

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

Fin de cycle

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Eau et environnement

THÈME

Évaluation du rendement épurationnaire de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou

Réalisé par :

❖ M^{elle}. ARAB SAID Samra

❖ M^{elle}. REFSI Taous

Jury d'examen composé de :

- | | | | |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------|--------|
| ❖ Président : | M ^r BERRADJ O. | Maitre de conférences A | UMMTO. |
| ❖ Promoteur : | M ^r . SMAIL A. | Maitre de conférences B | UMMTO. |
| ❖ Co Promotrice : | M ^{me} . BERROUANE N. | Enseignante | UMMTO. |
| ❖ Examinatrice : | M ^{me} . AISSAOUI D. | Doctorante | UMMTO. |



Promotion : 2020/2021





Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remerciera Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nous tiens à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à **M^r SMAIL A.** pour avoir accepté de nous encadrer en ce sujet ainsi pour nous-y avoir guidé tout au long de la réalisation de ce travail, qu'il soit assuré de notre respectueuse reconnaissance.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à notre Co-promotrice **M^{me} BERROUANE N.** pour ces précieux conseils, et sa disponibilité durant toute la période de notre mémoire fin de cycle.*

Nous remercions vivement les membres du jury pour le temps qu'ils ont accordé à la lecture de ce modeste travail.

***M^r BERRADJ O.** maître de conférences A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*

***M^{me} AISSAOUI D.** enseignante à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*

*Nous ne manquerons pas de remercier notre doyen **M^r METAHRI M.S** et tous les enseignants du département des Sciences Biologiques et Agronomiques de l'UMMTO de nous avoir transmis un savoir et leurs expériences.*

Nous tenons à remercier chaleureusement, le personnel, les laborantines de la station Est de Tizi-Ouzou qui ont orienté notre travail, pour leurs disponibilités et leurs soutiens, qui nous ont permis de mener à bien notre travail au sein de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Merci à tous

DÉDICACES

Avant tout, je tiens à remercier DIEU le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté, la patience et m'a guidé à réaliser ce travail malgré tous les obstacles.

De tout mon cœur, je dédie ce modeste travail

À celle qui m'a comblé d'amour et de tendresse, à la bougie qui m'a éclairé le bon chemin Ma chère mère « Nadia »

Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur, Mon Père « Boussad »

À mes chers frères : Ahmed et Farid, pour leur conseils précieux tout au long de mes études

À mes adorables sœurs jumelles : Dalia et Meliza

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès : Narimane, Nesrine, Kenza, Samia, Liza, Sadia Nada, Ryma et toutes la promo « Eau et Environnement »

À tous mes enseignants et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.



SAMRA

DÉDICACES

Merci Allah de m'avoir donné la capacité de réaliser ce travail, et la patience d'aller jusqu'au bout de rêve et le bonheur de lever mes main vers le ciel et de dire « Ya Rahman »

Je dédie ce modeste travail

A mon idéal, l'être le plus généreux, ma source de tendresse et la fontaine de la compassion, l'être la plus chère dans le monde, la femme la plus patiente.

Ma chère mère « Djamila » qui ma soutenue à tous moments. Je leur dis «la vie sans toi rien». Je souhaite de prolonger votre âge avec bon santé.

A mes chers frères et adorables sœurs et leurs époux qui m'ont donné la force et le courage afin d'accomplir ce travail et l'aide d'avancé dans cette vie et attendent avec impatience mon succès « Yamina, Meziane, Kader, Malika et Fatima». A mes chers Anges «Daris, Amastan et Syphax ».

À mes collègues et mes chères amies qui souhaite leur rappeler toujours « Sadia, Nada, Fazi, Roza et Sabrina ... ». A tous les étudiants de S.N.V surtout spécialité «Eau et Environnement ». À tous mes enseignants. À tous ceux qui m'aiment, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

R. Taous



CITATION

« L'eau et l'air, les deux fluides essentiels dont dépend toute vie, sont devenus des poubelles mondiales. »

Jacques-Yves Cousteau.



Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Descriptions des principaux types de pollution des eaux entrant dans les stations d'épurations	7
Tableau 2	Normes de rejets de l'OMS et Algérienne	17
Tableau 3	Performances minimales des stations d'épuration des agglomérations devant traiter une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 120 kg/j de DBO ₅	32
Tableau 4	Performances minimales des stations d'épuration des agglomérations devant traiter une charge brute de pollution organique supérieur à 120 kg/j de DBO ₅	32
Tableau 5	Performances minimales des stations d'épuration des agglomérations devant traiter une charge brute de pollution organique supérieur à 120 kg/j de DBO ₅ et localisé en zone sensible	33
Tableau 6	Caractéristiques techniques de station d'épuration Est de Tizi-Ouzou	35
Tableau 7	Méthodes d'analyses	45
Tableau 8	Variation hebdomadaire du rapport DCO/DBO ₅	58

Numéro	Titre	Page
Chapitre I : Rappels bibliographiques		
Partie A		
Figure 1	Schéma explicatif du réseau unitaire	15
Figure 2	Schéma explicatif du réseau séparatif	15
Figure 3	Schéma explicatif du réseau pseudo-séparatif	16
Partie B		
Figure 4	Etapes d'épuration	19
Figure 5	Schéma d'un dégrilleur	20
Figure 6	Schéma d'un dessableur-déshuileur	21
Figure 7	Schéma de la filière disque biologique	23
Figure 8	Schéma de la filière lits bactériens	24
Figure 9	Schéma simplifié d'un système à boues activées	25
Figure 10	Schéma d'infiltration-percolation étanchée et drainée	26
Figure 11	Schéma de la filière filtre planté vertical et horizontal	26
Figure 12	Lagunage naturel	27
Figure 13	Lagunage aéré	28
Figure 14	Schéma générale de la nitrification-dénitrification	29
Chapitre II : Matériel et méthodes		
Figure 15	STEP de Tizi-Ouzou	35
Figure 16	Dégrilleur grossier	36
Figure 17	Point de prélèvement d'eau brute	37
Figure 18	Dégrillage fin	37
Figure 19	Bassins de dessablage-Déshuilage	38
Figure 20	Vise sans fin	38
Figure 21	Benne de récupération	38
Figure 22	Ponts de raclages	38
Figure 23	Soufflante du By-Pass	39
Figure 24	Bassins biologiques	39
Figure 25	Clarificateur	40
Figure 26	Point de prélèvement eau épurée	40

Figure 27	Poste de recirculation des boues	41
Figure 28	Bassin de stabilisation	41
Figure 29	Epaississeur	42
Figure 30	Lits de séchage des boues	42
Figure 31	Aire de stockage des boues	43
Figure 32	Eau brute	46
Figure 33	Eau épurée	46
Figure 34	pH mètre	46
Figure 35	Thermomètre	46
Figure 36	Flacons	47
Figure 37	Spectrophotomètre	47
Figure 38	DBO mètre	48
Figure 39	Enceinte DBO mètre	48
Figure 40	Réacteur à DBO	48
Figure 41	Filtration	51
Figure 42	Etuve	51
Figure 43	Déssicateur	51
Figure 44	Test de décantation	51
Chapitre III : Résultats et discussion		
Figure 45	Variation de la température	54
Figure 46	Variation de pH	55
Figure 47	Variation de la turbidité	56
Figure 48	Variation de MES	56
Figure 49	Variation de DCO	57
Figure 50	Variation hebdomadaire de la DBO ₅	58
Figure 51	Variation des orthophosphates	59
Figure 52	Variation d'IB de BA1 et BA2 de la STEP Est de Tizi-Ouzou	60
Figure 53	Variation de MS de BA1, BA2, BS1, BS2, BR1 et BR2 de la STEP Est de Tizi-Ouzou	61
Figure 54	Variation de MVS de BA1, BA2, BS1 et BS2 de la STEP Est de Tizi-Ouzou	61

Figure 55	Taux d'abattement de la DCO	62
Figure 56	Taux d'abattement de la DBO ₅	63
Figure 57	Taux d'abattement de MES	63
Figure 58	Taux d'abattement de turbidité	64
Figure 59	Rendement de réduction de PO ₄ ³⁻	64
Figure 60	Rendement de réduction de NH ₄ ⁺	65

BA₁	Bassin d'aération 1	MES	Matières En Suspension
BA₂	Bassin d'aération 2	MMS	Matières Minérales Sèches
BR₁	Boue de retour 1	MO	Matières Oxydable
BR₂	Boue de retour 2	MP	Matières Phosphorées
BS₁	Bassin de stabilisation 1	MVS	Matières Volatiles Sèches
BS₂	Bassin de stabilisation 2	NH₄⁺	Ammonium
CE	Conductivité Electrique	NH₃	Ammoniac
CO₂	Dioxyde de carbone	NO₂⁻	Nitrite
COT	Carbone Organique Total	NO₃⁻	Nitrate
CET	Centre d'Enfouissement Technique	Norg	Azote Organique
DBO₅	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours	OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
DCO	Demande chimique en oxygène	ONA	Office National d'Assainissement.
EH	Equivalent habitant	PO₄⁻³	Ortho-phosphate.
FTU	Formazine Turbidity Unit	pH	Potentiel d'hydrogène.
IB	Indice de Boue	PT	Phosphore Totale.
IM	Indice de MOLHMAN	SO₂	Dioxyde de soufre.
Jorad	Journal officielle de la République Algérienne Démocratique.	STEP	Station d'Epuration.
K	Coefficient de biodégradabilité	TP	Traitement Primaire.
MA	Matières Azotées	TS	Traitement Secondaire
MD	Matières décantables	V₃₀	Test de décantation.

Sommaire

Liste des tableaux**Liste des figures****Liste des abréviations****Introduction** 2**Chapitre I : Rappels bibliographiques****Partie A : Généralités sur les eaux usées**

1. Définition des eaux usées	5
2. Origine des eaux usées.....	5
3. Composition des eaux usées	6
4. Définition de la pollution des eaux usées.....	6
5. Types de pollutions	6
6. Conséquences de la pollution	8
7. Qualités des eaux usées	9
7.1. Paramètres organoleptiques	9
7.2. Paramètres physico-chimiques	9
7.3. Paramètres microbiologiques	13
8. Système d'assainissement	14
9. Rôle de l'assainissement.....	16
10. Notion d'équivalent habitant (EH)	17
11. Normes de rejets.....	17

Partie B : Procédés d'épuration des eaux usées

1. Définition de l'épuration	18
2. Choix de la technologie de traitement	18
3. Etapes de traitement des eaux usées	19
3.1. Prétraitement.....	19
3.2. Traitement primaire	21
3.3. Traitement secondaire (biologique)	22
3.4. Traitements tertiaires	28
4. Elimination et traitement des odeurs	30
5. Traitement des boues	31

6. Destination finale des boues	31
7. Performances d'une STEP	31
7.1. Performances épuratoires (Rendements épuratoires)	31
7.2. Performances assurant le bon fonctionnement d'une STEP.....	33

Chapitre II : Matériel et méthodes

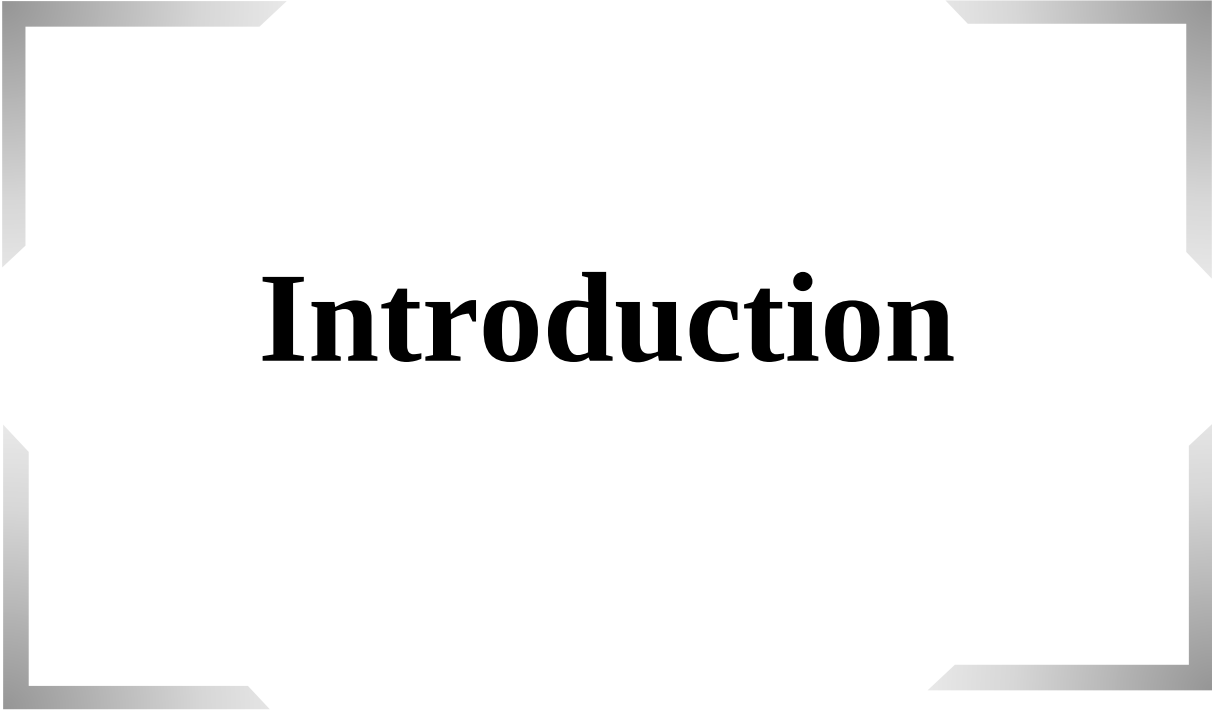
1. Zone d'étude	35
2. Fonctionnement de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou	36
3. Prélèvement	43
4. Matériels utilisés.....	43
5. Méthodes d'analyses physico-chimiques	44

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats.....	54
2. Discussion	65

Conclusion	74
-------------------------	----

Références bibliographiques	76
--	----

The word "Introduction" is centered on the page. It is surrounded by four decorative corner brackets, one in each corner, forming a square frame around the text. Each bracket is composed of two perpendicular lines meeting at a corner, with a slight gap between the lines.

Introduction

« L'eau c'est la vie ! l'absence d'eau, c'est la maladie et la mort ! ». En effet, l'eau constitue une source de vie, car elle contribue à la santé humaine, à la croissance économique, et à un environnement meilleur. Pourtant, elle est aussi l'agent propagateur d'infections et peut également causer des maladies voire des morts dans certaines situations (MAMPUYA, 2020). En effet, selon le rapport commun de l'Organisation mondiale de la santé OMS et celui des Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), 2,1 milliards de personnes, soit 30 % de la population mondiale n'ont pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable, et 4,4 milliards de personnes, soit 61 % ne disposent pas de services d'assainissement gérés en toute sécurité (WHO & UNICEF, 2017).

L'eau est généralement altérée par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elle est considérée comme polluée et doit être donc traitée avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs (METAHRI, 2012).

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu récepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute forme de vie dans ce milieu. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore, etc.). Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites (BENELMOUAZ, 2015).

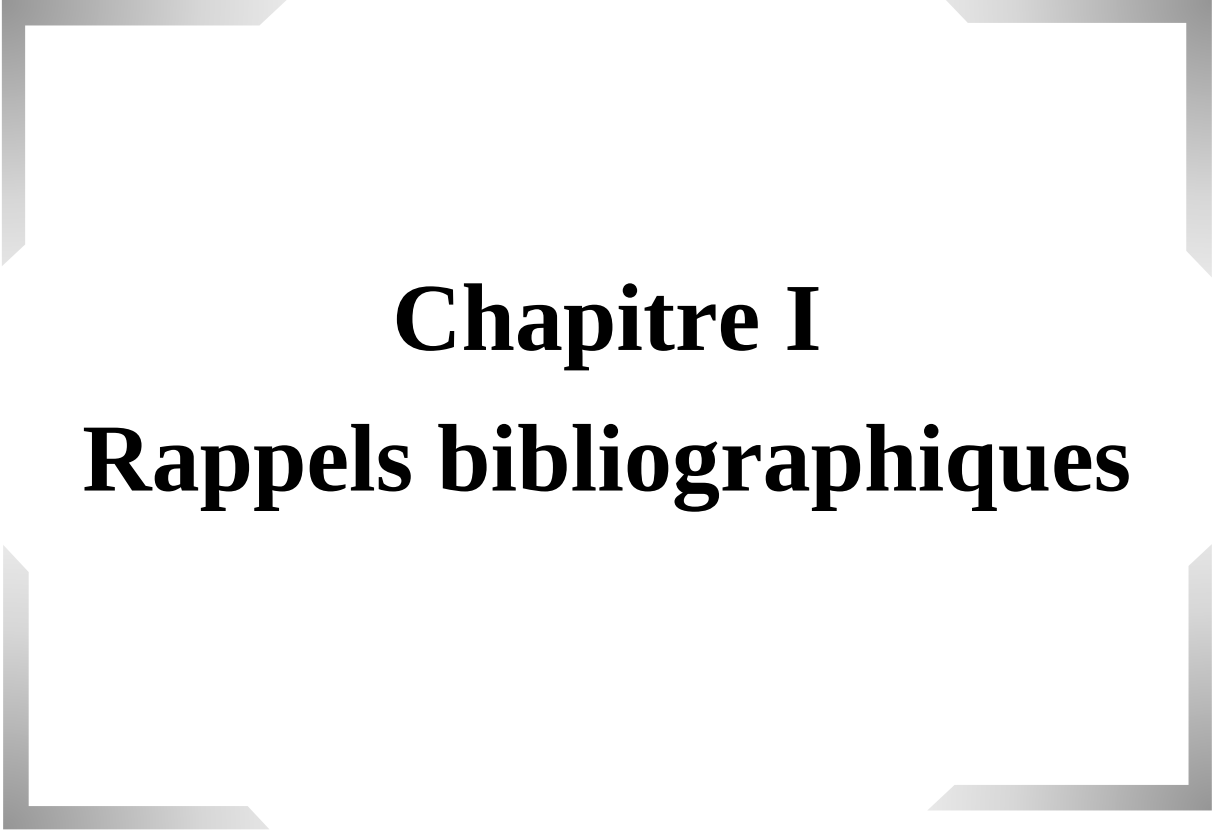
L'objectif du traitement des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictée par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre des mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage), plus particulièrement en milieu industriel. Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux usées en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré. Donc globalement le traitement des eaux usées a pour but de dépolluer suffisamment pour qu'elles n'abîment pas le milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées (BEN MABROUK et MELLAK, 2020).

Les problèmes d'assainissement se sont accentués dans les pays africains. La démographie sans cesse croissante en milieu urbain, et non accompagnée des plans d'urbanisation, sont parmi les causes de déversements d'eaux usées dans la plupart des villes des pays africains (MAMPUYA, 2020).

Afin de prendre en charge les milieux naturels récepteurs et garantir leurs objectifs de qualité, des stations d'épuration sont mises en places pour traiter un maximum d'effluents résultant des activités humaine (ABID et ABDELLI, 2018).

En Algérie, l'Office National de l'Assainissement (ONA), créé par décret N° 01- 102 du 21 Avril 2001, est un établissement public national, à caractère industriel et commercial (EPIC) exerçant son activité sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau. L'ONA s'est engagés dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004 ; Ou elle est certifiée pour la première fois en 2007. Cette distinction demeure la première à l'échelle nationale et Africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement (BENZAHI et BOUDJEMAI, 2016).

Dans le cadre de notre projet de fin de cycle nous avons choisi la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou pour l'étude et le suivie de fonctionnement des ouvrages d'épuration dans l'objectif d'évaluer les rendements et les performances épuratoires de cette station en matière d'élimination de la charge polluante des eaux usées en particulier la pollution carbonée (la DCO, la DBO₅), les MES, les nutriments, (matière phosphoriques et matières azotées).

Four decorative corner brackets, each composed of two perpendicular lines with a slight 3D effect, are positioned at the corners of the page. They are light gray and frame the central text.

Chapitre I

Rappels bibliographiques

Partie A : Généralités sur les eaux usées

1. Définition des eaux usées

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas la pollution de ces dernières. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers sont considérés comme une eau usée. Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. Pour éviter la pollution, ces eaux sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées (KARDACHE, 2016).

2. Origine des eaux usées

Les activités humaines produisent une grande variété de déchets, dont beaucoup sont entraînés par l'eau, qui doit alors être traitée avant d'être rejetée dans le milieu. L'eau chargée de convoyer ces déchets est qualifiée d'eau usée. Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources (BOUAOUA et NAFI, 2020).

2.1. Eaux domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, des graisses appelées eaux grises et chargées de matières organiques azotées, phosphatées et des germes fécaux appelées eaux noires (BOUZID et YAHIAOUI, 2015).

2.2. Eaux industrielles

Sont tous les rejets correspondant à une utilisation de l'eau autre que domestique. Les caractéristiques de ces eaux sont extrêmement variables et directement liées au type d'industrie. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des micropolluants organiques, des hydrocarbures, des produits chimiques (acides, bases...), des métaux lourds (mercure, cadmium, ...), des molécules de synthèse (pesticides, ...), des produits radioactifs, de la chaleur (eaux de refroidissement, ...). Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution (KADI, 2017).

2.3. Eaux agricole

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les épandages d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des engrais et pesticides se dispersant lors des applications de traitement des cultures (DEROUES, 2020).

2.4. Eaux pluviales

Elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie. Les eaux de pluie englobent les impuretés de l'air (gaz polluants rejetés par les industries...) et ruissellent sur des surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbure, de métaux lourds, d'huiles, etc. Lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement de ce mélange très pollué dans le milieu naturel (DIAGNE et *al.*, 2017).

3. 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, 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 microorganismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (JAYAKUMAR et *al.*, 2017).

4. Définition de la pollution des eaux usées

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les micro-organismes, les produits toxiques, les déchets industriels (HAMIMED et IDDER, 2018).

5. Types de pollutions

L'origine des eaux résiduaires entrant dans la station d'épuration est variée, donc la nature des pollutions qui rentrent dans la station par le biais des eaux résiduaires et qu'il faut traiter est

aussi diversifiée. L'épuration est destinée à réduire les pollutions issues des eaux usées pour les rendre « acceptables » par le milieu récepteur. Les principaux types de pollution retrouvées dans les influents sont rapportés dans le Tableau 1 (CHARLOTTE, 2011).

Tableau 1 : Description des principaux types de pollution des eaux entrant dans les stations d'épurations (CHARLOTTE, 2011).

Nature de la pollution	Origine	Effets sur l'environnement
Pollution organique non toxique en elle-même	elle-même Eaux usées domestiques et Industrielles	Leur dégradation par voie bactérienne consomme de l'oxygène dissous dans l'eau, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement de fermentation anaérobie génératrice de nuisances
Pollution azotée et phosphorée	Dégradation des molécules organiques azotées, ammoniacque	Elle est à l'origine des phénomènes d'eutrophisation : développement et croissance excessive d'algues et de plancton dans les milieux récepteurs : lacs, rivières et zone côtière
<u>Pollution toxique et substances Dangereuses :</u> 1-Micropolluants organiques : • Les produits phytosanitaires • Les biocides • Les hydrocarbures • Les diphényles poly chlores • Les dioxines 2-Micropolluants minéraux	Dues en général aux rejets industriels, mais aussi aux rejets agricoles pour les produits phytosanitaires et les rejets urbains pour les biocides	Les effets sur les organismes vivants peuvent être toxiques à de très faibles concentrations. Les effets sont très variables car ils ne dépendent pas uniquement du niveau de concentration mais aussi d'autres caractéristiques comme leur biodisponibilité, bioaccumulation, persistance, spéciation, etc...

