

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'Études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Master en Sciences Agronomiques
Option Sciences du Sol

Thème

Contribution à la caractérisation des eaux usées
de la Step de la ville de Bouira

Présenté par

HALLALEL Hanane et IDJA Kenza

Devant le jury composé de

Mr RABHI Kh.	Professeur	UMMTO	Président
Mr CHERFOUH R.	Maitre de Conférences A	UMMTO	Promoteur
Mr BOUDJEMA S.	Maitre-Assistant A	UMMTO	Co-promoteur
Mr MERROUKI K.	Maitre de Conférences B	UMMTO	Examineur

Remerciements

Nous tenons à remercier le Bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail

Notre profonde gratitude s'adresse à notre promoteur **Mr CHERFOUH R.** d'avoir accepté de diriger ce travail, de nous permettre d'avancer dans notre mémoire, pour ses précieux conseils, ses orientations, sa confiance en nous ainsi que sa disponibilité et ses encouragements durant toute la période de recherche.

Nous remercions ainsi à notre Co- promoteur **Mr BOUDJEMA. S.**, Pour son aide, le temps qu'ils nous ont consacré et surtout pour sa patience tout au long de ce travail.

Nous s'adresse également notre respect le plus profond à **Mr. RABHI KH.**, qui nous fera l'honneur de présider notre jury et d'examiner notre travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance envers Mr **MERROUKI K.**, d'avoir accepté d'examiner mon mémoire.

Nous remercions tenons à exprimer notre reconnaissance à tout le personnel de l'ONA de nous avoir aidé à réaliser notre expérimentation au sein de cette établissement plus précisément **Mme OUAR ; Mme et ABBOU.S** et les ingénieurs de laboratoire à leur tête **ALDJOUHER** pour leur aide, leur disponibilité et l'ensemble des informations et explications données durant notre stage.

Dédicace

À mon père

À ma mère

À mes frères

À ma cousine Ferial

À ma sœur

À ma binôme Manel

À toutes les personnes que je porte dans le cœur et qui se
reconnaîtront car elles font autant.

.....
.....

Je vous dédie ce travail en guise de

Reconnaissance car vous m'êtes

Si chers que je ne peux que vous

Offrir ce que j'ai appris dans ma vie.

Kenza

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chères parents qui ont été toujours à mes côtés au long de ces longue années d'étude

À mon frère

À ma sœur

À ma binôme Kenza

À tous les personnes qui m'aime

HANANE

Sommaire

Table des matières

Introduction.....	1
I.1.Introduction	3
I.2.Définition des eaux usées.....	3
I.3.Origine des eaux usées	3
I.3.1.Eaux usées domestique	3
I.3.2.Eaux usées industrielles	3
I.3.3.Eaux usées agricoles	4
I.3.4. Eaux usées pluviales	4
I.4.Pollution des eaux	4
I.4.1.Différents types de pollution des eaux	4
I.4.1.1.Pollution physique	4
I.4.1.2. Pollution chimique	4
I.4.1.3.Pollution thermique.....	5
I.4.1.4.Pollution organique.....	5
I.4.2.L'équivalent habitant	5
I.5.La collecte des eaux usées	5
I.6.Propriétés des eaux usées.....	6
I.6.1.Propriétés physico-chimiques.....	6
I.6.1.1.La température	6
I.6.1.2.Le potentiel hydrique (pH)	6
I.6.1.3.La turbidité	6
I.6.1.4. Les matières en suspension (MES)	7
I.6.1.5.La conductivité électrique (CE)	7
I.6.1.6.Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	7
I.6.1.7.Demande chimique en oxygène (DCO)	7
I.6.1.8.La biodégradabilité	8
I.6.2.Nutriments	8
I.6.2.1.Azote.....	8
I.6.2.2.Phosphore	9
I.7. Procédés de traitements des eaux usées.....	9
I.7.1.Le prétraitement	10
I.7.1.1.Dégrillage	10
I.7.1.2.Le tamisage	10

Sommaire

I.7.1.3.Le dessablage	10
I.7.1.4.Dégraissage déshuilage.....	11
I.7.2.Le traitement primaire.....	11
I.7.3.Le traitement secondaire (biologique).....	11
I.7.4.Le traitement tertiaire.....	12
I.8.La réutilisation des eaux usées.....	12
I.8.1.Catégories de réutilisation des eaux usées	12
I.8.1.1 Usage agricole	12
I.8.1.2.Usage industriel.....	13
I.8.1.3. Usage domestique et municipal En zone urbaine et préurbain	13
I.8.1.4.Recharge des nappes	13
I.8.1.5.Production d'eau potable	14
I.8.2.Intérêts de la réutilisation des eaux usées.....	14
I.8.2.1Intérêts agronomique	14
I.8.2.2. Intérêts environnemental	14
I.8.2.3.Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux épurées	15
I.8.2.3.1. Le risque microbiologique.....	15
I.8.2.3.2. Le risque chimique.....	15
I.8.2.3.3. Le risque environnemental	15
I.9.Effets des eaux usées sur les propriétés des sols et des cultures	16
I.9.1.Effets des eaux usées sur les propriétés des sols.....	16
I.9.2.Effets des eaux usées sur les cultures	18
I.10.Les normes d'utilisation des eaux usées en agriculture	23
I.10.1. Normes de l'OMS	23
I.10.2.Normes européennes	23
I.10.3.Normes algériennes.....	23
.....	3
II.1.presentation de la zone d'étude	24
II.1.1.Step de Bouira.....	24
II.1.1.1.Descriptif technique de la step	25
II.2.Rapport de stage.....	26
II.2.1.Situation géographique	26
II.2.2.Topographie du site	27
II.2.3.Principe de fonctionnement de la STEP	27

Sommaire

II.2.4.Procédés d'épuration de la STEP	27
II.2.4.1.Pompe poste de relevage	27
II.2.4.2.Prétraitements	28
II.2.4.3.Dégrillage	28
II.2.4.4.Première soufflante du by-pass	29
II.2.4.5.Dessablage-déshuilage	29
II.2.4.6.Deuxième soufflante du by-pass :	30
II.2.4.7.Traitement secondaire (biologique) :	30
II.2.4.8.Bassin d'aération	30
II.2.4.9.Clarificateur (décanteur secondaire)	31
II.2.4.10.Principe de traitement des boues	31
II.2.4.11.Stabilisateur	32
II.2.4.12.Épaississeur	32
II.2.4.13.Lits de Séchages	32
II.2.5.Prélèvement et échantillonnage des eaux	33
II.2.5.1.Analyses quotidiennes	34
II.2.5.1.1.Potentiel d'Hydrogène (pH)	34
II.2.5.1.2.Détermination de la turbidité	34
II.2.5.1.3.Détermination des matières en suspension MES	34
II.2.5.2.Analyses complémentaires	35
II.2.5.2.1. Détermination de la demande biologique en oxygène DBO	35
II.2.5.2.2.Détermination de la demande biochimique en oxygène (DCO) :	36
II.2.5.2.3.NITRITE (N-NO ₂)	36
II.2.5.2.4.Nitrate (N-NO ₃)	36
II.2.6.Analyse de boues	36
II.2.6.1.Prélèvement	36
II.2.6.2.Test de décantation	37
II.2.6.3.Détermination de la matière sèche MS	37
II.2.6.4.Détermination des matières volatiles sèche (MVS)	38
III.1 Description des paramètres	39
III.1.1 Eaux Brutes	39
III.1.1.1 Débit moyen	39
III.1.1.2. Les matières en suspension	39
III.1.1.3 La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	40

Sommaire

III.1.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO)	41
III.1.1.5. Le potentiel hydrique (pH).....	42
III.1.1.6. L'azote ammoniacal (NH ₄)	42
III.1.2. EAUX Épurées	44
III.1.2.1. débit moyen	44
III.1.2.2. Les matières en suspension (MES)	44
III.1.2.3. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	45
III.1.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO)	46
III.1.2.5. Le potentiel hydrique (pH).....	47
III.1.2.6. L'azote (NH ₄ ⁺).....	48
III.2. Comparaison des paramètres avec la Step Est de Tizi-Ouzou.....	49
III.2.1. Eaux brutes et eaux épurées	49
III.2.1.1. Débit moyen	49
III.2.1.2. Les MES	50
III.2.1.3. La DBO ₅	50
III.2.1.4. La DCO.....	51
III.2.1.5. Le pH	52
III.2.1.6. L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	52

Liste des abréviations

- ONA Organisation national d'assainissement
- Step station d'épuration
- PH Potentiel hydrique
- DCO Demande chimique en oxygène
- DBO Demande biologique en oxygène
- Eq/hab Équivalent par habitant
- K Coefficient de biodégradabilité
- MES Matières en suspension
- MMS Matières minérales sèches
- MVS Matières volatiles sèches
- MO Matières organique
- NH₄⁺ Azote ammoniacal
- NO₂ Nitrites
- NO₃ Nitrates
- CE Conductivité électrique
- FTU Formazine turbidity units
- KOH Hydroxyde de potassium
- OMS L'organisation Mondiale de la Santé
- EUE Eaux usées épurées
- J.O.R.A journal officielle de la république Algérien

Liste des figures

Figure1. Différentes formes d'azote	9
Figure 2. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration	12
Figure 3. Schéma de processus des boues activées	13
Figure 4. La station de BOUIRA (Google Earth).....	24
Figure 5. Descriptif technique de la station de BOUIRA	25
Figure 6. Photo satellitaire de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.....	27
Figure 7. Poste de relevage (ONA, 2022)	28
Figure 8. degrailge grossier (ONA,2022)	28
Figure 9. Degrillage fin (ONA,2022).....	29
Figure 10. Déshuilage et dessablage fin (ONA,2022).....	30
Figure 11. bassin d'aération fin (ONA,2022).....	31
Figure 12. Bassin de clarification fin (ONA,2022)	32
Figure 13. Bassin de stabilisation fin (ONA,2022)	32
Figure 14. Épaississeur fin (ONA,2022).....	32
Figure 15. Lits de séchage fin (ONA,2022)	33
Figure 16. Boues récupérées fin (ONA,2022).....	33
Figure17. PH-mètre (originale).....	34
figure 18. colorimetre (originale)	35
Figure19. DBO mètre (originale).....	36
Figure20. Enceinte DBO mètre (originale)	36
Figure21 : Débit moyen des eaux brutes pour la step de Bouira (2017/2018)	39
Figure22 : Teneurs en MES (mg/l) des eaux usées brutes de la STEP de Bouira (2017, 2018).....	40
Figure23 : les concentrations de la DBO5 de l'eau brute de la STEP de Bouira (2017/2018)	41
Figure24 : les concentrations de la DCO de l'eau brute de la step de Bouira (2017/2018)	41
Figure25 : teneur du pH de l'eau brute de la STEP de Bouira (2017/2018)	42
Figure 26: les concentrations de l'azote ammoniacal d'eau brute de la step de Bouira (2017/2018).....	43
Figure27 : débit moyen d'eau épurée pour la step de Bouira (2017/2018)	44
Figure28 : teneur en MES de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018).	45
Figure29 : concentrations de la DBO ₅ de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018)	46

Liste des figures

Figure30 : les concentrations de la DCO de l'eau épurée a la step de Bouira (2017/2018)	47
Figure31 : valeurs du pH de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018)	47
Figure32 . Les concentrations de NH_4^+ de l'eau épurée de la step Bouira (2017/2018).....	48
Figure 33 . Comparaison des débits moyen de la step Est et la step Bouira	49
Figure34 : comparaison des concentrations de la DCO dans la step Est et la step Bouira	51
Figure35 : comparaison des valeurs de PH dans la step Est et Bouira	52
Figure36 . Comparaison des teneurs en NH_4^+ dans la step Est et Bouira	53

Liste des tableaux

Tableau 1. Classes de turbidité usuelles (ONA)	7
Tableau 2. Biodégradabilité des eaux usées en fonction de K (ROUABAH, 2008)	8
Tableau 3. Teneurs en métaux lourds (mg/kg) dans le sol irrigué par EUE comparées à un témoin et aux normes anglaises pour les sols agricoles. (HASBAIA ,2014)	18
Tableau 4: Tolérances relatives des plantes au bore dans l'eau d'irrigation (AYERS, 1977)	21
Tableau 5. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (Extrait de Journal Officiel n°41 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012) (JORA, N°41, 2012)	22
Tableau06. Moyennes de PH dans les eaux usées brutes de la step de Bouira	42
Tableau 07. Comparaison des teneurs en MES dans les Step Est et de Bouira.....	50
Tableau 08. Comparaison des teneurs en DCO dans les Step Est et de Bouira	51



***Introduction
générale***

Introduction générale

Introduction

L'eau est un patrimoine universel qui doit être protégée, elle est une source d'énergie naturelle, renouvelable et indispensable que l'être vivant utilise depuis son existence dans différents domaines pour satisfaire ses besoins.

Actuellement, à l'échelle mondiale, la démographie connaît une croissance exponentielle, Tout comme le développement rapide des industries et des activités commerciales. Ces changements ont entraîné une augmentation significative des volumes et de la charge polluante des eaux usées, créant ainsi une détérioration alarmante de la qualité des ressources en eau.

La pollution des eaux de surface et souterraines par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi par l'utilisation d'engrais et des pesticides en agriculture, a un risque de pénurie l'eau (**BELAID, 2010**) ; d'où il nécessite d'installer des systèmes d'épurations qui constituent des solutions capable de traiter ces eaux usées ainsi la préservation des ressources en eau.

En Algérie, l'eau douce est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ce de l'agriculture et de l'industrie qui se dispute une disponibilité limitée (**KIR et AL, 2013 ; INKHENNOFA et LABSI, 2017**) ; par conséquent, il est impératif de ne plus ignore la possibilité de réutiliser les immenses volumes d'eaux usées disponibles.

Lorsqu'il s'agit de gérer les ressources en eau et de protéger l'environnement, la quantification et la caractérisation des eaux usées traitées jouent un rôle crucial. La quantification des eaux usées traitées consiste à mesurer la quantité d'eau traitée dans une station d'épuration, cette information est essentielle pour évaluer l'efficacité des installations de traitement, planifier les ressources nécessaire et établir des politique de gestion des eaux usées.

La caractérisation des eaux usées traitées fait référence à l'analyse des composants et des propriétés des eaux usées après leur traitement. Elle permet de déterminer la qualité de l'eau traitée et d'évaluer si elle répond aux normes environnementales et aux critères de réutilisation. Les paramètres couramment mesurés comprennent la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension, les nutriments tels que l'azote et le phosphore

Dans le cadre de ce travail, nous, nous faisons une étude sur les différents paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées à la step de Bouira, leurs procédés de traitement et leurs impacts de réutilisation dans l'environnement et le domaine agricole.

Ce travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre : présente les paramètres de qualité et les traitements des eaux usées, leurs origines, l'intérêt agricole et environnemental de leurs réutilisations, la notion de leurs rejets, et leurs impacts sur le sol et la plante.

Le deuxième chapitre porte sur la présentation des zones d'études et une partie de stage qui était effectué à la station EST de Tizi ousou.

Introduction générale

Le troisième chapitre comporte une discussion et interprétation des résultats obtenus à la station de Bouira et pour le but de comparer les caractéristiques des eaux brute et épurée.

