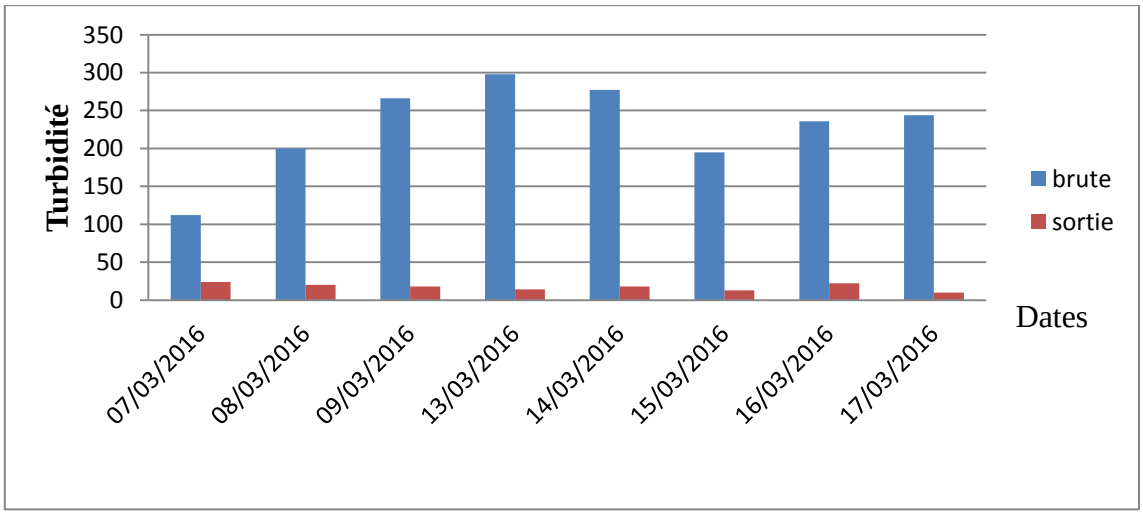


Figure (23) : Evolution de la Turbidité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Conductivité**

La figure (24) traduit que la conductivité de l'eau à l'entrée est située dans l'intervalle allant de 919 à 1244 µS/cm et celle de l'eau de sortie entre 807à 982 µS/cm. Elle est légèrement inférieure à celle de l'entrée, cette diminution est due à la réduction de la conductance des particules par leur élimination via les différentes étapes d'épurations.

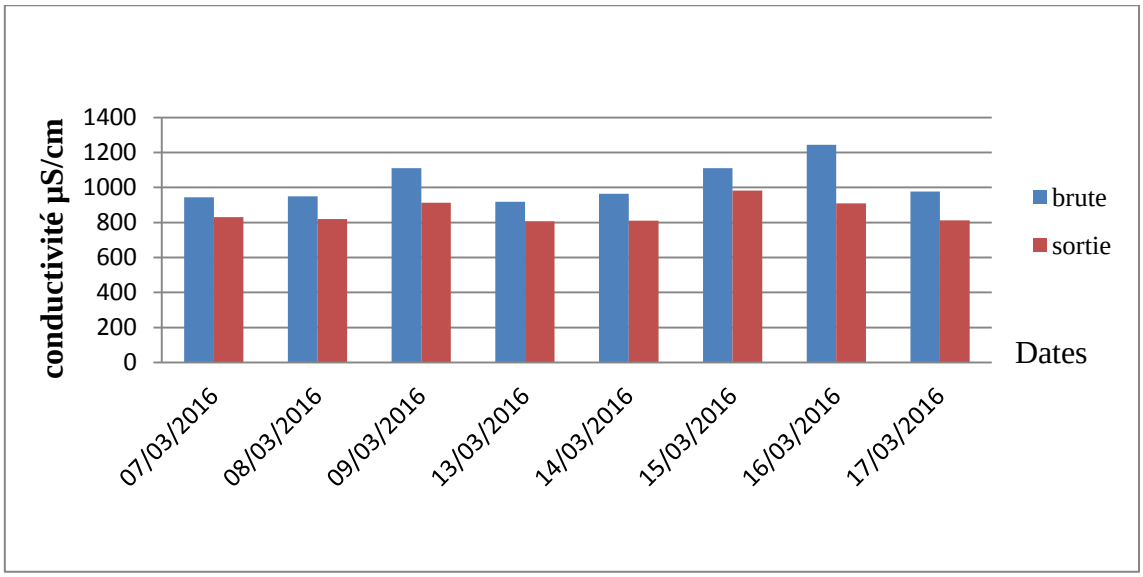


Figure (24) : Evolution de la Conductivité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Matières en suspension ''MES''**

La figure (25) montre que les valeurs des MES de l'eau d'entrée sont situées dans la fourchette de 192 a 300 mg/l leurs concentrations sont élevées par rapport à la norme (30 mg/l) ceci s'explique par l'importance pluviométrie enregistrée durant le mois de Mars 2016. Ces derniers charrient les particules apportées par les rejets urbains, les terrains et les talwegs traversés. Les concentrations des MES dans l'eau de sortie situées entre 8 et 15 mg /l sont inférieurs à la norme fixée par l'OMS (30 mg /l), ceci est du à leur élimination par agglomération physique, ensuite floculation et absorption des matières organique solubles.

