

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET
DES SCIENCES AGRONOMIQUE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme du master2

en sciences Agronomiques

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème

**Dynamique de l'Azote minérale dans une station
d'épuration classique**

Cas de la station Est de la ville de Tizi-Ouzou

Soutenu devant le jury d'examen composé de :

Président : M^r SI TAYEB Hachemi : M.A.C.C. UMMTO

Promoteur: M^r METAHRI M^{cd} Said: M.C.A UMMTO

Examinatrice: M^{me} BERROUANE Nawel: M.A.A UMMTO

Présenté par: ANNOUN Sabrina

BOUNOUAR Katia

Promotion 2016/2017

Remerciements

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements et nos profondes reconnaissances à :

Mr METAHRI, notre encadrant de mémoire de fin d'études, pour ses précieux conseils, sa patience, la confiance qu'il nous a témoigné et son orientation ficelée tout au long de notre recherche.

Nos remerciements s'étendent également les membres de jury Mr SI TIYEB, Mme BERROUANE et Mr MERIDJA qui ont accepté de juger notre travail.

Comme on tient à remercier Mr TAGUEMOUT pour son soutien et ces conseils.

Sans oublier l'ensemble du personnel de la station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou.

Dédicaces

On dédie ce travail à :

*Nos familles, nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements,
nous ont aidé à surmonter tous les obstacles.*

Toute la promotion master2 TVRH 2017.

*Nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou de
loin à l'exécution d ce modeste travail.*

Sabrina & Katia

Liste des tableaux

Tableau (01) : Concentration de la pollution, dans les eaux domestiques.....

Tableau (02) : Relation entre la conductivité et la minéralisation.....

Tableau (03) : Les intérêts et les inconvénients de l'azote.....

Tableau (04) : Fiche technique de STEP (ONA, 2017).....

Tableau (05) : Volume de l'échantillon selon la gamme de mesure (ONA20217)

Tableau (06) : Résultats des analyses complètes et quotidiennes de l'effluent liquide de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Tableau (07) : Les valeurs moyennes des résultats d'analyses de l'effluent liquide de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Liste des figures

Figure (01) : Schéma général d'une station d'épuration par lit bactérien.

Figure(02) : Schéma d'une station d'épuration par boue activée

Figure(03) : Les principaux microorganismes impliqués dans le cycle d'azote.

Figure (04) : nitrosomonas

Figure(05): nitrobacter

Figure (06) : Pseudomonas

Figure (07) : Vue générale de la STEP

Figure (08) : Image satellitaire représentant la situation géographique de la station.

(Google Earth, 2016).

Figure (09) : Dégrilleur grossier (ONA)

Figure (10) : Dégrilleur fin (ONA)

Figure (11) : Pompes de relevage (ONA)

Figure (12) : Dégraissage et déssablage

Figure (13) : Vis en fin (ONA)

Figure (14) : Soufflante de by-pass (ONA)

Figure (15) : Bassin biologique (ONA)

Figure (16) : bassin de clarificateur (ONA)

Figure (17) : Bassin de stabilisateur (ONA)

Figure (18) : Epaisseur (vue de dessus)

Figure (19) : Epaisseur (ONA)

Figure (20) : Lits de séchage (ONA)

Figure (21) : Aire de stockage (ONA)

Figure (22): Evolution de la Température de l'effluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

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

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

Figure (26) : Evolution de matière en suspension de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

Figure (28) : Evolution de la DBO de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Figure (29) : Evolution des NH_4^+ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Figure (30) : Evolution des NO_2^- de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

Liste d'abréviation

A : âge des boues

BA : Bassin d'aération

BR : Boues de retour

BS : Bassin de stabilisation

Cl₂:Chlore

ClO₂: Dioxyde de chlore

CM : Charge massique

CO₂: Dioxyde de carbone

CV : Charge volumique

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène après 5 jours

DCO : Demande chimique en oxygène

E.B: Eau brute

Eq: Equivalant

E.S: Eau de sortie

H:Hydrogène

Hab: Habitant

KOH: Hydroxyde de potassium

MES : Matière en suspension

MS : Matière sèche

MVS : Matières volatiles

N: Azote

NGL: Azote global

NH₄⁺: Azote ammoniacal

NKG: Azote Kjeldhal

NO₂⁻: Nitrite

NO₃⁻: Nitrate

N₂: Azote gazeux

OMS: Organisation mondiale de la santé

ONA: Office nationale d'assainissement

O₂: Oxygène

O₃: Ozone

P: Poids

pH : Potentiel hydrogène

Q: Débit

STEP: Station d'épuration

TAC : Titre alcalimétrique complet

UV: Ultra violet

V: Volume

Sommaire

Introduction Générale

Partie bibliographique

Chapitre (01) : Généralité sur la pollution

Introduction

- 1. Définition de la pollution**
 - 2. Les facteurs influençant la pollution**
 - 3. Définition de la pollution de l'eau**
 - 4. Les origines de la pollution**
 - 5. Différents types de pollution**
 - 6. Les paramètres de pollution**
 - 7. Traitement des eaux usées**
- 7.1. Paramètres de fonctionnement d'une station à boues activées**
- 7.2. Procédés de traitement des eaux usées**

Chapitre (02) : La pollution azotée

Introduction

- 1. L'azote dans l'environnement**
- 1.1. L'origine de l'azote**
 - 1.2. Le cycle de l'azote**
 - 1.3. Les formes de l'azote**
 - 1.4. Minéralisation de l'azote**
 - 1.5. Les mécanismes contribuant à l'élimination de l'azote**
 - 1.6. Intérêts et inconvénients de l'azote**
 - 1.7. Elimination biologique intensive de l'azote**

1.8. Elimination biologique extensive de l'azote

1.9. Elimination physicochimique de l'azote.

Chapitre (03) : présentation de la zone d'étude

Introduction

- 1. Présentation de la station d'épuration EST de Tizi-Ouzou**
- 2. L'office National de L'assainissement (ONA)**
- 3. Fiche technique de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou**
- 4. Les étapes de l'épuration de l'eau usée**

Chapitre 4 : Analyses et interprétation des résultats

- 1. Prélèvement et échantillonnage**
- 2. Matériels utilisés**
- 3. Méthodes d'analyses**
- 4. Paramètres physico-chimiques des eaux épurées (Tableau 01) de la STEP Est**

Tizi-Ouzou

- 5. Interprétation des résultats « Eau »**

Conclusion générale

Introduction

L'eau, ce précieux don de la nature, dont l'homme use et souvent abuse n'est pas illimité et gratuit comme il l'avait longtemps implicitement admis. Pour pouvoir étancher toutes ses soifs, il doit la préserver, la protéger, la distribuer, la régénérer etc. Au final, l'eau doit être traitée (MEKBOUB, 2003).

La prise de conscience des problèmes variés liés à l'eau mobilise désormais tout à la fois élus locaux, agents des collectivités territoriales et professionnels divers, tandis que ceux qui leur succéderont doivent dès à présent être formés. Pour aider les uns et les autres, il est donc souhaitable de rassembler sous un angle bien défini, une vue globale et synthétique des méthodes et technologies mise en œuvre (YENNAK, 2003).

Les dispositions réglementaires relatives aux normes de potabilité et de rejet d'eau usée dans le milieu récepteur imposent la réduction au préalable les nutriments comme l'azote et le phosphore pour éviter les effets sanitaires et environnementaux comme l'eutrophisation des milieux récepteurs. (YENNAK, 2003).

De ce fait, les stations d'épuration biologique existantes conçues pour venir à bout que de la pollution particulaire (MES) et hydrocarbonée (DBO, DCO) doivent à l'avenir être adaptées à cette nouvelle exigence environnementale qui est celle de la réduction des nutriments par le biais des traitements tertiaires bien adaptés. (MEKBOUB, 2003).

Cependant, l'azote comme le phosphore présentent le paradoxe qu'ils sont indispensables aux yeux des agriculteurs dans le compartiment sol afin d'améliorer leur productivité agricole ; par ailleurs, indésirables aux yeux des écologistes et des organismes de gestion des ressources hydriques dans le compartiment aquatique car, leurs présence en excès est préjudiciable à l'environnement et particulièrement à la santé publique. (MEKBOUB, 2003).

C'est le cas de la STEP Est de Tizi Ouzou qui ne dispose pas de traitements tertiaires de finition des effluents secondaires, en l'occurrence l'abattement des nutriments, la désinfection et le traitement des boues. (YENNAK, 2003).

L'élimination de l'azote et du phosphore de l'eau peut être obtenue simultanément, par un traitement biologique alternant des phases d'aération extrêmes (anoxique et aérobie). (YENNAK, 2003).

De ce fait l'objectif principal de cette étude est d'une part, le suivi de la dynamique de l'azote à travers les différentes étapes de la STEP et d'autre part vérifier la contribution du clarificateur secondaire à l'abattement de cet élément.

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

- ❖ Une introduction générale.
- ❖ Une synthèse bibliographique divisée en deux chapitres :
 - Chapitre I : Généralité sur la pollution ;
 - Chapitre II : L'azote dans les eaux résiduaires.
- ❖ Une partie expérimentale basé sur :
 - Présentation de la zone d'étude ;
 - Interprétation des résultats ;
 - Une conclusion générale.

Introduction

L'eau est un bien public, sa protection, sa mise en valeur et le développement de sa ressource utilisable sont d'intérêt général. Ressource vitale pour tous les êtres vivants, elle est malheureusement devenue aujourd'hui une denrée rare et précieuse, menacée par une pollution qui prend des dimensions de plus en plus importantes, liée notamment aux activités humaines. Cette pollution provoque une dégradation chronique de la qualité de l'eau. C'est pourquoi, des traitements d'élimination des polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels. (BAOUNI, 1987).

1. Définition de la pollution

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

2. Les facteurs influençant la pollution

Divers facteurs de natures socioéconomiques ont aggravés les problèmes de la pollution. En premier lieu l'urbanisation accélérer des pays industrialisés, a eu comme corollaire une concentration incessantes des industries et de l'habitat, multipliant les sources de contaminations de l'environnement et des causes de nuisances.