Enfin nous terminons notre étude par une conclusion générale ou sont récapitulé les principaux résultats obtenus.



Chapitre I
Synthèse bibliographique

I.1.Introduction

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

I.2.Définition des eaux usées

La pollution de l'eau est comprise comme un changement défavorable ou préjudiciable à l'environnement, des propriétés physico-chimiques et biologiques résultant directement ou indirectement par des activités anthropiques suite à un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, chargés en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement .

I.3.Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories des eaux usées :

I.3.1.Eaux usées domestique

Sont essentiellement porteuses de pollution organique, elles se répartissent en deux catégories :

Les eaux ménagères des salles de bain et des cuisines qui sont généralement de substances biodégradables de détergents, des produits nettoyants, désinfectants, et détartrants ainsi que des pesticides pour usage domestique et des solvants pour le bricolage .

Les eaux de vanne comprenant les rejets de toilette, chargé de matières organiques azotées phosphatées et des germes fécaux. **(ELSKENS, 2010)**

I.3.2.Eaux usées industrielles

L'eau se caractérise par une diversité de composants en fonction de son utilisation , ils contiennent des matières organiques et des graisses (industrie alimentaire) , des hydrocarbures (raffineries de pétrole) , des métaux lourds (métallurgie) , des acides , des alcalis et des produits chimiques (industrie chimique , tanneries) , de l'eau chaude (circuits de refroidissement dans les centrales thermiques) .**(GOUJOUS, 1995)**

I.3.3. Eaux usées agricoles

Elles sont principalement issues des activités agricoles et se distinguent par leur abondance en sels minéraux (azote, phosphore et potassium). Les différents polluants d'origine agricole, qui proviennent principalement des purins et lisiers d'élevage, et de l'utilisation irrationnelle des engrais lors de l'épandage, ne peuvent pas être collectés en surface et peuvent atteindre les cours d'eau par ruissellement de surface ou par écoulement souterrains. (**LEGARS et HEBERT, 2000**)

I.3.4. Eaux usées pluviales

Les eaux de pluies ruissellent dans les rues ou sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustions et hydrocarbures rejetées par les véhicules, les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense de milieu aquatiques (**DESJARDIN, 1997**)

I.4. Pollution des eaux

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation douteuse et/ou perturbe l'écosystème ; elle peut concerner les eaux superficielles et/ou les eaux souterraines ayant pour origine principale l'activité humaine. (**GHEZAS, BADHANE ET HINAMRI, 2007**).

I.4.1. Différents types de pollution des eaux

On distingue quatre types de pollution de l'eau.

I.4.1.1. Pollution physique

Due à la présence de matières en suspension parfois de colloïdes, elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (**MEKKAOUI et HAMDI, 2006**).

I.4.1.2. Pollution chimique

Due à l'existence de substances chimiques en solution, elle se manifeste le plus souvent par le changement de saveur ou l'apparition d'un caractère toxique de l'eau. c. Pollution biologique
Ce type de pollution se manifeste lors de l'existence d'un grand nombre de microorganismes pathogènes.

I.4.1.3. Pollution thermique

Elle est provoquée par l'accroissement excessif de la température de l'eau par suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industriels (**BENMERIEN, HAFINE et KHOUILD, 2007**).

I.4.1.4. Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue. Elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant des industries textiles, papeteries, industries de bois, de raffineries, d'abattoirs d'agro-alimentaires (**LIU ET AL, 1997**). Cette pollution peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'autoépuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite la respiration de divers organismes aquatiques peut être compromise au profit de la dégradation de cette matière organique.

I.4.2. L'équivalent habitant

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 (**KOLLER, 2009**).

I.5. La collecte des eaux usées

Le réseau d'assainissement des eaux usées d'une agglomération a pour fonction de collecter ces eaux pour les conduire à une station d'épuration. Elle se fait par l'évacuation des eaux usées dans les collecteurs. Leurs transports dans ces derniers se fait généralement par gravité, il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression.

On trouve deux réseaux d'assainissement :

- **Réseaux unitaire** : ils évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales.
- **Réseaux séparatifs** : ils collectent les eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre, ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut.

I.6. Propriétés des eaux usées

Afin d'évaluer la qualité d'une eau usée, une série d'analyse est réalisée suivant des méthodes dont les protocoles sont bien définis. Des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique sont fixés suivant des normes de rejets. Ce potentiel de pollution est quantifié et exprimé en mg /l. Certains de ces paramètres nous éclairent sur le type de modification que l'eau va apporter au milieu naturel récepteur. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on procède aux analyses suivantes.

I.6.1. Propriétés physico-chimiques

I.6.1.1. La température

La température joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation biochimique. Plus la température est importante, plus les réactions sont rapides. 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 (**GRUNDITZ ET DALHAUAR, 2001**)

I.6.1.2. Le potentiel hydrique (pH)

Le pH est un paramètre permettant de mesurer l'acidité, l'alcalinité d'une eau (**GOMELLA et GUEREE, 1978**). La mesure du pH doit se faire sur place, de préférence avec la méthode potentiométrique. La mesure électrique est délicate, mais donne une valeur exacte, parce qu'elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales (**RODIER et AL, 1996**). La variabilité du pH, détermine le développement de la faune et de la flore aquatique, et exerce un rôle sur la mobilité des ions des métaux, et donc sur leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration de l'eau et le développement bactériens. Les microorganismes 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 La nitrification optimale se fait aux mêmes valeurs.

I.6.1.3. La turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau, elle est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales, matières organiques. La turbidité des effluents résiduaires et des eaux pollués est en général très élevée. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. (**RODIER, 2009**), voir le tableau 1.

Tableau 1. Classes de turbidité usuelles (ONA)

Turbidité	Classe de l'eau
NTU <5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

I.6.1.4. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales de types sable ou organique de type mucilagineux, qui ne sont pas solubles dans l'eau. Les MES pouvant être retenues par filtration ou centrifugation.

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 :

$$\text{MES} = \text{MMS} + \text{MVS}$$

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire. (**BOURRIER, 2008**)

I.6.1.5. La conductivité électrique (CE)

Ce paramètre mesure la capacité d'un liquide à transmettre un courant électrique à une température précise, la mesure de la CE de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. (**HAMADECH, 2006**)

I.6.1.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Selon (**REJSEK, 2002**), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

I.6.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit

leur origine organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. (RODIER, 2005).

I.6.1.8. La biodégradabilité

Le rapport entre la DBO et la DCO évolue en divers stades de traitement, la valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO. (GROSCLAUDE, 1999)

Ce rapport est l'indice de la biodégradabilité d'une eau, pour qu'une pollution soit dégradable le rapport doit être inférieur à 2,5, voir tableau 2

Tableau 2. Biodégradabilité des eaux usées en fonction de K (ROUABAH, 2008)

Coefficient k	Appréciation
K=1	DCO=DBO5 l'effluent est complètement biodégradable
$1 < k < 1.5$	L'effluent est biodégradable
$1.5 < k < 2.5$	L'effluent est moyennement biodégradable
K > 2.5	L'effluent n'est pas biodégradable

I.6.2. Nutriments

I.5.2.1. Azote

On distingue 4 formes d'azote dans l'eau usée, voir (figure 1) :

- Azote organique : constituant les cellules vivantes végétales ou animales.
- Azote ammoniacale : noté NH_4^+ qui provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (Ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments).
- Nitrites : notés NO_2^- . Elles sont souvent en quantité très faible car c'est une forme chimique très instable.
- Nitrates : notés NO_3^- , c'est une forme chimique stable.

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, cette analyse est notée AZOTE KJELDAHL (GROSCLAUDE, 1999 ; GOUJOUX, 1995).

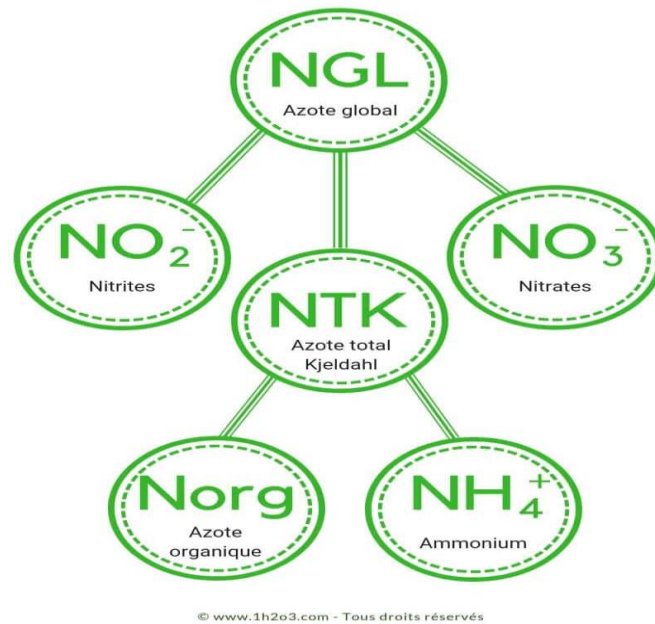


Figure1. Différentes formes d'azote

I.6.2.2.Phosphore

Dans les rejets d'eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (ortho phosphate (PO_4^{3-}), poly phosphates), mais aussi sous forme de composés organiques solubilisés ou à l'état de matières en suspension (**FABY et BRISSAUD, 1997**).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les microorganismes, les composés phosphates, sont progressivement transformés en phosphate soluble (**TIDANINI et AMIDOUN, 2003**).

I.7. Procédés de traitements des eaux usées

Afin de préserver la qualité des eaux naturelles, les eaux usées sont épurées avant leurs rejets dans le milieu naturel.

Une station d'épuration présente un site de dépollution des eaux usées ; elle est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. (**ADEM, 2009**)

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physico-chimiques et biologique, cela se fait dans des stations d'épuration prévue spécialement à cet effet, leurs schémas et le suivant :

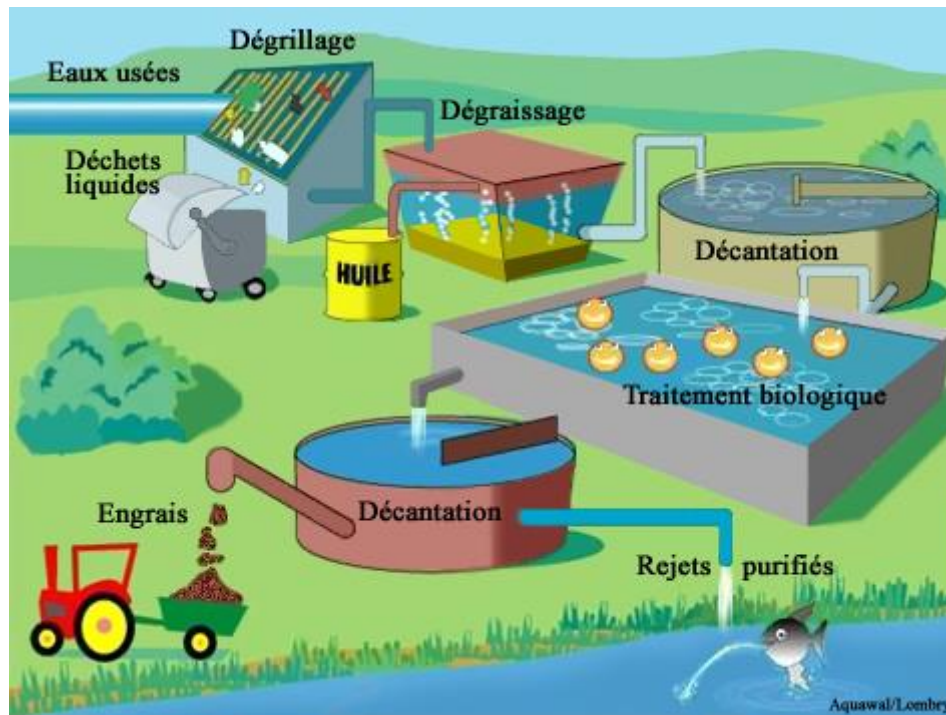


Figure 2. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration

I.7.1. Le prétraitement

Le prétraitement est un ensemble d'opérations physiques et mécaniques destinées à extraire de l'eau brute, ils ont pour objectifs d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. (BADIA- GONDARD, 2003)

I.7.1.1. Dégrillage

L'objectif de dégrillage et de débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuse a la surface. Le dégrillage soulage le travail de la station des points de vue biologiques et protection mécanique et de l'ouvrage, il doit toujours s'effectuée avant une opération de relèvement. (GOMELLA et GUERREE, 1978)

I.7.1.2. Le tamisage

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

I.7.1.3. Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, les sables et autre particules inerte contenues dans les eaux usées (BOUZIANI, 2000)

C'est une opération indispensable pour :

- ✓ Éviter les dépôts dans la canalisation induisant à leur bouchage
- ✓ Protéger les pompes et autre organe mécanique contre l'abrasion
- ✓ Éviter de perturber les autres stades de traitements, en particulier le réacteur biologique
- ✓ Réduire la production des boues .

I.7.1.4. Dégraissage déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de produit de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation.

Le dégraissage est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale des graisses et un dépôt minimal de boues de fond fermentescibles. Le terme déshuilage est habituellement réservé à l'élimination d'huiles présentes en quantité notable dans les eaux résiduaires, c'est une opération de séparation liquide-liquide.

I.7.2. Le traitement primaire

Le processus principal de traitement primaire est la décantation. La décantation est un phénomène provoqué par les forces gravitaires. La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaires. Ces derniers sont récupérés au moyen d'un système de raclage. (VILAGINÈS, 2010)

I.7.3. Le traitement secondaire (biologique)

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

Les traitements aérobies sont beaucoup plus courants que les traitements anaérobies dans le domaine de l'eau, une grande majorité de stations d'épuration des eaux usées reposent en effet sur un réacteur biologique dit à boues activées. Ce procédé est actuellement le plus utilisé dans l'épuration des eaux usées des stations de l'office national d'assainissement (ONA). (ONA, 2015)

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération). Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote et le phosphore. Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension

décantables et sera suivie d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épurée avec les boues. (KOLLER ,2004)

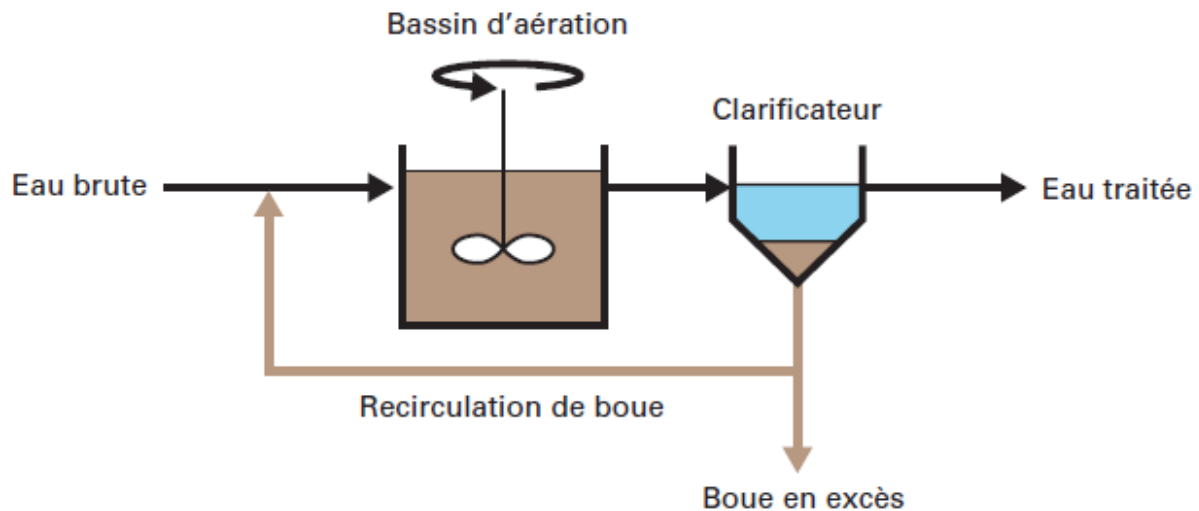


Figure 3. Schéma de processus des boues activées

I.7.4. Le traitement tertiaire

Le traitement tertiaire constitue un complément d'épuration des eaux usées en vue d'améliorer les caractéristiques de cette eau ayant subi une épuration biologique ou un traitement physico-chimique ; ce traitement concerne par exemple l'élimination de l'azote, phosphore et de la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs.