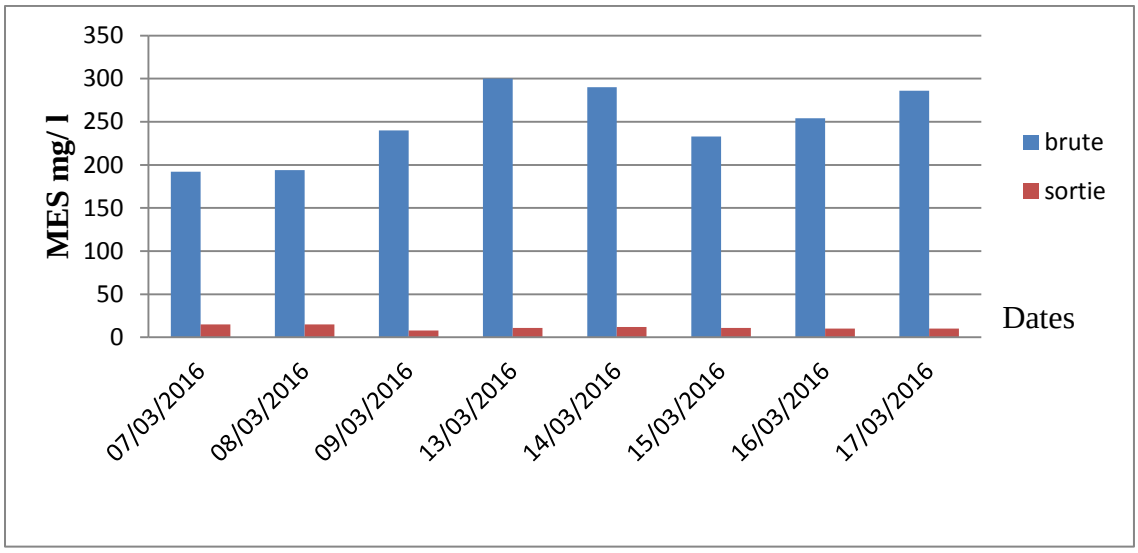


Figure (25) : Evolution des MES de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

A l'entre de la station nous remarquons des teneurs très élevées en DCO. Elles varient entre 384 et 457,8 mg/l en DCO. Ces variations son dues aux fortes précipitations enregistrées durant mois de Mars 2016, les pluies abondantes charrient des concentrations importantes en polluants, l'élimination de ces polluants nécessite une consommation de fortes teneurs en oxygène (Figure 26). A la sortie nous remarquons des teneurs en DCO inférieurs à la norme recommandée par l'OMS (90 mg d'O_2/l). Ces faibles valeurs de la DCO sont dues à l'élimination d'une partie importante de la matière organique exigeant une présence forte d'O_2 pour son activité pendant le traitement subit par les eaux usées.

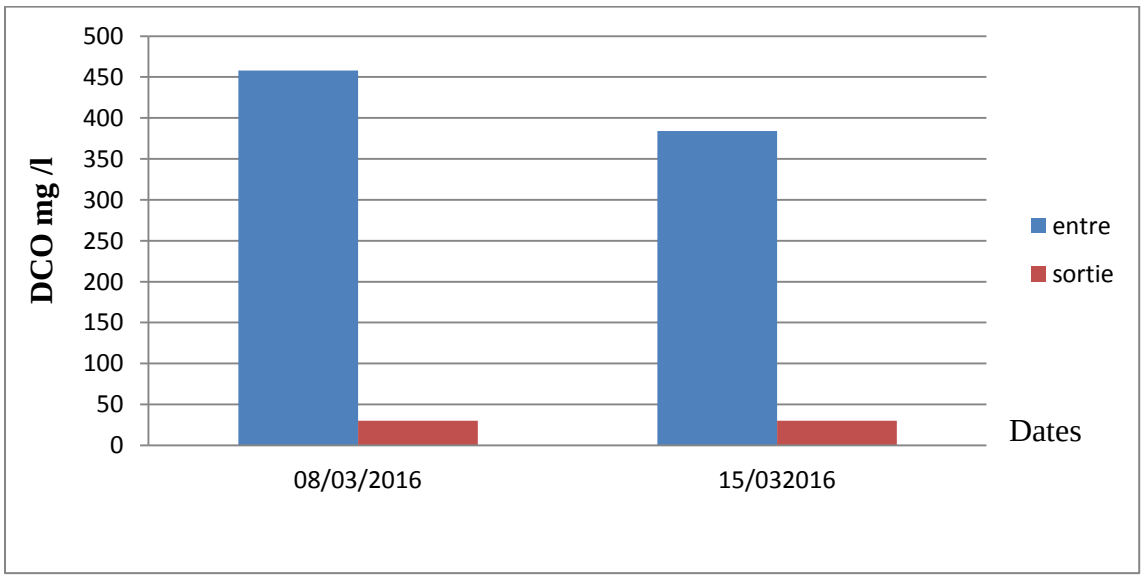


Figure (26) : Evolution de la DCO de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Demande biochimique en oxygène (DBO_5)**

La représentation graphique (27) indique que les valeurs de la DBO_5 à l'entrée sont très élevées par rapport à la norme fixée par l'OMS (30 mg/l). Elles sont comprises entre 220 et 330 mg d'O_2/l. Elles sont le résultat des précipitations importantes enregistrées au mois de Mars 2016. A la sortie, les valeurs de DBO_5 sont comprises entre 9 et 12 mg d'O_2/l elles sont inférieures à la norme OMS. Ceci est due a la diminution du taux de matières organiques MES réduite jusqu'à 10 mg/l. Cette action réduit les populations des microorganismes chargées de la pollution biodégradable. La quantité d'oxygène consommée est ainsi réduite.