3-Micropolluants organométalliques		
Pollution par les matières en suspensions	Rejets urbains et industriels	Elle provoque des dépôts et des envasements nuisibles à la navigation, le colmatage des voies respiratoire des poissons et l'augmentation de la turbidité de l'eau gênant la pénétration de la lumière nécessaire à la photosynthèse
Pollution microbiologique	Mauvais raccordements au réseau d'assainissement, rejets de station d'épuration, ...	Certaines bactéries et virus sont pathogènes pour l'homme
Pollution acide	Pollution atmosphérique, engrais azotes, rejets urbains et industriels	Elle peut entraîner une augmentation des formes dissoutes des micropolluants minéraux et accroître leur réactivité, biodisponibilité et toxicité
Pollution saline	Rejets industriels	Elle peut conduire à des chocs osmotiques susceptibles de perturber la faune et la flore locale du milieu récepteur
Pollution thermique	Rejets industriels	Elle influence la solubilité de l'oxygène et l'équilibre biologique du milieu
Pollution radioactive	Rejets industriels	Elle peut être très acide. Elle perturbe l'environnement

6. Conséquences de la pollution

D'après BEN MABROUK et MELLAK (2020), les conséquences probables de la pollution des eaux sont :

- ✓ l'abaissement de la teneur en oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique due aux matières organiques solubles ;
- ✓ l'augmentation de la turbidité à cause des matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs ;
- ✓ l'augmentation de l'acidité qui a un effet toxique sur la vie aquatique et détériorent aussi les réseaux d'égouts ;
- ✓ le colmatage des conduites à cause des huiles et des graisses flottantes, donnant aussi un aspect esthétique indésirable ;
- ✓ les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique ;
- ✓ la contamination bactériologique des cours d'eau par les coliformes fécaux et pathogènes ;
- ✓ l'eutrophisation des cours d'eaux à cause de l'excès en phosphore et l'azote.

7. Qualités des eaux usées

7.1. Paramètres organoleptiques

7.1.1. Couleur

La couleur des eaux résiduaires est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de matières en suspension (MES), du fer ferrique précipitant à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (ABDELLI et ABID, 2018).

7.1.2. Odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matière organique en décomposition (BENALI et THAMER, 2019).

7.2. Paramètres physico-chimiques

7.2.1. Température

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O_2) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau (KADI, 2017).

7.2.2. Matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou

minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante (METAHRI, 2012) :

$$\text{MES} = 30 \% \text{ MMS} + 70 \% \text{ MVS}.$$

➤ **Matières minérales sèches (MMS)**

Ce sont les matières déterminées par évaporation de l'eau brute tamisée. Elles peuvent aussi être calculées en faisant la somme des matières en suspension et des matières en solution. C'est en fait le résidu sec sur l'eau brute filtrée (BOUMANSOUR et SMAHI, 2020).

➤ **Matières volatiles en suspensions (MVS)**

Elle représente la fraction organique des matières en suspensions et sont obtenues par calcination de ces MES à 525 °C pendant 2 h. La différence de poids entre les MES à 105 °C et 525 °C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS (en mg /l) d'une eau (DRAA EL GUENDOUL et LOUNIS, 2019).

7.2.3. Matières décantables (MD)

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales. Les matières décantables sont les matières des grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et/ou chimique (BENNENI et BOUARISSA, 2020).

7.2.4. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les limons (ARIOUA et *al.*, 2021).

7.2.5. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (NANI et *al.*, 2021).

7.2.6. Oxygène dissous

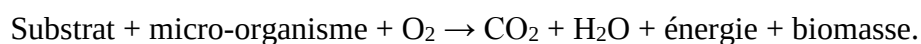
L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs : la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg d'O₂.l⁻¹ (KADDOURI et MEBARKI, 2020).

7.2.7. Potentiel Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (ABBAS et RASELMA, 2017).

7.2.8. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅. Elle se résume à la réaction chimique suivante (METAHRI, 2012) :



7.2.9. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2 h (KADI, 2017).

7.2.10. Carbone organique total (COT)

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous. Sa mesure est réalisée

par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (BENELMOUAZ, 2015).

7.2.11. Notion de biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient (LEKHAL et SAFA, 2019) :

$$K = DCO / DBO_5$$

Si :

-  $K < 1.5$: l'effluent est biodégradable.
-  $1.5 < K < 2.5$: l'effluent est moyennement biodégradable.
-  $K > 2,5$: l'effluent n'est pas biodégradable.
-  Un coefficient K élevé peut traduire la présence dans l'eau industrielle d'éléments inhibiteurs.

7.2.12. Métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques µg/l). Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels, les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (ABDARRAHMANE et BOUCHENTOUF, 2021).

7.2.13. Sels nutritifs

Les nutriments sont des éléments qui peuvent se présenter dans les eaux usées urbaines, sous forme organique ou minérale. Ils sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques, la connaissance des quantités des nutriments contenus dans l'eau usée est donc indispensable pour le contrôle de la qualité des nutriments dans les effluents épurés avant de les rejeter dans le milieu récepteur (BOUAOUA et NAFI, 2020).

Phosphore

Le phosphore se présente dans les eaux résiduaires brutes sous deux formes :

- Organique : d'origine industrielle ou biologique provenant des matières fécales.
- Minérales : les ortho et poly phosphates provenant de lessive, d'engrais phosphatés.

Azote

L'azote peut être présent dans les eaux usées sous plusieurs formes :

- Forme réduite : Azote organique (Norg) et Azote ammoniacal (NH_4^+).
- Forme moléculaire : Azote dissous (20 mg/l à la température ambiante).
- Forme oxydée : Azote nitreux (NO_2^-) et Azote nitrique (NO_3^-).

Les formes oxydées n'apparaissent pas ou seulement en faibles quantités dans les effluents urbains, ce qui s'explique par le fait qu'une eau usée est toujours considérée comme étant un milieu réducteur.

7.3. Paramètres microbiologiques

Les eaux usées contiennent divers micro-organismes (champignons, parasites, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes (BENSABRI, 2017).

7.3.1. Bactéries

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires, de différentes formes (sphérique, cylindrique, incurvées.....) dont la taille est de l'ordre de quelques microns (de 0,5 à 5 μm), à l'exception des bactéries filamenteuses de tailles souvent supérieures (de 10 à plus de 500 μm) et peuvent être pluricellulaires (BOUBEKKI et BOUDJEMA, 2016). La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif d'épurer pour préserver le milieu naturel (BENSABRI, 2017).

7.3.2. Parasites

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, les parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS a, classé les parasites, en 2003 parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde (BABOU et M'ZYENE, 2018). Les parasites peuvent être classés en :

➤ **Protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adopte au cours

de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (BOUNOUA *et al.*, 2017).

➤ **Helminthes**

Les helminthes sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* (ABDARRAMANE et BOUCHENTOUF, 2021).

7.3.3. Virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (BENNENI et BOUARISSA, 2020).

8. Système d'assainissement

L'assainissement concerne la gestion des eaux usées, dont celles issues des pluies. Il peut être collectif et/ou individuel. Il constitue l'aspect technique de l'hydrologie urbaine. Pour la collecte et l'évacuation des eaux usées et pluviales on a divers systèmes d'évacuation qui se présentent comme suit (MADAOUÏ et MOULOUDJ, 2015).

8.1. Système collectif

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration. Il existe trois types de système collectif (DJAFOUR et TEBBAKH, 2019).

8.1.1. Système unitaire

Ce sont des réseaux qui évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux usées pluviales (figure 1). 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 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 (DJAFOUR et TEBBAKH, 2019).

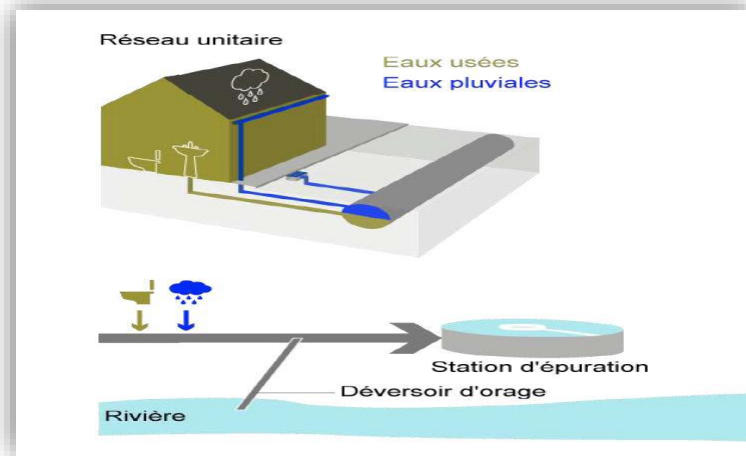


Figure 1 : Schéma explicatif du réseau unitaire (BOUANANE et BOULHART, 2020).

8.1.2. Système séparatif

Consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux-vannes et eaux ménagères) et de certains effluents industriels, alors que l'évacuation des eaux météorologiques est assurée par un autre réseau (figure 2). Comme avantage, il évite le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut, permet de mieux maîtriser le flux et la concentration en pollution. Par ailleurs, il permet de mieux adapter la capacité des stations d'épurations (BOUZID et YAHIAOUI, 2015).

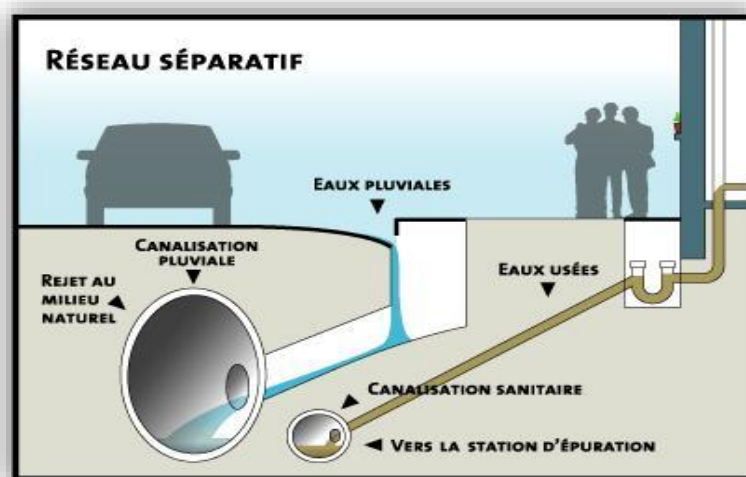


Figure 2 : schéma explicatif du réseau séparatif (GHEDEIR et HERMA, 2017).

8.1.3. Système pseudo-séparatif (mixte)

Le système pseudo-séparatif n'est actuellement plus préconisé dans la conception d'un nouvel équipement (figure 3), c'est un système dans lequel les apports d'eaux pluviales sont divisés en deux parties (BENZAHI, BOUDJEMAI, 2016) :

- ✚ L'une provenant uniquement des surfaces de voiries, et qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà conçus pour cet objet par les services de la voirie municipale (caniveaux, aqueduc, fossés avec évacuation directes dans la nature).
- ✚ L'autre provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.

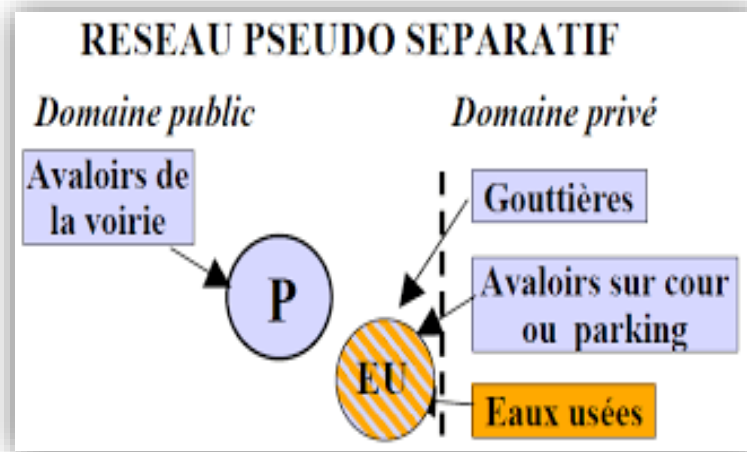


Figure 3 : Schéma explicatif du réseau pseudo séparatif (BOUAOUA et NAFI, 2020).

8.2. Système autonome

L'assainissement autonome des habitations, voire des locaux, d'activités isolés concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif. Il a pour objectif d'assurer l'épuration des eaux usées par le sol, sous des modes compatibles avec des exigences de la santé publique et de l'environnement (SADIK, 2016).

9. Rôle de l'assainissement

Le système d'assainissement a un rôle très important dans notre vie parce qu'il protège tant notre santé, que l'environnement. Grâce aux systèmes de gestion, la ville en tant qu'entité représente le soutien nécessaire pour une vie facile et décente des hommes (transport, énergie, logements, divertissement, alimentation en eau, canal, assainissement, etc.). En revanche, en

utilisant les ressources et en jetant les déchets, la ville acquiert un pouvoir destructeur sur l'environnement et sur les hommes. La diminution et la dégradation de la ressource d'eau, associée à l'augmentation de l'intérêt pour l'hygiène et la santé publique, attirent une attention particulière sur le service d'assainissement. L'assainissement représente un enjeu majeur tant pour la santé publique, que pour le développement durable. A l'échelle mondiale, la gestion du service d'assainissement se trouve au centre de la problématique de l'eau. L'existence d'un système d'assainissement cohérent est nécessaire pour la qualité de l'environnement et, implicitement, de la vie (BOUAOUA et NAFI, 2020).

10. Notion d'équivalent habitant (EH)

Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu. En fonction des dotations journalières en eau, chacun est sensé utiliser une quantité d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml. (METAHRI, 2012).

11. Normes de rejets

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donne est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi (AROUCHE et TOUIL, 2018). Les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes de rejet des eaux usées appliquées en Algérie sont résumées dans le tableau 2 suivant (LEKHAL et SAFA 2019).

Tableau 2 : Normes de rejet de l'OMS et Algérienne (OMS, 2007) et (NA, 2006).

Paramètres	Unités	Normes OMS (2007)	Normes Algérienne (2006)
Température	°C	< 30 °C	30 °C
pH	-	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
DBO ₅	mg d'O ₂ /l	30 mg d'O ₂ /l	35 – 40 mg d'O ₂ /l
DCO	mg d'O ₂ /l	90 mg d'O ₂ /l	125 – 130 mg d'O ₂ /l
MES	mg/l	30 mg/l	35 – 40 mg/l
Phosphates	mg/l	< 2 mg/l	2 mg/l
NH ₄ ⁺	mg/l	< 0.5 mg/l	0 mg/l

Partie B : Procédés d'épuration des eaux usées

1. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable (DRAA EL GUENDOUL et LOUNIS, 2017).

1.1. Station d'épuration

Une station d'épuration permet de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou qu'elles proviennent des activités quotidiennes de l'homme. Le but est de collecter les eaux usées, puis de les épurer par traitement, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer notre environnement. Une station d'épuration est une installation de plusieurs dispositifs et de procédés bien spécifique ; chaque procédé a pour rôle d'éliminer ou de diminuer le taux d'un polluant présent dans l'eau usée de façon à respecter les normes de rejet. Equipée d'un laboratoire d'analyse qui a pour but de calculer le rendement de la STEP et d'étudier l'anomalie (si nécessaire) ; d'une façon générale il surveille le fonctionnement de la station. Une STEP est généralement placée à l'extrémité d'un réseau de collecte à l'amont d'un milieu naturel (lacs, rivières, oued, mer....) (KARDACHE, 2016).

1.2. Rôle de la station d'épuration

Son rôle peut être résumé dans les points suivants (BENFIALA et HAOULI, 2017) :

- ✓ Traiter les eaux usées.
- ✓ Protéger l'environnement.
- ✓ Protéger la santé publique.
- ✓ Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (réutilisation agricole).

2. Choix de la technologie de traitement

D'après BENELMOUAZ, (2015) les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte de :

- des exigences du milieu récepteur.
- des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- de la disponibilité du site.

- des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien.

3. Etapes de traitement des eaux usées

Selon le degré d'élimination de la pollution voulu et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire (figure 4). Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (METAHRI, 2012).

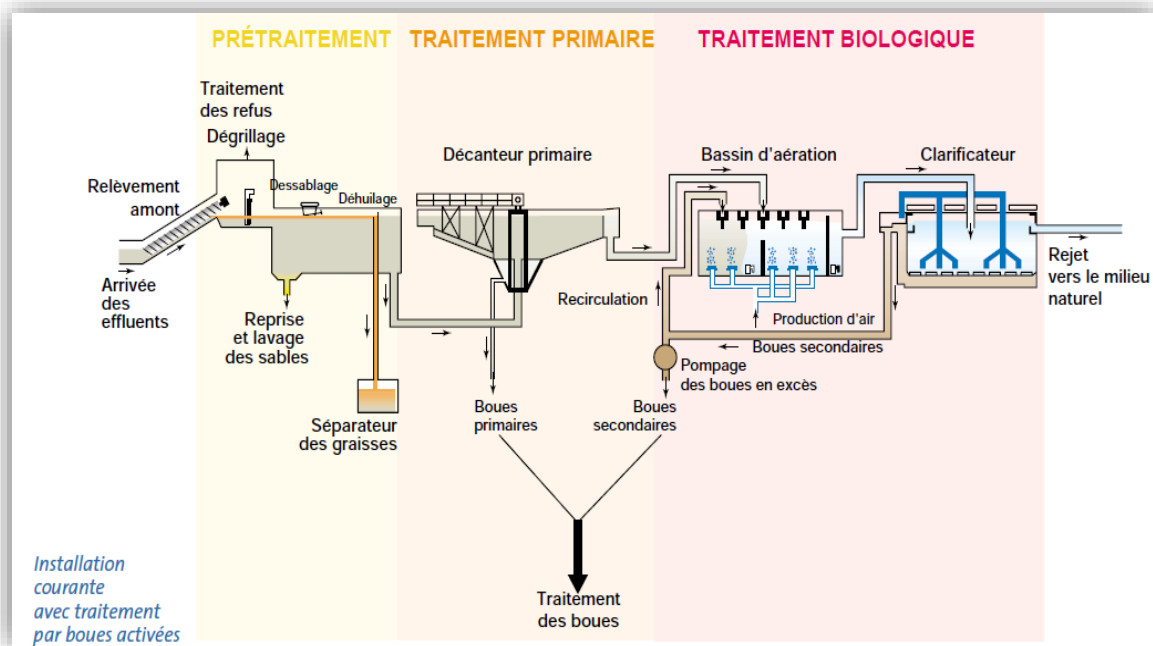


Figure 4 : Etapes d'épuration (BOUANANE et BOULHART, 2020)

3.1. Prétraitement

Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières très hétérogènes et souvent volumineuses, spécialement sur des réseaux unitaires. Un prétraitement est donc nécessaire pour protéger les conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Des opérations mécaniques ou physiques sont mises au point pour remplir cette tâche (BOUMANSOUR et SMAHI, 2020).

3.1.1. Dégrillage

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses. Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent

les éléments grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels (figure 5). Parmi l'espacement des barreaux en distingue (SAHARA et HARICHE, 2019) :

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

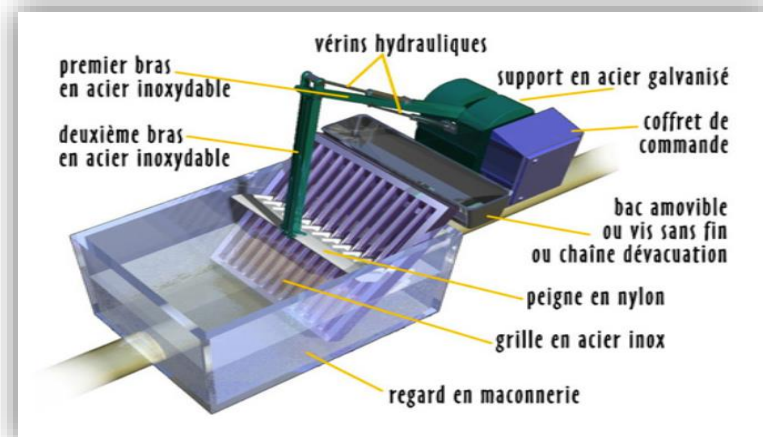


Figure 5 : Schéma d'un dégrilleur (BENFIALA et HOULI, 2017).

3.1.2. Tamisage

C'est un procédé basé sur la rétention des déchets transportés par les eaux et il a comme objectif de protéger les ouvrages aval. Le tamisage est un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée, à mailles plus ou moins fines. On distingue deux types de tamisage (KADDOURI, MEBARKI, 2020) :

- Macro tamisage : diamètre de mailles $> a 0,3$ mm.
- Micro tamisage : diamètre de mailles $< a 10^{-4}$ mm.

3.1.3. Dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0,3 m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables (TEBIB, 2020).

3.1.4. Dégraissage-déshuilage

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau (figure 6). Ces matières sont

de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée. Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades (ABDARRAHMANE et BOUCHENTOUF, 2021) :

- ✓ **Pré déshuilage** : par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs, il s'effectue par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées. Si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieurs à 50 μ m), il est réalisé dans différents types d'appareils : déshuileurs longitudinaux conventionnels, à plaques parallèles et circulaires raclés.
- ✓ **Déshuilage final** : flottation par air dissous où les bulles d'air augmentent la vitesse de remontée des particules grasses et des huiles lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, ou coagulation par sels métalliques ou par électrolytes permettant d'obtenir l'épuration complète.

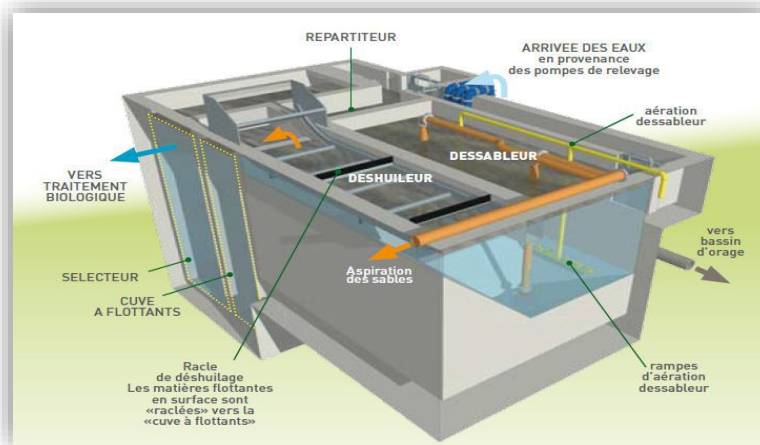


Figure 6 : Schéma d'un déssableur- déshuileur (BOUANANE et BOULHART, 2020).

3.2. Traitement primaire

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60 % de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluants (BOUDAUD et SELLAOUI, 2019).

3.2.1. Décantation physique (naturelle)

La décantation est utilisée pratiquement dans toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration (BOUAOUA et NAFI, 2020).

3.2.2. Décantation physico-chimique

Si les particules sont très fines (colloïdales), ils peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération. Par l'injection des réactifs tels que : (le sulfate d'alumine, le sulfate ferrique) pour coagulation et pour la floculation on trouve : les floculants minéraux, les floculants organiques (BENFIALA et HAOULI, 2017).

3.2.3. Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau (LAHMAR et SAADI, 2018).

3.3. Traitement secondaire (biologique)

L'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries. Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale (NH_3 ,....) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobiose), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène : NO_3 (anoxie), SO_4 et CO_2 (anaérobiose). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des MES (DEROUES, 2020).