I.8. La réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées épurées permet de fournir des quantités d'eau supplémentaires et d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et une protection de l'environnement, elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisant, notamment l'azote, le potassium et le phosphore incite les agricultures à les utiliser.

I.8.1. Catégories de réutilisation des eaux usées

I.8.1.1 Usage agricole

L'emploi des eaux usées en agriculture est très ancien et les champs d'épandage ont constitué les premiers systèmes d'épuration. Le sol est un filtre efficace et un hectare contient jusqu'à une ou deux tonnes de microorganismes. Aujourd'hui l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en culture est plus souvent l'apport d'eau indispensable aux plantations (zones arides) que l'épuration par le sol ou l'apport d'éléments nutritifs. Des dispositions doivent être

prises pour éviter les dépôts et la corrosion dans le système de distribution et un traitement préliminaire de décantation des effluents bruts est dans tous les cas à conseiller. Un prétraitement biologique est aussi souvent recommandé. Il permet, en particulier, de réduire sensiblement les risques d'odeurs. Deux catégories de risques sont liées cet usage des eaux usées (**DEGRÉMONT, 1989**).

I.8.1.2. Usage industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour les pays industrialisés, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) sont parmi les secteurs qui utilisent les eaux usées en grande quantité. La qualité de l'eau réutilisée dépend de l'industrie ou de la production industrielle (**ECOSSE, 2001**). Aux États-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduelles réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³ /jour, dont 68 % pour le refroidissement (**LAZAROVA, 1998 ; ELRHAZI ,2007**). Les applications sont nombreuses et on peut classer les secteurs où se pratique la REUT en fonction des différentes catégories d'activités industrielles : le secteur chimique et para chimique, le secteur agro-alimentaire, le secteur des industries mécaniques, métallurgiques

I.8.1.3. Usage domestique et municipal En zone urbaine et périurbain

La réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage (**EL RHAZI, 2007**).

I.8.1.4. Recharge des nappes

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

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

I.8.1.5. Production d'eau potable

Pour la production de l'eau potable plusieurs pays exigent des normes très sévères dont l'élimination totale des virus. Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études permettent l'utilisation des eaux usées d'une manière correcte, si les procédures suivies dans le traitement peuvent éliminer tous les éléments pathogènes (**LAZAROVA, 1998**).

I.8.2. Intérêts de la réutilisation des eaux usées

I.8.2.1 Intérêts agronomique

L'irrigation est l'activité humaine qui consomme le plus d'eau, dans le cas spécifique de l'irrigation les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées; en effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore, potassium) ainsi que des oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse, zinc.....) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. (**ASANO, 1998**)

La réutilisation des eaux usées présente plusieurs avantages agronomiques significatifs voici quelques-uns des principaux intérêts agronomiques de la réutilisation des eaux usées :

- La suppression de rejets en eaux de surface.
- La sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources pour l'agriculture ;
- La possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion. (**FAO, 2003**).
- une meilleure productivité et des gains économiques en conséquents.

I.8.2.2. Intérêts environnemental

La réutilisation des eaux usées permet :

- La protection des milieux récepteurs et la réduction des rejets des polluants (l'utilisation des EUE peut également prévenir l'eutrophisation).
- D'éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs.
- De tirer profit des nutriments apportés par l'eau d'irrigation et d'économiser de l'énergie et éviter la pollution industrielle lors de la production des engrais.
- La préservation de l'eau potable et économie des ressources conventionnelles. (**ABBOU et ZEGHMAR, 2010**)

I.8.2.3. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux épurées

Les risques liés à une REUE agricole sont :

- Le risque microbiologique.
- Le risque chimique.
- Le risque environnemental.

I.8.2.3.1. Le risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes (ASANO, 1998).

I.8.2.3.2. Le risque chimique

Au-delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (FAO, 2003). En cas d'usage agricole, la seule voie de contamination réellement préoccupante par les éléments traces est la consommation de plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. Le danger réside donc dans la consommation des végétaux contaminés. Toutefois, certains de ces éléments peuvent être intéressants pour la croissance végétale et il convient de trouver un équilibre entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique.

I.8.2.3.3. Le risque environnemental

Le risque environnemental s'inscrit à la fois dans une optique de protection des ressources en eau et de préservation du sol. De plus, ce risque est intimement lié aux deux précédents. Dans un contexte agricole, l'influence d'un excès de bore et d'autres éléments traces éventuels, l'affectation du rendement par la salinité, le risque d'alcalinisation des sols par excès de sodium, un résiduel en chlore trop important, un excès de nutriments (azote, phosphore, potassium) ou les brûlures de feuille par le sel en cas d'aspersion, doivent être pris en considération (MONCHALIN, 1999) repris et complété par (Aviron-Violet, 2002). Cependant, pour le sol, il ne faut pas perdre de vue qu'il existe une capacité de rétention (adsorption pour les molécules ou ions, compétition trophique pour les microorganismes) et une capacité d'épuration (valable également pour les cours d'eau dans une moindre mesure).

Les paramètres devant être pris en compte dans tout projet de réutilisation des eaux viennent d'être décrits. Certains doivent faire l'objet de plus d'attention que d'autres, notamment par rapport aux risques qu'ils présentent pour l'homme et l'environnement.

I.9.Effets des eaux usées sur les propriétés des sols et des cultures

La qualité de l'eau ou d'aptitude à l'utilisation est jugée sur la gravité potentielle des problèmes qui peuvent être attendus à développer lors d'une utilisation à long terme.

Les problèmes qui en résultent varient à la fois en nature et en degré, et sont modifiés par le sol, le climat et la culture, ainsi que par l'habileté et les connaissances de l'utilisateur de l'eau. Les principaux problèmes de l'agriculture irriguée liés à la qualité de l'eau sont:

- Salinité : Les sels présents dans le sol ou dans l'eau réduisent la disponibilité en eau pour la culture dans une mesure telle que le rendement est affecté.
- Taux d'infiltration de l'eau : Des teneurs relativement élevées de sodium ou faibles en calcium du sol ou de l'eau induisent la réduction de la vitesse à laquelle l'eau d'irrigation pénètre dans le sol
- Toxicité spécifique de certains ions : Certains ions (sodium, chlorure, ou bore) à partir du sol ou de l'eau s'accumulent dans des cultures sensibles à des concentrations suffisamment élevées pour provoquer des dégâts aux cultures et réduire les rendements. (AYERS, et AL, 1985)

I.9.1.Effets des eaux usées sur les propriétés des sols

L'irrigation avec les eaux usées, affecte avec le temps certains paramètres du sol. ; Les eaux usées, à travers leur pouvoir fertilisant, entraînent une augmentation du taux des matières organiques et des éléments nutritifs du sol (RATTAN et al, 2005 ; YADAV et AL, 2002).

Toutefois, ces éléments nutritifs stimulent l'activité microbologique du sol (MAGESANA et AL, 2000 ; RAMIREZ-FUENTES, 2002), ce qui favorise la minéralisation de la matière organique entraînant du même coup la diminution de la capacité d'échange cationique (CEC) du sol (SOLIS et AL, 2005, HERPIN et AL, 2007 ; MAGESANA et AL, 2000).

Cette intensification de l'activité microbologique du sol diminue sa conductivité hydraulique du fait de la formation de bio film bactérien qui colmate sa porosité.

Les résultats de l'étude de la microflore du sol des parcelles irriguées par les EUE montre que la flore mésophile aérobie totale (FMAT) ne présente pas de variations en fonction de la durée d'irrigation. L'apport de germes provenant des EUE réutilisée peut être diminué par

l'amélioration de la qualité des EUE, par l'amélioration des techniques de traitement au niveau de la STEP, ce qui permet de conserver l'équilibre de la microflore du sol (**HASBAIA, 2014**).

Accumulation de métaux lourds dans le sol ; Lorsque les eaux usées épurées sont d'origine urbaine à dominance domestique, elles sont généralement faiblement chargées en éléments traces métalliques (ETM). D'autre part, lors du traitement des eaux usées, les éléments traces métalliques se retrouvent retenus au niveau des boues résiduaire, sauf en ce qui concerne le bore, lequel passe avec l'effluent épuré. L'analyse des ETM dans les EUE doit être réalisée au minimum au début de chaque saison d'irrigation afin de vérifier leur conformité à la norme et aux seuils autorisés. D'une manière générale, les ETM sont retenus au niveau de l'horizon de surface du sol et leur transfert vers la plante ou vers la nappe est faible. Bien que la concentration en métaux dans les eaux usées surtout traitées soit faible, l'irrigation peut, à terme, entraîner l'accumulation de ces éléments dans le sol (**RATTAN et AL, 2005**).

En effet, la rétention, par le sol, des éléments métalliques est gouvernée par divers phénomènes d'ordre mécanique, physico-chimique et même biologique. (**MANTINELLI, 1999**).

La capacité des sols à retenir les métaux toxiques est réduite en raison des charges continues des polluants ou des changements de pH, les sols peuvent libérer des métaux lourds dans les eaux souterraines ou les solutions du sol disponibles pour l'absorption de la plante.

À l'exception du Molybdène, du sélénium et de l'arsenic, la mobilité des métaux lourds diminue avec l'augmentation du pH du sol en raison de précipitation des hydroxydes, des carbonates ou formation de complexes organiques insolubles. Les métaux lourds contribuent à la pollution de l'environnement en raison de leurs propriétés uniques, surtout qu'ils ne sont pas biodégradables, non-thermo-dégradable et généralement ne sont pas lessivés à partir de la couche arable. Contrairement aux hydrocarbures pétroliers et les détritiques qui s'accumulent visiblement sur les sols, les métaux lourds peuvent s'accumuler inaperçu à concentrations toxiques qui affectent la vie végétale et animale. La durée de la contamination par les métaux lourds peut être des centaines ou des milliers d'années, même après que leur ajout aux sols ait été arrêté. L'accumulation d'éléments métalliques (EM) suite à l'irrigation avec des eaux usées brutes est souvent constatée. Ainsi, (**MAPANDA et AL, 2005**) ont constaté une augmentation des teneurs en EM dans les horizons de surface des sols irrigués par des eaux usées brutes durant des périodes de temps plus ou moins importantes. Les teneurs trouvées dans les horizons de surface sont largement supérieures à celles trouvées dans les horizons de subsurface et dans le sol témoin (tableau 3). Les auteurs ont signalé qu'au bout de 5 à 60 ans,

les teneurs des EM dans les sols irrigués vont dépasser les limites exigées par les normes Anglaises de teneur en métaux lourds dans les sols agricoles.

Tableau 3. Teneurs en métaux lourds (mg/kg) dans le sol irrigué par EUE comparées à un témoin et aux normes anglaises pour les sols agricoles. (HASBAIA ,2014)

Élément	Sol irrigué par EUE (Horizon de surface)	Sol irrigué par EUE (Horizon de sub-surface)	Sol témoin	Normes anglaises (mg/kg)
Cu	7 – 145	3-40	10	50 (pH< 5,5); 100 (5,5<pH<6,5)
Zn	14 – 228	9-72	14	200; pH< 5,5
Cd	0,5 - 3,4	0.5-2.9	0.5-2	3
Ni	<0.01-21	0-17	1-3.2	50; pH< 5,5
Cr	33-225	8-47	54	400
Pb	4-59	3-38	1.2-18	300

La fertilisation raisonnée est une nécessité économique et environnementale en présence d'EUE. La fertilisation avec des eaux épurées est différente de celle appliquée avec une eau conventionnelle. L'irrigation avec les eaux usées épurées peut être considérée comme une « Fert irrigation ». Seul un traitement d'élimination de l'azote en station est capable de réduire les teneurs en azote des eaux épurées. En l'absence de ce traitement, un risque consécutif à l'excès d'azote peut exister. Cela a pour effet :

- Une croissance excessive des parties végétatives au dépend de la production de fleurs ou de graines (tournesol, coton...)
- Une sensibilité accrue à la verse (les céréales)
- Un risque de pollution de la nappe et des ressources superficielles Pour faciliter l'appréciation de la qualité de l'eau d'irrigation en azote.

I.9.2.Effets des eaux usées sur les cultures

Du fait de leur teneur en éléments nutritifs et de leur richesse en oligoéléments, les eaux usées lorsqu'elles sont réutilisées pour l'irrigation, entraînent une amélioration des rendements des plantes cultivées.

Dans ce cadre, (FARS et AL, 2003) et (MOHAMMAD RUSAN et AL, 2007) ont constaté une augmentation de la biomasse d'une plante fourragère lorsqu'elle est irriguée par une eau usée soit brute soit traitée.

De même, l'irrigation par les EUT entraîné un enrichissement important du tissu des plantes cultivées en oligoéléments (YADAV, 2002 ; Fars, 2003 ; CHARFI, 1995).

Les éléments traces qui sont généralement immobilisés dans les couches supérieures du sol peuvent provoqués, à long terme, des risques pour le développement des plantes. En effet, certains éléments traces (le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène) sont reconnus nécessaires au développement des végétaux en très faibles quantités (FABY et BRISSAUD, 1997).

L'irrigation à partir des eaux usées va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments non indispensables à la plante, tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, le sélénium et l'étain.

La biodisponibilité de ces éléments dans le sol peut engendrer leur accumulation dans les tissus des plantes et dans certains cas, les teneurs en ces éléments peuvent atteindre des seuils de phytotoxicité (FABY et BRISSAUD, 1997).

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse particulièrement les agriculteurs. Pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation est développé (FAO, 2003).

L'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées traitées ou non .

Dans certaines circonstances, ces éléments peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un contrôle périodique de la quantité de nutriments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées. Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé de bonne qualité.

❖ Azote

La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l. L'azote dans l'eau usée traitée peut dépasser les besoins des cultures. La connaissance de la concentration en N dans l'eau usée et la gestion appropriée de la charge en NPK sont essentielles pour surmonter les problèmes associés à une éventuelle concentration élevée en N. L'azote en quantité excessive peut également entraîner des effets néfastes sur la production tel qu'un retard dans la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes, avocats, vigne par exemple, altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves, accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales, limiter le développement des jeunes racines (FAO, 2003).