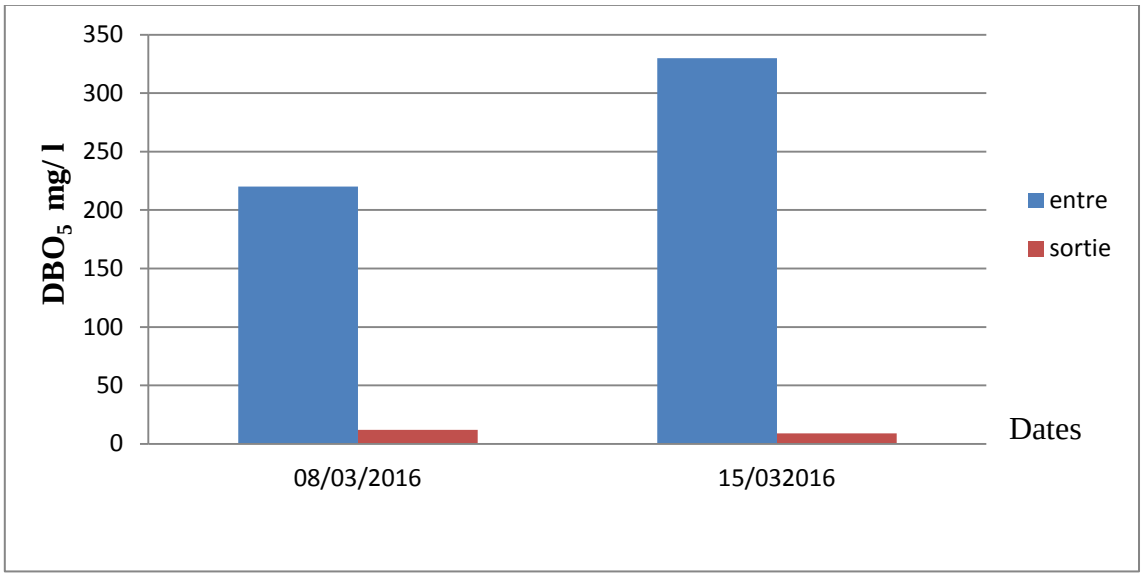


Figure (27) : Evolution de la DBO de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Po_4^{3-}**

La valeur moyenne des phosphates à la sortie est de 1,95 mg/l qui est inferieur à la norme (2m g/ 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 **(**Figure 28).

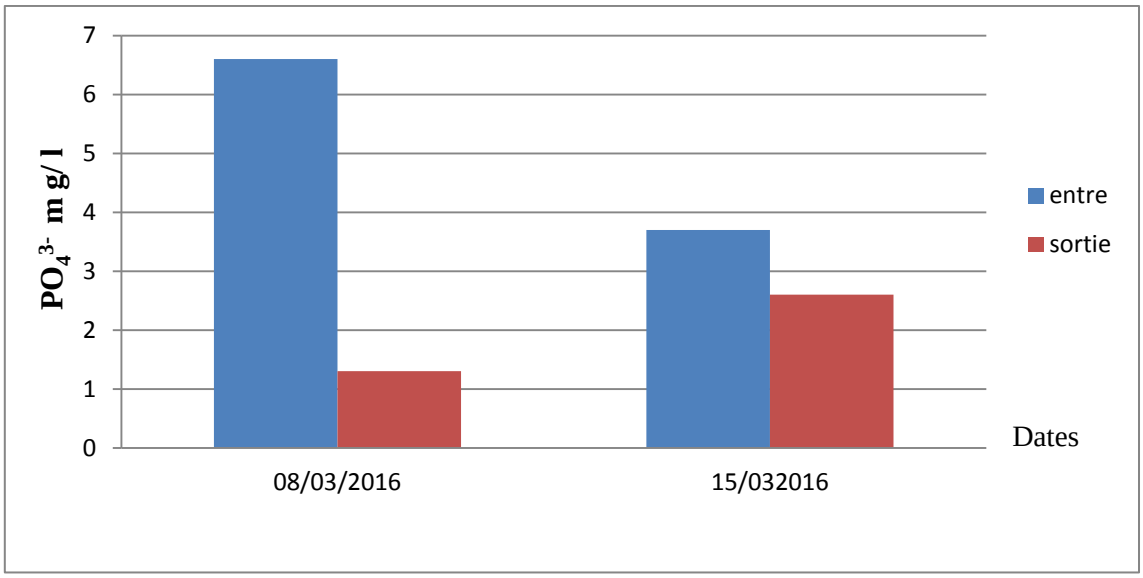


Figure (28) : Evolution de Phosphore Po_4^{3-} de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **$NH4^+$**

La figure (29) montre que les valeurs de l'ammonium sont élevées à l'entrée, elles se trouvent dans la fourchette de 28,38 et 29,67 mg/l, elles sont dues à un rapport important en pollution ammoniacale résultant de la présence de déjection animales, humaines et le produit des activités humaines (comme l'agriculture). A la sortie, les concertations en azote ammoniacal sont comprises entre 3,22 et 5,16 mg/l, on a observé des concentrations très faible ceci s'explique par une bonne ammonification.