3.3.1. Procédés biologique intensif

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières

organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Et on distingue deux types de procédés (DRAA EL GUENDOUL et LOUNIS, 2017) :

1. Procédés à culture fixe
2. Procédés à culture libre

3.3.1.1. Procédés à culture fixe

Les procédés à culture fixe où la biomasse épuratrice est fixée sur des supports. L'eau à traiter coule au contact de ces supports. Les micro-organismes fixent alors la pollution organique et la dégradent, (BOUANANE et BOULHART, 2020) :

Parmi ces procédés on distingue : disque biologique et lits bactérien.

+ Disque biologique

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹ (figure 7). Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (TEBIB, 2020).

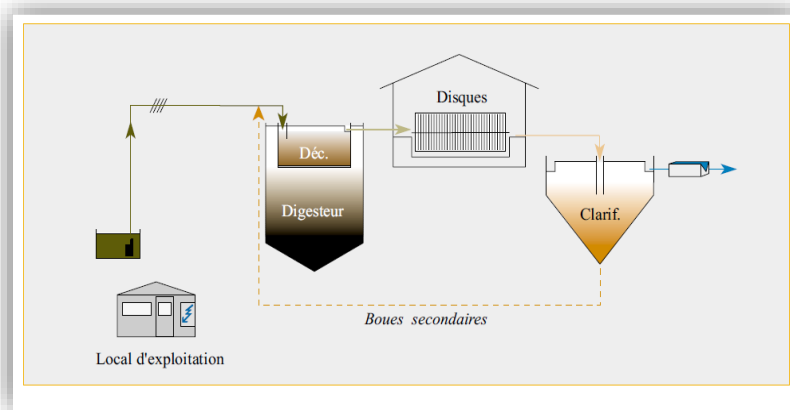


Figure 7 : Schéma de la filière disque biologique (BOUANANE et BOULHART, 2020).

+ Lits bactériens

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane, roche poreuse d'origine volcanique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution (figure 8). A la sortie du lit bactérien se trouve un mélange d'eau traitée et de bio film. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boue et l'eau traitée rejoint le milieu

naturel. La recirculation de la boue vers le décanteur digesteur est essentielle. Les rendements d'épuration sur lit bactérien peuvent atteindre 85 à 95%. Par ailleurs, ce procédé génère de la boue fermentescibles et des nuisances olfactives (BENZAHI et BOUDJEMAI, 2016).

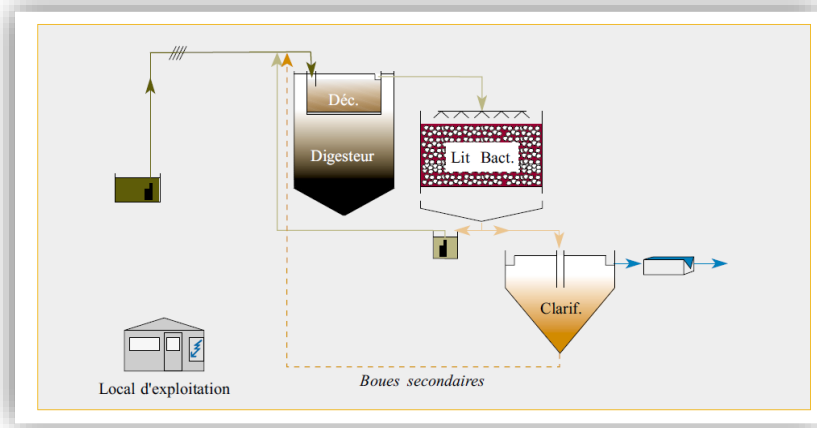


Figure 8 : Schéma de la filière lits bactériens (BOUANANE et BOULHART, 2020).

3.3.1.2. Procèdes à culture libre

Le traitement biologique par biomasse libre est actuellement le plus utilisé pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines. Le principe général de ce procédé consiste à accélérer le processus d'oxydation naturelle de la matière organique qui survient dans les milieux récepteurs. Il est principalement mis en œuvre par la technique des boues activées. Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées (DJEHAICHIA et CHEBATA, 2020).

Parmi ces procédés, on trouve l'épuration biologique par le procédé à boues activées qui a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante : une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes (figure 9). Dans les conditions idéales d'aération, les microorganismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocs. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'aération). Afin d'éviter la décantation des flocs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante (BOUAOUA et NAFI, 2020).

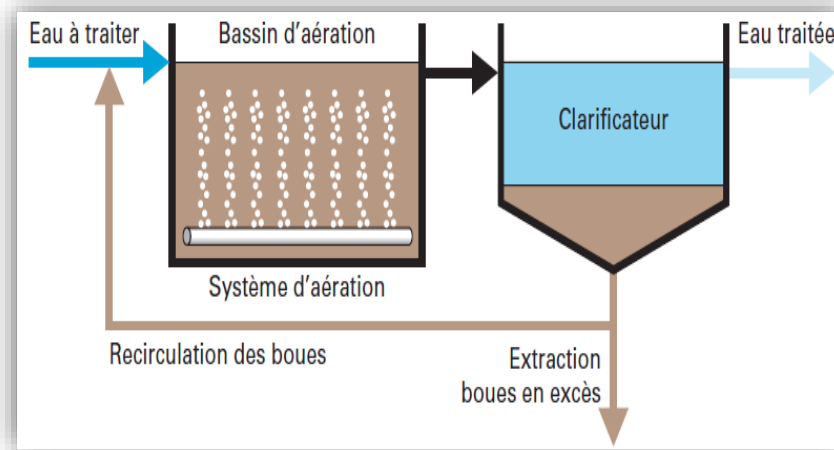


Figure 9 : Schéma simplifié d'un système à boues activées (BOUMANSOUR et SMAHI, 2020).

3.3.2. Procédés biologiques extensifs

Les traitements extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement, parmi ces procédés on distingue (DEHBI, 2015) :

1. Procède à culture fixé
2. Procède à culture libre

3.3.2.1. Procède à culture fixé

Filtration-percolation

L'infiltration-percolation est une technique non conventionnelle d'épuration des eaux résiduaires, le principe de cette technique consiste à infiltrer, après décantation, l'effluent à épurer à travers un massif de sable (figure 10). Ce dernier constitue un réacteur aérobie à biomasse fixée, le sable sert de support à une filtration biologique (Epuration des eaux usées par infiltration percolation). Le procédé d'infiltration percolation a donné des résultats encourageants sur l'élimination des matières en suspension (avec un abattement qui peut aller jusqu'à 98 %), l'élimination des matières organiques (avec un abattement de 85 % à 94 % de DCO et abattement de 96 % de DBO₅), l'élimination de l'azote ammoniacale, et sur l'élimination pathogènes contenus dans les eaux usées des micro-organismes (BENALI et THAMER, 2019).

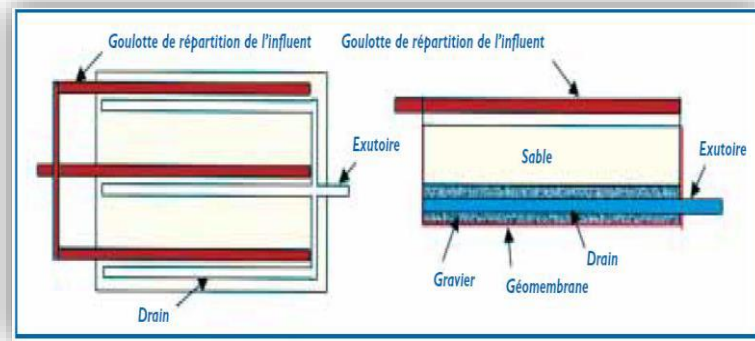


Figure 10 : schéma d'infiltration-percolation étanchée et drainée (SAHARA et HARICHE, 2019).

✚ Filtres plantés

Le sol et les rivières, ont été depuis toujours le réceptacle naturel de la pollution engendrée par l'activité humaine. Les techniques sophistiquées actuellement mises en œuvre dans les stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines ne constituent qu'une optimisation de l'auto épuration naturelle qui s'exerce dans ces deux milieux. Ces stations d'épuration par voie naturelle sont nombreuses, mais elles ne sont pas souvent connues du grand public. Leur principe de fonctionnement s'inspire de celui des écosystèmes rencontrés dans les zones humides naturelles. L'épuration peut s'opérer sur de grande surface de terrains sableux de granulométrie fine (0.2 à 0.5mm de diamètre) et sur des surfaces où il n'y a pas d'activité agricole (ABBAS et RASELMA, 2017).

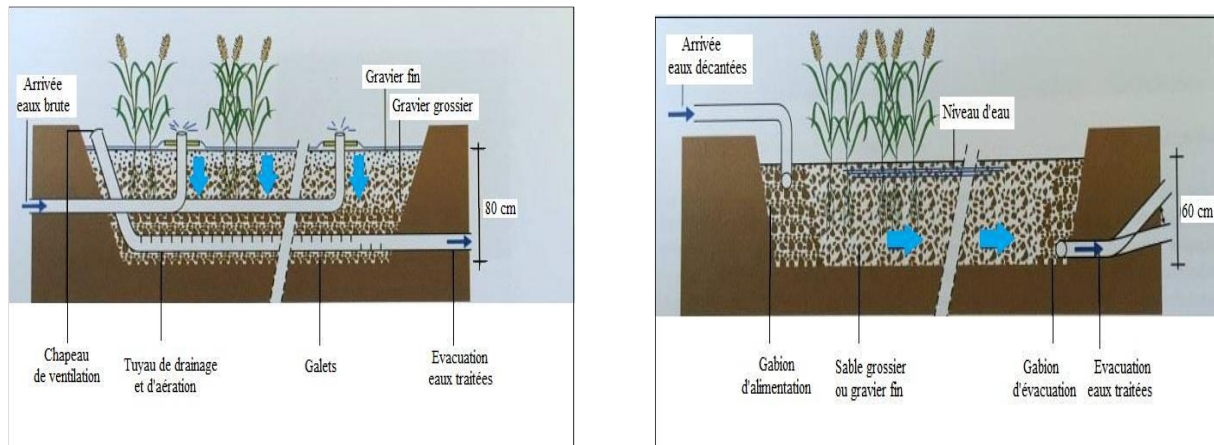


Figure 11 : Schéma de la filière filtre planté vertical et horizontal (BOUBEKKI et BOUDJEMA, 2016).

4.3.2.2. Procède à culture libre

✚ Lagunage

Le lagunage est un système de traitement des eaux qui se sert des mécanismes naturels de l'environnement où l'eau est épurée par des communautés de micro-organismes variés.

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit par des végétaux en présence de rayonnement lumineux (BOUCHENTOUF et ABDARRAHMANE, 2021).

On distingue deux types de lagunage (DRAA EL GUENDOUL et LOUNIS, 2017).

- **Lagunage naturel** : L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est trois (03). Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse (figure 11). La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas ; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique.

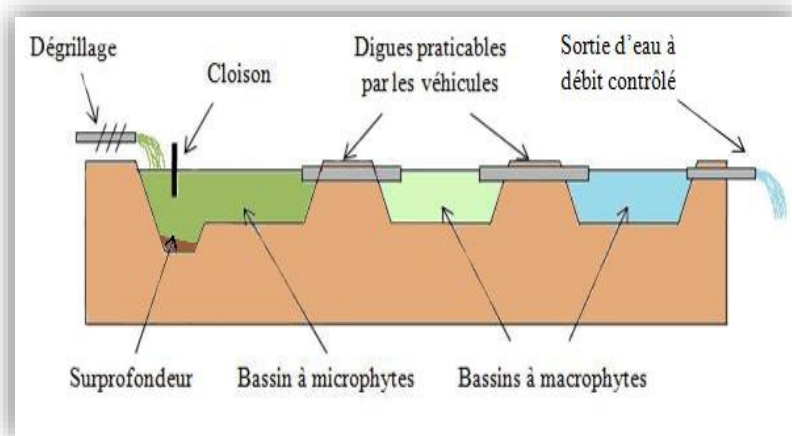


Figure 12 : Lagunage naturel (BOUTADARA et MOUCHAHANA, 2020).

- **Lagunage aéré** : Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air) (figure 12). Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO₅, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année.



Figure 13 : Lagunage aéré (BENFIALA et HAOULI, 2017).

3.4. Traitements tertiaires

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution l'azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs. Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige (BOUNOUA et *al.*, 2017).

On y distingue généralement les opérations suivantes (ACHIOU, 2017) :

- La nitrification-dénitrification (Élimination de l'azote) et déphosphatation biologique ou mixte (biologique et physico-chimique).
- La désinfection bactériologique et virologique.

3.4.1. Élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification (figure 13). Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût. L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes (HARICHE et SAHARA, 2019) :

- ✓ **Nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes :
 - Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas). - Nitration : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).
 - Nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie.
- ✓ **Dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxygène et en présence d'une source de carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

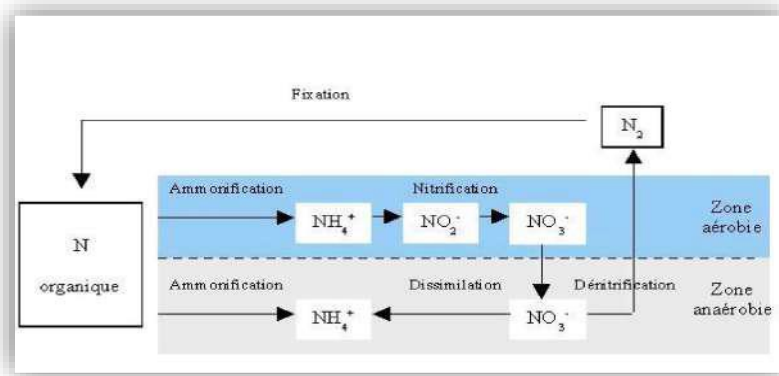


Figure 14 : schéma général de la nitrification-dénitrification (ABID et ABDELLI, 2018).

3.4.2. Elimination du phosphore

La déphosphatation est une étape clé dans les traitements tertiaires. En effet, l'utilisation massive et grandissante de phosphates dans les produits d'entretien et en agriculture pose de réels problèmes dans le milieu aquatique. Une déphosphatation biologique peut être mise en place. La biomasse accumule alors le phosphore. Cette déphosphatation est souvent couplée avec le traitement biologique secondaire. Un traitement physico-chimique peut aussi être effectué. Dans ce cas, un ajout de chlorure ferrique permet aux ions phosphates de former un précipité de phosphate de fer, qui est ensuite éliminé par une étape de séparation (KADDOURI et MEBARKI, 2020).

3.4.3. Désinfection

Quand la sensibilité du milieu récepteur l'exige (zones de baignades, vie piscicole), il est primordial de mettre en œuvre une désinfection pour ne pas rejeter une eau épurée qui a une

concentration élevée en pathogènes. Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent le chlore, l'ozone ou les ultra-violetts (BOUMANSOUR et SMAHI, 2020).

- ✚ **Désinfection par le chlore** : La chloration des eaux est effectuée à partir de chlore gazeux ou des hypochlorites de sodium et de calcium, plus faciles à mettre en œuvre. Elle permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose. Cette technique consiste à introduire le chlore dans l'eau dans une chambre de contact pour lui assurer un mélange homogène. Le temps de contact dépend de la cible visée et est généralement supérieur à 30 minutes. L'efficacité du chlore dépend du pH et de la température.
- ✚ **Désinfection par l'ozone** : L'ozone permet de dégrader la matière organique et d'éliminer les principaux agents pathogènes présents dans l'eau. Son potentiel d'oxydation est de 2,07. Il est nettement supérieur à celui du chlore qui n'est que de 1,35. Il peut oxyder les bactéries et les virus. La désinfection par l'ozone se déroule comme suit. L'eau, à la sortie de la STEP, est stockée dans une cuve tampon. Elle sera ensuite pompée pour passer à travers un ou plusieurs filtres à tamis pour ensuite être introduite dans une chambre d'impact où les injections d'ozone sont réalisées. Un mélange parfait entre l'ozone et l'eau est alors réalisé.
- ✚ **Désinfection par UV** : Le procédé d'ultraviolets se place à la suite d'un traitement secondaire du type boues activées plus clarificateur. Les rayonnements UV sont des ondes lumineuses de longueurs d'onde comprises entre 100 et 400 nm. Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. Ce sont les UVC compris entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides. L'efficacité de cette technique dépend des paramètres de fonctionnement et de la qualité de l'effluent. Les plus importants sont le temps d'exposition, l'intensité UV émise par les lampes et l'absence de turbidité et de MES.

4. Elimination et traitement des odeurs

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement. Les sources les plus importantes d'odeurs sont : les prétraitements et les boues et

leur traitement. Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs. On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur (TEBIB, 2020).

5. Traitement des boues

La boue qui résulte de la station d'épuration est composée essentiellement de bactéries mortes, de matières organiques, de matières minérales et d'eau. Elles ont pour caractère commun d'être liquide, fermentescibles et contiennent des microorganismes qui peuvent être pathogènes. On distingue différents types de boues selon le traitement appliqué pour épurer l'eau (les boues primaires et les boues biologiques appelées boues secondaires). Avant d'être acheminées pour être éliminées, les boues vont subir différents traitements en vue de réduire leur pouvoir fermentescibles ainsi que leur volume (BEN KHALIFA et DERKI, 2019).

6. Destination finale des boues

Il existe quatre principales destinations pour les boues de la station d'épuration (ABID et ABDELLI, 2018) :

- Valorisation agricole : une valorisation agricole satisfaisante et durable doit s'appuyer sur une parfaite connaissance des boues et des sols et rechercher la meilleure adéquation entre le produit offert et les besoins de l'agriculture ;
- Incinération : il s'agit de transformer des constituants organiques des boues, en produits stables tels que : CO_2 , NO_2 , SO_2 etc ;
- Méthanisation : C'est un processus biologique anaérobie conduisant à la production de gaz carbonique et de méthane ;
- Mise en décharge : la mise en décharge est considérée comme le dernier recours en matière d'évacuation des boues. Elle n'est appliquée que si une valorisation est impossible.

7. Performances d'une STEP

7.1. Performances épuratoires (Rendements épuratoires)

D'un point de vue réglementaire, les performances de traitement d'une station sont définies dans les articles 14 et 15 de l'arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées (REVERDY et al., 2013).

Les performances épuratoires d'une station de traitement des eaux usées sont fixées (tableau 3) en fonction de la charge brute de pollution organique entrante dans la station ; il définit donc le pourcentage d'abattement des différents paramètres de pollution et donc les performances de la station :

- la concentration maximale en sortie de la STEP ;
- Le rendement minimal calculé en faisant le rapport entre la pollution sortante et la pollution entrante dans la station ; il définit donc le pourcentage d'abattement des différents paramètres de pollution et donc les performances de la station.

Tableau 3 : Performances minimales des stations d'épuration des agglomérations devant traiter une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 120 kg /j de DBO₅ (REVERDY et *al.*, 2013).

Paramètres	Concentration à ne pas dépasser	Rendement minimum à atteindre
DBO ₅	35 mg / l	60 %
DCO	/	60 %
MES	/	50 %

Ces performances sont variables en fonction de la charge brute de pollution organique traitée par la station (≤ 120 kg DBO₅ / j ; ou > 120 kg DBO₅ / j. 12/53) (Tableau 4).

Tableau 4 : Performances minimales des stations d'épuration des agglomérations devant traiter une charge brute de pollution organique supérieure à 120 kg / j de DBO₅ (REVERDY et *al.*, 2013).

Paramètres	Concentration à ne pas dépasser	Charge brute de pollution organique reçue (kg DBO ₅ /j)	Rendement minimum à atteindre
DBO ₅	25 mg / l	120 < - $\leq$ 600	70 %
		> 600	80 %
DCO	125 mg / l	Toutes charges	75 %
MES	35 mg / l	Toutes charges	90 %

Et aussi par la sensibilité de la zone normale ou sensible à l'azote et au phosphore (tableau 5).

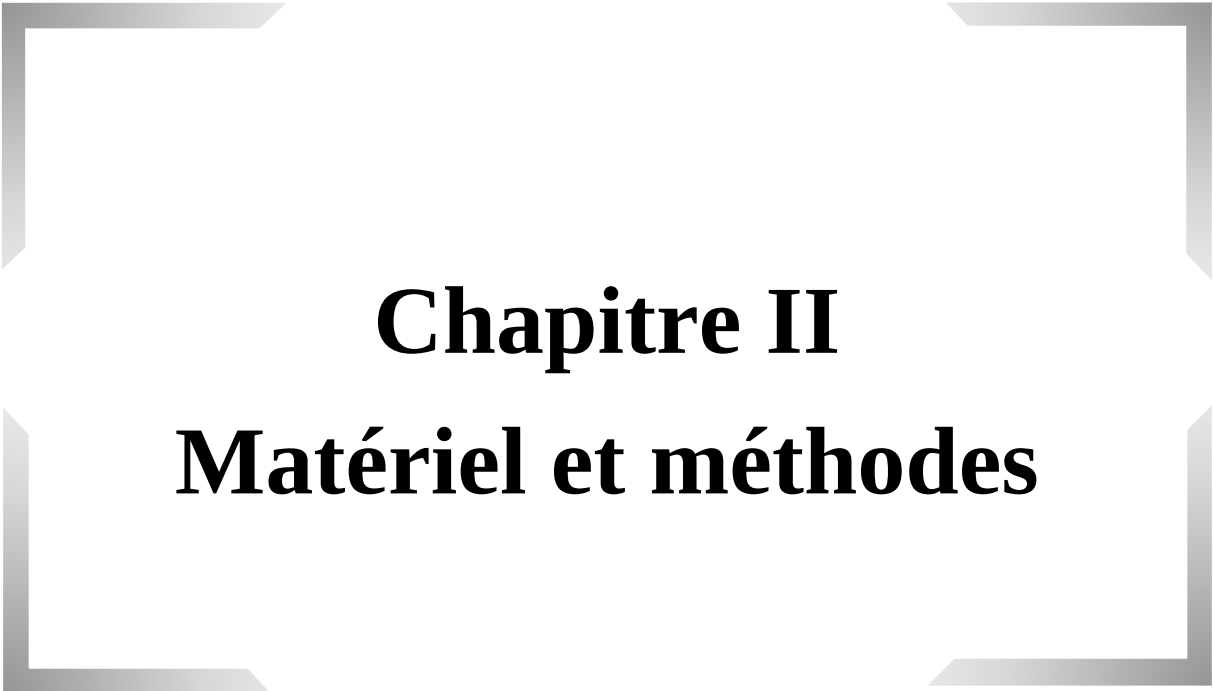
Tableau 5 : Performances minimales des stations d'épuration des agglomération devant traiter une charge brute de pollution organique supérieure à 120 kg / j de DBO₅ et localisé en zone sensible (REVERDY et *al.*, 2013).