❖ Phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/L (soit 15 à 35 mg/L en P₂O₅), à moins que l'élimination du phosphore ne soit assurée durant le traitement. La réutilisation des eaux usées traitées 17 La concentration en phosphore dans les eaux usées est habituellement trop faible pour avoir un impact sur le rendement. Dans les rares cas d'apports en excès, le phosphore est alors pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation, cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes (FAO, 2003).

❖ Potassium

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l, et permet donc de répondre partiellement aux besoins. Il faut noter cependant que s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium, à un état très difficilement échangeable et/ou à une augmentation des pertes par drainage en sols légers (FAO, 2003).

❖ Autres nutriments

La plupart des eaux usées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Une attention particulière doit être portée au bore. L'eau usée traitée contient assez de bore(B) pour corriger toutes les déficiences en cet élément. Cependant, lorsque cet élément se trouve en excès, il peut provoquer des problèmes de phytotoxicité. Le tableau / peut aider les agriculteurs à choisir des cultures en fonction de leur tolérance au B. Pour surmonter le problème de B, les mesures correctives similaires aux sels fortement solubles sont recommandées (choix de la culture, lessivage, programme des irrigations, et système d'irrigation). En général, au sujet du bore, les agriculteurs devraient se rappeler ceci :

- Les arbres fruitiers sont plus sensibles au B que les légumes.
- En cas de concentration relativement élevée de B dans les eaux usées, les cultures annuelles doivent être privilégiées.

Tableau 4: Tolérances relatives des plantes au bore dans l'eau d'irrigation (AYERS, 1977).

Sensible (1mg /l)	Semi tolérant (2 mg/l)	Tolérant (3mg/l)
Citrus	Haricot	Carotte
Avocat	Paprika	Laitue
Abricot	Tomate	Chou
Pêche	Mais	Oignon
Cerise	Olives	Betterave à sucre
Raisin	Radis	Palmier dattier
Pomme	Potiron	Asperge
Poire	Blé	Navet
Prune	Pomme de terre	
Fraise	Tournesol	

Le choix des cultures est tributaire en premier lieu du niveau de traitement des eaux usées et de la qualité de l'eau épurée à la sortie de la station d'épuration ou du bassin de stockage, consécutivement à la norme de réutilisation des eaux épurées en vigueur. Par la suite, d'autres facteurs entrent en ligne de compte à savoir : les caractéristiques pédoclimatiques, la vocation culturale, le système d'irrigation et la gestion de certains risques tels que la salinité, la fertilisation et les éléments toxiques qui vont conditionner le choix.

Tableau 5. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (Extrait de Journal Officiel n°41 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012) (**JORA, N°41, 2012**)

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

(*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte.

Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

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

Préventions requises :

- L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraichères dont les produits sont consommés crus est interdite.
- Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée.
- Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages

destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

I.10. Les normes d'utilisation des eaux usées en agriculture

La lutte contre la pollution des eaux fait l'objet d'une législation et réglementation assez complexe à travers le monde. Dans cet ensemble de rejets, celles dues aux effluents industriels occupent une bonne place. En effet la plupart des pays ont établi des normes de rejet. Ces dernières définissent en générale des valeurs maximales admissibles qui, selon certains cas particulier, peuvent devenir plus astreignantes (YENNEK, 2002).

I.10.1. Normes de l'OMS

L'organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires (Voir annexe 01) depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale et sont adaptées aux pays en voie de développement. (ROTBARDT, 2011)

I.10.2. Normes européennes

Une directive européenne relative aux eaux urbaines résiduaires a été adoptée par le Conseil des Ministres de la Commission économique Européenne le 21 mai 1991 (voir annexe 02). Cette directive régleme les niveaux des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbain. (BENALI et THAMER, 2019)

I.10.3. Normes algériennes

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides, les valeurs limitent de ce rejet (voir annexe 03). Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 RABIE EL AOUEL 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3. (JORAD, 2006).

Chapitre II

Matériel et méthode

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial (E.P.I.C), créé par décret exécutif n° : 01-102 du 21 Avril 2001.

II.1.presentation de la zone d'étude

II.1.1.Step de Bouira

La station d'épuration de la ville de Bouira est située en amont du barrage Tilesdit sur l'oued dhous qui se trouve à la sortie est du chef-lieu de wilaya de Bouira .C'est une filial de l'ONA (Office National de l'Assainissement), cette station est réalisée par une société allemande (passavant rodiger) ; L'exploitation a été confiée à l'ONA le 01/06/2013, sur une superficie totale de 10Ha.

Cette station d'épuration a une capacité nominale de 129 000 équivalents habitants et traite les pollutions carbonées, azotées et phosphatées. Les eaux usées à traiter par la station d'épuration sont constituées d'effluents domestique et pluviaux .La population domestique a été estimée à 80% de la charge traitée par la station, les eaux usées industrielles représentent donc 20% de la charge total.



Figure 4. La station de BOUIRA (Google Earth).

II.1.1.1.Descriptif technique de la step







(A) : chambre d'entrée	(B) : écran grossiers	(C) : écran fin
		
(D) : élimination du sable /huile	(E) : séparateur	(F) : clarificateur
		

Figure 5. Descriptif technique de la station de BOUIRA

Cette station est construite pour traiter les eaux utilisées dans l'irrigation des terres agricoles des plateaux d'El Esnam et du sahel qui se trouve dans la région de Bouira, de permettre l'amélioration de la qualité de l'eau potable au bénéfice des habitants, de préserver l'environnement contre la pollution.

II.2.Rapport de stage

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en marche en août 2001. L'étude du projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la Wilaya de Tizi-Ouzou, en collaboration avec la société française DEGREMONT.

Elle a pour but, l'épuration des effluents de la partie Est de la ville de Tizi-Ouzou, selon le procédé « boues activées », pour un volume journalier théorique de 18 000 m³/jour, et une capacité de 120 000 EQ/hab.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique nationale de l'assainissement, l'Office National de l'Assainissement est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de La maintenance du renouvellement de l'extension et de la construction des ouvrages et des Infrastructures d'assainissement. (DAHMANI et AIT SI AMER, 2017). Ainsi il assure :

- ✓ La protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique.
- ✓ La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique.
- ✓ La préservation de la santé publique.

II.2.1.Situation géographique

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est située sur la rive gauche d'Oued Sebaou à 200 m en amont du Pont de Bougie sur le chemin de Wilaya n° 124 reliant Tizi-Ouzou à Bejaïa.

La STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain d'une superficie de 35591 m² dont 14714 m² bâtis.



Figure 6. Photo satellitaire de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.

II.2.2. Topographie du site

Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'Oued Sebaou présentant une Pente d'orientation Nord-Sud l'altitude moyenne du site est de 70 m.

II.2.3. Principe de fonctionnement de la STEP

La STEP fonctionne selon le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge. Les eaux traitées par la STEP sont les eaux domestiques de la ville et du centre-ville de Tizi Ouzou qui sont collectées dans un réseau unitaire et acheminées vers l'usine. Avant l'arrivée dans la station, il faut souvent relever l'effluent jusqu'au niveau de l'usine à l'aide d'une Pompe (poste de relevage) (DAHMANI et AIT SI AMER, 2017).

II.2.4. Procédés d'épuration de la STEP

Nous présentons dans cette partie le procédé d'épuration adopté par la step Est de Tizi-Ouzou où s'est déroulé notre stage du 04 au 08 juin 2023.

II.2.4.1. Pompe poste de relevage

La STEP Est de Tizi-Ouzou possède quatre pompes de relevage d'une capacité de 750 m³/h qui fonctionne en binôme.



Figure 7. Poste de relevage (ONA, 2022)

II.2.4.2.Prétraitements

L'objectif principal de cette étape est de séparer la phase liquide des matières solides grossières, parmi les étapes de prétraitements on peut citer : le dégrillage, le dessablage, déshuilage et le dégraissage.

II.2.4.3.Dégrillage

Il consiste à faire passer les eaux usées à travers une grille dont les barreaux plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers et les déchets volumineux supérieurs à 5 cm, il a pour but d'éliminer toutes les impuretés qui pourraient, par obstruction, provoquer Dans les pompes des difficultés de fonctionnement.



Figure 8.degraillge grossier (ONA,2022)



Figure 9. Degrillage fin (ONA,2022)

II.2.4.4.Première soufflante du by-pass

C'est une vanne de sécurité qui sert à by passer l'effluent de la station lors d'une arrivée d'eau Usée très importante ou très chargée. L'eau usée sera directement redirigée vers L'Oued Sebaou.

II.2.4.5.Dessablage-déshuilage

Cette opération dans laquelle on fait la séparation entre l'eau et le sable par décantation. Deux bassins sont équipés d'injecteur d'air sur les côtés pour accélérer la flottation des graisses et des huiles puis les racler et dirigées vers le local des huiles et graisses.

Les sables sont recueillis au fond du même bassin, relevé au moyen de pompe. Une vis sans fin est implantée à l'extrémité du bassin, assure à la fois l'essorage et le relevage du sable après égouttage, le sable est ensuite envoyé vers une benne de récupération.



Figure 10. Déshuileage et dessablage fin (ONA,2022)

II.2.4.6. Deuxième soufflante du by-pass :

C'est la 2^{ème} soufflante de la station, qui sert à by passer l'effluent de la station lorsque l'eau est très chargée en métaux lourds.

II.2.4.7. Traitement secondaire (biologique) :

Pour compléter l'épuration de l'eau, on procède à un autre type de traitement qui est le traitement secondaire. Ce type de traitement a pour but de séparer l'eau et les matières en Suspension.

Les eaux usées contenues dans le bassin biologique sont formées de biomasses (eaux +bactéries + boues), on utilise de l'oxygène pour stimuler l'activité bactérienne et les rendre fonctionnelles avec une quantité d'O₂ largement suffisante.

II.2.4.8. Bassin d'aération

Cette opération s'effectue dans un bassin d'aération où l'eau usée est mise en contact avec une biomasse responsable de l'épuration qui se nourrissent des impuretés dissoutes et permettent d'éliminer petit à petit la pollution, dans ce réacteur, la pollution dissoute est assimilée par la culture bactérienne en suspension formant des agglomérats. Les floccs peuvent alors être séparés de l'eau par décantation, le traitement secondaire élimine entre 90 et 95 % des polluants, soit un abattement de 85 à 90 % de la DBO₅ et 90 à 99% des bactéries coliformes. Des bactéries coliformes



Figure 11. bassin d'aération fin (ONA,2022)

II.2.4.9. Clarificateur (décanteur secondaire)

La dernière étape, avant que l'eau ne soit relâchée dans le milieu naturel. Les boues décantées au fond de l'ouvrage sont amenées vers un puits à boues depuis lequel elles sont soit recyclées vers le bassin d'aération, soit extraite du système vers la filière de traitement des boues. Une fois l'eau épurée est séparée de la boue, l'eau clarifiée est dirigée vers la sortie et rejetée dans l'Oued Sebaou.



Figure 12. Bassin de clarification fin (ONA,2022)

II.2.4.10. Principe de traitement des boues

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est de réduire le volume pour limiter les quantités à stocker (voire à épandre), et de les stabiliser pour améliorer les caractéristiques physiques et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu.

II.2.4.11. Stabilisateur

C'est la première étape de traitement des boues, elle se déroule au niveau d'un bassin de stabilisation, elle permet de diminuer le pouvoir fermentescible des boues et les rend Inactifs. Cette opération permet aussi d'éliminer des agents pathogènes présents dans les boues et de limiter les nuisances olfactives.



Figure 13. Bassin de stabilisation fin (ONA,2022)

II.2.4.12. Épaisseur

Les procédés d'épaississements permettent de réduire le volume des boues grâce à l'extraction de leur eau. Il vise donc à augmenter la siccité des boues, soit leur teneur en matière sèche.



Figure 14. Épaisseur fin (ONA,2022)

II.2.4.13. Lits de Séchages

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues il se fait par filtration ou par évaporation naturelle de l'eau libre et liée, il peut être effectué par deux méthodes, les lits de séchage et séchage thermique. Un ensemble de 20 lits sont prévus dans la station Est de Tizi-

Ouzou, totalisant 9000 m³, divisés en deux filets de 10 lits, pour un volume journalier de 180 à 120 m³ et des aires de séchages remplies sur une hauteur de 0,4 m et un temps de séchage moyen de 17 à 20 jours .



Figure 15. Lits de séchage fin (ONA,2022)

Une fois la boue est séchée, la dernière étape consiste en leur l'extraction manuellement. Les boues seront déplacées vers l'aire de stockage, où elles sont ensuite récupérées par des agricultures qui les utilisent comme engrais.



Figure 16. Boues récupérées fin (ONA,2022)

II.2.5. Prélèvement et échantillonnage des eaux

La méthode d'échantillonnage appliquée à la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est celle de l'échantillon composite, celle-ci consiste à prélever deux à trois fois par jour un volume précis d'eau brute (entrée). Cet échantillon sera conservé au réfrigérateur après avoir effectué quelques analyses journalières, chaque volume prélevé sera bien mélangé avec tous les prélèvements précédents pour constituer l'échantillon moyen à analyser par la suite. Cette méthode permet de récolter une fraction de l'ensemble des matières polluantes qui transite dans les différents ouvrages de la station durant la journée.

II.2.5.1. Analyses quotidiennes

Ces analyses sont effectuées pour les eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP EST de Tizi Ouzou au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques.

II.2.5.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Pour chaque échantillon journalier prélevé, nous mesurons le Ph grâce a un ph mètre on prolonge l'électrode dans l'échantillon, on attend jusqu'à ce que ça stabilise pour faire la lecture.

- Préparer le pH- mètre.
- Étalonner l'appareil.
- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- Allumer le pH- mètre.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.



Figure17. PH-mètre (originale)

II.2.5.1.2. Détermination de la turbidité

- Prélever 25 ml d'échantillon d'entrée et de sortie à analyser et homogénéiser.
- Préparer le colorimètre.
- Entrer le numéro du programme «95 ».
- Remplir un flacon chlorométrique avec 25 ml d'échantillon à analyser.
- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon chlorométrique de 25 ml d'eau distillée.
- Placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot.
- Presser zéro, l'affichage indique « 0 FTU ».
- Agiter le flacon d'échantillon puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Presser la touche Read Enter, l'affichage indique le résultat en FTU.

II.2.5.1.3. Détermination des matières en suspension MES

La méthode photométrique de détermination de MES est une mesure directe, simple qui ne nécessite ni filtration, ni séchage, ni pesée.