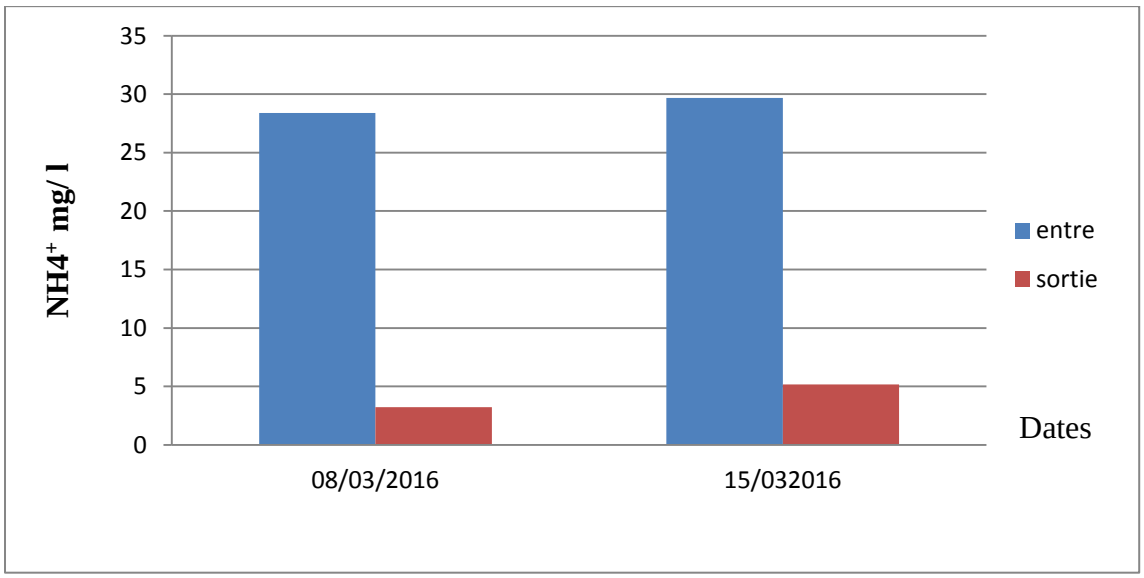


Figure (29) : Evolution des $NH4^+$ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

❖ **Nitrite NO_2^-**

Les valeurs de NO_2^- à l'entrée sont situées entre 0,426 et 0,94 mg/l. A la sortie elles sont comprises entre 0,297 et 3,168 mg/l (figure 30). Cette diminution et le résultat de la nitrification, elle correspond à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates, après transformation de l'azote organique en azote ammoniacal (ammonification) par l'intermédiaire des Nitrobacters qui oxydent les nitrites en nitrates.

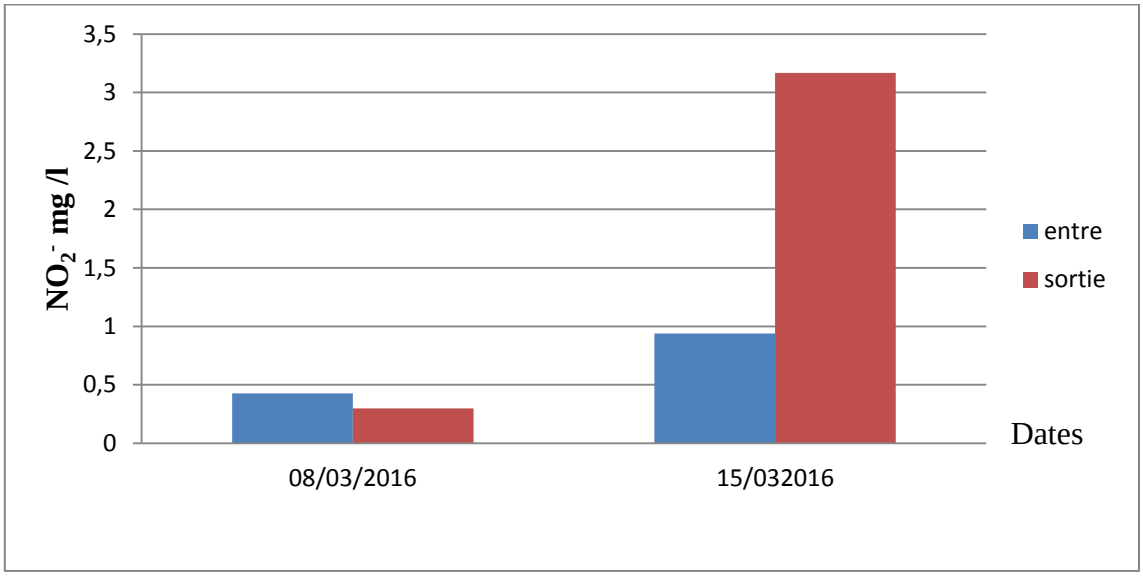


Figure (30) : Evolution des Nitrite NO2 ⁻de la STEP Est de Tizi-Ouzou**.**

❖ **Nitrate NO_3^-**

D'après la représentation graphique (31), les teneurs en nitrates à l'entrée ne sont pas élevées, elles sont comprises entre 1,76 et 1,93 mg/l. A la sortie, elles se situent entre 11,4 et 18 mg/l Du fait de la concentration d'Azote nitrique a augmenté à cause de la nitrification de l'azote ammoniacal, ceci est attribué aux conditions anoxies qui a régné pendant ces périodes à l'intérieur du bassin d'aération du fait que la station était a l'arrêt (temps pluvieux).