Rejet en zone sensible à l'eutrophisation	Paramètres	Charge brute de pollution organique reçue (Kg DBO ₅ /J)	Concentration à ne pas dépasser	Rendement minimum à atteindre
Azote	NGL	600 < - ≤ 6 000	15 mg/l	70 %
		> 6 000	10 mg/l	
Phosphore	Pt	600 < - ≤ 6 000	2 mg/l	80 %

7.2. Performances assurant le bon fonctionnement d'une STEP

La définition réglementaire des performances épuratoires ne prend en considération que les impacts éventuels sur le milieu récepteur : les eaux traitées rejetées par la station doivent être de la meilleure qualité possible en respectant les contraintes réglementaires. Or, dans le contexte actuel, les stations d'épuration ne peuvent plus se contenter d'assurer des performances «épuratoires », elles doivent aussi assurer des « performances environnementales », c'est-à-dire avoir un impact le plus faible possible sur l'environnement, y compris en prenant en considération la filière boues. De façon générale, les performances environnementales constituent un ensemble de facteurs caractérisant les impacts environnementaux d'un système d'assainissement. En plus des performances épuratoires, tel que (REVERDY et *al.*, 2013) :

- la consommation énergétique de la STEP ;
- les nuisances olfactives et auditives ;
- les impacts environnementaux du traitement et de l'évacuation des boues ;
- la quantité d'azote rejeté dans l'environnement par les eaux épurées et aussi les boues (en kg NO₂⁻ / an / EH) ;
- la quantité de substances tensio-actives rejetées dans les cours d'eau (g / an / EH) ;
- la valeur biologique en MO azotée provenant des eaux de vannes, transformée en NO₃⁻ au cours de l'épuration ;
- le degré de perturbation du régime hydrique du cours d'eau ;
- l'entretien des installations.



Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude (STEP Est de Tizi-Ouzou)

➤ Situation géographiques

Elle est située au pont de bougie à 3 km à l'Est de la ville de T-O. La STEP est implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain. D'une superficie de 35591 m² dont 14714 m² bâtis. Construite dans les années 90 et mise en service depuis l'an 2000. Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'oued Sébaou présentant une pente d'orientation Nord-Sud, l'altitude moyenne de site est de 70 m (figure 15).



Figure 15 : STEP Est de Tizi-Ouzou (ONA, 2013)

Le tableau 06 représente la fiche technique de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou

Tableau 06 : Caractéristique techniques de Station d'épuration Est de Tizi-Ouzou (ONA, 2013).

Désignations	Valeurs
Type de réseau	Unitaire
Nature des brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m ³ /j
Débit moyen journalier	7 50 m ³ /h
Débit de pointe en temps sec	1 260 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	2 250 m ³ /h

Charge polluante DBO₅	
Flux journalier	6 500 Kg/j
Concentration moyenne	360 Kg/j
MES	
Flux journalier	8 400 Kg/j
Concentration moyenne	466 mg/l
pH	6 à 8.5
Température	< à 25°C

2. Fonctionnement de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou

La STEP Est fonctionné selon le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge. Les eaux traitées sont les eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou. Les étapes d'épuration des eaux de la station sont :

2.1. Traitement primaire

Le traitement primaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou est équipé par :

2.1.1. Dégrillage

Il se fait par deux mode de fonctionnement : le mode manuel qui est utilisé en cas de panne, et le mode automatique, qui travaille 24 h/24 h, on distingue deux types de dégrilleur : grossier et fin.

➤ Dégrillage grossier

Après l'arrivée de l'eau usée à la STEP, les débris et les déchets solides présents dans cette dernière, sont retenus par des grilles (figure 16) plus ou moins espacés (50 à 100 mm).



Figure 16 : Dégrilleur grossier

✚ Point de prélèvement d'eau brute

La STEP Est de Tizi-Ouzou fait un prélèvement d'eau brute (figure 17) après le dégrillage grossier, pour faire une série d'analyses (potentiel d'hydrogène (pH), température (T°), turbidité et les matières en suspension (MES)...). L'objectif est d'identifier le degré et la charge de la pollution entrée dans la station



Figure 17 : Point de prélèvement d'Eau brute

Cette station est équipée par un poste de relevage assuré par quatre pompes immergées de 750 m³/j avec un fonctionnement alternatif.

➤ Dégrillage fin

Vient après le dégrillage grossier, où l'eau passe à travers d'une grille automatique (figure 18) avec des barreaux moins espacés (la distance entre 20 à 25 mm). Afin d'empêcher les petits déchets qui sont échappé dans la première étape. Les déchets sont récupérer manuellement et sont acheminés vers la CET (Centre d'Enfouissement Technique).



Figure 18 : Dégrillage fin

2.1.2. Dessablage et dégraissage

Les opérations Dessablage et Dégraissage (figure 19) de la station possède deux ouvrages rectangulaires où se fait :



Figure 19 : Bassins de Dessablage-Déshuilage

2.1.3. Dessablage par décantation

Opération qui sépare entre l'eau et le sable par décantation, le sable est éliminé à l'aide d'une vis à fin (figure 20), qui finit dans une benne de récupération (figure 21). Il sera par la suite réutilisé localement ou dans l'air de stockage des boues.



Figure 20 : Vis sans fin



Figure 21 : Benne de récupération

2.1.4. Déshuilage-Dégraissage par flottation

Une opération qui consiste à séparer les produits de densité inférieure à l'eau par effet de flottation. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses, qui seront ensuite éliminées à l'aide de deux ponts de raclage (Figure 22) automatiques travaillant en alternances vers un couloir à graisse pour y être enfin récupérées.



Figure 22 : Ponts de raclages

🚦 Soufflante du By-Pass

La station reçoit des eaux anormalement chargées aux effluents non biodégradables (huiles de vidanges, les teintes, les sols ...etc.), inhibiteurs de traitement dans le bassin biologique. Pour cela les effluents sont by-pass (figure 23) vers l'oued en saisissant l'environnement.



Figure 23 : Soufflante du By-Pass

2.2. Traitement secondaire (biologique)

2.2.1. Bassin d'aération

Après le prétraitement, les eaux usées sont dirigées vers le bassin d'aération. La STEP-Est de Tizi-Ouzou est équipée de deux bassins d'activation (figure 24). Ces deux bassins ne fonctionnent pas en même temps. On fournit de l'oxygène selon le besoin ainsi que pour économiser l'énergie. Le brassage permet d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens avec l'eau usée et d'éviter leur dépôt. Qui présentent les caractéristiques suivantes pour chacun :

- longueur : 49.50 m
- largeur : 16.50 m
- hauteur moyenne : 4 m
- surface : 817 m²
- volume : 3250 m³
- nombre d'aérateur : 3



Figure 24 : Bassins Biologiques

2.2.2. Clarificateur (Décanteur secondaire)

C'est un bassin cylindro-conique (figure 25), constitué d'un pont racleur de surface et de fond pour racler les surnageant et les ramener vers le centre où se cumulent les boues, et un racleur de fond pour racler les boues, au milieu il se trouve une jupe d'environ 1.2 m de hauteur.



Figure 25 : Clarificateur

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

- hauteur moyenne : 3,10 m
- diamètre périphérique : 26 m
- surface : 530 m²
- volume : 2 550 m

Une fois l'eau épurée est séparée des boues, l'eau clarifiée est dirigée vers la sortie et rejetée dans l'Oued (oued Sébaou) après une série d'analyse et de contrôle (figure 26).

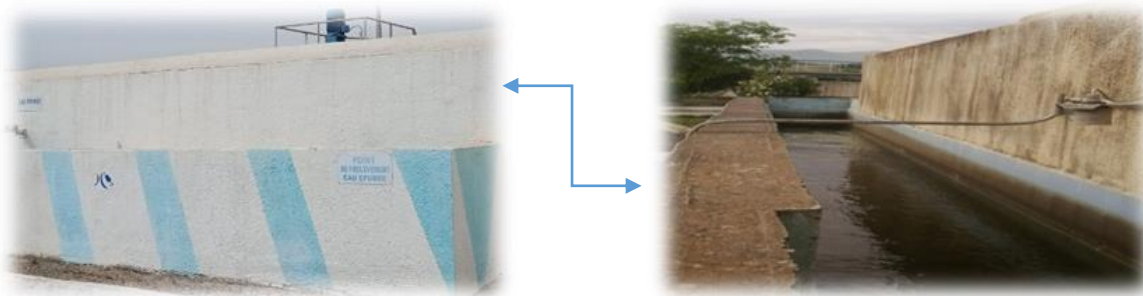


Figure 26 : Point de prélèvement Eau épurée

🚧 Poste de recirculation des boues

La boue épaissie au niveau du clarificateur, est amenée vers le poste de recirculation (figure 27). Ce puits permet d'alimenter le bassin d'aération ou le stabilisateur, pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices qui vont assurer un meilleur rendement de la dégradation de matières organiques et aussi pour éviter la fermentation.

La recirculation du flux vers l'un des deux bassins (d'aération/ stabilisateur) ne sera pas faite qu'après une série d'analyse au laboratoire, commençant toujours par la vérification du taux de MS dans le bassin d'aération. L'excès de flux est extrait de la filière traitement des eaux vers la filière de traitement des boues (stabilisateur).



Figure 27 : Poste de recirculation des boues

2.3. Traitement des boues

2.3.1. Stabilisation

Dans la STEP Est de Tizi-Ouzou, c'est la stabilisation biologique par digestion aérobie qui se fait (par excès d'oxygène). Les boues activées sont stabilisées dans deux stabilisateurs (figure 28) aux caractéristiques suivantes :

- longueur : 49,50 m
- largeur : 13,25 m
- hauteur moyenne : 4 m
- surface : 656 m
- volume : 2 550 m³



Figure 28 : Bassin de stabilisation

2.3.2. Épaississement

À la STEP-Est de Tizi-Ouzou, l'épaississement s'opère sur les boues issues des bassins de stabilisation. Les boues sont épaissies dans un épaisseur (figure 29) de forme cylindrique aux dimensions suivantes :

- diamètre : 49,50 m
- hauteur : 4 m
- surface : 176 m²
- volume : 740 m³



Figure 29 : Epaisseur

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

2.3.3. Déshydratation

Il peut intervenir après ou avant la stabilisation. Elle permet de pousser plus loin la réduction du volume des boues. Elle est effectuée sur des boues épaissies, stabilisées ou non, et vise à éliminer d'une façon plus ou moins poussée leur humidité. La déshydratation recourt à trois grandes familles de techniques : la filtration, la centrifugation et le lit de séchage (technique de moins en moins utilisée sous sa forme rustique). Ces lits de séchage sont de nombre de 20 lits.

2.3.4. Séchage

La boue évacuée de l'épaississeur est versée dans des lits de séchage (figure 30) ou elle séjourne entre 20 à 24 jours. Le séchage à la STEP Est de Tizi-Ouzou est naturel, la station est constituée de 20 lits de séchage, divisés en deux files de 10 lits dont les caractéristiques unitaires sont les suivantes :

- | | |
|---|--|
| • longueur : 30 m | • surface : 450 m ² |
| • largeur : 15 m | • débit de 450 m ³ / lit qui assurent une |
| • hauteur de remplissage de boue : 0,70 m | déshydratation naturelle d'environ |
| | 9 000 m ³ de boue |



Figure 30 : Lits de séchage des boues

Une fois les boues sont séchées, la dernière étape est l'extraction, qui se fait manuellement et la déplacer vers l'aire de stockage (figure 31) des boues, après analyse des métaux lourds au laboratoire centrale, elles sont récupérées par des agricultures pour faire usage d'engrais.



Figure 31 : Aire de stockage des boues

Données utilisées pour comparaison

Durant notre stage au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou qui a duré une semaine, nous avons obtenus des résultats des analyses qui nous avons fait au niveau de laboratoire de cette STEP. Ces résultats concernent les eaux d'entrées (eau brute) et les eaux de sortie (eau épurée), qui seront comparés aux données fournis par l'ONA 2021.

3. Prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté afin d'éviter la modification de leur caractéristique. Au cours de notre étude, le prélèvement s'est fait dans deux points différents de la STEP Est de TIZI-OUZOU, le premier est à l'entrée (eaux brutes) et l'autre à la sortie (eaux épurée), dans des flacons stériles. La méthode appliquée dans cette STEP est celle de l'échantillon composite, cette méthode permet donc de récolter une fraction de l'ensemble de matière polluante qui s'écoule durant la journée à travers les installations.

4. Matériel utilisé

Le matériel d'analyse utilisé est composé de :

- bédiers
- pipettes
- réacteur DCO
- spectrophotomètre
- éprouvettes
- incubateur
- étuve
- dispositif de filtration
- éprouvettes de 1000 ml
- agitateurs
- four amouffle
- dessiccateur

- éprouvettes de 1000 ml
- DBO mètre
- entonnoirs
- barreaux magnétiques
- l'eau distillée
- des coupelles
- flacons colorimétriques de 25 ml
- papiers absorbants

✚ Produits utilisés

Les produits utilisés pour les analyses sont :

- des pastilles (Nitra Ver 5), (Nitra Ver 3), (Nitra Ver 6), (phos ver 3) ;
- acide sulfurique (H_2SO_4), sulfate d'argent (Ag_2SO_4) ;
- solution d'hydroxyde de potassium (KOH), hydrogénéphthalate de potassium ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$), dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ;
- sulfate d'ammonium et de fer ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) ;
- salicylate ammoniacal ($\text{C}_7\text{H}_9\text{NO}_3$) (petite gélule) ;
- cyanurates ammoniacal (NH_4CNO) (grande gélule).

5. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Afin d'évaluer la performance de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou en matière d'abattement de la pollution de l'eau, une série d'analyse sur les paramètres de pollution ont été effectués à l'entrée et à la sortie de cette STEP (Tableau 7), dont nous avons suivi les paramètres suivants : T° , pH, Turbidité, DBO_5 , DCO, MES, PO_4^{3-} , NO_3^- , PO_4^{3-} .

Ces séries d'analyses peuvent être résumées en :

✚ Détermination des caractéristiques des eaux usées :

- ✓ analyse quotidienne : Température, pH, Turbidité, MES.
- ✓ analyse complète : DBO_5 , DCO, NO_3^- , PO_4^{3-} .

✚ Détermination des caractéristiques de la boue : Matière sèche (MS), Test de décantation V_{30} , Matière volatiles sèche MVS.

✚ Calcul des rendements épuratoires pour le suivi de l'efficacité des procédés de traitement de la STEP.

Le tableau suivant (Tableau 7) représente les références-méthodes d'analyse utilisée pour chaque paramètre.

Tableau 7 : Méthodes d'analyses.

Paramètre	Equipement utilisé	Référence-méthode utilisées/Norme
Température	Thermomètre	/
pH	pH mètre de paillasse	Electro métrique
Turbidité	Conductimètre	Electro métrique
MES	Dispositif de filtration + Centrifugeuse	Norme Afnor EN 872 Méthode par filtration sur filtre en fibre de verre
DCO	Incubateur DCO BEHR + Titeur	Norme 6060
DBO₅	DBO mètre + incubateur	Manométrique
PO₄³⁻	Colorimètre	Méthode Commercial (Utilisation des Kits)
NH₄⁺	Colorimètre	Méthodes commercial (Utilisation des Kits)
NO₃⁻	Colorimètre	Méthodes commercial (Utilisation des Kits)
MVS	Etuve – Balance – Four à moufle	Norme française NFU44-041 (Séchage + Calcination)
MS	Etuve + Balance	Norme française NFU44-041 (Filtration + Séchage)
V₃₀	Eprouvette 1000 ml	/

6. Filière eau

6.1. Analyse des caractéristiques des eaux usées

Analyse quotidiennes

6.1.1. Détermination du potentiel hydrogène (pH) et de la température

Le protocole à suivre pour déterminer le pH et la température nous avons procédé comme suit :

- on prépare le pH-mètre ;
- on étalonne l'appareil ;

- on verse une quantité suffisante d'échantillon dans un bécher ;
- on allume le pH-mètre ;
- puis on plonge la sonde et l'électrode dans l'échantillon ;
- après on attend jusqu'à ce que la mesure se stabilise pour faire la lecture.



Figure 32 : Eau brute



Figure 33 : Eau épurée



Figure 34 : pH mètre



Figure 35 : Thermomètre

6.1.2. Détermination de matière en suspension (MES)

Pour la détermination des MES suivant la norme Afnor EN 872, nous avons procédé comme suit :

- on prélève 25 ml d'échantillonnage à analyser (entrée, sortie) ;
- on prépare le spectrophotomètre ;
- on règle le colorimètre au numéro du programme (94) ;
- après on remplit un flacon de 25 ml d'eau distillé (le blanc) puis le placer dans l'appareil et procéder à la lecture ;
- puis placer les échantillons l'un après l'autre après agitation (entré-sortie) et faire la lecture.

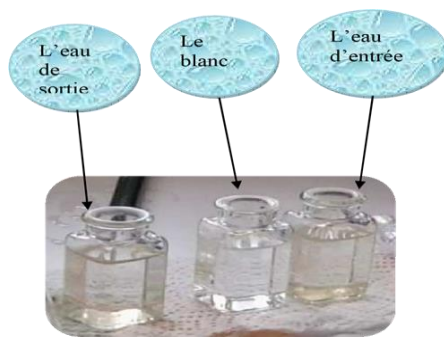


Figure 36 : Flacons



Figure 37 : Spectrophotomètre

6.1.3. Détermination de la turbidité

Le protocole à suivre pour déterminer la turbidité est le suivant :

- on prélève 25 ml d'échantillon d'eau à analyser (entré, sortie) et on le met dans des flacons spéciaux ;
- on prépare le spectrophotomètre, puis on applique le numéro du programme (95) ;
- on remplit un flacon de 25 ml d'eau distillé (le blanc) puis on le place dans l'appareil et procéder à la lecture et on procède à la lecture ;
- on place les échantillons l'un après l'autre après agitation (entré-sortie) puis on fait la lecture.

✚ Analyse complète

6.1.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Le protocole à suivre pour déterminer la DBO est le suivant :

- on agite un peu pour homogénéiser et on prélève 432 ml d'eau épurée et 164 ml d'eau brute dans deux bouteilles ;
- on introduire un barreau magnétique dans chaque flacon avant de les placer dans l'incubateur pour régler la température à 20 °C ;
- ensuite on ajoute 3 pastilles de KOH dans les couvercles (le KOH permet de fixer le CO₂ dégagé), ensuite placer les oxytypes sur les bouteilles et en les serrant bien ;
- on choisit l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi ;
- 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.



Figure 38 : DBO mètre

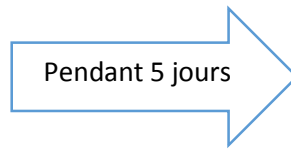


Figure 39 : Enceinte DBO mètre

6.1.5. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

Pour la détermination de DCO suivant la norme 6060, nous avons procédé comme suit :

- on prépare un échantillon témoin avec 10 ml de solution d'hydrogénophthalate de potassium (étalon) ;
- 10 ml d'eau distillée (le blanc) ;
- 10 ml d'eau usée (entrée) ;
- 10 ml d'eau épurée (sortie) ;
- on ajoute à chaque flacon 5 ml de dichromate de potassium, 15 ml d'acide sulfurique - sulfate d'argent ;
- on ajoute ensuite deux régulateurs d'ébullition dans chaque tube ;
- après refroidissement on ajoute pour chaque flacon 45 ml d'eau distillée ;
- puis on procède à la titration avec le sulfate de fer et d'ammonium ;
- on procède à la lecture.

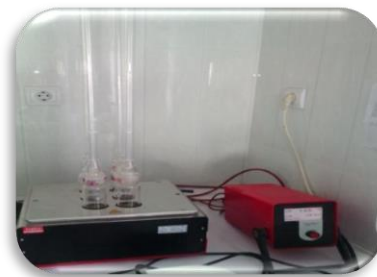


Figure 40 : Réacteur à DCO

6.1.6. Détermination du phosphore (PO_4^{3-})

Le protocole à suivre pour déterminer le phosphore est le suivant :

- on prépare le spectrophotomètre ;

- on applique le numéro du programme (79) ;
- puis presser la touche « ENTER » l'affichage indique « mg/l PO₄ » et le symbole ZERO ;
- on remplit un flacon avec 25 ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un papier absorbant ;
- on ajoute avec précaution le contenu d'une pastille « Phos Ver3 » au flacon puis agiter ;
- on met la pastille utilisée dans un sachet de stockage ;
- puis presser « TIMER ENTER », une période de réaction de 2 minutes commence ;
- on prépare le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon ;
- lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l PO₄ ;
- on place le blanc dans le puis de mesure ;
- après presser « Zéro », l'affichage indique 0 mg/l PO₄ ;
- on essuyer le flacon avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage ;
- on place l'échantillon préparé dans le puis de mesure, pressé « ENTER », le résultat s'affiche.

6.1.7. Détermination de l'azote ammoniacal NH₄⁺

Le protocole à suivre pour déterminer l'azote ammoniacal est le suivant :

- on possède à la dilution pour chaque échantillon à savoir :
 - ✓ eau d'entrée : une dilution à 1/100 (1 ml) ;
 - ✓ eau de sortie : une dilution à 1/25 (4 ml) ;
- on prélève 10 ml d'échantillon dilué (eau épurée et eau brute) et l'eau distillée, et remplis 3 cuves ;
- on rajoute dans chaque cuve du salicylate, puis on agite pour dissoudre et le laisser agir pendant 3 min ;
- on ajoute le réactif Cyanurates d'ammonium avec une agitation et 15 min de réaction ;
- on prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme (64) ;
- on place le blanc dans le puis de mesure et presser zéro, le résultat affiche mg/l (NH₄⁺) ;
- ensuite on place les autres cuvettes l'une après l'autre (entrée, sortie), après appuyé sur mesurer puis les résultats s'affichent en mg/l.

6.1.8. Détermination de nitrates (NO₃⁻)

Nous avons procéder à la détermination des nitrates au niveau de 3 points : l'eau brute (entrée), l'eau traitée et la boue, en suivant les étapes ci dessous :

✚ Entrée

- on prend une quantité d'eau d'entrée 30 ml, on y ajoute le réactif (nitrover 6) avec 3 min d'agitation et 2 min de décantation ;
- on prélève 25 ml de cet échantillon puis on lui rajoute le réactif (nitrover 3) avec un temps de réaction de 10 min ;
- on prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme ;
- on prendra comme blanc 25 ml de l'échantillon sans réactif.

✚ Sortie

- on prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme ;
- on prend 25 ml d'échantillon, on ajoute (nitrover 5) avec 1 min d'agitation et 5 min de réaction ;
- on prépare le blanc avec 25 ml d'échantillon ;
- on procède à la lecture.

7. Filière boue

Afin d'évaluer les caractéristiques des boues ainsi qu'à quantifier leur production, des analyses sont effectuées au cours du traitement des boues. Des prélèvements ont été effectués sur différents points à savoir : boues activée et boue de retour. Le suivi permet de déterminer les caractéristiques des boues : MS, MVS, V_{30} .

7.1. Détermination de matière sèche (MS)

Pour la détermination des MS suivant la norme française NFU44-041, nous avons procéder comme suit :

- on prend un papier filtre et on le pèse (P_0) ;
- on place un entonnoir sur un bécher et on place dessus le papier filtre ;
- on verse une quantité de boue dans ce dispositif (au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou ils prennent 100 ml) ;
- après filtration, on met le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à 105 °C jusqu'à déshydratation ;
- après cela on place ce filtre dans un dessiccateur pour enlever toute humidité restante et puis on refait la pesée (P_1) ;
- on calcule la concentration de MS en utilisant la formule ci-dessous :

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1\,000 / V \text{ (mg/l)}$$

Avec :

$V = 100 \text{ ml}$

P_0 : poids du papier filtre plissé.

P_1 : poids du filtre + boue séchée.