- Prélever 25 ml de chaque échantillon d'entrée et de sortie et homogénéiser.
- Préparer le colorimètre.
- Entrer le numéro du programme 94.
- Remplir le flacon avec les échantillons et préparer le blanc avec 25 ml d'eau distillé.
- Placer le blanc dans le puits puis fermer le capot.
- Presser sur zéro, « 0 mg /l MES ».
- Agiter le flacon d'échantillon, puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Presser sur « Read Enter », et noter le résultat en mg/L MES.



figure 18. colorimetre (originale)

II.2.5.2. Analyses complémentaires

En plus de l'analyse quotidienne on a fait une analyse complète pour les paramètres suivants :

II.2.5.2.1. Détermination de la demande biologique en oxygène DBO

- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20 °C.
- Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à 20°C.
- Préparer les flacons DBO5 et les rincer avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser.
- Introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser
- On remplit la bouteille de : 100 ml d'eau d'entrée et d'eau épurée.
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
- Placer dans l'incubateur pendant une heure pour permettre à l'échantillon d'atteindre la température de 20°C.
- Placer du KOH dans les couvercles (le KOH permet de fixer le CO₂ dégagé).
- Placer les Oxytop sur les flacons en les serrant bien.
- Programmer les Oxytop tout en choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi.
- Les échantillons sont ainsi laissés dans le DBO mètre à température constante (20°C) et dans l'obscurité pendant 5 jours.

-Après 5 jours, on procède à la lecture.



Figure19. DBO mètre (originale)



Figure20. Enceinte DBO mètre (originale)

II.2.5.2.2 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DCO) :

Analyses non effectuées suite à l'absence des réactifs.

II.2.5.2.3. NITRITE (N-NO₂)

-Mettre 10ml d'échantillon filtré de l'eau brute dans un flacon

-Utiliser l'échantillon de l'eau brute comme une référence

-Mettre 10 ml d'eau épurée dans un autre flacon

-Ajouter réactif nitre ver 3

-Agiter

-Laisser réagir pendant 15min

-Remarque : apparition d'une couleur rose

-Pour la lecture de la concentration : entrer le numéro de programme 60

-Entrer le blanc, ajuster a 0

-Entrer l'échantillon, lire le résultat

II.2.5.2.4. Nitrate (N-NO₃)

- Reprogrammer le colorimètre a 51

-Utiliser l'eau brute filtrée comme un blanc

-Mettre 10ml d'eau épurée

-Rajouter la pastille nitrer vers

-Agiter pendant une minute

-Laisser réagir pendant 5min

II.2.6. Analyse de boues

II.2.6.1. Prélèvement

C'était fait dans différents points de la STEP manuellement :

- A1 : bassin d'aération 1
- A2 : bassin d'aération 2
- S1 : bassin de stabilisation 1
- S2 : bassin de stabilisation 2
- R1 : retour 1
- R2 : retour 2

II.2.6.2. Test de décantation

Après agitation de l'échantillon d'eau prélevé

- Verser 1L de boue activée dans une éprouvette
- Verser 1L de boue prélevée du bassin d'aération 1 (éprouvette 1)
- Verser 1L de boue prélevée du bassin d'aération 2 (éprouvette 2)
- Laisser décanter pendant 30min
- Lire sur l'éprouvette le volume de boue décanté
- Si $V_{30} > 300$ dans ce cas on dilue ($1/3$) avec l'eau épurée afin de réduire le volume de V_{30}
- L'indice de boue est calculé comme suite :

$$IB = V_{30} / MS \times 1/3$$

Le calcul de l'indice de boue nous permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation

II.2.6.3. Détermination de la matière sèche MS

- Prendre des papiers filtre
- Peser les papiers filtre
- Placer un entonnoir sur un bécher
- Placer dessus les papiers filtre
- Verser 100 ml de boue activée dans le papier filtre
- après filtration
- Mettre le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à $105^{\circ}C$ jusqu'à déshydratation
- Placer les papiers filtre dans un dessiccateur pour enlever toute humidité
- Peser les papiers filtre
- Calculer la concentration de MES en utilisant la formule ci-dessous :

$$MS = (p_1 - p_0) \times 1000 / V \text{ (mg/L)}$$

II.2.6.4.Détermination des matières volatiles sèche (MVS)

- Mettre une quantité de boue dans une coupelle de poids p0 ;
- On la place dans une étuve a 105°c jusqu'à évaporation totale de l'eau ;
- Après avoir pesé la coupelle de poids p2 on la met dans un four a moufle a 550°c pendant 2heurs ;
- Après refroidissement on pèse p3 ;
- On calcule le taux des MVS.

$$\text{MVS} = (p2-p3) / (p2-p0) \times 100$$

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1 Description des paramètres

III.1.1 Eaux Brutes

III.1.1.1 Débit moyen

Pour l'année 2017 ; le débit d'eau brute arrivé à la step varie de 17715m³/jr à 3462 m³/mois, correspondant respectivement aux mois de février et juillet. Pour 2018, les débits reçus sont moins importants (figure /) et varie de 10591m³/jr à 1535m³/jr. L'évolution de ce paramètre est globalement semblable entre les deux années, à l'exception des mois de Février (2018) et du mois de juillet (2017). Cette exception dans ces données peut être due au fonctionnement des équipements ou aux conditions climatiques.

En 2017, le débit est plus important en hiver, saison pluvieuse comparativement à juillet saison considérée sèche. Dans le cas de 2018 le débit est moins important peut être revient au manque des pluies. Du point de vue des moyennes, en 2017, nous avons 12252m³/jr, et en 2018 le débit moyen est de 7742m³/jr.

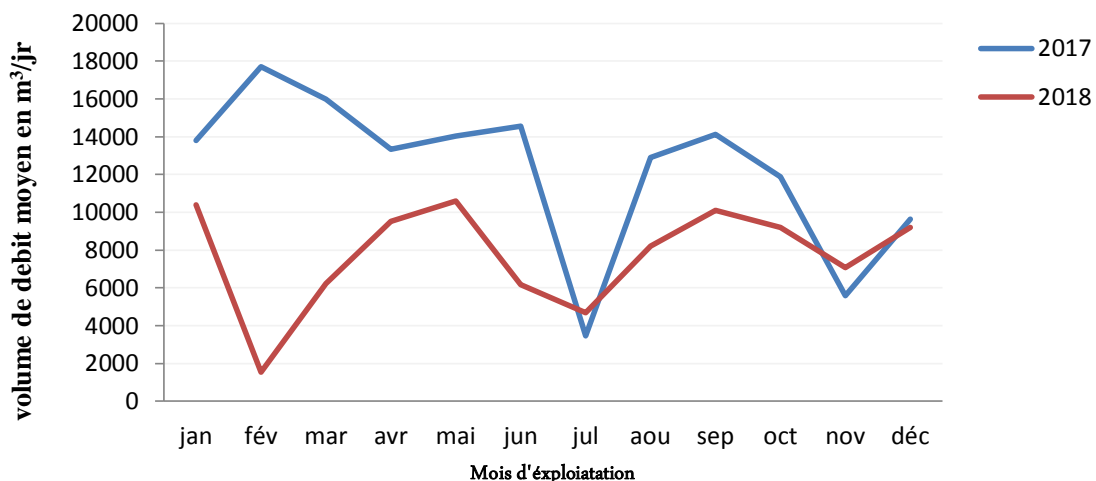


Figure21 : Débit moyen des eaux brutes pour la step de Bouira (2017/2018)

III.1.1.2. Les matières en suspension

Les MES pour les mois de 2017 varient entre 112,8 mg/l en février et 258,6mg/l de novembre. Par contre en 2018 ; les MES présentent un écart plus important et varient entre 84,1mg/l de décembre et 355mg/l en de mars.

L'évolution de la teneur en MES des eaux brutes des deux années ne semble pas régulière. Les courbes de tendance tracées sur la figure 21 montre bien une évolution contradictoire sur 2017 et 2018. Cette situation est assez fréquente en raison de la relation perturbée entre la

quantité des eaux brutes et les charges en matières drainées et des conditions climatiques qui peuvent engendrer des dilutions importantes.

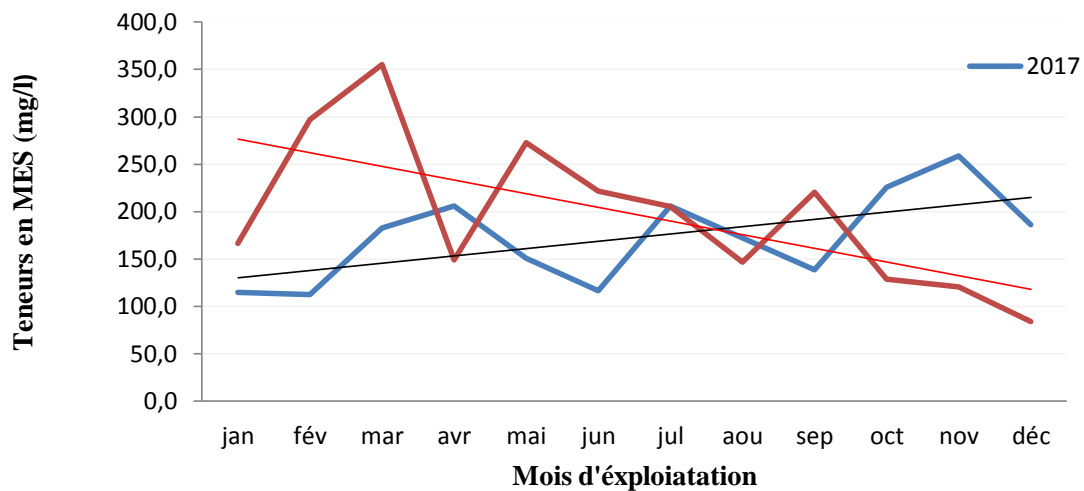


Figure 22 : Teneurs en MES (mg/l) des eaux usées brutes de la STEP de Bouira (2017, 2018).

III.1.1.3 La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ de l'eau brute pour les mois de 2017 varie entre 116mg/l en février et 284mg/l en juillet, contrairement en 2018, la DBO₅ présente une différence plus importante et varie entre 108mg/l en octobre et 280 mg/l en septembre, l'évolution de la concentration de la DBO₅ de l'eau brute des deux années ne semble pas régulière, les courbes de tendances tracées sur la figure 22 montrent bien une évolution contradictoire sur 2017 et 2018. Cette situation est assez fréquente en raison de la relation troublée entre le volume de l'eau brute et la concentration de la DBO₅ et les conditions climatiques.

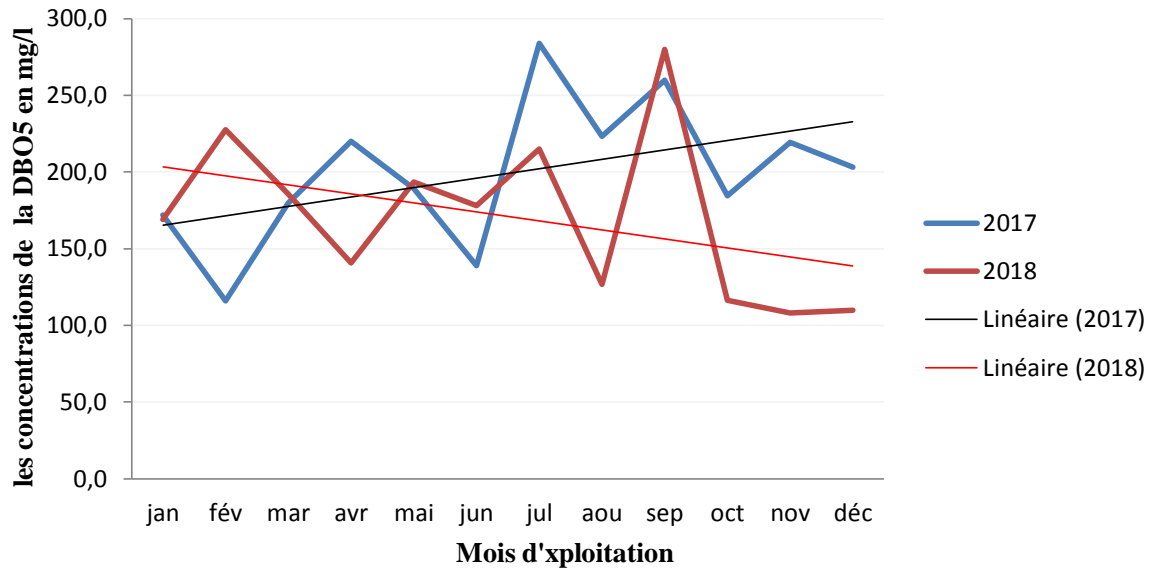


Figure23 : les concentrations de la DBO5 de l’eau brute de la STEP de Bouira (2017/2018)

III.1.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO pour les mois de 2017 varie entre 163.6mg/l en février et 381.9mg/l en juillet par contre en 2018 ; la DCO présente un écart plus important et varie entre 212.5mg/l en novembre et 656.3 mg/l en septembre, d’après la figure 23 l’évolution de la concentration en DCO des eaux brutes des deux années sont presque pareil. Les courbes de tendances tracées montrent une évolution semblable sur 2017 et 2018.

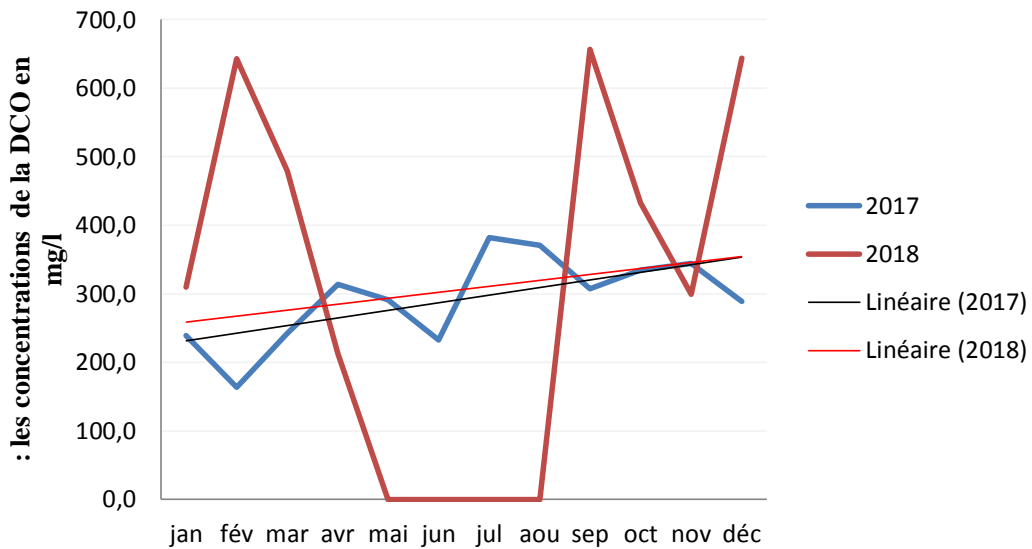


Figure24 : les concentrations de la DCO de l’eau brute de la step de Bouira (2017/2018)

III.1.1.5. Le potentiel hydrique (pH)

La figure 25 montre l'évolution de potentiel hydrique sur les deux années observées, en 2017 ; le PH d'eau brute varie entre 7 en juillet et 8.1 en janvier par contre en 2018 les teneurs en Ph varient entre 7.3 en février et 7.7 en septembre, l'évolution de la teneur de pH des eaux brutes des deux années sont pas pareil, les courbes de tendances tracées montre que le pH de l'année 2017 et 2018 sont contradictoire.