Vien s'ajouté la technologie moderne, en permettant une expansion considérable de la production agricole et industrielle, qui ont engendrés des masses énormes de déchets tout en élaborant des substances minérales ou organiques non biodégradables, par fois très toxiques ou encore indésirables (matières en plastiques, certains pesticides, les dioxines qui sont des résidus de fabrications, métaux inoxydables, les radios nucléides etc.) (BAOUNI, 1987).

3. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une modification néfaste des eaux par l'ajout de substances susceptibles d'altérer leur qualité, leur aspect esthétique et compromettre leur vocation à savoir leurs consommation.

L'agent polluant peut être de nature physique, chimique, ou biologique. Il provoque soit une gêne, soit une nuisance ou une toxicité. (DEBIANE et *al.*, 2004).

4. Origines des eaux usées

4.1.Eaux usées domestiques

Elles comprennent les eaux ménagères et les eaux de vannes. (METAHRI, 2012).

➤ Eaux de vannes

Elles contiennent des matières fermentescibles. Les eaux usées domestiques sont dangereuses en raison de leur forte teneur en germes, et dont certains peuvent être pathogènes. (DEBIANE et *al.*,2004).

➤ Eaux ménagères

Ce sont les eaux provenant des cuisines et des salles de bain ; elles contiennent les matières en suspension, des matières dissoutes et des graisses. (DEBIANE et *al.*,2004).

4.2.Eaux de ruissellement

Ce sont les eaux de lavage des voies publiques. Elles entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques. Le tableau 01 représente la composition moyenne des eaux domestiques : (DEBIANE et *al.*,2004).

Tableau 01 : Concentration de la pollution dans les eaux usées domestiques (FRESINIUS, 1990).

		charge organique (mg/l)	charge minérale (mg/l)	charge totale (mg/l)
Charge totale	polluante	730	503	1233
Matières dissoutes		330	330	660
Matières dissoutes	non	400	200	600
Décantable		270	130	400
Non décantable		130	70	200

4.3.Eaux usées industrielles

Elles proviennent généralement des usines, elles sont caractérisées par une grande composition, suivant l'utilisation de l'eau, tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se trouvent ainsi qui est un bon solvant.

La composition des eaux usées industrielles varie selon la nature des rejets ; on distingue les pollutions spécifiques suivantes : (DEBIANED et *al.*, 2004).

- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs...) ;
- Sels métalliques (traitement de surface, métallurgie...) ;
- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires...)

- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques tanneries...);
- Eaux chaudes (circuit de refroidissement des centrales thermiques...)

4.4. Eaux usées d'origine agricole

Elles proviennent essentiellement des fermes et des cultures ; elles se caractérisent par des fortes teneurs en nutriments (azote, phosphore) issues des purins et lisiers d'élevage, ainsi que l'usage fréquent des pesticides et des engrais solubles lessivés dans les sols agricoles.

Les différents polluants d'origine agricole ne peuvent donc pas être recueillis et traités ultérieurement dans une station d'épuration. De ce fait, ils atteignent les cours d'eau et les nappes par le ruissellement ou par l'infiltration percolation (YENNAK, 2003).

5. Les différents types de pollution

5.1. La Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue. Elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestique ou des eaux résiduaires provenant des industries agroalimentaires, d'abattoirs, d'industries de bois, papeteries etc. (THOMAS, 1995).

Elle peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'auto épuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite, il se produit dans le milieu aquatique des réactions de fermentation et d'appauvrissement en oxygène aboutissant à l'asphyxie du milieu.

Les eaux peuvent apporter une quantité importante de germes pathogènes, d'origines fécales (bactéries, virus, protozoaire etc.) (GOMELLA et GUERREF, 1987).

5.2. Les Polluants physiques

➤ La Pollution thermique

La pollution thermique, par l'élévation de la température qu'elle induit, diminue la teneur en oxygène dissous et du gaz carbonique dans l'eau, jusqu'à 30°C, elle accélère la biodégradation par la prolifération des microorganismes (SITE WEB : www.cieau.fr).

➤ **La pollution radioactive**

Issue du refroidissement des stations nucléaires, elle a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ces éléments et des propriétés cancérigènes et mutagènes de ces rayonnements ionisants (SITE WEB : www.cieau.fr).

➤ **La pollution mécanique**

Il s'agit de transporter par l'eau des particules en suspension. Elle provient du lessivage des sols lors de pluies abondantes et des travaux de revêtement qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements des volumes entraînant avec eux des boues. Celles-ci colmatent les fonds des ruisseaux et des rivières et diminuent ainsi l'infiltration de l'eau vers la nappe. (GAID, 1984).

5.3.La pollution chimique

L'eau, par son pouvoir dissolvant élevé, dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses : sels minéraux dissous, pesticides, hydrocarbures, métaux lourds et détergents constituent les micropolluants. (CASTANY, 1998).

5.4.La pollution minérale

La pollution minérale, due essentiellement aux rejets industriels, modifie la composition de l'eau. Si certains éléments sont naturellement présents et sont indispensables au développement de la vie, un déséquilibre de ce même élément perturbe la croissance végétale et provoque des troubles physiologiques chez les animaux. D'autres, comme les métaux lourds hautement toxiques ont la fâcheuse propriété de s'accumuler dans certains tissus vivants et constituent une pollution différée pour les espèces situées en fin de chaîne alimentaire. (VALIRON, 1989).

5.5.La pollution par les hydrocarbures

Le rejet d'hydrocarbures dans la nature appelée aussi pollutions massales, provoque la formation de nappe noire à la surface des eaux naturelles.

Les hydrocarbures rejetés ont des effets toxiques très graves difficiles à traiter, et certaines dérivées du pétrole sont cancérigènes à long terme.

Un litre d'essence suffit pour dégrader entre 1000 et 5000 m³ d'eau. (CASTANY, 1998).

6. Les paramètres de pollution

6.1. Paramètres physiques

- **Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout de gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (BOLLAGS, 1973).

- **Turbidité**

Le caractère trouble d'une eau est du à la présence de matières en suspension colloïdales et particulaires de nature minérale ou organique qui ne peuvent pas sédimenter facilement à cause de leur faible taille et masse volumique. Elles ont également la propriété d'être chargée négativement, ce qui leur confère un pouvoir de répulsion électrostatique qui empêche leur décantation naturelle. (YAHY, 1982).

VI.1.3. Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. (BOLLAGS, 1973).

- **Couleur**

Une eau propre doit être incolore ; la couleur grisâtre de l'eau d'égout est d'origine domestique ; une couleur noire indique une décomposition partielle avec début du processus d'humification ; les autres teintes indiquent un apport d'eaux résiduaires industrielles. (BOLLAGS, 1973).

- **Matières en suspension**

Les matières en suspension représentent la charge polluante des eaux usées urbaines constituées par des particules de diverses natures, organiques ou minérales, insolubles, susceptibles d'être séparées de l'eau du fait de leur dimension ou de leur poids spécifique élevés par décantation ou filtration. (SITE WEB : www.cieau.fr).

- **Conductivité**

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau pure avoisine $4,2 \mu\text{s}/\text{m}$, à 20°C . Elle augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température. Elle permet d'évaluer mais approximativement la minéralisation globale (NAIT SIDENAS et ACHAT, 2002). Le tableau 02 représente la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité :

Tableau 02 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (RODIER, 1996).

Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Appréciation
Conductivité $< 100\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
$100\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 200\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation faible
$200\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 333\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$333\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 666\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
$666\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 1000\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation importante
Conductivité > 1000	Minéralisation excessive

6.2. Les paramètres chimiques

- **pH**

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. La nature géologique du bassin versant détermine en partie le pH des eaux de surface, ainsi les précipitations acides, l'activité biologique et certains rejets industriels influents sur l'acidité et l'alcalinité. (RODIER, 1996).

Le pH joue un rôle important dans : (TARDAT et *al.*, 1984).

- Les propriétés physico-chimiques (agressivité, entartrage...);
- Processus biologiques (dont certains exigent des limites très étroites du pH);
- L'efficacité de certains traitements exemple, la coagulation, floculation.

- **Oxygène dissout**

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère, et de la salinité.

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique, soit par des phénomènes électrochimiques, d'où son importance dans le phénomène de dégradation de la matière organique et de corrosion. (RODIER, 1996).

7. Traitement des eaux usées

7.1. Paramètres de fonctionnement d'une station à boues activées

➤ Charge massique (CM)

Elle s'exprime par le rapport entre la pollution appliquée quotidiennement en Kg DBO₅ et la masse d'organismes épurateurs, en Kg de poids sec des boues contenues dans le réacteur biologique :

$$C_m = \frac{L_0 Q}{St V} \quad \text{avec } C_m \text{ en Kg DBO}_5 / \text{kg MES/j} \quad (01) \text{ (TARDAT et al., 1984).}$$

V (m³) : volume de bassin d'aération ;

St (Kg/m³) : Concentration en MES des boues en aération ;

L₀ (Kg/m³) : Concentration moyenne en DBO₅ de l'eau à traiter ;

Q (m³/j) : Débit journalier d'eaux résiduaires à épurer ;

L₀Q (Kg DBO₅/j) : Charge polluante journalière traitée.

➤ Charge volumique (CV)

Elle correspond au flux journalier de DBO₅ appliqué, rapporté au volume unitaire du bassin d'aération.

$$CV = \frac{L^0 Q}{V} \quad \text{avec } C_v \text{ en kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{j} \quad (02) \quad (\text{TARDAT et al., 1984}).$$

➤ **Age des boues (A)**

- C'est le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur, et la masse journalière de boues en excès. (TARDAT et al., 1984).

$$A = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_w} \quad (03)$$

V : Volume de la liqueur mixte (m³) ;

X : Concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (Kg/m³) ;

Q_w : Débit d'évacuation des boues (m³/h) ;

X_w : Concentration en solide (ou solide volatil) des boues (Kg/m³) ;

A : Age des boues.