Figure 41 : Filtration



Figure 42 : Etuve



Figure 43 : Dessiccateur

7.2. Détermination de test de décantation V_{30}

Cette valeur exprime le volume de boue activée détectée pendant 30 min sous l'unique effet de la gravité. Pour déterminer cette valeur nous avons procédé comme suit :

- on remplit une éprouvette de 1 000 ml avec 1l de boue ;
- on note le niveau de boue décanté dans l'éprouvette après 30 min, cette valeur notée est V_{30} exprimé en ml/l ;
- le V_{30} doit être impérativement inférieur à 300 ml/l ;
- dans le cas contraire, on procède à une dilution avec l'eau épurée ou on calcul l'indice de boue suivant :

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



Figure 44 : Test de décantation

7.3. Détermination de matière volatile sèche (MVS)

La mesure de la MVS se fait uniquement pour l'eau brute car l'eau épurée est dépolluée de la matière organique. Pour la déterminer nous avons procédé comme suit :

- on met une quantité de boue dans une coupelle en porcelaine de poids P_0 ;
- on la place dans une étuve à 105 °C jusqu'à évaporation totale de l'eau ;
- après on pèse la coupelle P_2 ;
- on met la coupelle dans un four amouffle à 550 °C pendant 2 heures ;
- après refroidissement on pèse la coupelle à nouveau et on obtient le P_3 ;
- on calcule la concentration des MVS par la formule suivante :

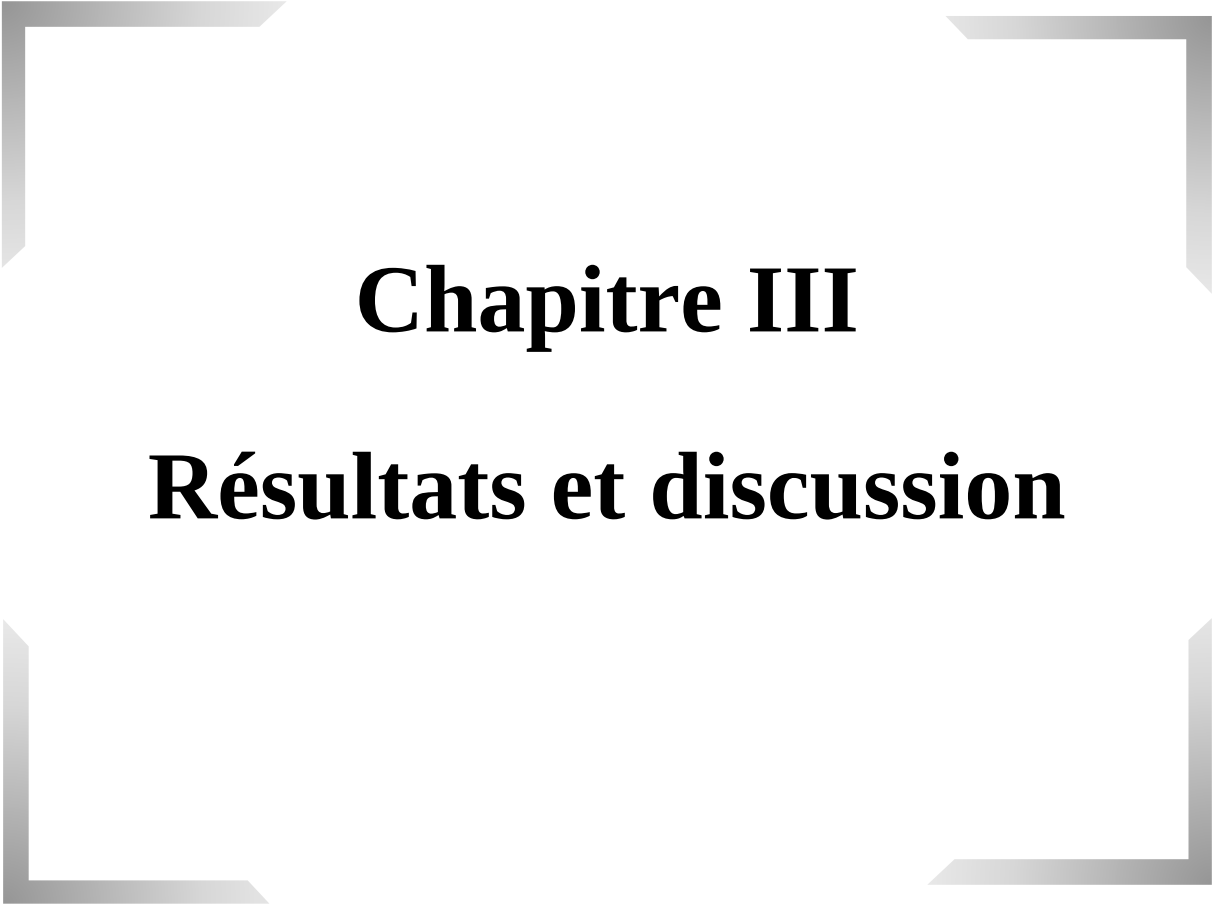
$$\text{MVS} = ((P_2 - P_3) / (P_2 - P_0)) \times 100$$

Avec :

P_0 : poids de la coupelle vide.

P_2 : poids de la coupelle + poids de la boue séchée à $T = 105$ °C.

P_3 : poids de la coupelle + poids de la boue après l'avoir passé dans l'étuve à $T = 105$ °C
et $T = 550$ °C pendant 2 h

Four decorative corner brackets, each composed of two perpendicular lines with a slight gap at the corner, are positioned at the top-left, top-right, bottom-left, and bottom-right of the page. They are light gray and frame the central text.

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultats expérimentaux

🔗 Filière eau

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et épurée de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou, sont reportés dans le tableau 9 de l'ANNEXE 1.

🌡️ Température (° C)

La figure 45 et le tableau 9 en annexe 1 montre que la température de l'eau à l'entrée de la STEP Est (brute) varie entre 16,4 °C et 25,5 °C, celle de l'eau à la sortie (épurée) varie entre 16,8 °C et 25,3 °C.

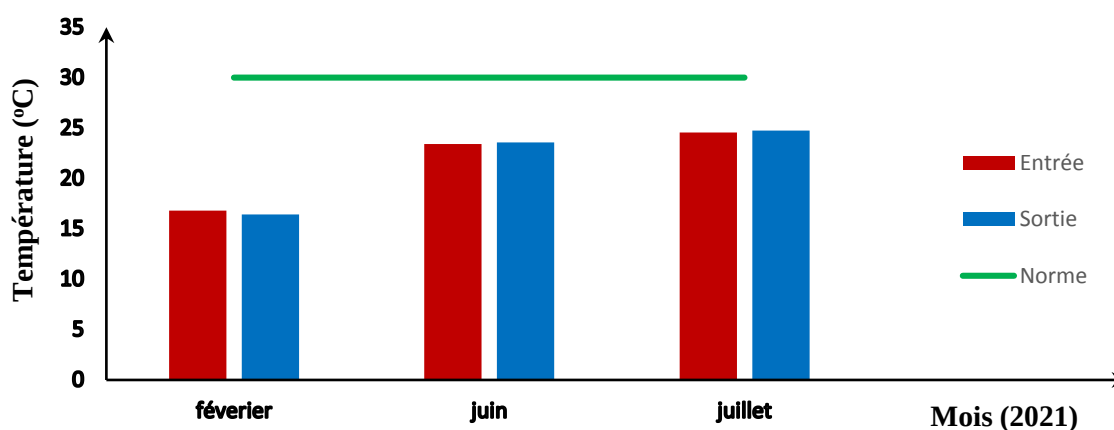


Figure 45 : Variation de la température.

Nous remarquons qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de la température de l'eau brute et épurée pour les prélèvements de la même journée, mais varie d'un mois à un autre, ceci est due à l'effet saisonnier (période hivernale et estivale). Où on constate que le mois de juillet a enregistré la valeur la plus élevée avec 24,55 °C et la plus faible dans le mois de février avec 16,8 °C à l'entrée de la station (l'eau brute). Alors qu'à la sortie (l'eau épurée) la plus élevée est de 24,75 °C et la plus faible est de 16,4°C. Les valeurs enregistrées sont à la norme de rejet de l'OMS (2007) requise soit à 30 °C.

🌡️ Potentiel Hydrogène (pH)

Selon le tableau 9 en annexe 1 et figure 46, les valeurs du pH enregistrées à la rentrée du la STEP Est varient de 7,3 à 8,01 et pour la sortie varient de 7,22 à 7,9, donc relativement neutre. Ces valeurs sont conformes à celles préconisées par la législation algérienne pour le rejet des eaux usées urbaines vers le milieu naturel.

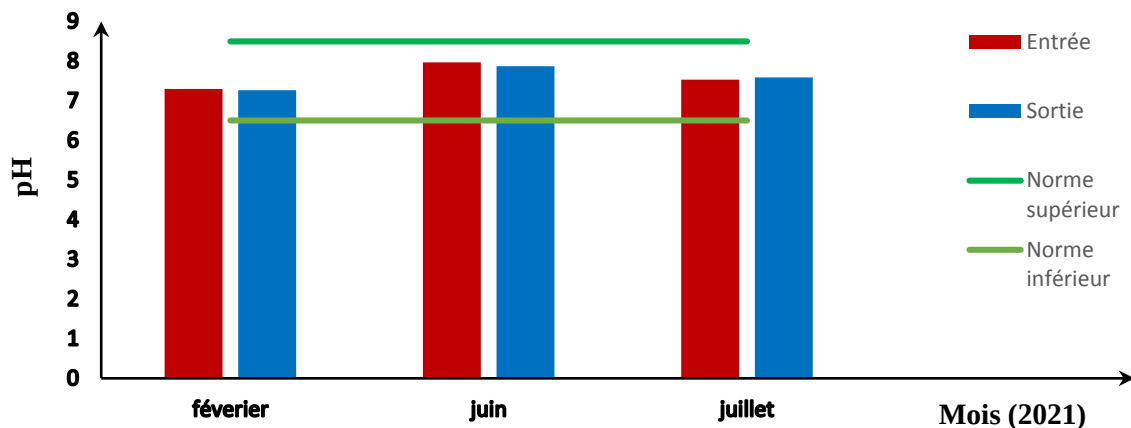


Figure 46 : Variation de pH

Le potentiel d'hydrogène (pH) moyen du mois de juin a enregistré la valeur la plus élevée par rapport aux autres mois avec une valeur de 7,97 à l'entrée de la station (l'eau brute) et 7,87 à la sortie de la station (l'eau épurée). Pour le mois de février on a enregistré les valeurs les plus faibles avec 7,30 à l'entrée de la station (l'eau brute) et 7,27 à la sortie de la station (l'eau épurée). Ces valeurs obtenues sont conformes aux normes de rejet fixées par d'OMS et le JORAD (entre 6,5 à 8,5), ceci confirme la possibilité de rejet dans le milieu récepteur. Nous remarquons aussi qu'il n'existe pas d'une grande différence significative entre les valeurs de pH de l'eau brute et l'eau épurée pour tous les mois (février, juin et juillet).

Turbidité (NTU)

D'après la figure 47 et le tableau 9 de l'annexe 1, les valeurs de la turbidité à l'entrée de la station sont comprises entre 241 et 317 FTU tandis qu'à la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées sont comprises entre 17 et 20,5 FTU. On remarque que le mois de juillet a enregistré la valeur moyenne de la turbidité la plus élevée avec 317 FTU ainsi que une faible valeur avec 212 FTU en mois de juin à l'entrée de la station (l'eau brute), alors qu'à la sortie de la station (eau épurée) on observe une diminution remarquable par rapport à la rentrée dans tous les mois, avec des valeurs enregistrées entre 17 FTU à 20,5 FTU.

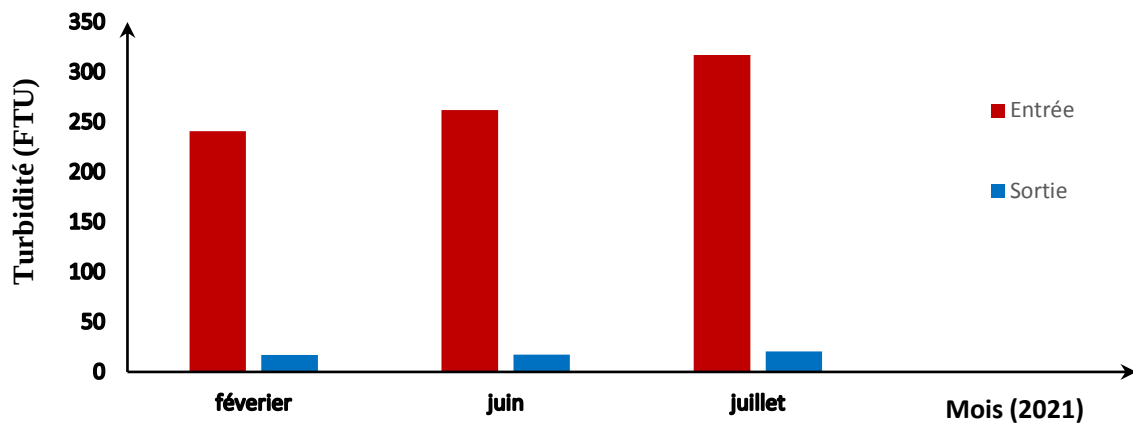


Figure 47 : Variation de la turbidité

✚ Matières en suspension (MES)

Selon la figure 48 et le tableau 9 en annexe 1, on constate que à la rentrée de la STEP, on a enregistré une teneur de l'eau brute en MES varie entre 172 mg/l et 381 mg/l ces teneurs sont nettement supérieures à la fourchette normale des charges admissibles par la réglementation, et sont en fonction de la nature du rejet. Et à la sortie de la STEP, on relève une diminution des concentrations en MES d'eau épurée par rapport à celles enregistrées à l'entrée. Ces concentrations entre 08 à 13 mg/l. Ces valeurs sont au-dessus de la norme de rejet dans le milieu naturel fixée par la législation algérienne.

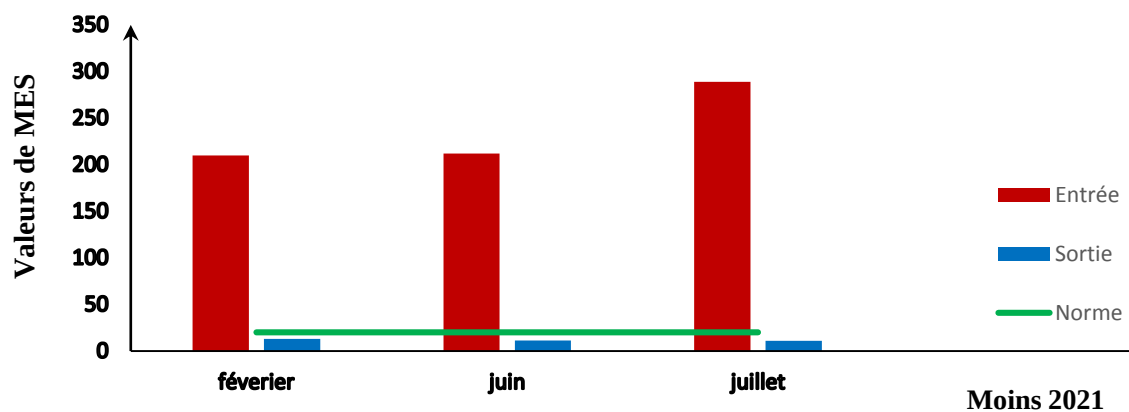


Figure 48 : Variation des MES

Le mois de juillet a enregistré la valeur moyenne des MES la plus élevée avec 289 mg/l, le taux le plus faible avec 210 mg/l a été enregistré au mois de février pour l'eau de l'entrée de la station. Par contre à la sortie on remarque une légère diminution ainsi en mois de juillet par

rapport aux autres mois avec une valeur de 11 mg/l. Cependant ces résultats obtenus sont acceptable vu qu'elles sont au-dessous de la norme de rejet fixée par l'OMS à 30 mg/l.

✚ Demande chimique en oxygène (DCO)

D'après la figure 49 et le tableau 9 de l'annexe 1, les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables, elles oscillent entre 353,4 mg O₂/l et 545 mg O₂/l, et pour l'effluent traité, les valeurs enregistrées varient entre 30 mg O₂/l et 84,73 mg O₂/l, les valeurs de la DCO présentent une variation non négligeable au cours de la période d'étude, cela peut s'expliquer par une variation de la qualité des eaux usées produites à différents moments de l'année.

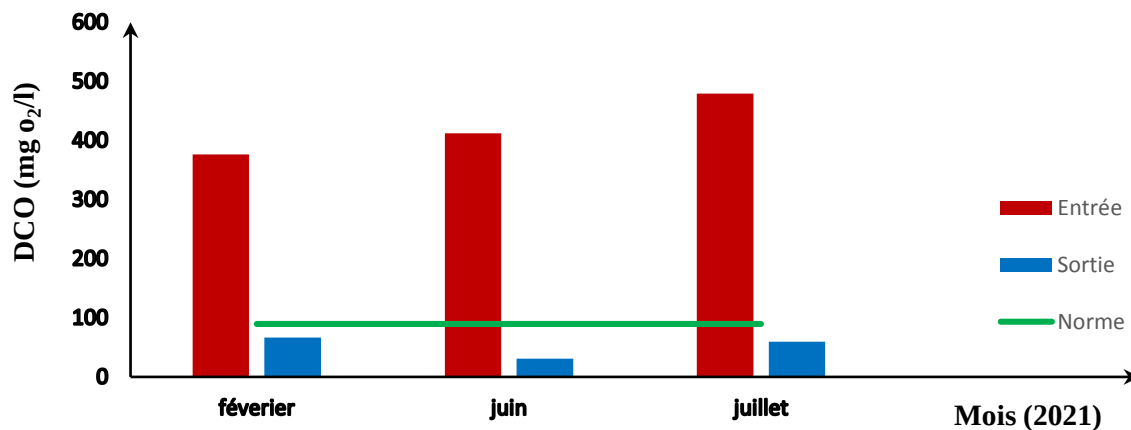


Figure 49 : Variation de la DCO

On remarque aussi que la valeur la plus élevée est enregistrée dans le mois de juillet avec un taux de 479,09 mg/l, alors que la valeur la plus faible est enregistrée dans le mois de février avec 376,35 mg/l à l'entrée de la station (eau brute). Par contre à la sortie de la station (eau épuré) on constate une diminution plus remarquable dans le mois de juin avec 31,25 mg/l par rapport aux autres mois ; en effet les résultats obtenus restent conformes puisque elles sont au-dessous de la norme de rejet de l'OMS (90 mg/l).

✚ Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

D'après la figure 50 et le tableau 9 de l'annexe 1, les valeurs de la DBO₅ de l'influent enregistrées à l'entrée de la STEP varient entre 220 mg O₂/l et 390 mg O₂/l, tandis que les valeurs enregistrées au niveau de la sortie de la station d'épuration varient entre 6 mg O₂/l et 29 mg O₂/l.

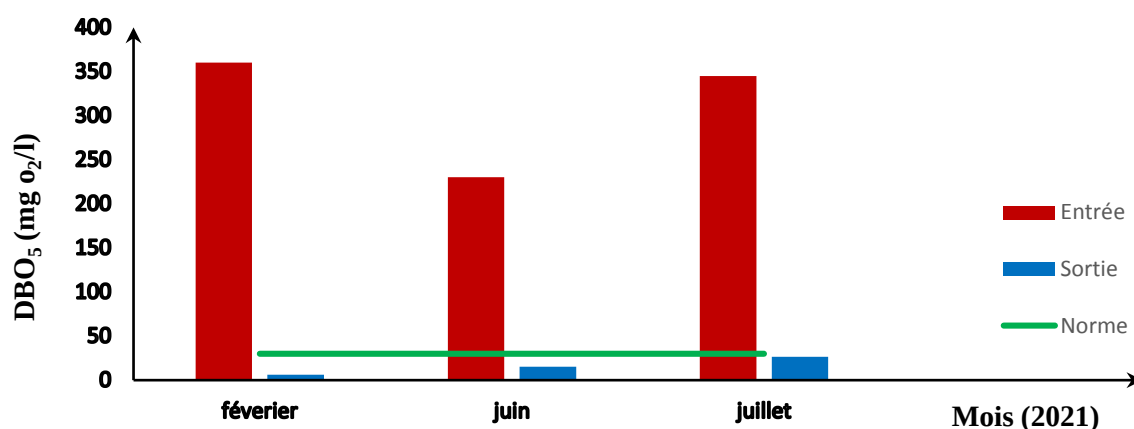


Figure 50 : Variation hebdomadaire de la DBO₅

Le mois de février a enregistré la valeur moyenne de DBO₅ la plus élevée avec 360 mg O₂/l, en revanche le mois de juin a enregistré la valeur la plus faible avec 230 mg O₂/l à l'entrée (eau brute). Par contre à la sortie de la station (eau épurée) on remarque la diminution de la DBO₅ pour tous les mois, la valeur la plus élevée a été enregistrée au mois de juillet avec une valeur de 29 mg O₂/l, par rapport aux autres mois. Cependant ces résultats obtenus sont acceptables vu qu'ils sont au-dessous de la norme de rejet de l'OMS (2007) fixée à 30 mg O₂/l.

Biodégradabilité (K)

D'après les résultats obtenus pour la DBO₅ on peut conclure qu'elles sont plus basses que largement la norme adoptée, et que la charge polluante est très élevée avec la présence des matières non biodégradables car la DCO est élevée.

Le tableau 8 représente le suivi du rapport DCO / DBO₅ de l'effluent brut dans le but d'évaluer sa biodégradabilité au cours de trois mois des prélèvements en 2021 (février, juin et juillet), ce rapport reste inférieur à 3.

Tableau 8 : Variation hebdomadaire du rapport DCO / DBO₅.

Prélèvements Mois	Rapport DCO/DBO ₅ (calcul)	(K)
Février	1.05	$K < 1.5$: l'effluent est biodégradable.
Juin	1,79	$1.5 < K < 2.5$: l'effluent est moyennement biodégradable.
Juillet	1,39	$K < 1.5$: l'effluent est biodégradable.

Les rapports de DCO / DBO₅ enregistrés en mois de février et juillet avec 1,05 et 1,39 sont inférieurs à 1,5, donc l'effluent est biodégradable. Pour le mois de juin l'effluent est moyennement biodégradable puisque le rapport DCO / DBO₅ enregistré est de 1,79.

Pollution phosphorée PO₄³⁻

Selon le Tableau 9 en annexe 1 et la figure 51, les eaux usées brutes des différents prélèvements sont caractérisées par des teneurs faibles en orthophosphates qui varient entre 2,55 mg/l et 4,65 mg/l. Dans les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0,1 mg/l à 1,45 mg/l. On remarque que la concentration en cet élément à la sortie est très faible par rapport aux normes nationales et internationales (< 2 mg/l).