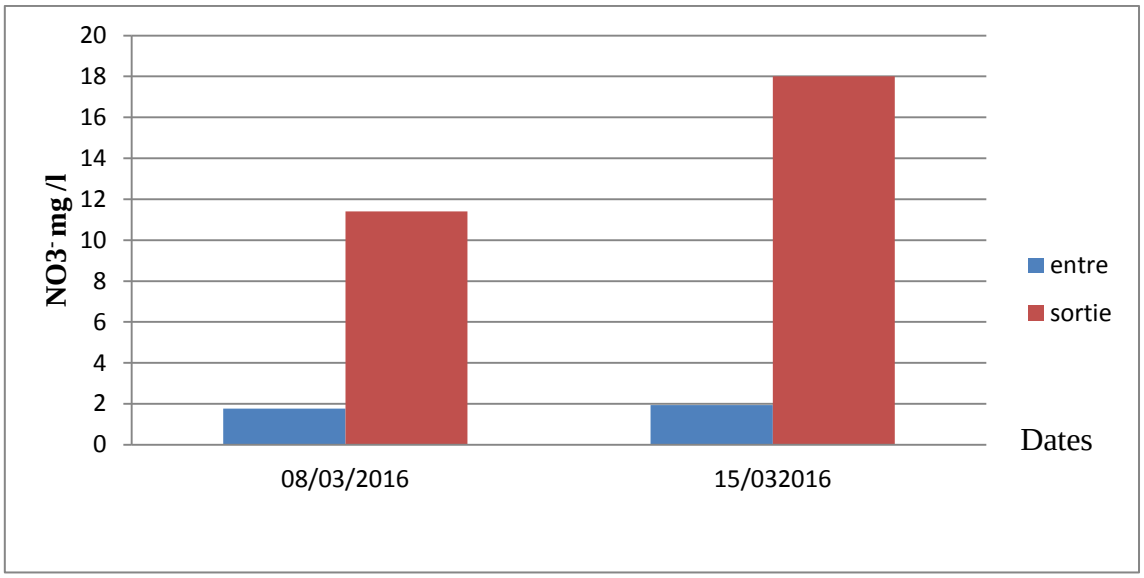


Figure (31) : Evolution des Nitrate NO_3^- de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

II : interprétation des résultats « Boue ».

Les résultats obtenus pendant la durée de stage de la filière boues de la STEP sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau (06) : résultats obtenus au niveau du bassin d'aération.

Aération						
Date	09/03/2016		14/03/2016		16/03/2016	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	3,27	3,37	3,92	4,30	4,20	4,90
MVS %	/	/	66,78	69,83	/	/

Tableau (07) : résultats obtenus au niveau du bassin de stabilisation.

Stabilisation						
Date	09/03/2016		14/03/2016		16/03/2016	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	10,13	11,10	/	/	13,66	13,9
MVS %	/	/	71,35	72,61	/	/

Tableau (8) : résultats obtenus au niveau du puits à boues.

Retour						
Date	09/03/2016		14/03/2016		16/03/2016	
Paramètre	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
MS (mg/l)	10,95	10,74	12,75	11,16	12,98	14,7
MVS %	/	/	/	/	/	/

Les résultats de **MS et MVS** sont toutes proches des normes ceci indique que le traitement biologique est efficace.

❖ **Indice de boue :**

La figure (32) montre que l'IB varie entre 80 et 170, la constitution du floc et la décantation se font de manière normale.

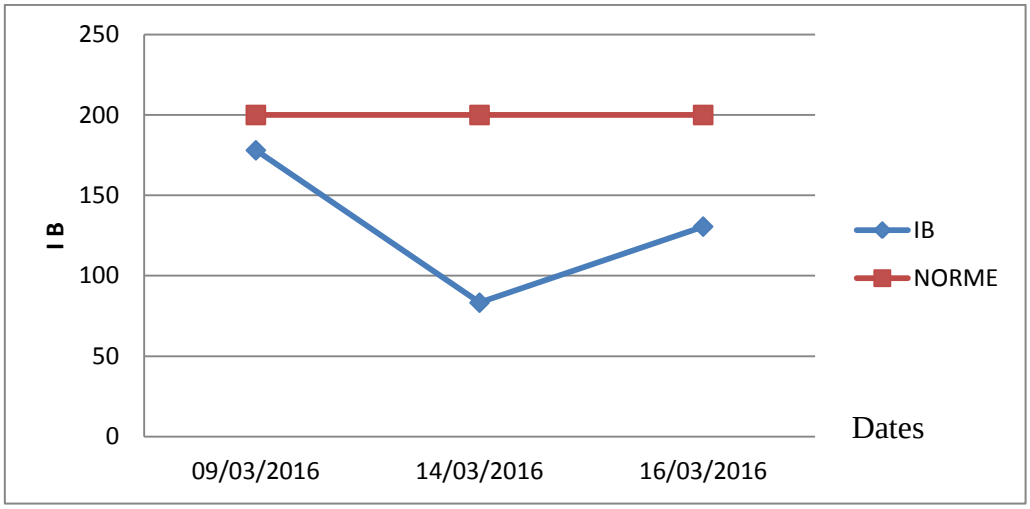


Figure (32) : Evolution de l'IB de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

III : Estimation des taux de participations en EH/ ha/ an en eau, en azote et en phosphore de l'effluent traité de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou en vue d'une valorisation agricole.

1. Estimation des taux de participation en eaux de la station d'épuration :

Les calculs sont effectués sur une station d'épuration d'une capacité de 120 000 EH avec un débit journalier de 18 000 m^3/ j, d'où un volume total annuel de 6 570 000 m^3. Sachant que le déficit hydrique annuel à Tizi-Ouzou est de 600 mm **(Metahri, 2012)** ce qui correspond à un volume de 6 000 m^3/ ha et une moyenne de 109 EH/ ha.

Le volume total annuel 6 570 000 m^3 permettra de couvrir une superficie de 1 095 ha des sols de la vallée du moyen Sebaou.