7.2. Procédés de traitement des eaux usées

7.2.1. Le prétraitement

Le prétraitement est une série d'opérations et d'obstacles qui ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. Il comprend plusieurs étapes telles que :

➤ **Le dégrillage**

Il permet l'extraction des éléments grossiers à l'aide d'un système à double grille (grille grossière dont l'écartement des barreaux est de 8 à 10 cm), doublée d'une grille fine ou l'espacement des barreaux est compris entre 15 et 25 mm, ces dernières permettent de fixer la taille des déchets à éliminer. Pour cela on distingue trois types de dégrillages en fonction de la taille des détritiques à éliminer :

-03 à 10 cm : Pré dégrillage ;

-01 à 03 cm : Dégrillage moyen ;

-0.3 à 01 cm : Dégrillage fin.

Suivant le mode d'élimination des refus, on distingue :

- **Les grilles manuelles** : Elles sont réservées aux très petites installations ; leur nettoyage se fait à l'aide de râpeaux.

- **Les grilles mécaniques** : Elles sont destinées aux grandes installations ; leur nettoyage se fait par des grappins, des râpeaux et aussi par des brosses dures. (HADDADI et HAMLAT, 2002).

➤ **Déshuilage dégraissage**

C'est une opération destinée à éliminer les graisses et les huiles présentes dans les eaux résiduaires par flottation. Pour les eaux résiduaires d'origine domestique, le dégraissage est indispensable, s'il n'y a pas de décantation primaire, il est avantageusement effectué en combinaison avec le dessablage pour autant que les dimensions d'ouvrage soient calculées en conséquence (temps de séjour environ 15 mn et qu'un moyen soit prévu pour séparer les matières organiques décantées avec le sable). (METAHRI, 2016).

7.2.2. Le traitement primaire

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation-floculation. (METAHRI, 2012).

➤ **Décantation physique naturelle**

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.

On utilise le terme de décantation lorsque l'on désire obtenir la clarification de l'eau brute ; si l'on veut obtenir une boue concentrée, on parle de sédimentation qui a pour but

d'éliminer les matières en suspension de la fraction liquide, en utilisant la seule force de gravité. (GAID, 1984).

Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. Elle élimine 40 à 60 des MES, soit 40 de matière organique. 10 à 30 des virus. 50 à 90 des helminthes et moins de 50 des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluants. (FABY, 1997).

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé **décanteur** pour former les **boues primaires**. Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. (METAHRI, 2012).

➤ **Dessablage**

Il consiste à éliminer les sables et les graviers par gravité, en faisant circuler l'eau dans une chambre tranquillisante avec une vitesse constante de 0.3 m/s, quelque soit le débit (condition difficile à réaliser à cause de la variation des débits. (METAHRI, 2016).

➤ **Les traitements de décantation physico- chimiques**

• **Coagulation floculation**

La base de ces procédés de séparation solide liquide est la pesanteur. L'usage de réactifs coagulants (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, etc.). Bien qu'ils ne soient pas souvent employés dans nos STEP, peut favoriser l'agglomération des petites particules et faciliter leur séparation par décantation. (COCONNIER, 1994).

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques (sels de fer ou d'aluminium). (METAHRI, 2012).

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un flocc qui peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration. (METAHRI, 2012).

- **Filtration**

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau ; cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage. Une biomasse se développe sur le matériau filtrant. Elle peut efficacement réduire le taux d'ammonium de l'eau brute par la nitrification. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité. (COCONNIER, 1994).

7.2.3. Traitement biologique ou secondaire

Les traitements secondaires ont pour but l'élimination de la pollution dissoute ou colloïdales biodégradable, on distingue :

- **Les différents procédés de traitement biologique**

- **Le lagunage naturel**

Le lagunage est un procédé extensif d'épuration biologique des eaux dont le principe repose sur la symbiose algo-bactérienne. Les bactéries dégradent les polluants organiques en sel minéraux et en CO₂ qui sont utilisés par les algues comme nutriments lesquelles à leur tour fournissent l'oxygène nécessaire aux bactéries. (SHWARTZBROD et al., 1989).

- **Les lits bactériens**

Le principe de l'épuration s'inspire des méthodes de l'épuration naturelle du sol. Les lits bactériens ou filtres bactériens sont des colonnes remplies d'un matériau granulaire (pouzzolane, la coke métallurgique, pierres concassées, pierres ponce) à travers les quels ont fait percoler l'effluent à traiter. Le garnissage peut être également en plastique. (GAID, 1984).

-Leur aération est réalisée par soutirage naturel ou par ventilation forcée.

-La distribution de l'eau à la surface améliore l'aération, ce qui permet le développement d'une flore bactérienne aérobie. L'évacuation de l'eau se fait par le font pour éviter le noyage du massif filtrant. La figure 01 représente un schéma général d'une station d'épuration par lit bactérien :

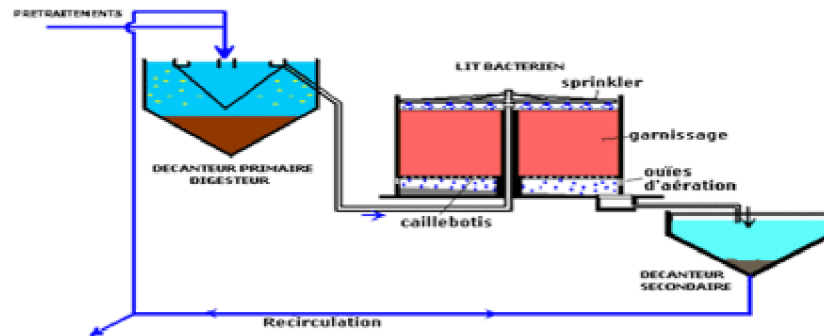


Figure 01 : Schéma général d'une station d'épuration par lit bactérien (SITE WEB : www.cieau.fr)

-On distingue deux types de lits bactériens, selon le matériel utilisé et la charge hydraulique appliquée :

- Lits bactériens traditionnels.
- Lits bactériens modernes.

• Les disques biologiques

Dans ce procédé, les micro-organismes épurateurs adhèrent sur des disques tournants lentement autour d'un axe horizontal, et baignant en partie dans l'eau à traiter. De part la rotation, la biomasse se trouve alternativement en contact avec l'eau à traiter et avec l'oxygène de l'air ambiant.

-L'absence du brassage dans la cuve d'aération implique la présence d'un pré décanteur et interdit toute recirculation de boue ; dès lors, l'investissement peut être élevé (SHWARTZBROD et al., 1989).

• Les bassins d'activation

Le réacteur biologique par boues activées est un véritable écosystème formé par des bactéries et des protozoaires.

Les bactéries sont les principales responsables de l'élimination de la pollution ; en s'en nourrissant, les protozoaires prédateurs aident à la floculation, abaissent la turbidité et améliore la qualité des effluents tandis que d'autres espèces consomment directement la matière organique. Quand il n'y a pas de bactéries, il existe de nombreuses espèces connues de protozoaires. Les ciliés, sont les plus abondantes, ils sont utilisés comme indicateurs de l'état de fonctionnement d'une station. (HADDADI et HAMLAT, 2002).

La figure 02 représente un schéma d'une station d'épuration par boue activée :

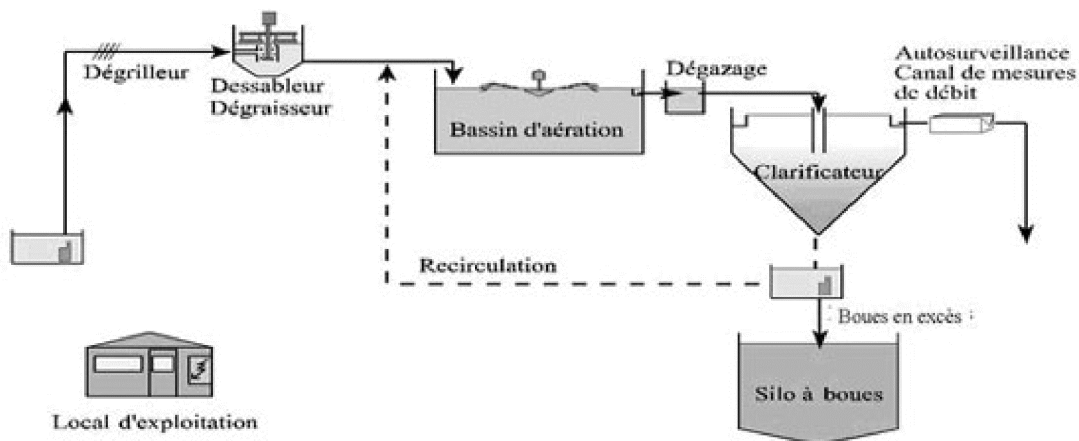


Figure 02 : Schéma d'une station d'épuration par boue activée (SITE WEB : www.cieau.fr).

- Description général du procédé

Le procédé d'épuration par boues activées est un procédé mis au point en 1914 à Manchester.

Le principe du procédé consiste à développer une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons "boues activées" dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée à traiter.

Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser la biomasse dans l'eau usée dont le mélange est appelé "liqueur mixte".

L'aération, qui peut se faire avec de l'air, ou avec de l'oxygène pure, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, à fin de répondre aux besoins épuratoire et métaboliques des bactéries épuratrices aérobies (TARDAT et *al.*, 1984).

- Principe de fonctionnement

Dans le processus d'épuration par les boues activées, la pollution est éliminée de la manière suivante :

- Les matières en suspension "MES" et colloïdales sont éliminées par agglomération physique et ensuite par floculation et absorption des matières organiques solubles par les boues activées ;
- Elimination lente des matières organiques solubles par action enzymatique ;

Oxydation et dégradation d'une partie des amas biologiques. (TARDAT et *al.*, 1984).

- Technique de fonctionnement

Le développement des boues activées est assuré par un brassage de la masse formée, et surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisation. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond ou de surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur destiné à séparer l'eau épurée des boues (TARDAT et *al.*, 1984).

7.2.4. Le traitement tertiaire ou complémentaire

Ces traitements visent :

- **Elimination de la pollution azotée et phosphorée**
 - **Elimination de la pollution azotée**

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présentes dans les eaux usées.