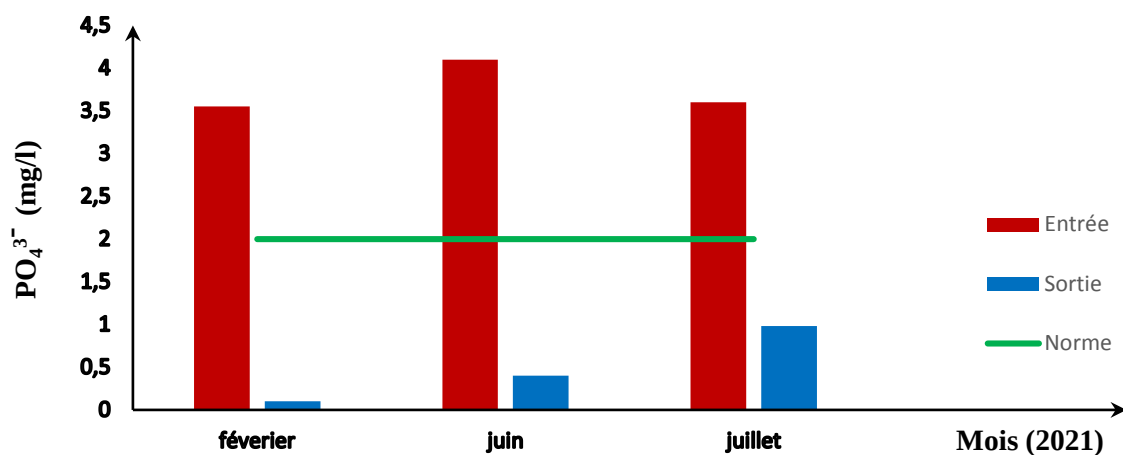


Figure 51 : Variation des orthophosphates

Le mois de juin a enregistré la valeur moyenne de PO₄³⁻ la plus élevée avec 4,1 mg/l par rapport aux autres mois (3,55 mg/l en février et 3,6 mg/l en juillet) à l'entrée (eau brute), par contre à la sortie de la station (eau épurée) on observe une diminution remarquable, en mois de février à une concentration très faible de 0,1 mg/l par rapport aux autres mois (juin avec 0,4 mg/l et juillet avec 0,93 mg/l). Ces résultats obtenus sont conformes puisque qu'elles sont tous au-dessous de la norme de rejet de l'OMS fixée à 2 mg/l.

Filière boue

Indice de boues (IB) ou indice de Mohlman (IM)

D'après les résultats obtenus, le test de décantation V₃₀ présente des valeurs entre 720 ml et

980 ml (Tableau 10 et la figure 52 (annexe 2)). On fait des dilutions avec de l'eau épurée puis on calcule l'indice de boue.

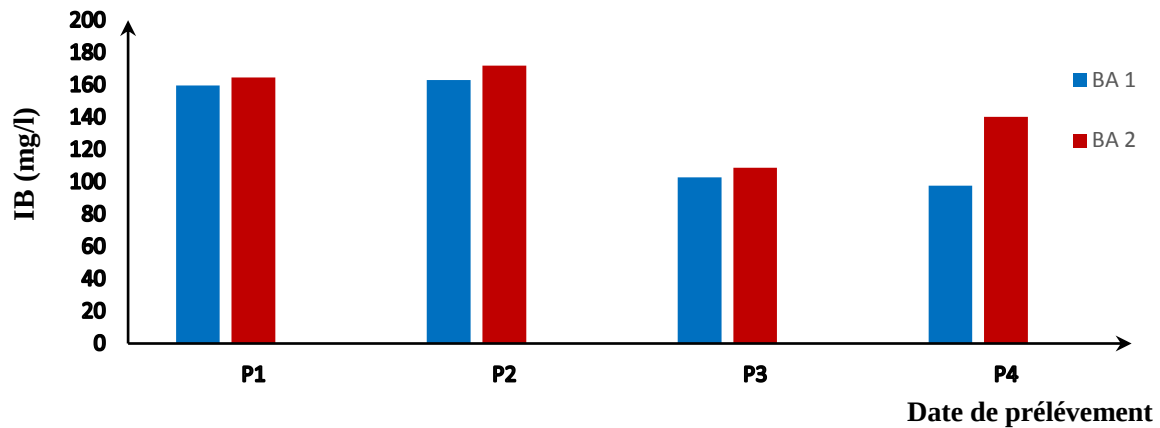


Figure 52 : Variation d'IB de BA1 et BA2 de la STEP Est de Tizi- Ouzou

On remarque que l'indice de boue varie entre 79,67 mg/l et 102,73 mg/l, ces résultats sont entre 50 mg/l et 150 mg/l, donc sont acceptables et assurent une bonne décantation. Situation idéale floc bactérien bien constitué et une bonne séparation solide-liquide, qui garantissant un fonctionnement convenable de la station.

Matière sèche (MS)

La figure 53 présente la moyenne de la matière sèche pour trois boues différentes (boue des bassins d'aération, boue de stabilisation et boue de retour) de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Les valeurs sont comprises entre 3,84 mg/l et 20,18 mg/l, avec une moyenne de 15,69 mg/l pour le premier bassin de retour, 18,36 mg/l pour le deuxième, 15,17 mg/l pour le premier bassin de stabilisation et 17,68 mg/l pour le deuxième, 4,5 mg/l pour le premier bassin d'aération et 4,4 mg/l pour le deuxième. On remarque une augmentation des MS au cours des étapes de traitement, ces résultats indiquent que la boue évacuée est concentrée. Pour diminuer cette concentration il faut une extraction des boues du clarificateur vers l'épaississeur.

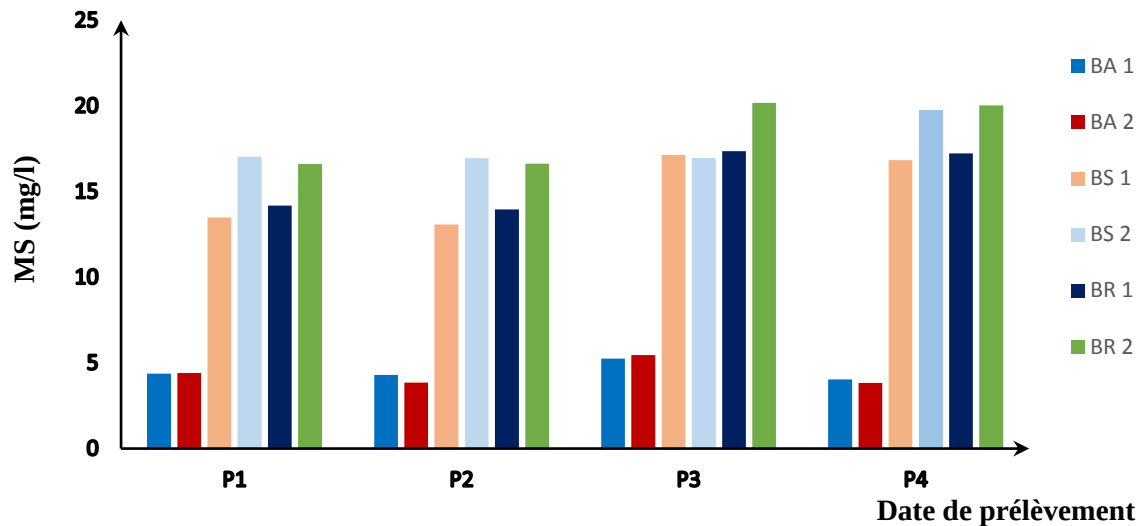


Figure 53 : Variation de MS de BA1, BA2, BS1,BS2, BR1 et BR2 de la STEP Est de Tizi- Ouzou

✚ Matières volatile en suspension

Les résultats mentionnés sur la figure 54, montrent que le taux des MVS du prélèvement effectuée le 14/07/2021 pour la boue évacuée varie entre 58,79 % et 62,79 %. Elles sont acceptables et conformes à la valeur de la notice d'exploitation à savoir ≥ 40 %.

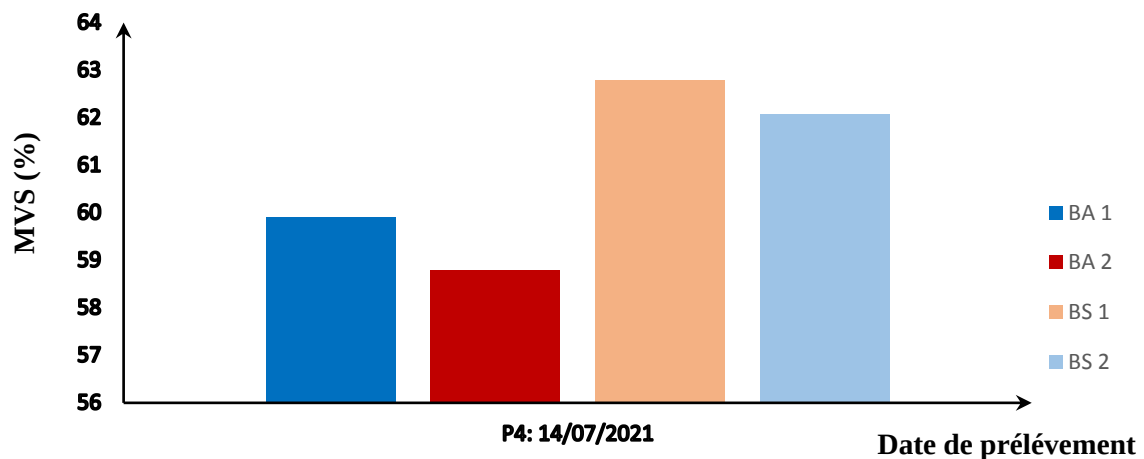


Figure 54 : Variation de MVS de BA1, BA2, BS1 et BS2 de la STEP Est de Tizi- Ouzou

✓ Calcule des rendements épuratoires

Les rendements épuratoires de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou des prélèvements effectués au mois de février, juin et juillet pour l'année 2021, sont reportés dans le tableau 11 en annexe 3.

Le calcul du taux d'abattement d'un paramètre R, exprimé en pourcentage est Calculé selon la formule suivante :

$$R = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné ;

P_i : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée ;

P_f : est le chiffre du même paramètre à la sortie.

Exemple

Pour le DCO en mois de février

$$\begin{aligned} R_{1\text{ DCO}} &= ((P_{i\text{ DCO}} - P_{f\text{ DCO}}) / P_{i\text{ DCO}}) \times 100 \\ &= ((376,35 - 67,02) / 376,35) \times 100 \\ &= 82,2 \%. \end{aligned}$$

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de cette étude sont représentés par les figures suivantes :

+ Demande chimique en oxygène (DCO)

Les rendements moyens d'abattement de la pollution pour la DCO enregistrés sur les périodes de suivis sont de 82,2 % pour le mois de février, 92,44 % pour le mois de juin et de 87,50 % pour le mois de juillet, avec des teneurs résiduelles de 17,8 %, 7,56 % et 12,5 % respectivement (figure 55).

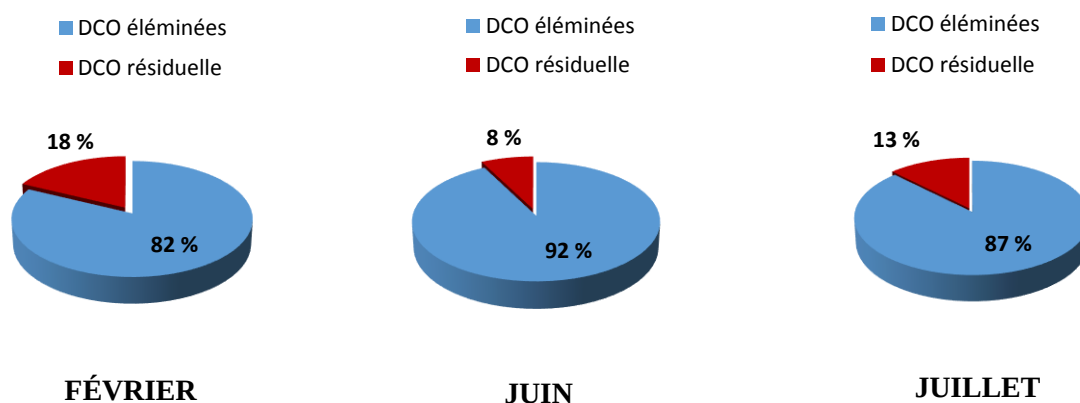


Figure 55 : Taux d'abattement de la DCO

Pour les trois mois de suivis de l'année 2021, le meilleur rendement a été enregistré au mois de juin.

Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Le rendement d'élimination de la DBO₅ oscille entre 98,33 % le mois de février, 93,48 % le mois de juin et 92,32 % pour le mois juillet, avec des teneurs résiduelles de 1,67 %, 6,52 % et 7,68 % respectivement (figure 56). Ce qui correspond à un rendement dépassant les 94,71 %, le meilleur rendement épuratoire a été obtenu le mois de février.

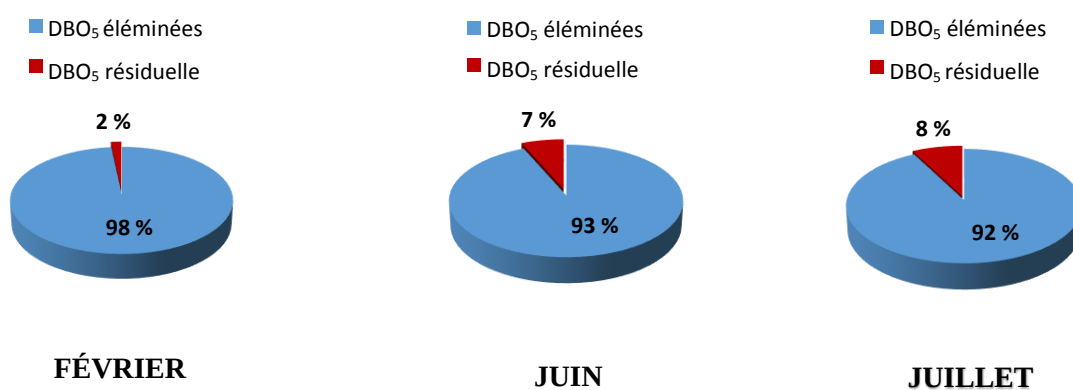


Figure 56 : Taux d'abattement de la DBO₅

Matières en suspension (MES)

Le rendement d'élimination de MES oscille entre 93,81 % en février, 94,58 % en juin et 96,19 % en mois de juillet, avec des teneurs résiduelles de 6,19 %, 5,42 % et 3,81 % (figure 57). On a enregistré un meilleur rendement au mois de juillet.

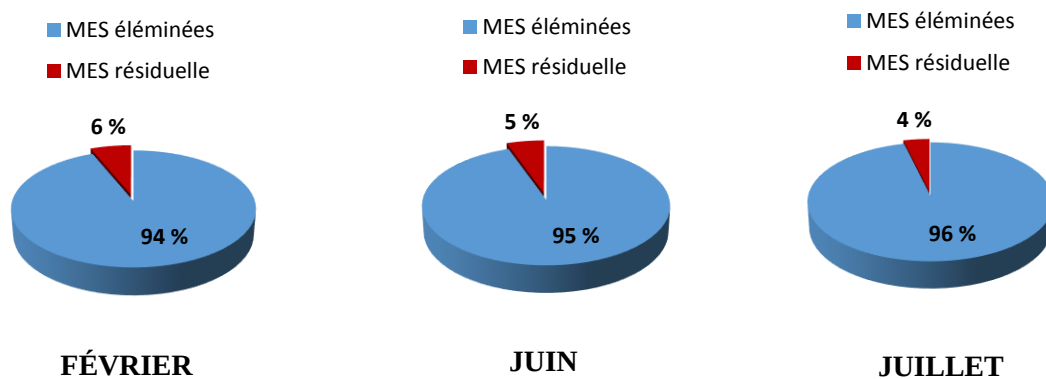


Figure 57 : Taux d'abattement de la MES

Turbidité

Le rendement d'élimination de la turbidité est de 92,9 % pour le mois de février, 93,3 % pour le mois de juin et 93,5 % en mois de juillet, avec des teneurs résiduelles de 7,1 %, 6,7 % et 6,5 % (figure 58). À cet effet, nous avons remarqué une élimination notable entre l'entrée et la sortie, cela reflète l'efficacité de la chaîne du traitement de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

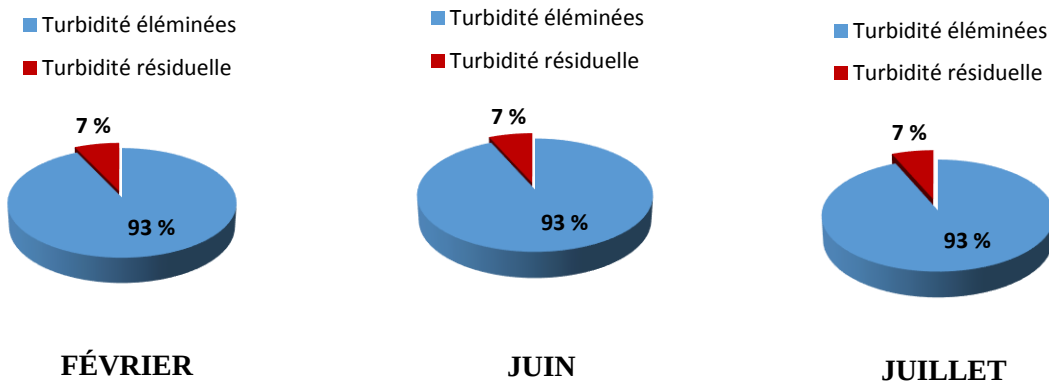


Figure 58 : Taux d'abattement de la turbidité

Orthophosphates PO_4^{3-}

Les rendements épuratoires des orthophosphates sont avec des taux de 97,2 % et une teneur résiduelle de 2,8 % pour le mois de février, 90,24 % et une teneur résiduelle de 7,56 % pour le mois de juin et 74,17 % et une teneur résiduelle de 25,83 % en juillet (figure 59). Le meilleur rendement de réduction obtenu est en mois de février.

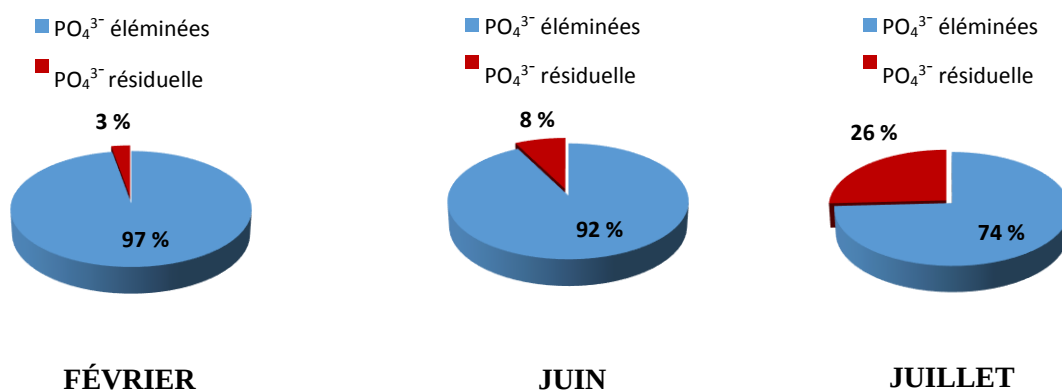


Figure 59 : Rendement de la réduction de PO_4^{3-}

Azote ammoniacale NH_4

Le rendement réduction de l'azote ammoniacale (NH_4) obtenu pour l'ensemble de la filière du traitement est 83,35 % en mois de février, avec une teneur résiduelle de 16,65 % (figure 60).

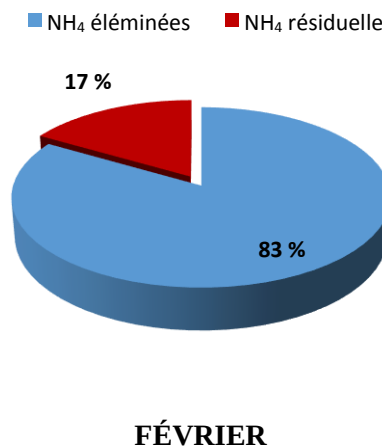


Figure 60 : Rendement de la réduction de NH_4

2. Discussion

Durant notre étude des effluents de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, nous avons remarqué qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de la température de l'eau brute et l'eau épurée de la même journée de suivi mais varient significativement d'un mois à un autre. L'évolution de la température de l'eau reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, la durée de l'ensoleillement, le débit et la profondeur (MC NEELY et *al.*, 1980).

Les valeurs moyennes de température obtenues dans notre étude sont inférieures à la valeur limite des rejets directs dans le milieu récepteur, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures (JORA, 2012).

Selon MARTIN (1979), au niveau des stations d'épuration la température des eaux usées influe beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement, par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées. De plus, l'activité biologique prenant place lors du traitement décroît avec le froid, la vitesse de nitrification est très ralentie en dessous de 10 °C.

D'après l'étude de TAHRI et *al.*, (2015) dans la station d'épuration de MARRAKECH, le suivi de la température à l'entrée de la STEP, montre que la température de l'eau suit celle de la saison, oscillant entre 21 °C (période hivernale) et 30 °C qui correspond au pic de la période estivale. Ce sont des valeurs favorables pour le fonctionnement des bioréacteurs et acceptables

par les valeurs limites des rejets indirects (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002 ; ADOUANI, 2015).

La température agit favorablement sur les réactions chimiques et biochimiques, ainsi que sur le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les micro-organismes (RODIER et *al.*, 2009). La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment, quantité de gaz dissous (solubilité), pH...etc) (RODIER et *al.*, 1996).

Le pH de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou est compris entre 7,3 à 8,01 à l'entrée et varient de 7,22 à 7,9 pour la sortie, ce qui indique que le pH de la STEP Est est voisin de la neutralité donc il répond aux normes de rejet en vigueur. Ces valeurs sont conformes à celles préconisées par la législation algérienne pour le rejet des eaux usées urbaines vers le milieu naturel. Ce qui est une caractéristique des eaux résiduaires dont le pH est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie (FRANCK, 2002).

Il est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement (RODIER, 1996). Les valeurs observées révèlent que le pH est neutre à légèrement alcalin pour tous les prélèvements. Cette alcalinité de l'influent serait due à la composition des rejets domestiques (eau de savon, selles, urine, etc.) (PALIWAL et *al.*, 1998). La diminution du pH dans l'eau brute peut s'expliquer par l'activité des usagers, alors que dans le bassin de maturation, la hausse de la valeur du pH est due à la consommation du CO₂ par les algues au cours de la journée pour assurer leur activité photosynthétique (EL HADDAD, 2001).

D'après l'étude de TAHRI et *al.*, (2015) dans la station d'épuration de MARRAKECH, le pH de l'eau brute reste pratiquement stable durant toute l'année avec une valeur moyenne de l'ordre de 8 indiquant une faible alcalinité de l'eau, cette moyenne se situe dans l'intervalle des normes marocaines.

D'après SEVRIN REYSSAC et *al.*, (1995) un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

Les valeurs de la turbidité obtenues durant notre étude révèlent une réduction importante de cette dernière entre les eaux brutes et les eaux épurées. L'eau sortante de la STEP Est est plus claire par rapport à l'eau de l'entrée.

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sables, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques mortes ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (RODIER *et al.*, 2005).

L'analyse des eaux usées de la ville Est de Tizi-Ouzou a révélé une moyenne en MES qui est de 242,4 mg/l pour l'eau brute, qui diminue jusqu'à une moyenne de 11,6 mg/l pour l'eau traitée. Cette diminution est due au traitement de décantation que subi l'eau usée. Sachant que la valeur limite de MES pour le rejet dans le milieu récepteur et pour l'irrigation est de 30 mg/l, on peut dire que ces eaux peuvent être destinées à une réutilisation agricole.

La teneur en MES peut être éliminée par coagulation en déstabilisant les particules en suspension ce qui facilite leur agglomération (DESJARDINS, 1997). La diminution de la concentration en MES à la sortie de la STEP serait due à la filtration physique qui consiste à retenir les matières grossières en surface et les plus fines soit par blocage entre les pores, soit par interception et fixation sur les grains ou par interactions chimiques de type Van Der Waals (CHACHUAT, 1998).

Selon l'étude de BOUNOUA *et al.*, (2017) au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, les résultats des MES obtenus au niveau de l'entrée de cette station d'épuration sont évidemment élevées, leurs diminution à la sortie est due au traitement d'épuration qu'a subie l'eau usée ; mais cette diminution reste hors norme de l'OMS à cause des facteurs qui la conditionnent surtout les déchets de la zone industrielle.