D'après les moyennes enregistrées du PH (tableau06) montre que les eaux brutes a l'entrée de la step durant les années 2017/2018 sont neutre

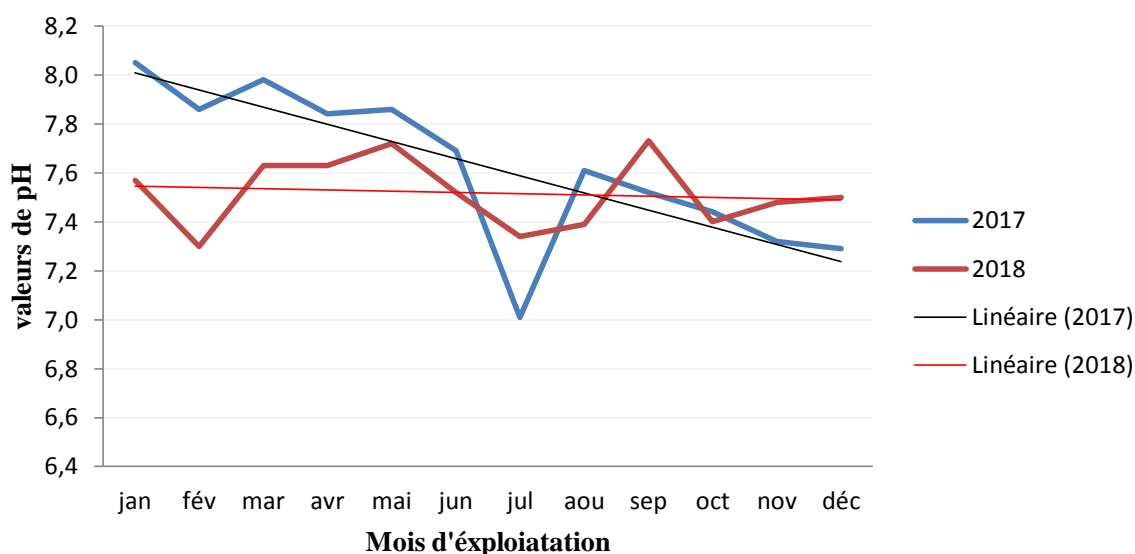


Figure25 : teneur du pH de l'eau brute de la STEP de Bouira (2017/2018)

Tableau06. Moyennes de PH dans les eaux usées brutes de la step de Bouira

année	2017	2018
pH moyen	7,6	7,5

III.1.1.6. L'azote ammoniacal (NH₄)

La concentration d'azote pour les mois de 2017 varie entre 4,77mg/L en juillet et 28,41mg/L en avril, Pour l'année 2018 ; la concentration d'azote est un peu importante et varie entre 4,31mg/L en janvier et 31,29mg/L en juillet.

Les courbes de tendance tracées sur (la figure 25) montre bien l'évolution des deux années qui semble presque pareil. Cette quantité importante liée à une pollution ammoniacale résultant de la présence de déjection animales, humaines.

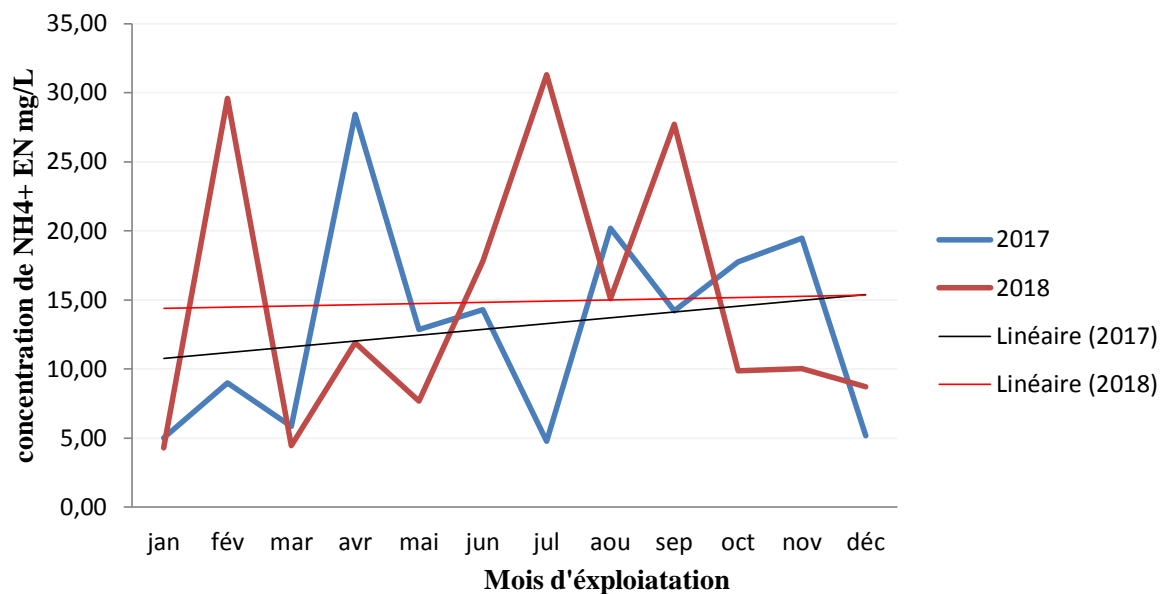


Figure 26: les concentrations de l'azote ammoniacal d'eau brute de la step de Bouira (2017/2018).

III.1.2.EAUX Épurées

III.1.2.1. débit moyen

D'après la figure 26 On remarque que les eaux épurées a diminué de manière significative entre 2017 et 2018, il est passé de 12252,44m³/j a 7741.51 m³/j.

Pour l'année 2017 ; le débit d'eau épurée varie de 3289m³/jr à 14172 m³/jr, correspondant respectivement aux mois de février et juillet. Pour 2018, le débit est moins important (figure) et varie de 4499m³/jr en juillet à 9740m³/jr en février.

Dans les deux années, le débit est plus important en hiver, saison pluvieuse comparativement à juillet saison considérée sèche.

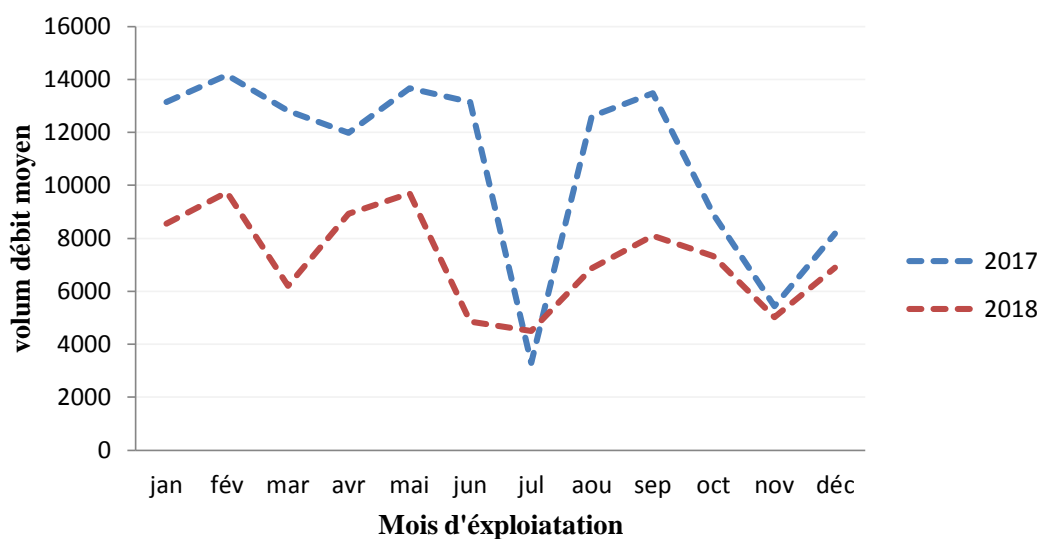


Figure27 : débit moyen d'eau épurée pour la step de Bouira (2017/2018)

III.1.2.2.Les matières en suspension(MES)

Les MES Pour les mois de 2017 varient entre 3.6mg/l et 14.3mg/l correspondant respectivement aux mois de février et décembre par contre en 2018 les MES présentent un écart plus important il varie entre 7.2mg/l en décembre et 92.7mg/l en février ; l'évolution de la teneur en MES ne semble pas régulière en raison de la relation perturbée entre le volume des eaux épurées et les charges en MES.

Les résultats obtenus pour l'année 2017 sont inférieur à la valeur limite de rejet préconisée par (**JORADP, 2006**) contrairement aux valeurs de 2018 qui ne sont pas conforme à la norme de rejet qui est de 30 mg/l.

Les MES peuvent apporter des éléments nutritifs bénéfiques pour le sol, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, qui sont essentiels pour la croissance des plantes. Cependant, un excès de nutriments peut entraîner une sur-fertilisation et des problèmes de pollution des

eaux souterraines, comme ils peuvent influencer la structure du sol en agissant comme des agents liants, cela peut favoriser la rétention en eau, la perméabilité et la capacité d'aération du sol.

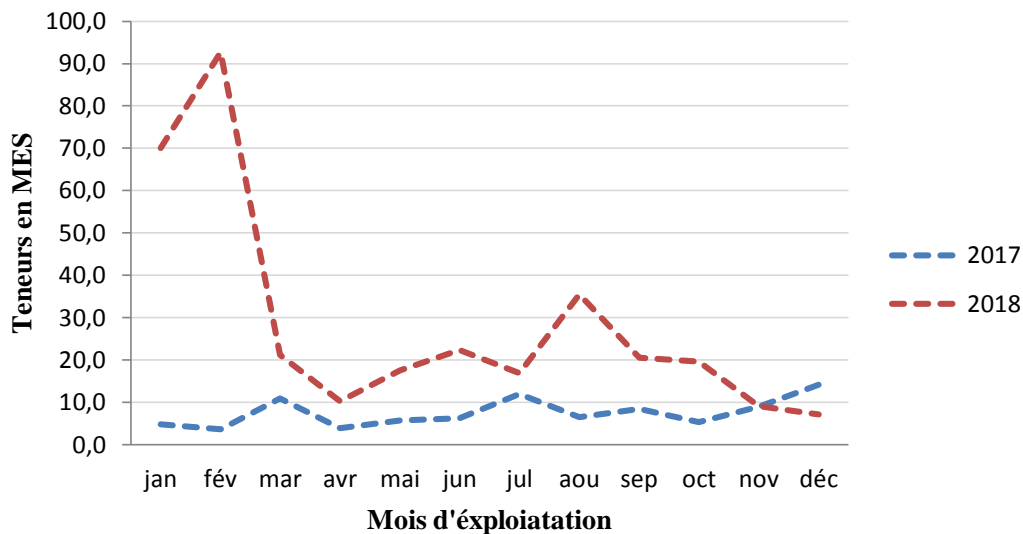


Figure 28 : teneur en MES de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018).

III.1.2.3. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

Pour l'année 2017 la DBO5 de l'eau épurée varie entre 2,8mg/l en février et 19,2mg/l en septembre et pour l'année 2018 varie entre 8,0mg/L en mars et 39,3mg/L en juin, les courbes de tendance semblent presque pareilles pour les deux années 2017 et 2018.

La DBO5 est souvent associée à la présence de nutriments organiques tels que l'azote et le phosphore dans les eaux usées épurées. Lorsqu'elles sont appliquées sur le sol, ces nutriments peuvent être disponibles pour les plantes, ce qui peut favoriser la croissance végétale et améliorer la fertilité du sol. Cependant, un apport excessif de la DBO5 peut entraîner une sur-fertilisation et des problèmes de pollution des eaux souterraines.

Les résultats obtenus pour l'année 2017 sont inférieurs à la valeur limite de rejet préconisée par (JORADP, 2006) contrairement aux valeurs de 2018 qui ne sont pas conformes à la norme de rejet qui est de 30 mg/l.

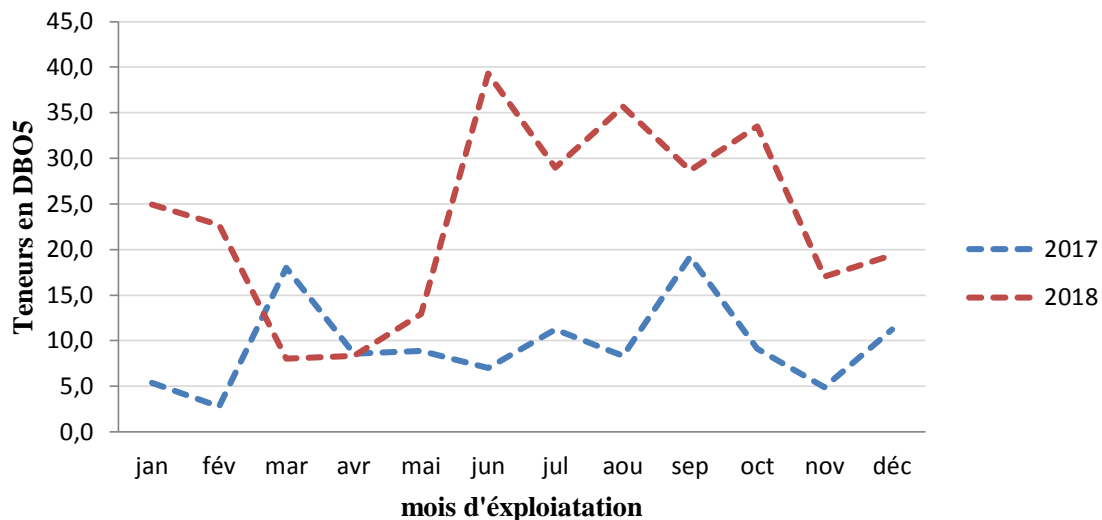


Figure29 : concentrations de la DBO₅ de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018)

III.1.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La concentration de la DCO des eaux épurées pour l'année 2017 varie entre 17,3mg/l en août et 72,2mg/l en mars, par contre l'année 2018 les valeurs varient entre 28,1mg/l en décembre et 176,4mg/l en février, les courbes de tendance tracées montrent bien l'évolution contradictoire entre 2017 et 2018, les valeurs en mai, juin et juillet est nul car les analyses sont pas été effectuées.

Les résultats obtenus pour l'année 2017 sont inférieurs à la valeur limite de rejet préconisée par **(le JORADP, 2006)** contrairement aux valeurs de 2018 qui ne sont pas conformes à la norme de rejet qui est de 90 mg/l.

La DCO est principalement due à la présence de la matière organique, donc lorsqu'on utilise les eaux usées épurées comme source d'irrigation ou de fertilisation, la matière organique peut contribuer à améliorer la fertilisation du sol en fournissant des éléments nutritifs aux plantes et en améliorant la structure du sol.