Pour satisfaire les normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologique, de « nitrification-dénitrification » ou par échange d'ions. L'azote subit différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la phase nitreuse puis nitrique et de retour à la forme gazeuse.

- **Élimination de la pollution phosphorée**

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

- **Traitement physico-chimique**

Le procédé physico-chimique consiste en une élimination chimique des phosphates par adjonction de réactif qui donnent naissance à un précipité complexe insoluble séparé de l'eau par décantation.

Les principaux réactifs utilisés sont :

1. Le sulfate ferreux : FeSO_4 ;
2. Le sulfate d'aluminium : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
3. Le chlorure ferrique : $\text{FeCl}(\text{SO}_4)_3$;
4. La chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

L'injection des réactifs peut se faire à plusieurs niveaux d'une station biologique à boues activées :

- En amont du bassin d'aération : pré-précipitation ;
- Dans le bassin d'aération : co-précipitation ;
- En aval du clarificateur : post-précipitation nécessite la mise en œuvre d'une filtration sur sable.

Ces procédés sont caractérisés par une bonne élimination et sont relativement faciles à maîtriser (DEBIANE et *al.*, 2004).

- **Déphosphoration biologique**

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis (METAHRI, 2012).

➤ La désinfection

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. L'eau potable, suivant les normes, contient toujours quelques germes banals, alors qu'une eau stérile n'en contient aucun. La désinfection est une post-oxydation. EN eau potable, elle est assurée par des oxydants chimiques tel que le chlore Cl_2 , le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3) et dans un certain nombre de cas, par un procédé physique comme le rayonnement UV. La désinfection des eaux résiduaires est obligatoire dans certaines zones de baignade ou de conchyliculture (FRESINIUS, 1990)

➤ Le traitement des boues

Le traitement des boues a pour objectif de :

1. Réduire la fraction organique et diminuer le pouvoir fermentescible des boues et les risques de contamination, par la « stabilisation » ;
 2. Diminuer le volume total des boues afin de réduire le cout d'évacuation, par « déshydratation ».
- L'élimination final des boues par :
 - Valorisation agricole ;
 - Incinération ;
 - Mise en décharge (MAKBOUB, 2003).

Introduction

Le rejet dans les milieux récepteurs des effluents chargés en azote sous toutes ses formes (organique, ammoniacal, nitrites ou nitrates) doit obéir aux normes car il est préjudiciable à l'environnement et à la santé publique, de plus il est susceptible de dégrader la qualité des eaux superficielles et souterraines. En effet, l'ammoniaque (NH_3) est toxique vis-à-vis de la vie de certains poissons et sa présence dans l'eau complique la potabilisation car il réagit avec le chlore pour donner des chloramines cancérigènes. (SATIN et *al.*, 1999).

1. L'azote dans l'environnement

1.1. L'origine de l'azote des eaux résiduaires

L'azote présent dans les eaux résiduaires provient principalement des fèces humaines, des urines qui contribuent largement avec une part importante à cet apport, principalement sous forme d'urée, d'acide urique et d'ammoniaque. Ces formes d'azote organique sont transformées en azote ammoniacale par les microorganismes en sécrétant l'uréase. Par ailleurs, les eaux de cuisines véhiculent des protéines comportant des acides aminés et certains agents de surface « assouplissants » incluent dans leurs molécules des radicaux azotés d'ammonium quaternaires (SATIN et *al.*, 1999).

1.2. Cycle de l'azote

Lors du transport des effluents jusqu'à la station d'épuration, des réactions d'ammonification ont lieu, transformant cet azote organique en ion ammonium (NH_4^+). Cette forme est particulièrement nuisible pour les ressources hydriques conventionnelles en particulier. En effet, la demande en oxygène exercée par la nitrification est très élevée et peut conduire à une consommation importante d'oxygène, ce qui est nuisible ou même toxique à la faune aquatique. En outre, il y a dégradation du niveau de qualité de l'eau pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Pour ces raisons, il est impératif de procéder aux traitements tertiaires d'élimination de la pollution azotée, qui consiste en la transformation de l'ammonium en nitrites, puis en nitrates facilement assimilable par les plantes en cas de traitement extensif et ou en azote gazeux en cas de traitement intensif. Il est à signaler que le cycle naturel d'évolution de l'azote dans la station d'épuration est le même que dans la nature. (SATIN et *al.*, 1999).

La figure 03 représente Les principaux microorganismes impliqués dans le cycle d'azote.

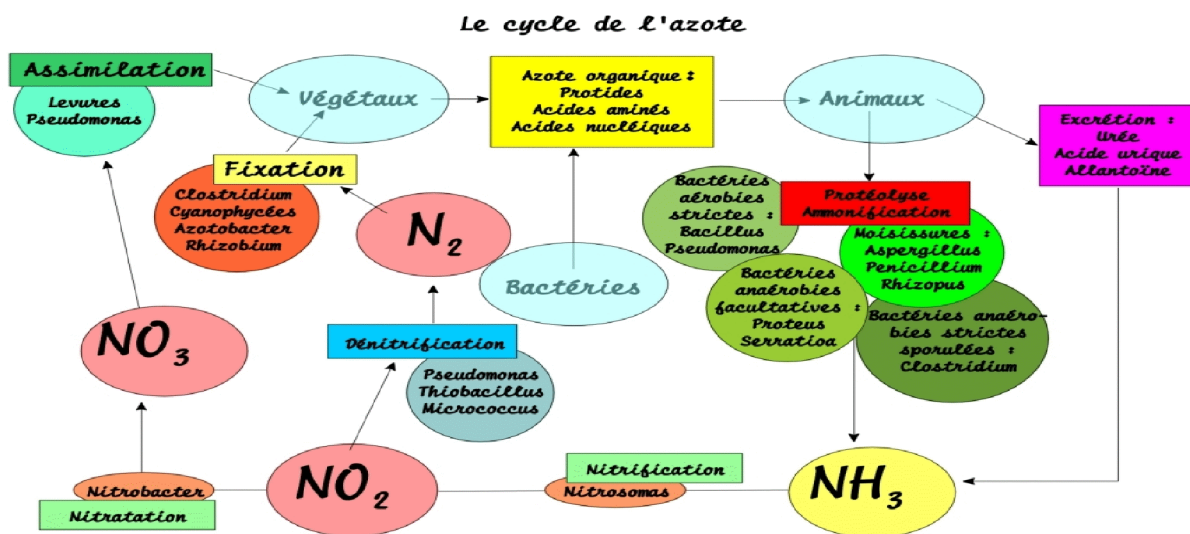


Figure 03 : Les principaux microorganismes impliqués dans le cycle d'azote (SITE WEB: www.fndae.fr)

1.3. Les formes de l'azote

Les principales formes oxydées sont :

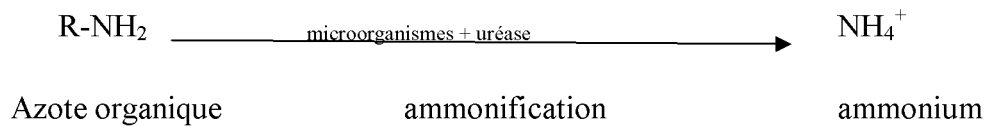
- L'azote nitrite ($N-NO_2^-$) et nitreux ($N-NO_3^-$) ;
- Les formes réduites de l'azote sont : l'azote organique et l'azote ammoniacal ($N-NH_4^+$) ;
- L'azote Kjeldahl NKJ représente l'ensemble de l'azote réduit, soit : $NKJ = N_{org} + NH_4^+$;
- L'azote total, appelé azote global (NGL) : comporte à la fois les formes oxydées et réduites.

$$NGL = NKJ + N-NO_2^- + N-NO_3^- \quad (\text{AIT AHMED et NOURI, 2004}).$$

1.4. Minéralisation de l'azote

1.4.1. Ammonification

L'azote organique est principalement constitué par l'urée et les acides aminés. Sous l'action des bactéries, et par hydrolyse notamment l'ammonification se réalise de façon aussi rapide que le milieu est oxydant (station d'épuration).

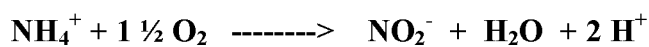


Au cours du métabolisme, les macromolécules, comme les protéines et les acides nucléiques, sont dégradés en leurs éléments de base, et l'azote est libéré sous forme d'ammoniac. La décomposition de la matière organique, libère en premier lieu de l'ammonium (c'est le processus d'ammonification) (CEMAGREF, 1996).

1.4.2. Nitrification

La nitrification est l'oxydation par des microorganismes spécifiques (nitrosomonas et nitrobacter) de l'azote ammoniacal en azote nitrique. Elle s'effectue en deux étapes successives : la nitritation et la nitratisation réalisée par de différentes bactéries aérobies (YAHI, 1982).

- **La nitritation**



Cette phase est assurée par les bactéries « **nitrosomas** ».

La figure 04 représente la bactérie du type nitrosomonas :

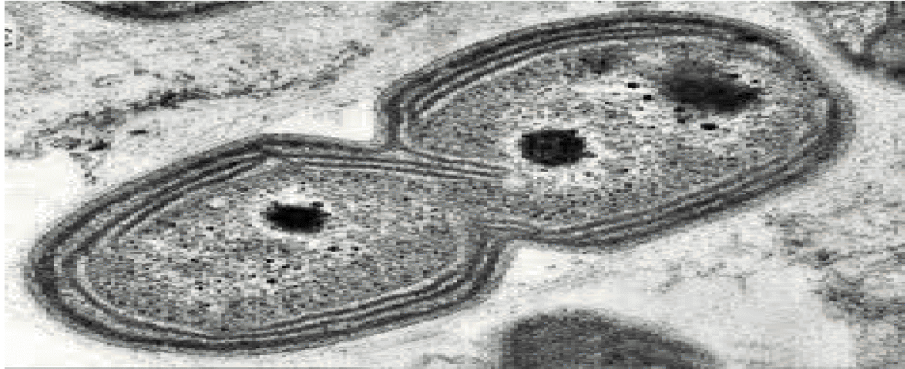


Figure 04: nitrosomonas (SITE WEB: www.fndae.fr)

- **La nitratisation**



Cette phase est assurée par les « **nitrobacter** », la figure 05 représente la bactérie du type nitrobacter.