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradables. La présence de matière en suspension dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols (FAO, 2003). Cependant, une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que l'obturation des systèmes d'irrigation. (HAMAIIDI-CHERGUI, 2016).

Le traitement par décantation a permis d'aboutir à un rendement variant autour de 92,9 % à 93,5 % de la turbidité dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou.

Les valeurs de la DCO de l'eau brute de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou sont variables. Elles oscillent entre 353,4 mg O₂/l et 545 mg O₂/l. Ces valeurs restent dans la gamme de référence pour les eaux usées d'origine domestiques (300 à 1000 mg·l⁻¹) (BREMOND et PERRODON, 1979). Ces eaux domestiques sont généralement chargées de substances plus ou moins biodégradables, des produits nettoyants, désinfectants, détartrants ainsi que des engrais, de pesticides et des solvants pour le bricolage. Ces eaux peuvent également contenir des polluants cosmétiques et médicamenteux.

La DCO permet de mesurer la teneur en matières organiques totales, y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (SAVARY, 2005). Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon. Les eaux des égouts, les eaux résiduaires industrielles et les eaux polluées en général consomment de l'oxygène par des actions réductrices sans intervention des micro-organismes (REJESK, 2002).

La diminution de la concentration de la DCO serait due à la rétention physique de la matière organique du rejet dans les filtres et à une certaine oxydation de celle-ci par la flore microbienne en présence d'oxygène. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans un effluent industriel ou une eau usée. Les eaux d'un effluent industriel dont la DCO est élevée peuvent provoquer des problèmes de diminution de la concentration d'oxygène dans des cours d'eau. La valeur de la DCO peut également servir d'indicateur pour les dilutions nécessaires lors de la mesure de la demande biochimique en oxygène (CEAEQ, 2016).

Le meilleur rendement de DCO enregistré dans la STEP Est de Tizi-Ouzou est en mois de juin avec 92,44 %. La décantation primaire permet de réduire 58 % de la DCO et 37 % pour la DBO₅. Ce rendement est affiné après le traitement par coagulation couplé avec une décantation où le coagulant piège la fraction colloïdale qui sédimente dans le bassin de décantation (REJSEK, 2002).

Les valeurs de la DBO₅ de l'influent enregistrées à l'entrée de la STEP varient de 220 mg/l à 390 mg/l. Ces valeurs restent dans la fourchette normale des teneurs admissibles préconisées par la réglementation pour les eaux usées d'origine domestique, c'est-à-dire comprises entre 100 à 400 mg/l (BREMOND et PERRODON, 1979).

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées au niveau de la sortie de la station d'épuration varient de 6 mg O₂/l et 29 mg O₂/l, elles sont inférieures aux normes de rejet et celles fixée à < 30 mg/l pour les eaux destinées à l'irrigation. Cette diminution peut être expliquée par le rôle des

bactéries aérobies et micro-organismes épurateurs qui assurent la dégradation et la transformation de la matière organique en utilisant l'oxygène permettant donc l'élimination de la pollution organique biodégradable (CARDOT, 1999).

Les valeurs les plus élevées de paramètre DBO_5 est enregistrées pendant la période hivernale, cela s'explique par les fortes précipitations durant cette période qui entraînent le transport de matière en suspension associée aux molécules organiques vers la station (N'DIAYE, 2013 ; MARECHAL, 2000).

D'après l'étude de BOUNOUA et *al.*, (2017) au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, la valeur de DBO_5 minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est inacceptable, surtout si on considère que la norme exige une $DBO_5 > 35$ à 40 mg/l, dont l'eau arrive à la station avec les eaux domestiques (réseau unitaire). Cette dernière est causée par des éléments toxiques et des hydrocarbures de la zone industrielle.

D'après la comparaison de TAHRI et *al.*, (2015) sur la concentration des indicateurs de pollution (DCO, DBO_5 , MES) au niveau de la STEP de Marrakech par rapport à la moyenne nationale (HBAIZ, 2014) et d'autres villes à travers le monde (ONEP, 1998 ; DGE, 2013). Il apparait que la charge polluante que reçoit la STEP de Marrakech est beaucoup plus importante par rapport aux d'autres stations de capacité similaire.

Les rendements épuratoires de la DCO et de la DBO_5 sont plus ou moins satisfaisants avec des taux de 92,32 % à 98,33 % pour la DBO_5 et de 82,2 % à 92,44 % pour la DCO. La valeur de DBO_5 est supérieure à 90 % et la valeur de DCO est inférieure à 95 % qui est une valeur qui caractérise une épuration efficace Selon (REJESK, 2002).

Généralement la valeur de la DCO est 1.5 à 2 fois la DBO pour les eaux usées urbaines, 1 à 10 fois la DBO pour tout l'ensemble des eaux résiduaires et supérieur à 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles (RAKREK, 2013).

D'après les résultats obtenus nous pouvons dire que la charge polluante de notre eau est très élevée avec la présence des matières non biodégradables car la DCO est supérieure à la DBO_5 . Le rapport DCO/DBO_5 a une importance pour la définition de la chaine d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO_5 implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. La valeur moyenne du rapport DCO/DBO_5 est de 1,79 conforme avec celui des eaux usées

présentant un rapport DCO/DBO₅ inférieur à 2,5 (METAHRI, 2012). Donc les effluents bruts sont moyennement biodégradables.

Les valeurs de la DCO et de la DBO₅ obtenues restent dans la gamme des valeurs de référence pour les eaux usées d'origine domestique, avec un rapport de DCO/DBO₅ inférieur à la limite autorisée qui est de 3, cela nous permet de conclure qu'il s'agit d'un rejet brut facilement biodégradable (TCHOBANOGLOUS et al., 1991).

FRESENIUS et al., (1990) ont rapporté que lorsque le rapport BOD₅/DCO est supérieur ou égale à 0,5, la dégradation biologique débute immédiatement. Lorsque le rapport DBO₅/DCO est inférieur à 0,5, il existe une possibilité pour que les substances chimiques qui ont une mauvaise biodégradabilité retardent le processus biologique.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'élément inhibiteur de la croissance bactérienne. Le rapport entre la DCO et la DBO₅ peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent. La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous (METAHRI, 2012).

D'après ONEP, (1998) et YAPO, (2009) le suivi au cours de l'année 2013 du rapport DCO/DBO₅ de l'effluent brut dans le but d'évaluer sa biodégradabilité, reste inférieur à 3 durant toute l'année. Cela montre que les eaux usées entrants à la STEP de Marrakech sont facilement biodégradables.

L'évaluation des concentrations en phosphate dans les effluents de la STEP Est de Tizi-Ouzou a montré une diminution des teneurs en phosphates de l'entrée (eau brute) qui serait due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration. Les orthophosphates constituent la forme minérale préférentielle pour les algues et les bactéries dans leur métabolisme. Les phosphates sont présents dans les excréments, les engrais, les lessives, les champoings et les détergents ménagers (CHOCAT, 1997). Selon SARR Awa, (2005), les algues ont besoin de 10 à 20 fois plus de phosphore que d'azote. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques (RAKREK, 2013).

Le rendement épuratoire d'orthophosphates de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou est satisfaisant pour les orthophosphates avec des taux de 97,2 % et de 90,24 % en mois de février et juin. Ces valeurs sont supérieures à 90 % qui est une valeur qui caractérise une épuration efficace selon (REJESK, 2002), avec une teneur résiduelle de 2,8 % et 7,56 %. Mais le

rendement épuratoire d'orthophosphates avec le taux de 74,17 % et une teneur résiduelle de 25,83 % en mois de juillet n'est pas vraiment satisfaisant puisque sa valeur est inférieure à 90 %.

Le taux de réduction de l'azote ammoniacale obtenu pour l'ensemble de la filière du traitement est de 83,35 % en mois de février dans la STEP Est. L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) (RAKREK, 2013).

L'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau usée avant le traitement (NISBET et VRNAUX, 1970 in DJEDDI, 2006).

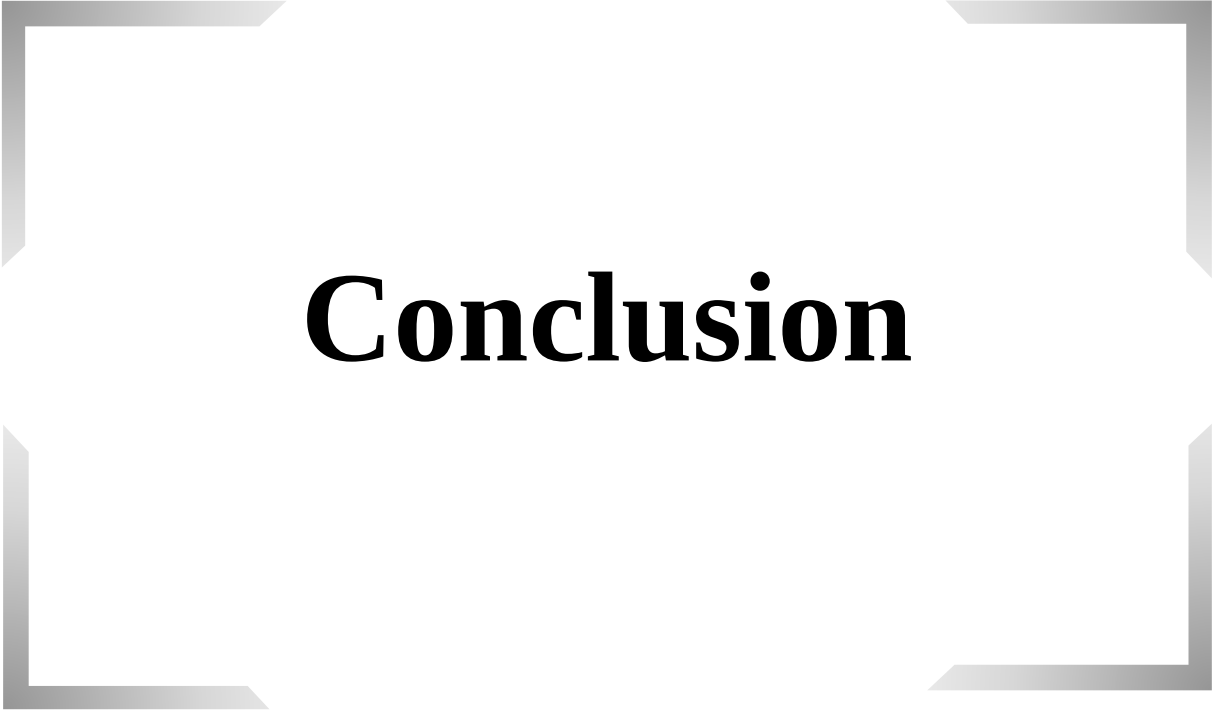
D'après l'étude de HAMAIDI-CHERGUI, (2016) au niveau de la STEP de Médéa, le rendement en azote ammoniacal obtenu pour l'ensemble de la filière de traitement est évalué à 97,67 % ce qui représente un abattement très satisfaisant par rapport aux résultats suggérés par différents auteurs (70 % à 90 %) (CANLER et PERRET, 2007).

En ce que concerne L'indice de MOHLMAN enregistré dans la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, on remarque que les résultats de l'indice de boues sont entre 50 mg/l et 100 mg/l, donc sont acceptables et assurent une bonne décantation, qui garantissant un fonctionnement convenable de la station. L'indice de MOHLMAN permet de traduire la bonne disponibilité, des boues à la décantation ou pas (REJESK, 2002).

D'après l'étude de BOUMEDIENE, (2016) au niveau de la STEP de Batna, les valeurs de (IB) oscillent entre 118 ml/g et 374 ml/g. Pour une boue qui décante bien, l'indice de boues doit être inférieur à 200 ml.g^{-1} . Le décanteur secondaire d'une station d'épuration fonctionne correctement pour des valeurs d'indice de boues inférieures à 200 ml.g^{-1} . Les résultats des tests de décantation en éprouvette (indice de boues), montrent que pour les deux mois de janvier et février 2016, toutes les valeurs de l'indice de boue sont inférieures à la valeur fixée par le Cemagref, (2004) (200 ml/g) avec des valeurs varient de 118 à 191 ml/g. Cependant, pour le mois de mars toutes valeurs sont supérieures à 200 ml/g, ce qui indique une mauvaise décantation dans les décanteurs secondaires.

D'après la moyenne de la matière sèche pour trois boues (boue des bassins d'aération, boue de stabilisation et boue de retour) de la STEP Est de Tizi-Ouzou. On remarque une augmentation des MS au cours des étapes de traitement, ces résultats indiquent que la boue évacuée est concentrée. Pour diminuer cette concentration il faut extraire les boues du clarificateur vers l'épaississeur.

Les résultats de MVS obtenus montrent que le taux des MVS pour la boue évacuée est acceptable et conforme à la valeur de la notice d'exploitation à savoir $\geq 40\%$. 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. En générale, une boue issue du traitement primaire ou secondaire présente environ un taux de la matière volatile sèche (MVS) entre 70 % et 75 %. Les procédés de stabilisation assurent un abattement maximum de 45 % du taux de MVS et produisent ainsi une boue dite « stable » (LAZILI, 2011).



Conclusion

Notre étude s'est portée sur la méthode et les procédés de la dépollution des eaux usées utilisés dans la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou. Afin de vérifier la qualité des eaux épurées rejetées dans l'oued de Sebaou. L'ensemble des résultats obtenus mettent en évidence les performances de fonctionnement de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou par le procédé "boues activée à moyenne charge". Ce système de traitement est très appréciable et répond aux normes environnementales, et fait ressortir de meilleurs rendements. Plus précisément, les principales conclusions de ce travail sont :

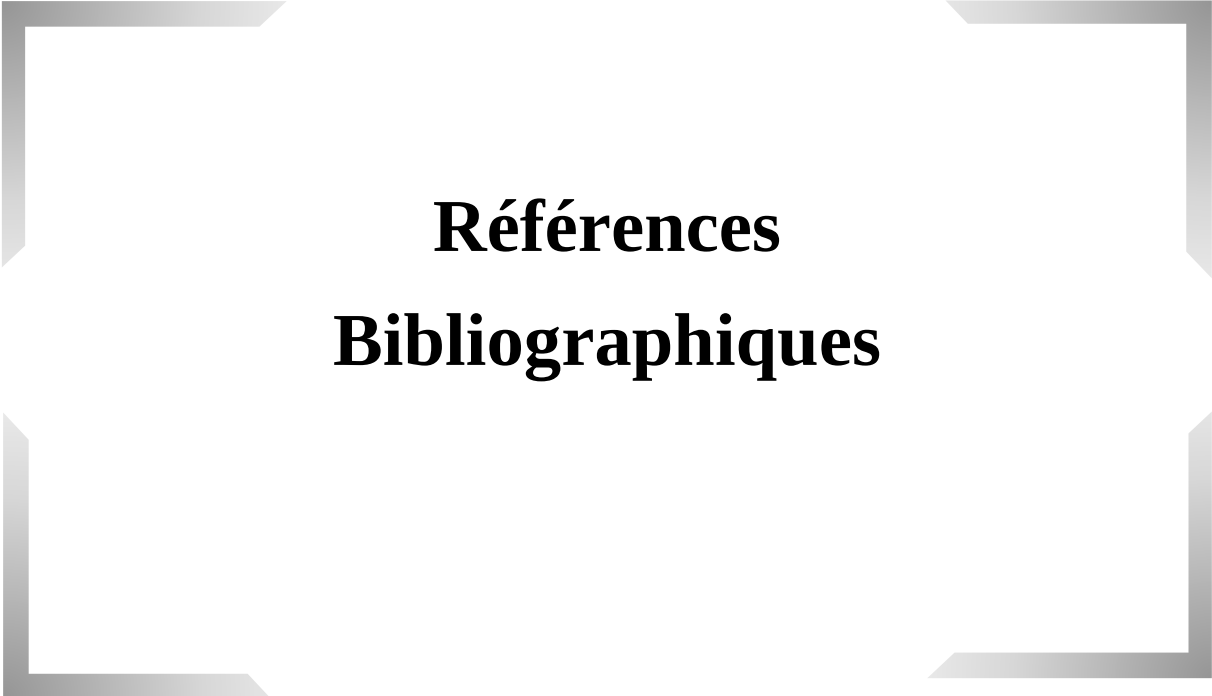
- du point de vue physico-chimique, on a une bonne élimination de la DCO, DBO₅ et de MES et PO₄³⁻ avec des rendements respectifs de 87,38 %, 94,71 % et 94,86 %, 87,20 %. Les eaux traitées présentent des caractéristiques satisfaisantes dans l'ensemble, un pH neutre avec une moyenne de 7,55 et une température moyenne saisonnière de 21,56 °C. Avec des concentrations moyenne de MES, DCO, DBO₅ et PO₄³⁻ était 11,83 mg/l ; 52,68 mg/l ; 15,83 mg/l et 0,49 mg/l respectivement, qui sont conformes aux normes de rejet.

- du point de vue des différents types de boues (du bassin d'aération, du stabilisateur et les boues de retour), on a obtenu des résultats qui sont conformes aux normes de rejet pour la matière sèche (MS) et le pourcentage de la matière volatile sèche (MVS), ceci indique que le traitement biologique est efficace. En ce que concerne l'indice de décantabilité (V₃₀), avant la dilution on a trouvé des valeurs supérieures à la norme de rejet qui est de 300 ml/l, et pour cela qu'on a une bonne décantation des boues.

A travers ces mesures, il est clair que le traitement des eaux usées à la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et fait ressortir de meilleurs rendements.

Cependant, les résultats obtenus dans ce travail ouvrent de nombreuses perspectives. Les recommandations suivant peuvent être suggérées pour les prochains travaux :

- ✓ Une extension de la STEP pour pouvoir effectuer des traitements tertiaires dans le but d'une réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture locale.
- ✓ Un séchage des boues mécanique ou sous serre (thermique) en période hivernale, parce que le séchage des boues d'une manière naturelle nécessite une durées importante dans cette période et elles restent longtemps dans l'air de stockage avant d'être prises par les agriculteurs.
- ✓ Une sensibilisation des agriculteurs aux bienfaits de l'utilisation des boues comme fertilisants, et des eaux traitées aussi.



Références

Bibliographiques

« A »

ABBAS S et RASELMA S., (2017). Dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de KHEMIS MILIANA. Mémoire de fin de cycle, master en génie de l'environnement, universités Djilali Bounaam - KHEMIS MILIANA. 55p.

ABDARRAHMANE M et BOUCHENTOUF M., (2021). Traitement des eaux usées par les microalgues. Mémoire de fin de cycle, master en génie des procédés, universités AHMED DRAIA ADRAR. 70p.

ABID GH et ABDELLI K., (2018). Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Tizirt. Mémoire de fin de cycle, master en eau et environnement, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 52p.

ACHIOU DJ., (2017). Contribution à l'étude de la performance de la station d'épuration des eaux usées Danone AKBOU – ALGERIE. Mémoire de fin de cycle, master en science naturelle de l'environnement, université Abderrahmane Mira – BEJAIA. 38p.

ADOUANI N., LIMOUSY L., LENDORMI T AND SIRE O., (2015). N₂O and NO emissions during wastewater denitrification STEP : Influence of temperature on the biological process. Volume 18, Issue 1, January 2015, pp 15-22.

A.L. REVERDY., J.C. BAUDEZ et EMILIE DIEUDE-FAUVEL., (2013). Etude de l'impact de la digestion anaérobie sur les performances épuratoires d'une STEU. [Rapport de recherche] irstea, pp 11-14. ffhal-02599214f.

ARIOUA S., BOUHADI R et KAICHE B., (2021). Traitement des eaux usées par le procédé coagulation-floculation en utilisant des coagulants à base des sels d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3 - AlCl_3$). Mémoire de fin de cycle, master en chimie de l'environnement, université Mohamed Boudiaf - M'SILA, 55p.

AROUCHE L et TOUIL T., (2018). Contribution à l'étude de la performance de la station d'épuration (STEP) de Souk El Tenine-BEJAIA. Mémoire de fin de cycle, master en biodiversité et sécurité alimentaire, université Abderrahmane Mira -BEJAIA. 45p.

« B »

BABOU L et M'ZYENE N., (2018). Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP EST de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle, master en eau et environnement, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 67p.

BENALI A et THAMER O., (2019). Diagnostic de fonctionnement de la station d'épuration de Kouinine : Solutions Proposées. Mémoire de fin de cycle, master en hydrauliques, université El-OUED. 81p.

- BENELMOUAZ A., (2015).** Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia. Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique, universités Abou Bekr Belkaidde - TLEMCEM. 110p.
- BENFIALA I et HAOULI Z., (2017).** Le rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma. Mémoire de fin de cycle, master en hydrauliques urbaine, université Badji Mokhtar-ANNABA, 85p.
- BEN KHALIFA A et DERKI I., (2019).** Etude de performance du système de lagunage aéré dans quelques stations d'épuration dans la région d'Oued Souf. Mémoire de fin de cycle, master en Hydraulique, université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued. 78p.
- BEN MABROUK GH et MELLAK S., (2020).** Traitement des eaux usées par la fibre alfa et l'argile. Mémoire de fin de cycle, master en chimie de l'environnement, universités Mohamed Boudiaf - M'SILA. 72p.
- BENNENI H et BOUARISSA B., (2020).** Epuration des eaux usées, analyse et synthèse des données scientifiques, Cas de la station d'épuration des eaux de la wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ : Prospection, évaluation du rendement épuratif, mémoire de fin de cycle, master en microbiologie appliquée, universités Mohamed El Bachir El Ibrahimy – BBA. 29p.
- BENSABRI S, (2017) –** Performances épuratoires d'une station d'épuration fonctionnant par le procédé d'oxydation alternées. Etude expérimentale sur la station d'épuration des eaux usées d'AIN TOLBA wilaya d'AIN TEMOUCHENT. Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique, universités de TLEMCEM. 72p.
- BENZAHI F et BOUDJEMAI C., (2016).** Contrôle du rendement épuratoire de la STEP EST Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle, master en traitement et valorisation des ressources hydriques, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou, 68p.
- BERRAHMOUN M., (2016).** Caractérisation et valorisation des effluents solides et liquides de la STEP EST de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle, master en Traitement et valorisation des ressources hydriques, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 72p.
- BOUANANE Y et BOULHART N., (2020).** Etude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de SIDI MEROUANE (Mila). Mémoire de fin de cycle, master en hydrauliques urbaine, université Abdelhafid Boussouf - MILA, 102p.
- BOUAOUA A et NAFI R., (2020).** Evaluation de la performance épuratoire de la station d'épuration d'El Rabta JIJEL. Mémoire de fin de cycle, master en hydrauliques, université Mohammed Seddik Ben Yahia - JIJEL. 114p.

BOUBEKKI T et BOUDJEMA H., (2016). Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de BARAKI « ALGER ». Mémoire de fin de cycle, master en traitement et valorisation des ressources hydriques, universités Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 63p.

BOUDAUD A et SELLAOUI D., (2019). Etudes des paramètres de fonctionnement de la station d'épuration de Msila. Mémoire de fin de cycle, master en Chimie de l'environnement, université Mohamed Boudiaf de M'SILA. 81p.

BOUMANSOUR N et SMAHI DJ., (2020). Étude des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Bejaïa. Mémoire de fin de cycle, master en génie des procédés de l'environnement, universités de Abderrahmane Mira – BEJAIA. 40p.

BOUNOUA CH., MEZITI KH et SAHLI R (2017). Analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Comparaison avec les normes algériennes et l'OMS). Mémoire de fin de cycle, master en biodiversité et conservation des écosystèmes, université Mohamed El Bachir El Ibrahimi – BBA. 44p.