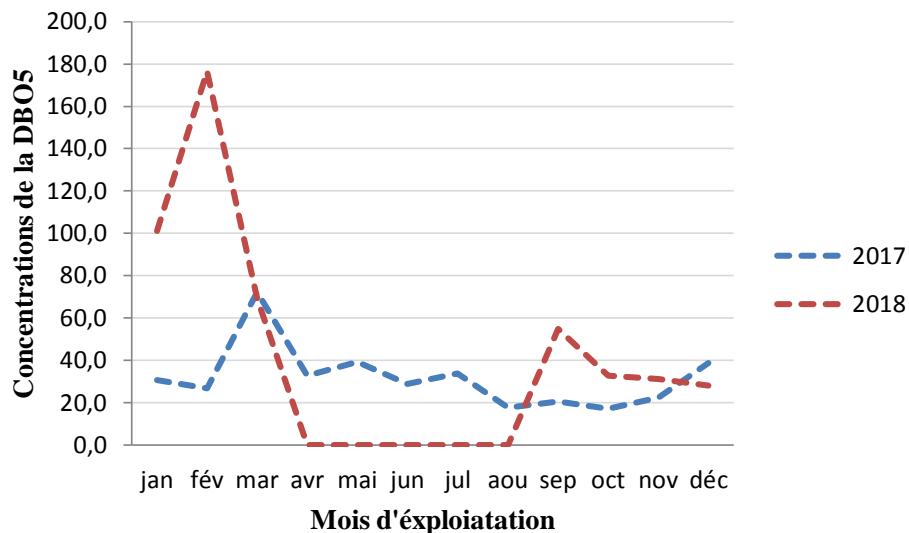


Figure30 : les concentrations de la DCO de l'eau épurée a la step de Bouira (2017/2018)

III.1.2.5.Le potentiel hydrique (pH)

Les valeurs de PH pour les deux années 2017/2018 sont assez semblables et varient entre 7 et 8,3.

Ces résultats s'incluent dans l'intervalle préconisé par le journal officiel de la république algérienne et les normes de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2003), qui sont comprise entre 6.5 et 8.5.

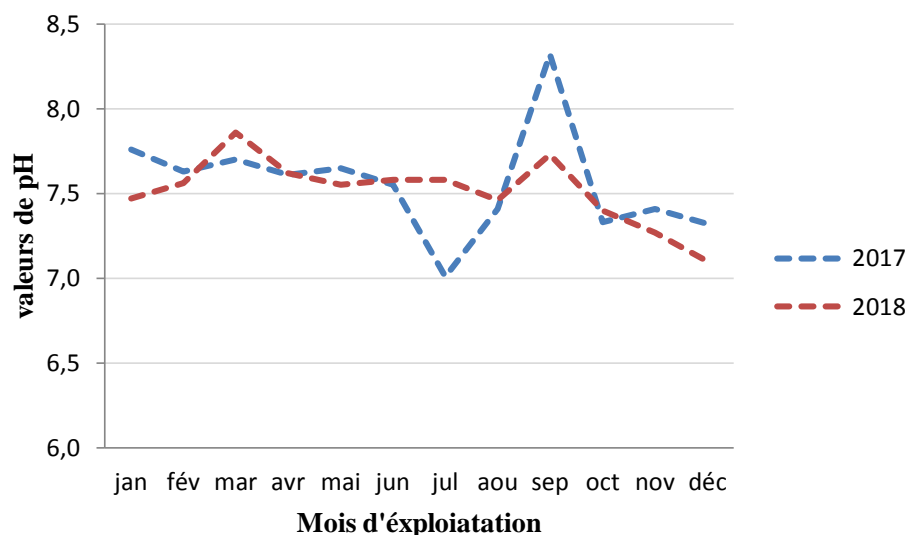


Figure31: valeurs du pH de l'eau épurée de la STEP de Bouira (2017/2018)

III.1.2.6. L'azote (NH_4^+)

La concentration de l'azote ammoniacal de l'eau épurée en 2017 varie entre 0,0231mg/l en novembre et 2,233mg/l en octobre, en 2018 les concentrations varient entre 0,3542mg/l en mai et 4,0194mg/l en juillet.

En fonction de la concentration de NH_4^+ dans les eaux usées épurées, celles-ci peuvent potentiellement fournir un apport supplémentaire en azote au sol, agissant comme une source de fertilisation, cela peut être bénéfique pour la croissance des cultures.

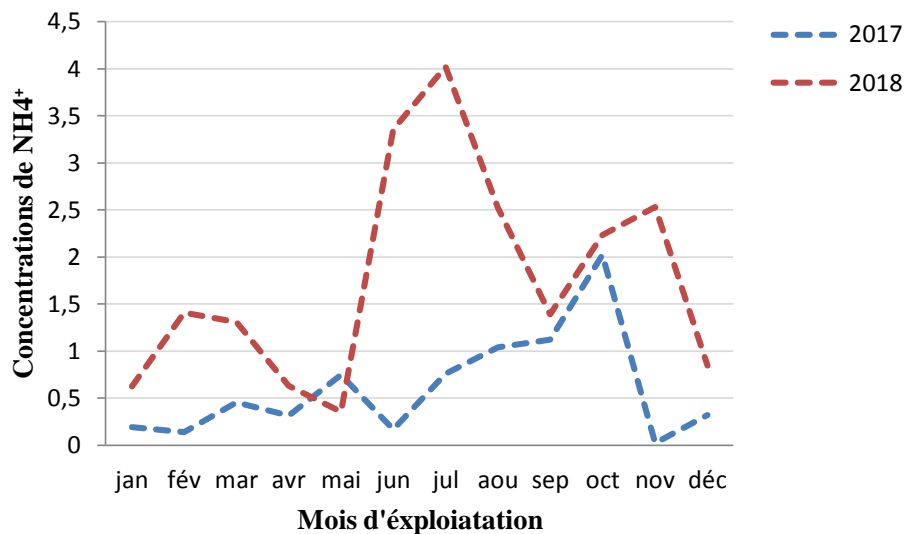


Figure32. Les concentrations de NH_4^+ de l'eau épurée de la step Bouira (2017/2018)

III.2. Comparaison des paramètres avec la Step Est de Tizi-Ouzou

III.2.1. Eaux brutes et eaux épurées

III.2.1.1. Débit moyen

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période révèle que les débits moyens bruts et épurés sont différents.

Le débit dans la Step Est pour les eaux brutes sont en moyennes de 15436,63m³/j et 3863,80 m³/j respectivement pour les années 2017 et 2018 ; pour les eaux épurées sont en moyennes de 15474,68 m³/j et 14556,67 m³/j.

D'après la figure ! On constate que les deux stations ont connus une diminution de la disponibilité de l'eau brute en 2018 par rapport à 2017, ce qui a affecté le rendement de l'eau épurée.

En 2017 la station Est avait un débit moyen d'eau brute et épurée supérieur à la station de Bouira, soit une différence de **3184,18 m³/j** pour les eaux brutes et **4570,68 m³/j**, contrairement à 2018 la situation s'est inversée la station de Bouira avait un débit moyen d'eau brute et épurées supérieur à la station EST, soit une différence de 3877,70 m³/j pour les eaux brutes et 7332,67 m³/j pour les eaux épurées.

Il est a noté que les données de la step Est manque de précision en raison de l'incohérence constatée, pour 2018, dans la quantité en eaux épurées produites largement supérieur à la quantité d'eaux reçues à l'entrée (figure 32).

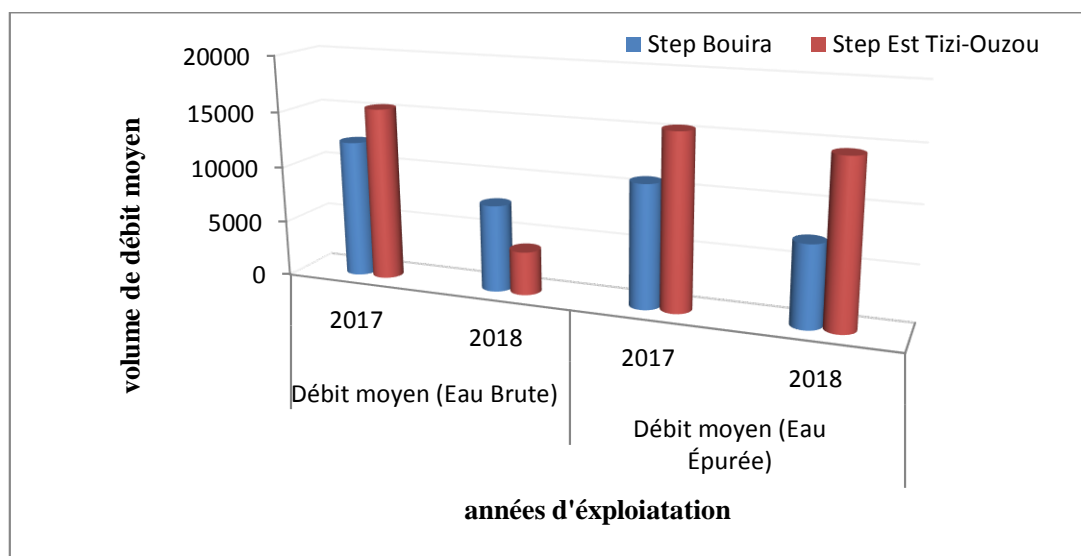


Figure 33. Comparaison des débits moyen de la step Est et la step Bouira

III.2.1.2. Les MES

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période révèle que les concentrations en MES des bruts et épurées sont largement différents.

D'après le tableau 7, Pour l'année 2017 On remarque que les concentrations de MES des eaux brutes de la step EST de Tizi Ouzou est considérablement inférieur à celle de 2018, elles sont passées de **292,9 mg/l** a **5106,6mg/l**, par contre pour les eaux épurées les teneurs en 2017 sont supérieur a celle de 2018 elles passent de a **2.08mg/l** a **9.24mg/l**.

On distingue que la step Est de Tizi Ouzou a été plus performante que la step de Bouira en termes de réduction de MES entre les eaux brutes et épurées.

Tableau 07. Comparaison des teneurs en MES dans les Step Est et de Bouira

	MES (Eau Brute)		MES (Eau Épurée)	
	2017	2018	2017	2018
Step Bouira	172,6	197,4	7,6	28,6
Step Est Tizi-Ouzou	292,971667	5106,649155	12,0866667	9,24916667

III.2.1.3. La DBO₅

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période indique que les concentrations de la DBOO5 des eaux brutes et épurées sont largement différentes.

Le tableau 08 Montre que les valeurs de la DBO5 de l'eau brute et épuré sont évoluées différemment entre 2017 et 2018 pour les deux stations.

Au niveau de la step EST de Tizi Ouzou les valeurs sont augmentées de 393,545mg/l a 7440,43mg/l pour les eaux brutes par contre elles sont diminuées de 24,35mg/l a 17 ,56mg/l pour les eaux épurées.

Ce qui résulte que les données de la step de Bouira sont inférieures à celle de la step Est de Tizi Ouzou.

En effet, la station EST de Tizi Ouzou a réduit la DBO5 de 99% entre l'eau brute et épurée tandis que la step de Bouira n'a réduit que 86 %.

Tableau 08. Comparaison des teneurs en DCO dans les Step Est et de Bouira

	DBO5 (Eau Brute)		DBO5 (Eau Épurée)	
	2017	2018	2017	2018
Step Bouira	199,2	170,9	9,6	23,3
Step Est Tizi-Ouzou	393,545	7440,43371	24,35333333	17,56416667

III.2.1.4. La DCO

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période révèle que les concentrations de la DCO des eaux brutes et épurées sont légèrement différentes.

D’après la figure 33 Au niveau de la step Est , les valeurs de la DCO des eaux brutes sont diminuées entre 2017 et 2018 elles sont passées de 479,545mg/l a 433,24mg/l, pour les eaux épurées les valeurs sont moins déférentes ou elles sont révolue de 30,3mg/l a 37,41mg/l

On déduit que la step EST a été plus conforme que la step de Bouira en terme de réduction de la DCO.

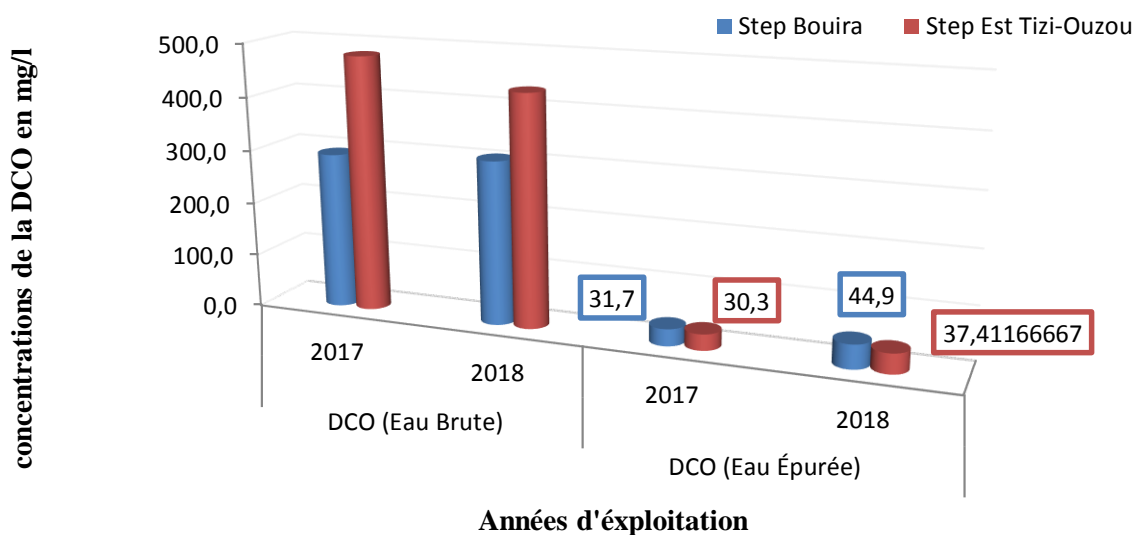


Figure34 : comparaison des concentrations de la DCO dans la step Est et la step Bouira

III.2.1.5. Le pH

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période révèle que les concentrations de ph des eaux brutes et épurées sont légèrement différentes.

La figure 34 montre que au niveau de la station Est les valeurs du pH sont légèrement diminué entre 2017 et 2018 pour les eaux brutes, elles sont augmenté de 7.3 à 7.14 par contre e pour les eaux épurées les valeurs de Ph sont évolué différemment entre 2017 et 2018, elles sont diminué de 7,3 à 7.1

On résulte que la step de Bouira a été compétitive que la step Est de Tizi-Ouzou en terme d'amélioration du ph entre l'eau brute et épurée.

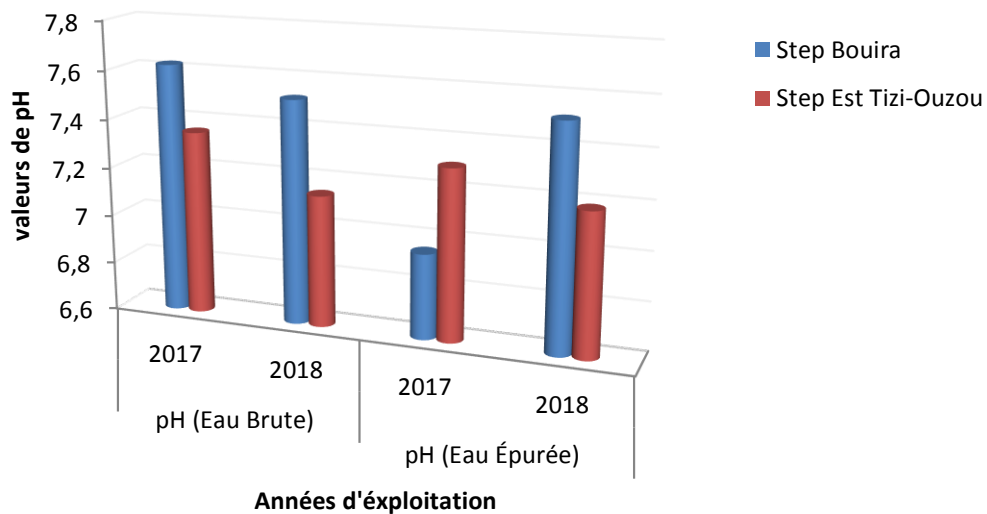


Figure35 : comparaison des valeurs de PH dans la step Est et Bouira

III.2.1.6. L'azote ammoniacal (NH_4^+)

La comparaison des données de la Step de Bouira avec ceux de la Step Est de Tizi-Ouzou pour la même période révèle que les concentrations de ph des eaux brutes et épurées sont largement différentes.