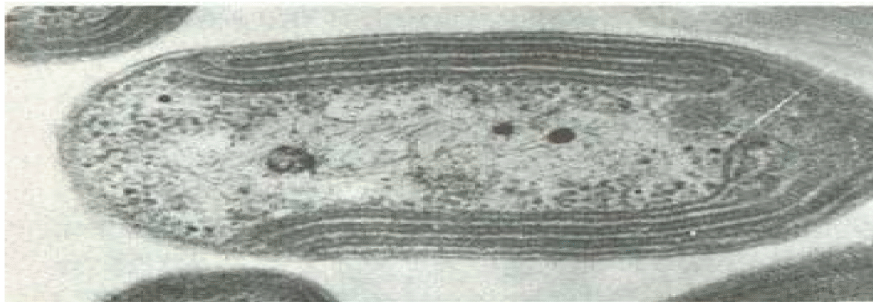


Figure 05: nitrobacter (SITE WEB: www.fndae.fr)

1.4.2.1. Condition de la nitrification

- **La température**

Le processus de nitrification devient très difficile en dessous de 12°C, il est important à des températures situées entre 20 à 30°C. (DEGREMONT, 1989).

- **Le pH**

Le PH optimal se situe entre 7,8 à 8,5 mais, en dessous de 7,2 nitrification décroît sensiblement. La nitrification provoque une diminution de PH et de l'alcalinité de l'eau. Il est alors nécessaire de rajouter de la chaux pour le maintenir au voisinage de la neutralité. (DEGREMONT, 1989).

- **Age des boues**

Dans des conditions de pH compris entre 7,2 et 8, l'âge des boues minimal exprimé en jour pour démarrer la nitrification en boues activées, est lié à la température par la relation suivante :

$$A_{\text{minimal}} = 6,5 (0,914)^{T-20} \quad (04)$$

Avec : T : température en °C.

La nitrification à des températures inférieures à 12 ou 13 °C conduit à l'adoption de procédé à faible charge (DEGREMONT, 1989).

- **La charge massique**

Les bactéries nitrifiantes autotrophes ont un taux de croissance plus faible que celui des bactéries hétérotrophes éliminant la pollution carbonée organique.

Les limites supérieures à respecter en fonction de la température sont :

- 0,1 Kg DBO₅ / Kg MVS jour, en hiver.
- 0,25 Kg DBO₅ / Kg MVS / jour, en été.

La présence de NH₃ à pH élevé ; ou acide nitreux HNO₂ à faible pH, inhibe la nitrification (STRICKLER, 1996).

- **Le TAC**

La présence de carbonates est indispensable pour la réaction de nitrification, la consommation de CaCO₃ est de 7 mg par mg d'azote ammoniacal nitrifié. (STRICKLER, 1996).

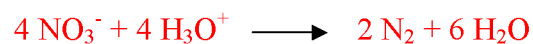
- **L'oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous joue un rôle très important, car les bactéries nitrifiantes sont aérobies strictes. En général, un taux minimal de 2 mg /l d'oxygène dissous est nécessaire pour assurer une bonne nitrification.

La vitesse de nitrification croît lorsque la concentration en oxygène dissous augmente. A fin d'atteindre un objectif de qualité exprimé en azote global (NGL), la nitrification, génératrice de nitrates, doit être associée au processus de dénitrification. (CEMAGREF, 1996).

1.4.3. La dénitrification

La dénitrification est la réduction par des microorganismes des nitrates en azote moléculaire, donc en gaz qui retourne à l'atmosphère.



Le processus de dénitrification requiert un ensemble différent de conditions environnementales. Ce processus catabolique, dans lequel le nitrate est utilisé comme un oxydant dans la respiration anaérobie, implique habituellement des hétérotrophes comme *Pseudomonas denitrificans*. Les produits principaux de la dénitrification sont l'azote gazeux (N₂), constituant premier de notre atmosphère et l'oxyde nitreux (N₂O), gaz à effet de serre participant en outre au réchauffement de la planète (CEMAGREF, 1996).

Cette phase est assurée par des bactéries dénitrifiantes :

- ❖ *Pseudomonas*.
- ❖ *Thiobacillus*.
- ❖ *Micrococcus*.

La figure 06 représente la bactérie du type *Pseudomonas* :

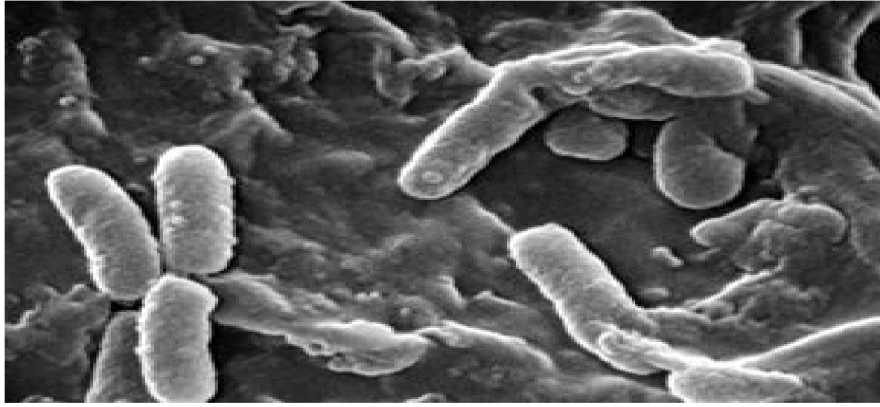


Figure 06 : Pseudomonas (SITE WEB: www.fndae.fr)

1.4.3.1. Conditions de dénitrification

- **L'oxygène dissous**

La dénitrification ne se produit de manière significative que si la concentration en oxygène dissous dans le milieu est nulle. (AIT AHMES et NOURI, 2004).

- **La charge carbonée**

La dénitrification est d'autant plus rapide que la quantité de carbone disponible est importante et que ce carbone est rapidement assimilable. (CEMAGREF, 1996).

- **Le pH**

Le pH optimum se situe entre 6.5 et 7.2 et ne constitue donc pas un facteur particulièrement limitant dans la plus part des stations d'épuration. En milieu faiblement tamponné, des pH acides pourraient conduire à des réductions incomplètes des nitrates qui aboutissent à des oxydes nitriques (NO_2^-) et nitreux (N_2). (CEMAGREF, 1996).

- **La température**

La température influe sur la vitesse de dénitrification, lorsque le substrat rapidement assimilable est abondant (bassin d'anoxie en tête de station d'épuration ou dénitrification tertiaire avec ajout de carbone rapidement assimilable).

La vitesse de dénitrification peut être exprimée en fonction de la température et de la charge en substrat par l'équation suivante :

$$V_{\text{dénit}} = B \cdot \theta^{T-20} \cdot CV \quad (05)$$

Avec :

B : constante ;

$V_{\text{dénit}}$: vitesse de dénitrification à la température T (mg/l.h) ;

T : température (°C) ;

Cte = 1,05 pour un bassin d'anoxie en tête ;

CV : Charge volumique en DCO (g DCO apporté par m³ de réacteur par jour).

On peut également noter, en plus de ces conditions, qu'il faut :

- Une bonne nitrification préalable ;
- Disposer d'une source de carbone organique et d'un rapport carbone/azote suffisant ($DBO / N-NO_3 > 5$) ;
- Un taux de recirculation de la liqueur mixte élevé ;
- Etre dans des conditions d'anoxies.

Outre l'élimination de l'azote, la dénitrification possède plusieurs avantages :

Elle confère à la boue activée une meilleure décantabilité en évitant les phénomènes de dénitrification dans le clarificateur (remonté de boue en surface). Elle permet aussi de rééquilibrer l'alcalinité du système biologique et en fin de récupérer jusqu'à 50 pour cent environ d'O₂ nécessaire à la nitrification (AIT AHMES et NOURI, 2004).

1.5. Les mécanismes contribuant à l'élimination de l'azote

➤ Assimilation

Les bactéries qui assurent l'élimination de la charge organique polluante ont besoin pour leur métabolisme de nombreux éléments chimiques.

L'azote (ammoniacal, acide aminé) vient au premier rang de ces éléments puisqu'il est un composant important de la cellule bactérienne, représentant environ 10% de

sa matière sèche. Compte tenu de l'influence de matières minérales, les boues biologiques présentent une teneur en azote de 7 % de leur matière sèche, en moyenne ; les besoins en azote sont de l'ordre de 5 % de la DBO éliminée par la culture bactérienne (CEMAGREF, 1996).

➤ La décantation

De nombreux types de stations d'épuration comportent une décantation primaire et l'extraction des boues qui s'y accumulent permet naturellement de séparer de l'eau la fraction de l'azote liée aux matières en suspension retenues par l'ouvrage. Celles-ci représentent environ 50 % des matières en suspension totales.

En fonction de la longueur et de la pente du réseau, l'élimination d'azote par décantation primaire représente de 10 à 20% de l'azote total ; cette forme d'élimination ne se cumule pas automatiquement avec les suivantes. En effet, lorsque les boues primaires séjournent longtemps au contact de l'eau, le relargage progressif d'azote réduit le rendement de la décantation des effluents bruts (CEMAGREF, 1996).

➤ Association dénitrification-nitrification

Le bilan global de nitrification et de dénitrification demande pour 1 Kg d'azote l'apport de 1.46 Kg d'oxygène à fin d'éliminer la pollution azotée.

Il faut noter que cette association des deux phénomènes est difficile, dans la mesure où deux genres de bactéries nécessaires ont des taux de croissance différents et qu'ils exigent, pour l'un des conditions aérobies, et pour l'autre anoxiques.

L'élimination de l'azote total est donc une association des processus de nitrification et de dénitrification qui, de plus, permet de fiabiliser et de rationaliser le fonctionnement : (MARC SATIN *et al.*, 1998).