2. Estimation des taux de participation en azote de la station d'épuration :

Tableau (9) : les besoins en azote et en phosphore de divers culture en kilogrammes par hectare et par an dans la wilaya de Tizi-Ouzou **(Metahri, 2012).**

Espèce	Age	Azote (kg/ha/an)	Phosphore (kg/ha/an)
Agrumes	Jeunes plants	70	70
	Jeunes adultes	220	160
Noyaux et pépins	Jeunes plants	35	10
	Jeunes adultes	130	120
Rustiques (olivier)	Jeunes plants	17	20
	Jeunes adultes	70	80
Vigne	Jeunes plants	17	20
	Jeunes adultes	130	100
Maraîchage		240	150
Autres cultures		100	120

A partir des moyennes du tableau (9) relative aux besoins en phosphore de certaines cultures par hectare et par an pour la région de Tizi-Ouzou, nous avons établi la relation

d'équivalent-habitant par hectare en production d'azote et de phosphore dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou et ce, en tenant compte des besoins en azote et en phosphore des plants adulte pour les agrumes et la vigne qui sont au stade de production.

1.1. Les agrumes :

La valeur moyenne relative à la concentration en azote de l'effluent à la sortie de la station est de l'ordre de 44,98 mg/ l **(Metahri, 2012),** le flux annuels correspond à 295,51 tonne d'azote, et le taux de participation annuel pour ces cultures est de 292 EH/ ha. Le flux annuel pourra satisfaire une superficie de 410.41 ha/ an des sols de la vallée de moyen Sebaou.

1.2. La vigne

La valeur moyenne relative à la concentration en azote de l'effluent à la sortie de la station est de l'ordre de 44,98 mg/ l **(Metahri, 2012),** le flux annuels correspond à 295,51 tonne d'azote, et le taux de participation annuel pour ces cultures est de 231 EH/ ha. Le flux annuel pourra satisfaire une superficie de 518,42 ha/ an des sols de la vallée de moyen Sebaou.

3. Estimation des taux de participation en phosphore de la station d'épuration :

3.1. Les agrumes :

La valeur moyenne relative à la concentration en phosphore de l'effluent à la sortie de la station est de l'ordre de 23,7 mg/ l **(Metahri, 2012),** le flux annuels correspond à 155,7 tonne d'azote, et le taux de participation annuel pour ces cultures est de 607 EH/ ha. Le flux annuel pourra satisfaire une superficie de 97,92 ha/ an des sols de la vallée de moyen Sebaou.

3.2. La vigne

La valeur moyenne relative à la concentration en phosphore de l'effluent à la sortie de la station est de l'ordre de 23,7 mg/ l **(Metahri, 2012),** le flux annuels correspond à 155,7 tonne d'azote, et le taux de participation annuel pour ces cultures est de 506 EH/ ha. Le flux annuel pourra satisfaire une superficie de 124,74 ha/ an des sols de la vallée de moyen Sebaou.

III. Valorisation agricole de l'effluent solide (boue) :

Dans le but d'assurer un épandage optimale des boues résiduaires urbaines en agriculture et de recycler les matières utilisables par les sols et les plants ; les analyses des ions métalliques dans les boues résiduaires fraîches de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou ont été effectuées et consignées dans le tableau 10.

Tableau 10 : concentration en métaux lourds des boues résiduaires fraîches de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou en mg/kg de Ms.

Métaux lourds	Boues fraîches (mg/kg de Ms)	Valeurs limites dans les boues (mg/Kg MS)	Valeurs limites dans les sols (mg/Kg Ms)
Cadmium Cd	1	20	2
Chrome Cr	35	1000	150
Cuivre Cu	110	1000	100
Mercure Hg	/	10	1
Nikel Ni	21	200	50
Plomb Pb	58	800	100
Zinc Zn	323	3000	300

Pour préserver les teneurs naturelles du sol en éléments traces métalliques lors de l'utilisation de boues en agriculture, des réglementations ont été mises en place et les valeurs limites des effluents sont consignées dans le tableau 10. **(METAHRI, 2012).**

L'examen des analyses concernant les métaux lourds effectuées sur les échantillons de boues de la STEP Est, ne révèlent aucune contre indication (menace de toxicité) par rapport aux normes.

L'utilisation de ces boues sur le sol serait très avantageuse, car elle permet de lui apporter des quantités non négligeables en matières organiques et minérales (Ca, Mg, K, P).

Conclusion Générale

La réutilisation des eaux usées permet non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'engrais organiques à minéralisation progressive, mais également de protéger les eaux superficielles et souterraines pour les vocations nobles à savoir l'AEP et limiter ainsi l'usage excessif d'engrais minéraux.

Le présent travail a pour objectifs :

- La gestion rationnelle des ressources hydriques conventionnelles et non conventionnelles à fin de répondre aux besoins globaux en eaux des populations qui s'élèvent actuellement à près de 1700 m^3/ha/an.
- L'optimisation des entrées et sorties de l'azote et du phosphore dans les compartiments, sol, eau, plantes pour une meilleure valorisation des eaux usées en irrigation par la caractérisation et l'estimation en équivalent habitant par hectare de l'azote et du phosphore de l'effluent urbain traité de la station d'épuration.

Dans un premier temps nous avons effectué des analyses des eaux usées brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Les paramètres de pollution étudiés sont : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologie en oxygène (DBO), le phosphore total P-PO_4^{3-}, les formes d'azote ; NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-,). Ils montrent que leurs valeurs ne présentent aucun danger quant à leur réutilisation en agriculture et sont dans les normes requises pour leur rejet direct dans le milieu aquatique et donc, sans aucunes nuisances pour l'environnement.