D'après la figure ! On remarque que au niveau de la step Est que les valeurs des eaux brutes sont diminuée entre 2017 et 2018, elles sont passées de 27,46mg/l à 1.24mg/l contrairement aux valeurs obtenue pour les eaux épurées, elles sont augmenté de 2 ,571 mg/l à 4 ,847 mg/l. On constate que Les données de la step Est considérablement supérieur à celle de Bouira.

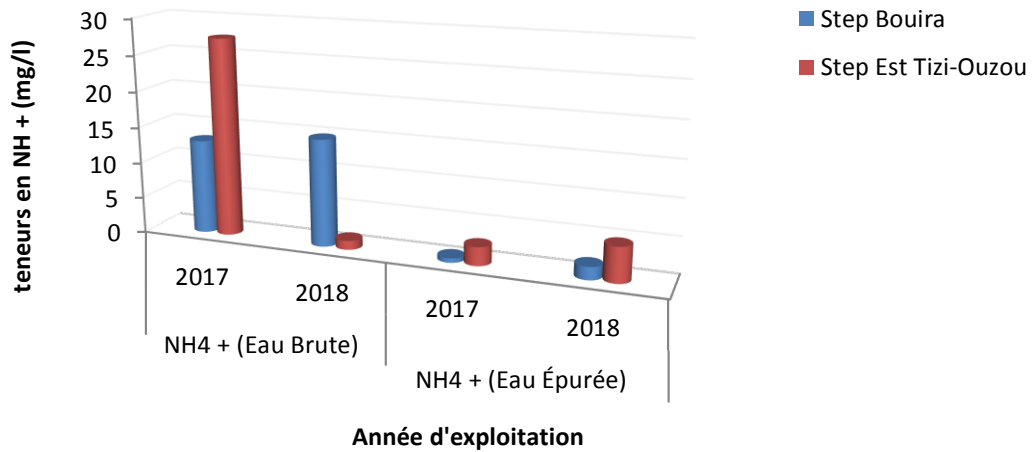


Figure36. Comparaison des teneurs en NH_4^+ dans la step Est et Bouira



Conclusion générale

Conclusion générale

Les ressources en eaux usées ont le potentiel d'augmenter l'approvisionnement en eau et réduire l'écart entre la disponibilité et la demande en eau dans notre pays. Les stations d'épuration sont des structures importantes permettant de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de deux effluents secondaires (sous-produits), à savoir l'eau épurée et les boues.

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

Notre étude s'est portée sur la quantification et la caractérisation des eaux usées traitées dans les stations de la wilaya de Bouira. Nous avons voulu faire une analyse des données afin de vérifier la qualité des eaux épurées rejetées selon les normes requises adaptées et spécifiques au milieu récepteur.

Après l'analyse des données de la station de Bouira enregistrées durant les années 2017 et 2018 nous remarquons que les paramètres présentent des variations importantes. Les eaux usées épurées de l'année 2017 sont conformes aux normes de rejet contrairement aux résultats obtenus en 2018.

Les MES enregistrées en 2017 ont des valeurs conformes à la norme qui est de 30 mg/l. ces résultats montrent qu'il y a eu une élimination régulière de ces matières (MES). les valeurs observées passent de 258,6 mg/l dans les eaux brutes à 14,3 mg/l dans les eaux épurées. L'année 2018 enregistre des teneurs non conformes à la norme réglementaire ; ce qui indique que les valeurs des MES passent de 355 mg/l dans les eaux brutes à 92,7 mg/l dans les eaux épurées .

Le pH des eaux usées brutes et épurées est situé dans l'intervalle 7 et 8,3 alors que la norme requise est située dans l'intervalle (6,5 à 8,5).

Les résultats de la DBO obtenus pour l'année 2017 montrent que ses valeurs sont au-dessus de la norme OMS qui est de 30 mg/l les valeurs passent de 284 mg/l dans les eaux brutes à 19,2 mg/l dans les eaux épurées ; par contre les résultats de l'année 2018 sont en dessus de la norme OMS les valeurs passent de 280 mg/l dans les eaux brutes à 39,3 mg/l dans les eaux épurées.

Les valeurs de la DCO observées en 2017 passent de 381,9 mg/l dans les eaux brutes à 72,2 mg/l dans les eaux épurées ; ses résultats sont inférieurs à la norme OMS (90 mg/l), par contre les résultats du même paramètre obtenus durant l'année 2018 sont supérieurs à la norme OMS ou les valeurs passent de 656,3 mg/l dans les eaux brutes à 176,4 mg/l dans les eaux épurées.

Conclusion générale

Les concentrations en ammonium NH_4^+ pour l'année 2017 passe de 28.41mg/l dans les eaux brutes à 2.23 mg/l dans les eaux épurées et pour l'année 2018 passent de 31.29mg/l dans les eaux brutes à 4.01 dans les eaux épurées. Les concentrations sont t supérieure à la norme recommandée par l'OMS qui avoisine 0 ,02mg/l.

Après la comparaison des données des paramètres étudiées (MES, DCO, DBO5,PH et NH_4^+) de la station de la wilaya de Tizi OUZOU notamment la STEP Est de la ville de Tizi ousou ainsi que la STEP de Bouira (située en centre-ville) pour la même période (2017/2018), nous pouvons dire que la STEP Est de la ville de Tizi ousou semble être plus performante que la STEP de Bouira en terme de réduction de la pollution.

La réutilisation des eaux usées épurées est une solution alternative pour limiter la pénurie d'eau, préserver les ressources naturelles et contribuer à la gestion intégrée de l'eau.

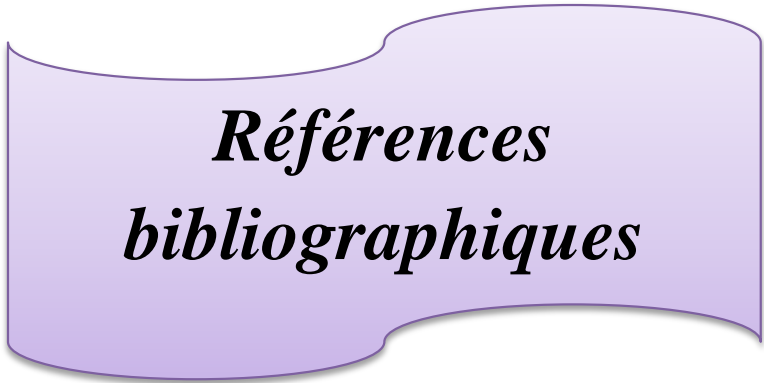
Elle permet de recycler les eaux traitées et de limiter la consommation d'eau douce, ce qui est avantageux d'un point de vue environnemental. Cependant, cette réutilisation est strictement encadrée pour exclure tout risque sanitaire et nécessite des traitements adaptés selon les usages envisagés.

Elle reste cependant peu développée en Algérie notamment dans notre cas d'étude ou nous remarquons un manque d'analyse des paramètres de performances.

Les objectifs ambitieux des pouvoirs publics de satisfaire une partie importante de la demande en eau conventionnelle doivent passées par la réutilisation des eaux usées épurées qui exigent la mise en place des nouvelles techniques et procédés technologiques de traitement et d'épuration des eaux usées domestiques.

la réutilisation des eaux épurées présente inévitablement un potentiel important en eau non conventionnelle pour pouvoir faire face aux défis du changement climatique, de la croissance démographique, ainsi que les autres secteurs d'activités (agricole, industrielle..etc.).

Pour atteindre ces objectifs il faut une sensibilisation permanente du public, une harmonisation des normes et textes de lois et enfin une innovation et adaptation technologique et procédés d'épuration.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

ADEME, (2009) : organisation et fonctionnement d'une station d'épuration.

ASANO T., (1998) : Wastewater réclamation and refuse. Water quality management Library, 1475-1528 p.

BADIA-GONDARD F(2003): L'assainissement des eaux usées. Edition technicités, 231p.

BEAUDRY J.P., 1984. Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc., 231p.

BELAID N., 2010.Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Sfax. Tunisie.

BENALI A et THAAMER O, (2019): diagnostic et fonctionnement de la station d'épuration de kouinine : solution proposées, mémoire master en hydraulique, université d'el _ouade p75

BOURRIER.R (2008) : Les réseaux d'assainissement, 5e édition TEC et DOC, Lavoisier

BOUZIANI.M (2000) : L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBNKHALDOUN

DEGREMENT (1989) : Memento technique de l'eau. Tome I et II. Edition Cinquantaire. 9ème édition française. Paris.

DESJARDINS R, (1997) : Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. École polytechnique.

ECOSSE D, (2001) : Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. «Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 p.

ELSKENS M. (2010). Analyse des eaux résiduaires - Mesure de la pollution. Techniques de l'ingénieur.

FABY J.A. et BRISSAUD F. (1997) :L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Compte rendu d'étude de l'Office International de l'Eau, mai 1997, 82 p.

FAO ,1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper. 1985, 29

FAO., (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO irrigation and drainage paper, 65p

GAUJOUS D., (1994) : La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier. 220

GAUJOUS.D. (1995) : La pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire). Edition Technique et Documentation LAVOISIER 2ème édition. Paris

GROSCLAUDE G., (1999).L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.

Références bibliographiques

GUERREE. H ET GOMELLA. C, (1978) : Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition EYROLLES. Paris.

HAMADECH M,(2006) : Étude de la valorisation des eaux usées épurées et les possibilités de réutilisation dans l'industrie et l'agriculture. Mémoire ing., U.S.T.H.P., Bab Ezzouar, Alger, 73p.

-HASBAIA OMIRA, (2014) : Contribution à l'étude de l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture, effets sur le sol, sa microflore et les produits agricoles. du diplôme de magister USTHB 88p.

HERPIN, UWE ET AL, (2007) : Chemical effects on the soil–plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation—A pilot field study in brazil. *agricultural water management*. 2007, Vol. 89, 105-115.

JORAD, (2006) : journal officiel de la république algérienne démocratique des normes de rejet.

KHENNOUFA A ; LABSI L(2017) : Valorisation des eaux usées épurées par lagunage aérée en irrigation- cas de la région d'el-oued. : mémoire de fin d'étude Université ECHAHID HAMMA Lakhdar -El OUED 78p

LAZAROVA V, (1998). (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux)

LOUMI F ET YEFFSAH K, (2010) : valorisation des eaux usées traitées en irrigation, cas de la station d'épuration EST de tizi ouzou, mémoire d'ingénieur d'hydraulique rurale

MANTINELLI, I. (1999) : Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluant associés dans le sol urbain. - vers une approche globale et pluridisciplinaire. Thèse doctorat de l'INSA de Lyon, N° d'ordre : 99 ISAL 116, 1999.

MAPANDAA, F., ET AL, (2005). The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2005, 107.

MOHAMMAD RUSAN ET AL,(2007) : °Effet à long terme de l'irrigation des eaux usées des cultures fourragères sur les paramètres de qualité du sol et des plan.

OMS, (1989) : Utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandation à visées sanitaire. Genève, OMS.778 : 205p

ONA 2016 : Office National d'Assainissement

RATTAN, R et K. AL, (2005) : Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2005, 109.

Références bibliographiques

REJSEK F, (2002) : Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Ed Centre Régional de Documentation pédagogique d'Aquitaine, Paris.

RODIER J., (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{eme} Edition. Dunod. Paris, 1383p.

RODIER.J (2009) : Analyse de l'eau.9^{ème} Edition DUNOD.Paris

RODIER.J et AL, (1996) : Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.8^{ème} Edition DUNOD.Tome I. Paris.

ROTBARDT A, (2011) ;rapport final réutilisation des eaux usées traité ,perspectives opérationnelles et recommandation pour l'action février 2011.

ROUABAH N. (2008) : Conception de la station de la ville de Khemis Miliana. Thèse d'Ingénieur d'État En Hydraulique E.N.S.H.

VILAGINES R, (2003). Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, 2^e édition, Edition Tec&Doc, 198 pages.

YANNEK A(2001); l'élimination de la pollution hydrocarbonées azotée et phosphatée par réacteur bio simulateur de laboratoire en écoulement continue et discontinue .mémoire licence .université mouloud Mammeri TIZI OUZOU



Annexes

Annexes

Annexe 1. normes de rejet intentionnels

Caractéristiques	Normes utilisés (OMS)
pH	6.5 _8.5
DBO5	<30mg/l
DCO	<90mg/l
MES	<20mg/l
NH4+	<0.5mg/l
NO2	1mg/L
NO3	<1mg/L
P2O5	<2mg/L
Température	<30°C
couleur	incolore
Odeur	inodore

Annexe 2. Les normes européennes de rejet des eaux usées (BENALI et THAMER ,2019)

Paramètres	Normes	Unité
PH	5.5<pH<9.5	-
Température	<30°C , un écart de 5° c'est toléré	C °
DBO5	25	Mg/l
DCO	125	Mg/l
MES	35	Mg/l
Azote	15mg/l pour une charge brute de pollution entre600et 6000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution >6000kg/jour	Mg/l

Annexes

Annexe 03. Les normes algériennes de rejet des eaux usées (ONA, 2016)

Paramètre	Norme	Unité
T°	30	C°
PH	6.5a 8.5	-
O ₂	5	mg/l
DBO ₅	30	Mg/l
DCO	90	Mg/l
MES	30	Mg/l
ZINC	2	Mg/l
Chrom	0.1	Mg/l
Azote total	50	Mg/l
Phosphate	2	Mg/l
Hydrocarbure	10	Mg/l
Détergents	1	Mg/l
Huiles et grasses	20	Mg/l

Résumé

L'objectif de notre étude c'est d'évaluer les paramètres de traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration de la wilaya de Bouira (la ville de Bouira), nous avons procédé aux analyses statistique descriptives de données enregistrées afin de surveiller l'efficacité du processus épuratoire des eaux usées de cette station pour avoir la possibilité de réutilises les eaux usées traitées.

Nous avons aussi comparé les données de la station de Bouira (ville de Bouira) avec celles de la station Est (ville de Tizi-Ouzou) pour la même période (2017et 2018), nous constatons que la STEP Est de la ville de Tizi ouzou semble être plus performante que la STEP de Bouira en terme de réduction de la pollution.

Abstract

The objective of our study is to evaluate the domestic wastewater treatment parameters of the Bouira wilaya (city of Bouira) wastewater treatment plant. We carried out descriptive statistical analyses of the recorded data in order to monitor the efficiency of the wastewater treatment process at this plant, with a view to the possibility of reusing the treated wastewater.

We also compared the data from the Bouira plant (city of Bouira) with that from the East plant (city of Tizi-Ouzou) for the same period (2017 and 2018), and found that the East STEP of the city of Tizi ouzou seems to perform better than the Bouira STEP in terms of pollution reduction.