- En évitant une dénitrification non contrôlée dans l'ouvrage de clarification ;
- En récupérant, par le biais de la dénitrification, une partie de l'oxygène qui a servi à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrates

1.6. Les intérêts et les inconvénients de l'azote

L'azote comme le phosphore présentent le paradoxe qu'ils sont indispensables aux yeux des agriculteurs dans le compartiment sol afin d'améliorer leur productivité agricole ; par ailleurs, indésirables aux yeux des écologistes et des organismes de gestion des ressources hydriques dans le compartiment aquatique car, leurs présence en excès est préjudiciable à l'environnement et particulièrement à la santé publique. Les intérêts et les inconvénients de l'azote sont résumés dans le tableau ci dessous :

Tableau 03 : Intérêts et les inconvénients de l'azote (SITE WEB: www.fndae.fr).

Intérêts	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - L'azote est l'un des nutriments essentiels à la croissance et au bon développement des plantes qu'à leur rendement; - l'azote diminue l'acidité du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des proliférations algales des eaux; - Le déséquilibre des quantités relatives d'azote et dans les eaux, perturbe fréquemment les écosystèmes, avec dans certains cas apparition de cyanophycées produisant des neurotoxiques; - La dégradation de la qualité des eaux douces provoquée par des pollutions d'origine ponctuelle ou diffuse qui se traduisent par des rejets, dans les cours d'eau, de nutriments ou de substances chimiques.

1.7. Elimination biologique intensive de l'azote

1.7.1. Processus de nitrification

La nitrification est le processus biologique résultant de l'activité de micro-organismes qui oxydent séquentiellement l'azote ammoniacal (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) puis en nitrate (NO_3^-).

L'élimination de l'azote par voie biologique requiert des bactéries aux types trophiques très différents, les différentes formes de l'azote servant tour à tour de source d'azote, de source d'énergie et d'accepteur final d'électrons et de protons (AIT AHMES et NOURI, 2004).

1.8. Elimination biologique extensive de l'azote

L'élimination biologique de l'azote consiste à infiltrer et percoler les effluents de la STEP à travers un sol cultivé (reproduire les systèmes naturelles de l'épuration extensive par les macrophytes ou filtres plantés).

Les matières en suspension restantes seront arrêtées à la surface du massif filtrant, les micro-organismes seront éliminés par adsorption et biodégradation microbienne, les protozoaires et les helminthes seront retenus des les premiers centimètres du sol. L'azote sera absorbé par les plantes (AIT AHMES et NOURI, 2004).

1.9. Elimination physico-chimiques de l'azote

▪ Procédé par échange d'ions

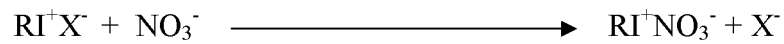
Le principe d'échange ionique consiste à transférer des ions indésirable de l'eau brute sur un support insoluble, appelé échangeur d'ions, qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions dont la présence n'est pas gênante.

L'échangeur d'ion possède une capacité limite de stockage sur son support (capacité d'échange) et doit être régulièrement régénéré, par une solution fortement concentrée d'ions choisis.

Dans le cas de l'élimination des nitrates, on utilise des résines de type anionique (échangeurs d'anions). Comme la plupart des échangeurs. Ces résines se présentent sous

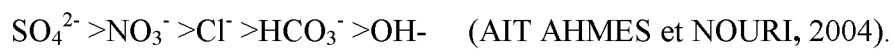
forme de billes de diamètre compris entre 0.4 et 0.8 mm. Ce sont des polymères de composés aromatiques comprenant des groupes ionisés de type basique.

Si on désigne par RI, les groupements structuraux et fixes de la résine, la réaction peut se résumer de la façon suivante :



L'ion échangeable X^- peut être Cl^- ou HCO_3^-

Les anions nitrates ne sont pas les seuls retenus. Il existe même une sélectivité différente suivant l'espèce anionique. Des plus retenus aux moins retenus, l'ordre généralement cité est :



Introduction

L'eau est une ressource rare, telle qu'elle se présente dans un hydro système, possède des propriétés physico chimiques qui permettent l'existence de nombreux organismes ; plantes, animaux etc. A l'état naturel, l'ensemble possède un équilibre, mais suite à des rejets de l'activité humaine la composition minérale et organique présentent des excès qui altèrent la qualité de l'eau (LACENE et LAKABI, 2013).

Notre objectif est d'analyser certains paramètres physiques et chimiques (DBO_5 , DCO, MES, pH, T° , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), pour évaluer la qualité et la quantité de la pollution résiduelle de l'effluent traité de la STEP afin d'apprécier son impact sur l'environnement (Oued SEBAOU).

1. Présentation de la station d'épuration EST de la ville de Tizi-Ouzou :

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en service en Juillet 2000.

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 de 18 000 m³/jour, et une capacité de 120000 Eq/hab.

Cette station a été transférée à l'office national de l'assainissement (ONA) en Juillet 2003.

2. L'office National de L'assainissement (ONA)

L'office National de L'assainissement (ONA), créé par décret N°01-102 du 21 Avril 2001, est un établissement public national, à caractère industriel et commercial (EPIC) exerçant son activité sous la tutelle du Ministère des Ressources en eau.

L'ONA s'est engagée dans une démarche de management environnemental selon la norme ISO 14001 version 2004, où elle est certifiée pour la première fois en 2007.

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

2.1. le rôle l'ONA

Chargé de l'exploitation et de la maintenance des ouvrages et infrastructures d'assainissement, l'ONA assure :

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

L'ONA assure également pour le compte de l'état, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation, de réhabilitation, de diagnostics de station d'épuration, de réseaux d'assainissement ainsi que stations de relevage. La figure 07 représente une vue générale de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.



Figure 07 : Vue générale de la STEP

2.2. Situation géographique

La station d'épuration Est de Tizi Ouzou est implantée sur la berge de l'Oued Sébaou au niveau du pont de bougie située à 3 km à l'Est de la ville de Tizi Ouzou.

2.3. Topographie du site

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

2.3.1. Site de la station

Le terrain de la station représente une superficie de 3.56 ha, délimité au Nord par un chemin département N° 124, à l'Ouest par un terrain privé ; à l'Est par la rive gauche de Oued Sébaou et au Sud par le Talweg. La figure 08 représente la situation géographique de la station Est de Tizi-Ouzou.



Figure 08 : Image satellitaire représentant la situation géographique de la station.
(Google Earth, 2016).

3. Fiche technique de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou :

Les caractéristiques de la STEP Est de Tizi-Ouzou pour les eaux brutes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : La fiche technique de STEP (ONA, 2017).

Désignation	Valeurs
Type de réseau	Unitaire
Nature de brutes	Domestique
Population raccordée	120 000EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m ³ /j
Débit moyen journalier	750m ³ /h
Débit de point en temps sec	1260m ³ /j
Débit de pointe en temps de pluie	2250m ³ /h
Charge polluante DBO₅	
Flux journalier	6500Kg/j
Concentration moyenne	360Kg/j
MES	
Flux journalier	8400Kg/j
Concentration moyenne	466mg/l
pH	6 à 8.5
Température	< à 25°C

4. Les étapes de l'épuration de l'eau usée

La station d'épuration fonctionne selon le procédé 'boue activée, à culture libre' à moyenne charge.

4.1.Prétraitement

Comporte deux étapes essentielles :

- Dégrillage ;
- Dessablage, dégraissage.

4.1.1. Dégrillage

- **Dégrillage grossier**

Après l'arrivée de l'eau, cette dernière passe à travers des grilles d'un espacement de 5 Cm, qui permettra de retenir tout les éléments grossiers, qui seront évacués. La figure (09) représente un Dégrilleur grossier.



Figure 09 : Dégrilleur grossier (ONA).

- **Dégrillage fin**

Consiste à faire passer les eaux à travers des grilles d'un faible espacement (25 mm). Les déchets sont récupérés à l'aide d'un peigne et acheminés vers le centre d'enfouissement par une vis sans fin (figure 10).Le dégrillage se fait par deux modes manuellement, ou automatiquement.



Figure 10 : Dégrilleur fin (ONA)

- L'eau est relevée du dégrilleur grossier vers le dégrilleur fin par 4 pompes de relevage d'une capacité de 750 m³/h (voir figure11) qui fonctionnent en alternance.



Figure 11 : Pompes de relevage (ONA)

4.1.2. Dessablage-Dégraissage

Deux ouvrages rectangulaires aux caractéristiques suivantes :

- Longueur : 11.25m ;
- Largeur : 4m ;
- Hauteur : 3.6m ;
- Surface : 45m²;
- Volume : 125m³.

Cette étape comporte trois processus :

- **Reprise des flottants :**

Chaque canal est équipé de trois aérateurs mécaniques immergés à l'air lift, provoquant la flottation des graisses. Un bras racleur de la surface, racle toutes les graisses vers une fosse de récupération et de concentration.

L'air nécessaire à la récupération des graisses est rejeté en continu. Le dégraissage s'effectue simultanément avec le dessablage dans la même ouvrage.

L'air est injecté en fines bulles par turbines (trois turbines par dessableur d'aération).

- **Reprise des sables**

Les sables ainsi que les matières lourdes sont recueillis au fond du bassin, le mélange eau -sable est relevé au moyen d'air lift.

En fonction de la présence possible plus ou moins important (débit élevé ou orage) deux possibilités sont envisageables :

- Augmenter la fréquence d'extraction ;
- Augmenter le débit d'extraction sur l'air lift.

- **Extraction et essorage des sables**

Une vis d'ARCHIMED est implantée à l'extrémité du bassin et assure à la fois l'essorage et le relevage de sable après égouttage. Le sable, ensuite, tombe dans une benne de récupération. Le dégraissage-dessablage et le Vis en fin sont représentés respectivement dans les figures 12 et 13.



Figure 12: Dégraissage et dessablage



Figure 13 : Vis en fin (ONA)

4.1.3. Soufflante de by-pass

Cette dernière est utilisée lors d'une arrivée d'eau brute anormalement chargée en polluants ; comme la présence d'huile de vidange par exemple. La figure ci-dessous représente la soufflante de by-pass.