Les valeurs relatives aux taux de participations de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou sont de (109 EH /ha) en eau, (292 EH /ha) en azote et (607 EH /ha) en phosphore, ces apports obtenues sont intéressants pour une valorisation agricole. Ces contributions correspondent à flux annuel de 98,5 tonnes d'azote organique, 23,65 tonnes de phosphore organique et un total annuel de 6 570 000 m^3 d'eau.

Les avantages d'une bonne réutilisation des eaux traitées sont multiples à savoir :

- La valorisation enrichi les sols sans recourir à des engrais chimiques ;
- Participer à la protection de l'environnement et au développement durable ;
- Amélioration des propriétés physico-chimiques des sols ;
- Epuration extensive gratuite ;
- Economiser les ressources en eau de bonne qualité pour les besoins les plus nobles (boissons).

Le traitement de la boue est devenu un corollaire inévitable du traitement de l'eau, et nécessite des conditions convenable pour sa valorisation agricole; c'est le moyen le plus simple et le plus couramment utilisé.

Perspectives

- Affiner l'étude de la qualité de l'eau par la recherche d'autres produits toxiques dans l'eau usée traitée (hydrocarbures et les médicaments) ; la pollution médicamenteuse perturbe le traitement biologique et empêche la station de bien fonctionner.
- Réaliser des analyses microbiologique et parasitologique de ces effluents (eaux et boues).
- Généraliser l'irrigation des périmètres au voisinage des stations d'épuration, afin de faciliter l'acheminement des ces eaux.
- Effectuer des analyses des sols afin de fixer les conseils de fertilisation.
- Calcul des indicateurs de performances de la STEP Est a savoir :
  Ratio DCO/DBO_5 ; DCO/P_T ; C/N/P. ; NH_4^+ /NTK ; MES/DBO ; MVS/MES et DCO/NTK
  Qui serviront d'outil de suivi et permettront de piloter l'exploitation des STEP, et une meilleure maîtrise du service d'assainissement.

Pour conclure, nous emprunterons ces quelques lignes à Faby (1997) : ***« La réutilisation des eaux usées épurées n'est pas assez exploitée comme pratique d'assainissement et de sauvegarde de la qualité sanitaire et écologique des milieux récepteurs ordinaires. Les exigences croissantes relatives à la qualité des milieux récepteurs sensibles devraient être l'occasion de montrer qu'il y a souvent avantage à trouver d'autres destins aux eaux usées que leurs rejet dans le milieu récepteurs ».***

« Le défi est grand, la ressource est vitale et l'eau c'est la vie ».

Référence Bibliographique

❖ Référence bibliographique

- **ABA-AAKI, 2012 :** Elimination des métaux lourds (Cd, Pbn Cr, Zn et As) des eaux usées industrielles et naturelles par le procédé d'infiltration-percolation thèse doctorat. Agadir Maroc.
- **AFD, 2011 :** Réutilisation des eaux usées traitées : Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, Rapport final de l'Agence Française de Développement, France, 91 p.
- **Anctil, F. 2008 :** l'eau et ses enjeux p228.
- **BAUMONT .S, 1997 :** Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en île de France, 222p.
- **Bourrier .R, 2008 :** les réseaux d'assainissement calculs-applications-perspectives, 5eme Edition Lavoisier, paris, Page 1009.
- **BOUZIANI M., 2000** : L'eau (de la pénurie aux maladies). Ed, IBN KHALDOUN, 247 p.
- **BELHANI. M, 2008 :** analyse de cycle de vie exergétique de système de traitement des eaux résiduaire thèse doctorat, institue national de polytechnique de lorraine.
- **Bechac, et all, 1987 :** traitements des eaux usées, 2eme Edition eyrolles paris
- **BENZARIA. M, 2008 :** Approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation, comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, université du Québec à Montréal.
- **Cauchi, 2011 :** petites installations d'assainissement, édition Technip, paris, Page 402.
- **Canler et all 1999** : aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées, Edition Cemagref . page 151.
- **DHAOUADI .H, 2008** : Traitement des eaux usées urbaines ; les procédés biologiques d'épuration, Tunis, Edition 2008.
- **Defranceschi. M, 1998 :** L'eau dans tous ses états, Edition ellipses, Page 127.
- **DEGREMONT 1989**.Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome I, paris.
- **DEGREMONT, 2005 :** Mémento Technique de l'eau, 10ème édition Lavoisier, Tome I, paris.
- **DEGREMONT,2005 :**Mémento Technique de l'eau, 10ème édition Lavoisier, Tome II, paris.
- **Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010.**
- **DJEDDI. H, 2007 :** utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Dip Magistère, Option : Ecologie végétale, UMC.