BOUTADARA F et MOUCHAHANA O., (2020). Détermination des paramètres physico-chimiques gouvernant la bio-élimination d'un colorant en milieu aqueux. Mémoire de fin de cycle, master en Génie Chimique, université d'ADRAR. P 37.

BOUMEDIENE M., BOUDHANE N., AHMED AMMAR I., (2016). INDICATEURS DE PERFORMANCE D'UNE STATION D'EPURATION A BOUES ACTIVEES : CAS DE LA STEP DE BATNA. Département d'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, Algérie. 4p.

BOUZID M et YAHIAOUI F., (2015). Le suivi temporel des performances épuratoires de la station EST de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle, master en traitement et valorisation des ressources hydriques, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 65p.

BREMOND R et PERRODON C (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 2e édition, Paris, France. 259p.

« C »

CANLER JP., PERRET JM., (2007). Les Clari-floculateurs : Plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable. Document technique FNDAE N°35. 80 p.

CARDOT., (1999). Epuration des effluent, édition 1999 Dunod. Paris. 529p.

Cemagref., (2004). Outils de suivi et de diagnostic (charge massique, indice de boue et âge des boues), Fiche technique N°2, document CEMAGREF.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC., (2016). Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec. 12p.

CHACHUAT B., (1998). Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier. Rapport de DEA, ENGEES- Cemagref, France. 118p.

CHARLOTTE P., (2011). Transfert de matière dans un biofilm aéré sur membrane, thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de TOULOUSE, spécialité Génie des procédés et de l'environnement, université TOULOUSE III – Paul Sabatier. 170p.

CHEBATA B et DJEHAICHIA R., (2020). Suivi de fonctionnement de la station d'épuration de la ville de GUELMA. Mémoire de fin de cycle, master en microbiologie appliquée, université 8 mai 1945 Guelma. 61p.

CHOCAT B., (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Edition technique et documentation, 1124p.

« D »

DEHBI F., (2015). Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme master en Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. 165p.

DEROUES N., (2020). Effet du substrat sur l'élimination des polluants des eaux usées de la ville de Biskra par filtres plantés. Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique urbaine, universités Mohamed Khider - BISKRA. 59p.

DESJARDINS R., (1997). Le traitement des eaux, 2ème Ed. Revue de l'école polytechnique de Montréal. 304p.

DIAGNE., IBRAHIMA., SAMBA DRAME., MOMAR NDIAYE., BIRAME NDIAYE., et ABDOULAYE DIOP., (2017). Caractérisation Physico-Chimique et Contamination Métallique Des Eaux Usées Déversées Au Niveau de La Baie de Hann, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), 472p.

DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT (DGE)., (2013). Division Protection des eaux Bilans 2012 de l'épuration vaudoise (Présentés à Bex et Yvonand) en mai 2013.

DJAFOUR L et TEBBAKH S.,(2019). Suivi de quelques paramètres physico-chimiques de la STEP Ouest de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle, master en eau et environnement, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 52p.

(DAKAR/SENEGAL). International Journal of Biological and Chemical Sciences 11 (1): pp 462-72.

DJEDDI H., (2007). Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, mémoire de magistère en Ecologie et Environnement Université Mentouri Constantine. 157p.

DRAA EL GUENDOUL N et LOUNIS N., (2017). Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri. Mémoire de fin de cycle, master en génie des procédés, universités M'Hamed Bougara. 61p.

« E »

EL HADDAD et al (2001). Etude des voies d'élimination de l'azote et du phosphore dans un chenal algal à haut rendement. 23p.

« F »

FAO., (2003). Food and Agriculture Organisation. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. 73p.

FRANCK R. (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, P165-239.

FRESENIUS W., SCHNEIDER W., BOHNKE B et POPPINGHAUS K., (1990). Technologie des eaux résiduaires—Production, collecte traitement et analyse des eaux résiduaires, Springer–Verlag, Berlin. 1137p.

« G »

GHALEB Z et MOKRANI K., (2019). Amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique par filtre élaboré des eaux de forages de Boukhalfa. Mémoire de fin de cycle, master en eau et environnement, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 47p.

GHEDEIR H etHERMA H., (2017). Modélisation d'un système d'assainissement par le modèle « swmm » (étude d'un cas de la région d'OUARGLA). Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique, université Kasdi Merbah - OUARGLA. 70p.

« H »

HALIMI S., ZEGHDANI Z ET ALLAOUI A., (2018). Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement N°3 – 2018. Ressources en Eau, Environnement et Changement Climatique, Sciences de l'Eau du Climat et de l'Environnement. Aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation. Département de Géologie, Université d'Annaba 23000, Algérie. Département d'Ecologie et Environnement, Université de Khenchela 40000, Algérie. ISSN 1737-6688, pp 2-11.

HAMAIDI-CHERGUI F., ZOUBIRI AF., HAMAIDI MS., DEBIB A et KAIS H., (2016). Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie). LARHYSS JOURNAL, 26 (2016), pp 113-128.

HAMIMED A et IDDER W., (2018). Étude des performances épuratoires de la STEP D'OUED ZINE. Mémoire de fin de cycle, master en chimie de l'environnement, université Ahmed Draïa - ADRAR. 88p.

HBAIZ E., HAMID C., ELWATIK L., RACHOUN Y., FATH-ALLAH R., AYYACH A., FATHALLAH Z et ELMIDAOUY A., (2014). Etude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia-Maroc, pp173-183.

« J »

JAYAKUMAR., SARAVANAN., MASHITAH M YUSOFF., MOHD HASBI AB RAHIM., GAANTY PRAGAS MANIAM., et NATANAMURUGARAJ GOVINDAN., (2017).The Prospect of Microalgal Biodiesel Using Agro-Industrial and Industrial Wastes in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews 72: pp 33-47.

JORA., (2012). Journal officiel de la république algérienne 2012. ANNEXE, spécialisations des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.

« K »

KADDOURI I et MEBARKI F., (2020). Epuration des eaux usées par filtration sur sable (cas des bains maures à Adrar ville). Mémoire de fin de cycle, master en chimie de l'environnement, université AHMED DRAIA ADRAR. 69p.

KADOUCHE S., HAMMOUM H., GHEDAMSI H. et SI TAHAR L., (2018).Évaluation des performances épuratoires d'un bassin de filtration des eaux usées - étude de cas. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 31(4), pp 387–398.

KADI M., (2017). Traitement des eaux usées industrielles de la raffinerie de SBAA ADRAR. Mémoire de fin de cycle, master en Chimie de l'environnement, universités Ahmed Draia ADRAR. 83p.

KARDACHE L., (2016). Valorisation énergétique des boues de la station d'épuration de BOUMERDES. Mémoire de fin de cycle, master en Génie mécanique, université M'hamed Bougera -BOUMERDES. 75p.

« L »

LAHMAR F et SAADI M., (2018). Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Guelma (N-EST ALGERIE). Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique, universités Badji Mokhtar-ANNABA. 84p.

LAZILI H., (2011). Gestion des boues issues des stations d'épuration des eaux usées urbaines. Centre de Formation aux Métiers de l'Assainissement (CFMA). 37p.

LEKHAL S et SAFA M., (2019). Evaluation des performances des traitements des eaux usées (cas de la STEP de TIARET). Mémoire de fin de cycle, master en Gestion conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement, université Abdelhamid Ibn Badis - MOSTAGANEM. 62p.

« M »

MADAOUI A et MOULOUDJ A., (2015). Etude de schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la zone sidi-Ali lebher, wilaya de BEJAIA, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Abderrahmane MIRA BEJAIA. 100p.

MAMPUYA K., (2020). Conception d'une station expérimentale de traitement des eaux usées par filtres plantés des macrophytes : “ Cas de l'université Kimpa Vita d'Uíge /Angla ”. Génie civil, université Cote d'Azur, 2020. Français ffNNT : 2020COAZ4079ff. 255p.

MAHDJOUBI L et MAHFOUDI H., (2019). L'influence de la granulométrie du sable sur le traitement (filtration) des eaux usées industrielles. Mémoire de fin de cycle, master en génie chimique, université d'ADRAR. 56p.

MARECHAL A., (2000). Relations Entre Caractéristiques de la Pollution Particulaire et Paramètres Optiques dans les Eaux Résiduaire Urbaines, 2000, pp 81-86

MARTIN G., (1979). Le problème de l'azote dans les eaux, Ed technique et documentation, Paris., 279p.

MC NEELY RN., NEIMAINIS VP et DWYER L., (1980). Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa, Canada, 100p.

METAHRI M., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. THESE de DOCTORAT, spécialité agronomie, université Mouloud Mamerie Tizi-Ouzou. 147p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU MAROC, (2002). « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat.

« N »

NANI M., NANI H et TOUIL A., (2021). La réutilisation des eaux usées en agriculture à partir de la station d'épuration (STEP 03) de la wilaya d'EL-OUED. Mémoire de fin de cycle, master en hydraulique, université Echahid Hamma Lakhdar d'EL-OUED. 97p.

N'DIAYE A D., THIAM O., OULDKANKOU M et IBNONAMR K., (2013). Turbidité et matières en suspension dans l'eau : application à l'évaluation des métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp 93-105.

NISBET M et VERNEAUX J., (1970). Composants chimiques des eaux courantes. Annales de limnologie, 6 fasc, pp 161-190.

« O »

ONEP., (1998). Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc. ONEP et GTZ. Rabat.

ONA., (2013). Office national d'assainissement.

OMS., (2007). Organisation mondiale de la santé.

« P »

PALIWAL K., K.S.T.K. KARUNAICHAMY et M ANANTHAVALLI., (1998). Effect of sewage water irrigation on growth performance, biomass and nutrient accumulation in *Hardwickiabinata* under nursery conditions. Bioresour. Technol., 66, pp 105-111.

« R »

RAKREK Z. (2013). La station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements. Mémoire de master, Université de Tlemcen. 86p.

RAMADE F., (2011). Introduction à l'éco chimie : Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. 831p – Edition : Lavoisier.

REJESK F., (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition CRDP d'aquitaine. Se Seren France. 358p.

RODIER J., LEGUBE B et MERLET N ET AL, (2009). Analyse de l'eau. 9e édition. Dunod, Paris. 1526p.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., et RODI L., (1996). Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 8ème édition, Dunod, Paris, 1383p.

RODIER J., (1996). Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mers. DUNOD. Paris. 125p.

RODIER J., (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, Paris, France, 1381p.

« S »

SADIK Z., (2016). Etude de faisabilité d'une STEP par filtre planté de roseaux des eaux usées de l'agglomération secondaire de Béni Ghazali – Commune d'Oued Lakhdar. Mémoire de fin de cycle, master en hydrauliques, universités Abou Bekr Belkaid -TLEMCEM. 70p.

SAHARA M et HARICHE S., (2019). Impact des indicateurs de performance sur la gestion de la station d'épuration de la ville Djelfa. Mémoire de fin de cycle, master en eau et environnement, université Ziane Achour - DJELFA. 84p.

SARR AWA., (2005). Mécanismes d'élimination de l'azote et du phosphore dans les eaux usées domestiques traitées par lagunage sous climat sahélien. Possibilités et limites de leur réutilisation comme fertilisants en agriculture urbaine à Ouagadougou. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural. 102p.

SAVARY P., (2003). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Techni. Cités. 244p.

SEVRIN REYSSAC J., DE LA NOUE J et PROULX D., (1995). Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.

« T »

TAHRI M., LARIF M., QUABLI H., TAKY M., ELAMRANI M., EL MIDAOUI A., BENAZOUZ K., et KHIMANI M., (2015). Étude Et Suivi Des Performances Des Traitements Primaire Et Secondaire Des Eaux Usées De La Station D'épuration De Marrakech. 152p. Laboratoire des Procédés de Séparation, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc. Laboratoire de contrôle des eaux usées, Département Qualité, Sécurité et

Environnement, Régie Autonome de distribution d'Eau et d'Électricité de Marrakech.
Européen Scientific Journal June 2015 edition vol.11.

TCHOBANOGLIOUS G., FL BURTON et HD STENSEL., (1991). Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse. 3e édition, McGraw-Hill, New York (NY), États- Unis. 1771p.

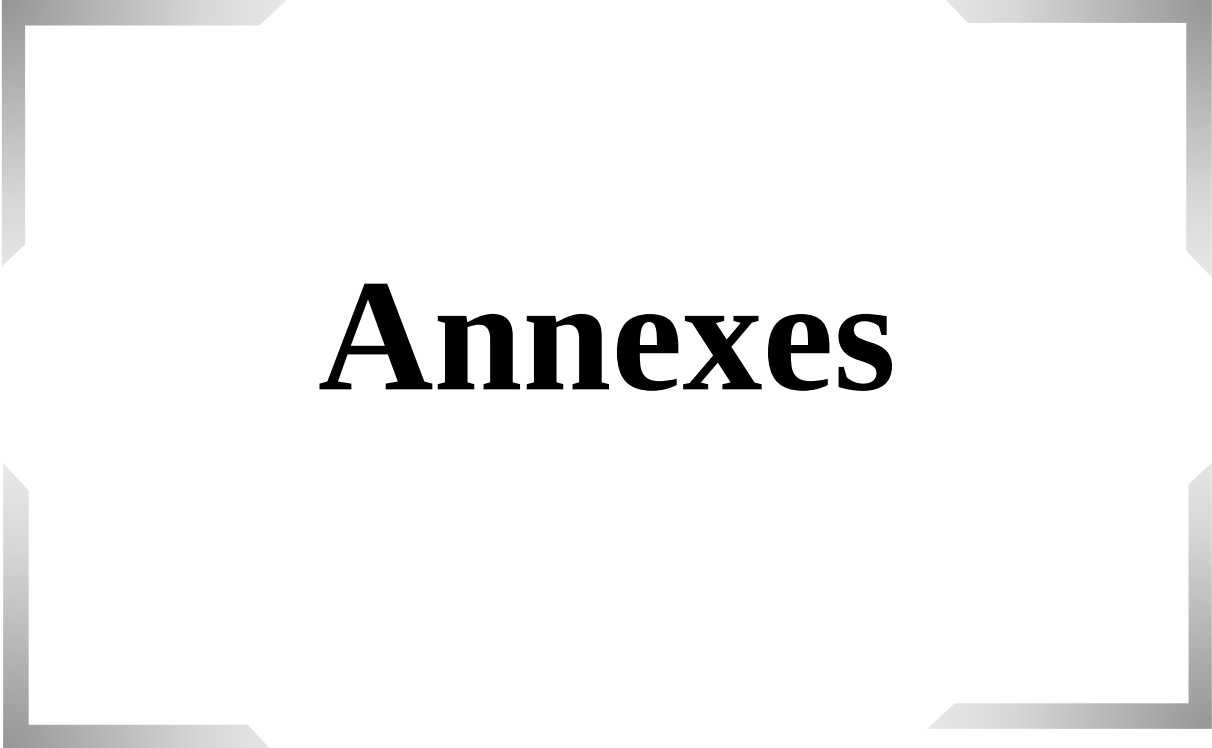
TEBIB F., (2020). Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggane Nord GRN. Mémoire de fin de cycle, master en génie de l'environnement, universités AHMED DRAIA ADRAR. 95p.

« W »

WHO et UNICEF., (2017). Progress on Drinking water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG baselines. Geneva : Editions Anna Grojec, pp 6-47.

« Y »

YAPO B O., MAMBO V., SÉKA A., YAPI A D ET HOUENOU P., (2009). Caractérisation par fractionnement gravimétrique de la matière organique contenue dans les eaux usées : application à l'étude de la biodégradabilité, pp 21 – 37.

Four decorative corner brackets, each composed of two perpendicular lines with a slight 3D effect, are positioned at the corners of the page to frame the central text.

Annexes

Tableau 9 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau épurée et brute de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou 2021.

Date (2021)	P1 : 01/02/2021 (février)		P2 : 15/06/2021		P3 : 22/06/2021		Moyenne (juin)		P4 : 15/07/2021		P5 : 22/07/2021		Moyenne (juillet)	
Paramètre analyses	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Température (°C)	16.8	16.4	23.5	23.6	23.3	23.5	23.4	23.55	23.8	24	25.3	25.5	24.55	24.75
pH	7.30	7.27	7.92	7.90	8.01	7.83	7.965	7.87	7.76	7.83	7.41	7.22	7.59	7.53
Turbidité (FTU)	241	17	211	16	313	19	262	17.5	421	27	213	14	317	20.5
MES (mg/l)	210	13	172	08	252	15	212	11.5	381	11	197	11	289	11
DCO (mg d'O ₂ /l)	376.35	67.02	353.4	<30	470.8	32.3	412.1	31.15	413.17	84.73	545	35	479.09	59.87
DBO ₅ (mg d'O ₂ /l)	360	6	220	13	240	17	230	15	390	24	300	29	345	26.5
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	3.55	0.1	4.1	0.4	-	-	4.1	0.4	2.55	0.5	4.65	1.45	3,6	0.98
NH ₄ ⁺ (mg/l)	9.67	1.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻ (mg/l)	-	-	0.206	-	-	-	0.206	-	1.35	-	0.26	-	0.81	-
MVS%	62.13	-	33.29	-	39.26	-	36.28	-	56.52	-	48.40	-	52.46	-

Tableau 10 : Résultats d'analyse boues de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou 2021.

Date (prélèvements) (2021)	Boues	Files	V₃₀ (ml)	V'₃₀ (ml)	Facteur de la dilution	IB	MS (mg/l)	MVS (mg/l)
P1 01/02/2021	Aération	A1	950	223	2	102.73	4.38	/
		A2	890	240	2	108.84	4.41	/
	Stabilisation	S1	-	-	-	-	13.5	/
		S2	-	-	-	-	17.05	/
	Retour	R1	-	-	-	-	14.18	/
		R2	-	-	-	-	16.61	/
P2 04/02/2021	Aération	A1	720	210	2	97.67	4.30	/
		A2	900	270	2	140.25	3.85	/
	Stabilisation	S1	-	-	-	-	13.08	/
		S2	-	-	-	-	16.95	/
	Retour	R1	-	-	-	-	13.96	/
		R2	-	-	-	-	16.63	/
P3 11/07/2021	Aération	A1	970	280	3	159.69	5.26	/
		A2	980	300	3	164.53	5.47	/
	Stabilisation	S1	-	-	-	-	17.15	/
		S2	-	-	-	-	16.98	/
	Retour	R1	-	-	-	-	17.37	/
		R2	-	-	-	-	20.18	/
P4 14/07/2021	Aération	A1	960	220	3	162.96	4.05	59.91
		A2	910	220	3	171.87	3.84	58.79
	Stabilisation	S1	-	-	-	-	16.95	62.79
		S2	-	-	-	-	19.73	62.07
	Retour	R1	-	-	-	-	17.23	/
		R2	-	-	-	-	20.03	/

Tableau 11 : Rendements épuratoires de trois mois de la STEP EST de la ville de Tizi-Ouzou 2021.

Date (2021)	Février		Rendement épuratoire (%)	Juin		Rendement épuratoire (%)	Juillet		Rendement épuratoire (%)
Paramètre analyses	Eau brute	Eau épurée	R1	Eau brute	Eau épurée	R2	Eau brute	Eau épurée	R3
DCO (mg d'O ₂ /l)	376.3 5	67.02	82.2	412.1	31.15	92.44	479.09	59.87	87.50
DBO ₅ (mg d'O ₂ /l)	360	6	98.33	230	15	93.48	345	26.5	92.32
MES	210	13	93.81	212	11.5	94.58	289	11	96.19
Turbidité	241	17	92.9	262	17.5	93.3	317	20.5	93.5
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	3.55	0.1	97.2	4.1	0.4	90.24	3.6	0.93	74.17
NH ₄ ⁺	9.67	1.61	83.35	-	-	-	-	-	-

RÉSUMÉ

Le présent travail a pour but de vérifier l'efficacité du fonctionnement de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou en vue de la protection du milieu récepteur (oued sebaou) ; En se basant sur l'analyse de six paramètres qui sont la température, la turbidité, le pH, les matières en suspension, la DBO₅ et la DCO. Les résultats de la caractérisation physicochimique des eaux usées brutes ont montré que les paramètres analysés dépassent les valeurs limites de rejets directes ou indirectes. Les valeurs moyennes en MES, DCO, DBO₅ et PO₄³⁻ de l'eau brute sont 11,83 mg/l, 52,68 mg/l, 15,83 mg/l et 0,49 mg/l respectivement ; Les résultats obtenus présentent des rendements épuratoires satisfaisants. Où les taux d'abattement de MES, de la DCO et de la DBO₅ sont de l'ordre de : 94,86 %, 87,38 % et 94,71 % respectivement ; L'élimination de NH₄⁺ et des PO₄³⁻ sont respectivement de 83,35 % et 87,20 %. L'examen du rapport DCO / DBO₅ souligne le caractère biodégradable des eaux usées de cette station.

Mots clés : Rendements épuratoires, Boues activées, Effluents, Taux d'abattement.

ABSTRACT

The purpose of this work is to verify the effectiveness of the operation of the East WWTP in the city of Tizi-Ouzou with a view to protecting the receiving environment (oued Sebaou); Based on the analysis of six parameters, which are temperature, turbidity, pH, suspended solids, BOD₅ and COD. The results of the physicochemical characterization of raw wastewater have shown that the parameters analyzed exceed the limit values for direct or indirect discharges. The average values of SS, COD, BOD₅ and PO₄³⁻ in raw water are 11.83 mg / l, 52.68 mg / l, 15.83 mg / l and 0.49 mg / l respectively; The results obtained show satisfactory purification yields. Where the abatement rates of SS, COD and BOD₅ are in the order of: 94.86%, 87.38% and 94.71% respectively. The removal of NH₄⁺ and PO₄³⁻ are 83.35% and 87.20%, respectively. Examination of the COD / BOD₅ ratio highlights the biodegradable nature of the wastewater from this station.

Key words: Purification efficiencies, Activated sludge, Effluent, Abatement rate.

المخلص

الغرض من هذا العمل هو التحقق من فعالية تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي الشرقية في مدينة تيزي وزو بهدف حماية البيئة المستقبلية (واد سباو)؛ بناءً على تحليل ستة عوامل وهي درجة الحرارة والعكارة ودرجة الحموضة والمواد الصلبة العالقة، الطلب على الأكسجين الكيميائي والطلب على الأكسجين البيولوجي خلال خمسة أيام. أظهرت نتائج التوصيف الفيزيائي والكيميائي لمياه الصرف الصحي الخام أن المعلمات التي تم تحليلها تتجاوز القيم الحدية للتصريفات المباشرة أو غير المباشرة. متوسط قيم المواد الصلبة العالقة، الطلب على الأكسجين الكيميائي والطلب على الأكسجين البيولوجي خلال خمسة أيام والفوسفور في الماء الخام هو 11.83 مجم / لتر و 52.68 مجم / لتر و 15.83 مجم / لتر و 0.49 مجم / لتر على التوالي؛ النتائج التي تم الحصول عليها تظهر عوائد تنقية مرضية. حيث تكون معدلات الحد من المواد الصلبة العالقة، الطلب على الأكسجين الكيميائي والطلب على الأكسجين البيولوجي خلال خمسة أيام في حدود: 94,86 %، 87,38 % و 94,71 % على التوالي. إزالة الأمونيوم والفوسفور على التوالي: 83,35 % و 87,20 %. يؤكد فحص التقرير القابل للتحلل البيولوجي على الطبيعة القابلة للتحلل الحيوي لمياه الصرف الصحي من هذه المحطة.

الكلمات المفتاحية: محصول التنقية، الحماة المنشطة، النفايات السائلة، معدل التخفيف.