Figure 14 : Soufflante de by-pass (ONA)

4.2. Ensemble de traitements biologiques

La mise en œuvre de l'aération se fait dans un ensemble comprenant un bassin d'aération et un clarificateur. Deux lignes de traitement indépendantes l'une de l'autre.

sont prévues.

4.2.1. Un bassin d'aération (boue activée)

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

Le brassage permet d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens avec l'eau usée et d'éviter leur dépôt.

L'aération, a pour but de dissoudre l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des micro-organismes épurateurs.

Les bassins comportent les caractéristiques suivantes:

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

La figure 15 représente le bassin biologique de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



Figure 15 : Bassin biologique (ONA)

4.2.2. Clarificateur et recirculation

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

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

Caractéristiques épuratoires :

Temps de séjours

- ✓ Au débit moyen 24h : 3 à 8 h ;
- ✓ Au débit de pointe en temps sec : 2 à 3h.

Les boues récupérées par le raclage de fond sont recirculées en tête de chaque bassin d'aération par l'intermédiaire de deux postes de pompes accolés aux bassins d'aération.

L'eau clarifiée transite dans un canal permettant la mesure du débit d'eau traitée par la mesure de la hauteur d'eau en canal de venturi. Le bassin de clarificateur est représenté dans la figure 16.



Figure 16 : bassin clarificateur (ONA)

4.3. Traitement des boues

Les boues activées sont stabilisées dans deux ouvrages appelés stabilisateur (figure 17) aux caractères suivants:

- Longueur : 49.5m ;
- Largeur : 13.25m ;
- Hauteur périphérique : 4m ;
- Surface : 656 m² ;
- Volume : 2550m³.

Les boues stabilisées sont ensuite transférées vers l'épaisseur par des groupes de pompes (une pompe de 25m³/h par bassin).



Figure 17 : Bassin stabilisateur (ONA)

– Epaisseur

Il est de forme cylindrique (figures 18 et 19) aux dimensions suivantes :

- Diamètre : 15m ;
- Hauteur d'eau cylindrique : 4m ;
- Pente de radier : 176m² ;
- Volume : 803m³.

Caractéristiques fonctionnelles :

- Charge massique : 303 kg/m³/j ;
- Concentration de sortie minimale : 25 à 30 g/l ;
- Volume journalier à transférer vers les lits de séchage : 180 à 210 m³.

Les figures 18 et 19 représentent l'épaisseur de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



Figure 18 : Epaisseur (vue de dessus)



Figure 19 : Epaisseur (ONA)

– Lit de séchage

Les boues stabilisées sur l'épaisseur sont acheminées gravitairement vers les lits de séchage. La station compte vingt lits, divisés en deux files de 10 lits, pour un volume journalier de 180 à 210 m³. La figure 20 montre les lits de séchage de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



Figure 20 : Lits de séchage (ONA)

– **Air de stockage**

Une fois la boue est séchées, elle sera déplacée vers ‘l’aire de stockage des boues’ (figure 21), qui sont récupérées par des agriculteurs.



Figure 21 : Air de stockage (ONA)

Introduction

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

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

1. Prélèvement et échantillonnage

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

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

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

2. Matériels utilisés

- Des béciers ;
- Pipettes ;
- Eprouvettes de 1000ml ;
- L'eau distillée ;
- Papiers absorbants ;
- Des coupelles ;
- Des flacons colorimétriques ;

- Des barreaux magnétiques ;
- Agitateur ;
- Conductimètre ;
- Réacteur DCO ;
- DBO mètre ;
- pH mètre ;
- Spectrophotomètre ;
- Incubateurs à (20°C, 105°C, et 155°C) ;
- Dispositif de filtration ;
- Des entonnoirs ;
- Des éprouvettes ;
- Dessiccateur ;
- Etuve (105C) ;
- Four amouffle (550°C).

3. Méthodes d'analyses

- **Analyse quotidienne**
- **Détermination des caractéristiques de qualité des eaux :**
- **Température**

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie. Elle joue un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau, sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et sur le développement des organismes vivants. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre.

- **Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH est mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre électronique. Ce dernier possède une électrode pH combiné.

- **Conductivité**

La conductivité de l'eau d'entrée et de sortie sont directement mesurée à l'aide d'un conductimètre, le résultat s'affiche par $\mu\text{s}/\text{cm}$.

- **Matières en suspension (MES)**

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

Des prélèvements sont effectués à l'entrée et à sortie de la station. Un premier échantillon d'eau brute est prélevé au niveau du poste de relevage et un deuxième est prélevé au niveau du canal de venturi de sortie.

On utilisera 03 flacons :

- Flacon 1 (blanc) : 25 ml d'eau distillée ;
- Flacon 2 : 25 ml d'eau d'entrée ;
- Flacon 3 : 25 ml d'eau de sortie.

En premier lieu placerons le blanc dans le spectrophotomètre qui nous servira de repère (Zéro) en réglant à 630 et une longueur d'onde de 810nm, ensuite nous passerons au deuxième et troisième flacon, le résultat s'affiche en mg/l de MES.

- **Turbidité**

Nous procédons de la même manière que la mesure des matières en suspensions à l'exception du réglage qui sera de 750 à une longueur d'onde de 450 nm. Le résultat s'affiche par FTU.

- **Détermination des caractéristiques des boues**

- **Matière sèche (MS)**

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

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

- **Mode opératoire**

1. On prend un papier filtre et on le pèse (p_0).
2. Placer un entonnoir sur un bécher et on place dessus le papier filtre.
3. On verse une quantité de boue dans ce dispositif (au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou ils prennent 100ml).
4. Après filtration on met le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à 105C jusqu'à déshydratation.

5. Après cela on place ce filtre dans un dessiccateur pour enlever toute humidité restante et puis on refait la pesée (p_1).
6. On calcule la concentration des MES en utilisant la formule ci-dessous :

$$MS = (p_1 - p_0) \cdot 1000 / V \text{ (mg/l)}.$$

- **Teste de décantation V_{30}**

- **Mode opératoire**

1. Au niveau du bassin d'aération on prélève un échantillon après 15 minutes de fonctionnement de l'aérateur et un échantillon d'eau épurée (à la sortie).
2. On remplit une éprouvette de 1000 ml de cet échantillon et on laisse décanter pendant 30 min.
3. Une fois les 30 min écoulées on note le volume décanté exprimé en mg/l
4. En cas où le $V_{30} \leq 300$ on calcule l'indice de mohlmane.

$$I_m = V_{30} / MS$$

5. En cas où le $V_{30} > 300$ on effectue la dilution en utilisant l'eau épurée (dilution à 1/4 ce qui fait 250 ml de boue et 750 ml eau épurée) puis on calcule l'indice de boue (I_B).
6. L'indice de boue est calculé comme suite :

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

Le calcul de l'indice de boue nous permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation et prévenir d'éventuelles pertes de boues liées au dépassement de la capacité du clarificateur.

- **Les matières volatiles sèches MVS**

- **Mode opératoire**

1. On met une quantité de boue dans une coupelle en céramique de poids p_0 .
2. On la place dans une étuve à 105 jusqu'à évaporation totale de l'eau.
3. Après on pèse la coupelle p_2 .
4. On met la coupelle dans un four amouffle à 550 pendant 2 heures.
5. Après refroidissement on pèse P_3

6. On calcule la concentration des MVS.

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

3.2 Analyses complètes

En plus de l'analyse quotidienne nous traiterons les paramètres suivants :

1. Demande biologique en oxygène (DBO₅) ;
2. Demande chimique en oxygène (DCO) ;
3. Nitrites (NO₂⁻);
4. Nitrates (NO₃⁻) ;
5. Azote ammoniacal ;

• Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO

Méthode : manométrique avec OxyTop

▪ Matériels :

- Incubateurs ;
- Deux bouteilles ;
 - L'une contenant l'eau d'entrée.
 - L'autre contenant l'eau de sortie.
- Barreaux magnétiques ;
- Oxy Top ;
- Produits chimiques (KOH).

▪ Mode opératoire :

1. Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20 °C ± 1°C.
2. Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à 20°C ± 2°C.
3. Préparer les flacons DBO,(rincer avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser).
4. Introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser, le volume de l'échantillon est défini dans le tableau 05.

Tableau 05 : Volume de l'échantillon selon la gamme de mesure (ONA 2017)

Volume de l'échantillon	Gamme de mesure
432	0-40
365	0-80
97	0-800
43.5	0-2000

5. On remplit les bouteilles de :
 - 97 ml d'eau d'entrée ;
 - 365 ml d'eau de sortie.
6. Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
7. Placer une cupule dans les goulots de chaque flacon.
8. Placer les flacons dans l'incubateur pour 1heure du temps si la température des échantillons n'est pas à 20°C.
9. Ajouter l'hydroxyde de potassium (KOH) qui absorbera le gaz (CO₂) dégagé.
10. Placer les Oxy Top sur les bouteilles on les serrant bien et les réinitialiser pour supprimer les données précédentes.
11. Programmer les Oxy Top on choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi.
12. Mettre les bouteilles dans l'incubateur à 20°C.
13. Après 5 jours on aura la lecture des résultats.

- **Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)**

- **Mode opératoire**

1. Transvaser 10ml de l'échantillon pour l'analyse dans la fiole de l'appareil à reflux.
2. Ajouter 5ml ± 0.01ml de la solution de dichromate de potassium et quelques régulateurs d'ébullition et agiter soigneusement.
3. Ajouter lentement et avec précaution 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent et raccorder immédiatement la fiole au réfrigèrent.
4. Amener le mélange réactionnel doit être de 148°C ± 3°C.

5. Refroidir la fiole immédiatement dans l'eau froide à environ 60°C et rincer le réfrigérant et diluer le mélange réactionnel à environ 75 ml et le refroidir à la température ambiante.
6. Tirer l'excès de dichromate avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium en présence de 1 ou 2 gouttes de la solution d'indicateur à la ferroïne.