- **DESJARDINS .R, 1997 :** Le traitement des eaux deuxième Edition de l'école polytechnique de Montréal
- **Djeddou, 2014 :** prévision du taux d'échec avec les réseaux neurones artificiels dans une station de traitement des eaux résiduaires, thèse doctorat UMK. Biskra**.**
- **EL HAITE .H, 2010 :** Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne
- **FAO, 2003 :** Irrigation avec les eaux usées traitées, Manuel d'utilisation, Rome, Italie, 68 p.
- **Gaid. A, 1984** : épuration biologique des eaux usées urbaines tom II
- **Gaujous D, 1995 :** La pollution des milieux aquatiques, Edit. Lavoisier Techniques et Documentation, Paris, 220 p.
- **Gérard.G, 1999 :** l'eau usages et pollution, édition Coord, tom II.
- **Jardé, 2002 :** Composition organique de boues résiduaires de stations D'épuration lorraines Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation, thèse Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy I
- **Journées internationales d'étude des eaux, 1997 :** La déphosphatation des eaux usées, édition CEBEDOC.
- **JORAD, 2012 :** Valeurs limites des paramètres de rejets diffluents liquides. Journal Officiel de la République Algérienne, N° 41**,**15 juillet 2012, Algérie, 27 p.
- **KOLLER, 2009** : traitement des pollutions industrielles : eau, air, sol et boues. édition 2009.
- **Ladjel.F, 2004 :** l'exploitation des eaux usées urbaines dans la station CFMA-Boumerdes).
- **Lagardette .J, 2004 :** l'eau potable et l'assainissement, Edition johanet , Page 154.
- **LE HYARIC. R, 2009 :** Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration, thèse doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- **LOUNNAS , 2009 :** amélioration des procèdes de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda.
- **METAHRI .M.S, 2012 :** Elimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées (thèse de doctorat).UMMTO.
- **METAHRI .M.S, 2015 :** Ecology & Safety, volume 9,2015, Evaluation of cultivated land required for tertiary treatment of secondary effluent from the East WWTP of Tizi-Ouzou(algeria).

- **METAHRI .M.S, 2016 :** Agriculture & food, volume 4,2016, Effect of the gamma radiation on the abatement of nitrogen pollution, phosphate and disinfection of treated waste water of the WWTP.
- **Morel, J. 2007** : Les ressources en eau sur terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique – un tour d'horizon de la littérature.
- **Ouanouki, 2014 :** gestion de l'environnement traitement des eaux usées Edition page bleu.
- **OTV, 1997 :** Livre traiter et valoriser les boues, Edition N°2 Lavoisier, paris
- **ONEMA ,2009 :** Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final.
- **RODIER .J, 2005 :** l'Analyse de l'eau 8ème édition, Dunod Paris.
- **RODIER .J, 2009 :** l'Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 9ème édition, Dunod Paris.
- **RAMADE 2005 :** éléments d'écologie, écologie applique, 6ème édition, Dunod Paris.
- **RAMADE .F, 2011 :** Introduction à l'écochimie: Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme page 831 –Edition : Lavoisier .
- **REJSEK .F, 2002 :** Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques.
- **SETER, 2014 :** Service Etudes Travaux et Exploitation Réseaux, Reims Métropole, 2014.
- **Synteau, 2012 :** les fiches Synteau, eau usées n°5, novembre 2012.
- **Tiercelin .J, 2008 :** l'eau et les espace verts, Edition Lavoisier
- **VILAGINES R. (2003) :** Eau, environnement et santé publique : introduction a l'hydrologie. 2èmeEd, Lavoisier, Paris.

❖ Références web

- **www.cieau.com :** consulte le 26-05-2016 a 17H00.

Annexes

Tableau 4 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003).

Constituent	Utilisation à long terme[a] (mg/l)	Court terme[b] (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

[a] Pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols

[b] Pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins

PARAMETRES PHYSICO – CHIMIQUES (JORAD, 2012).

PARAMÈTRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physico-chimiques	pH	—	$6.5 \leq pH \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
Eléments toxiques(*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
	Zinc	mg/l	10.0

Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (JORAD, 2012)

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (l)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix,
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Résumé

L'objectif de notre travail est la caractérisation physico-chimique des effluents de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou, et l'évaluation de leur apports en équivalents-habitants par hectare en nutriments (azote et phosphore).

Les résultats d'analyse ont révélés que les eaux traitées présentent des caractéristiques satisfaisantes dans l'ensemble, un pH neutre avec une moyenne de 7,27 et une température moyenne saisonnière de 15 °C. Pour les MES, DBO_5 et DCO les moyennes sont respectivement de l'ordre de 11,5 ; 10,5 ; et 30 mg/l et 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 sont dues au processus de nitrification.
Les concentrations des métaux lourds dans la boue sont inférieures aux normes donc apte a la valorisation agricole.
Les taux de participation annuelle en eau, en azote et en phosphore obtenus sont de l'ordre de 109 EH/ ha pour l'eau, 292 EH/ ha pour l'azote et 607 EH/ ha pour le phosphore sur un total annuel de 6 570 000 m^3 d'eau.
Mots Clés : eau traité, boue, azote, phosphore, valorisation, élimination.

Abstract

The aim of our work is the physicochemical characterization of effluent from East Tizi-Ouzou. Treatment city perfection, and evaluation of their contributions in population equivalent per hectare of nutrients (nitrogen and phosphorus).

The results have revealed that the treated water have satisfactory characteristics in all, a neutral pH with an average of 7.27 and a seasonal average temperature of 15 ° C. For MES, BOD5 and COD averages are respectively about 11.5; 10, 5; 30 mg / l they comply with discharge standards. As regards the phosphorus and ammonium was good removal, by against was an increase in nitrate and nitrite levels that are due to the nitrification process. The concentrations of heavy metals present in the sludge are substandard therefore able to agricultural recovery.

The annual rate of water involvement, nitrogen and phosphorus obtained in the order of EH 109 / ha for water, EH 292 / ha for nitrogen and 607 EH / ha for phosphorus and an annual total of 6 570 000 m3 of water.

Keywords: treated water, sludge, nitrogen, phosphorus, valorization, elimination.