- **Détermination des Nitrates NO_3^-**

Méthode : Spectrophotomètre**Gamme : 0 à 30mg/l****A l'entrée**

1. Prélever 30ml d'échantillon à analyser et homogénéiser.
2. Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille « Nitra Ver5 » (Nitrate LR) au flacon.
3. Préparer le spectrophotomètre.
4. Entrer le numéro du programme « 351 » et régler la longueur d'onde à « 507nm ».
5. Presser la touche « Read Enter » l'affichage indique « mg/N NO_3H ».
6. Presser shift Timer (3minutes d'agitation).
7. Presser Shift Timer (2minutes de décantation).
8. Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser.
9. Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille « Nitri Ver5 » (nitrite LR) au flacon.
10. Laisser le temps de réaction 10 minutes.
11. Mettre les pastilles utilisées dans le récipient de stockage.
12. Préparer le banc avec 25 ml d'échantillon.
13. Lorsque le minuteur sonne (après 10min) retirer le bouchon et placer l'échantillon blanc dans le puits de mesure.
14. Fermer le capot après presser « Read Enter » puis « Zéro », l'affichage indique blanc puis Zéro.
15. Retirer le flacon blanc et placer le flacon d'entrée ou sortie et presser « Read Enter », le résultat s'affiche en mg/l de NO_3^- .

A la sortie

1. Préparer 25ml de l'échantillon.
2. Ajouter avec précaution Nitra Ver5 (Nitrate HR).
3. Régler le programme du spectrophotomètre à 355 et la longueur d'onde à 500.

4. Presser « Shift Timer » (1minute d'agitation).
5. Lorsque le minuteur sonne presser « Shift Timer » (5minutes de réaction).
6. Préparer le blanc avec 25ml d'échantillon.
7. Placer le blanc dans le puits de mesure de spectrophotomètre.
8. Presser « Read Enter » puis « Zéro » l'affichage indique blanc puis Zéro.
9. Retirer le blanc et placer le flacon de sortie.
10. Presser « Read Enter » le résultat s'affiche en mg/l de NO_3^- .

Note : Le résultat peut être exprimé en Nitrate NO_3^- en multipliant le résultat obtenu par 4.4, le résultat final est obtenu par soustraction de la valeur du blanc de réactif du lot utilisé

- **Détermination des Nitrites NO_2^-**

Méthode : Spectrophotomètre

Gamme : 0 à 0.300mg/l

1. Prélever un échantillon à analyser et homogénéiser.
2. Préparer le spectrophotomètre.
3. Entrer le numéro du programme « 371 » et régler la longueur d'onde à « 507nm ».
4. Presser la touche « Read Enter » l'affichage indique « mg/N NO_2^- L ».
5. Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon (entrée) à analyser et un flacon de sortie dilué à 1/2.
6. Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille « Nitri Ver3 » au flacon puis agiter.
7. Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage.
8. Presser « Shift Timer », une période de réaction de 15min commence.
9. Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
10. Lorsque le minuteur sonne l'affichage indique : « mg/l N NO_2^- L.
11. Essuyer le flacon colorimétrique avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage.
12. Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser « Read Enter », le résultat s'affiche en mg/l N NO_2^- .
13. Après avoir effectué l'analyse, le rejet est stocker dans une bouteille de 1litre et entreposer dans la poubelle de transport des DSD.

14. Une fois l'analyse terminée, la poubelle est évacuée par le laboratoire vers le lieu de stockage.

Note : les résultats peuvent être exprimés en mg/l de NO_2^- en multipliant par 3.3.

- **Détermination de l'azote ammoniacal N NH_3**

Méthode : Spectrophotométrie

Gamme : de 0 à 0.50mg/l

A l'entrée

1. Prélever un échantillon à analyser et homogénéiser.
2. Préparer le spectrophotomètre.
3. Entrer le numéro du programme « 385 » et régler la longueur d'onde à « 655nm ».
4. Presser la touche « Read Enter » l'affichage indique « mg/N NH_3 Salic ».
5. Diluer l'échantillon à 1/100 (avec l'eau distillée) pour l'entrée et à 1/50 pour l'eau épurée.
6. Agiter bien puis prélever 25 ml d'échantillon.
7. Préparer le blanc avec 25 ml d'eau distillée.
8. Ajouter Salicylate à chaque flacon.
9. Agiter pour dissoudre.
10. Presser « Shift Timer » (3minutes de réaction).
11. Ajouter les réactif Cyanurate pour chaque flacon.
12. Boucher, agiter bien pour dissoudre.
13. Presser « Shift Timer » (15 minutes de réaction)
14. Lorsque le minuteur sonne, placer le blanc dans le puits de mesure, presser « Read Enter » puis « Zéro » l'affichage indique blanc puis zéro.
15. Retirer le blanc et placer l'échantillon dilué dans le puis pour la lecture.

Note : Le résultat peut être exprimé en mg/l d'ammoniaque(NH_3) ou en mg/l d'ammonium (NH_4^+) en multipliant le résultat par 1.22 ou par 1.29 respectivement.

4. Paramètres physico-chimiques des eaux épurées de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Le **tableau06** :Résultats des analyses complètes et quotidiennes de l'effluent liquide de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Dates	04/06/17		05/06/17		06/06/17		07/06/17		08/06/17	
Paramètres analysés	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Température °C	20.9	20.6	19.8	19.4	21.7	22.6	22.7	22.2	22.8	22.2
pH	7.18	7.14	7.5	7.19	7.14	7.06	7.20	7.19	7.23	7.27
Conductivité(µs/cm)	1319	988	890	859	825	930	1423	1331	1123	1004
Turbidité(FTU)	391	24	461	27	228	24	243	29	230	26
MES (mg/l)	420	21	802	23	276	25	319	22	206	18
DCO (mg/l)	–	–	–	–	–	–	–	–	580	53
DBO ₅ (mg/l)	340	24	–	–	–	–	–	–	196	19
NO ₃ ⁻ (mg/l)	–	–	1.89	0.88	–	–	–	–	1.98	1.05
NO ₂ ⁻ (mg/l)	–	–	1.086	0.036	–	–	–	–	0.036	0.03
NH ₄ ⁺ (mg/l)	–	–	33.54	12.25	–	–	–	–	29.84	10.06

Tableau 07 : représente des valeurs moyennes des résultats d'analyses de l'effluent liquide de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

Paramètres analysés	Valeurs moyennes de l'eau brute	Valeurs moyennes de l'eau épurées
Température (°C)	21.58	21.4
pH	7.25	7.17
Conductivité (µs/cm)	1116	1022.4
Turbidité (FTU)	310.6	26
MES (mg/l)	404.6	21.8
DCO (mg/l)	580	53
DBO ₅ (mg/l)	268	21.5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1.935	0.965
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.561	0.033
NH ₄ ⁺ (mg/l)	31.69	11.155

5. Interprétation des résultats « Eau »

Durant notre stage qui s'est déroulé du 04 au 08 juin 2017 nous avons procédé à l'analyse des :

- Paramètres quotidiens : pH, température, conductivité, turbidité et MES.
- Paramètres hebdomadaires : nitrites, nitrates, ammonium, DBO₅ et DCO.

• Température

La figure 22 montre que les températures de l'eau d'entrée se situent entre 19,8 et 22,8°C et celles de l'eau de sortie se situent entre 19,4 et 22,6°C elles sont inférieure à la norme de l'OMS fixée 30°C, nous observons une légère augmentation avec l'augmentation des températures saisonnière.

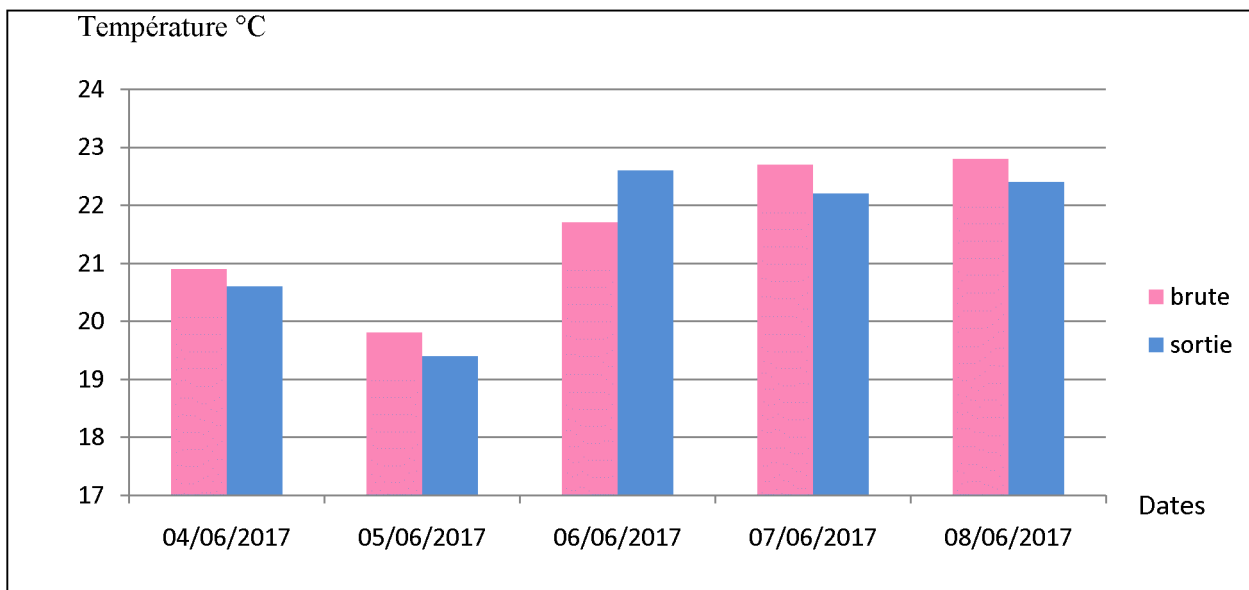


Figure 22: Evolution de la Température de l'effluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **Potentiel hydrogène (pH)**

La figure 23 indique que le pH d'entrée se situe dans l'intervalle allant de 7,14 à 7,50 par contre le pH de sortie est compris entre 7,06 et 7,19. Ces valeurs sont conformes aux valeurs indiquées par l'OMS qui sont entre 6,5 et 8,5. Le pH de notre échantillon est favorable pour l'activité microbienne.

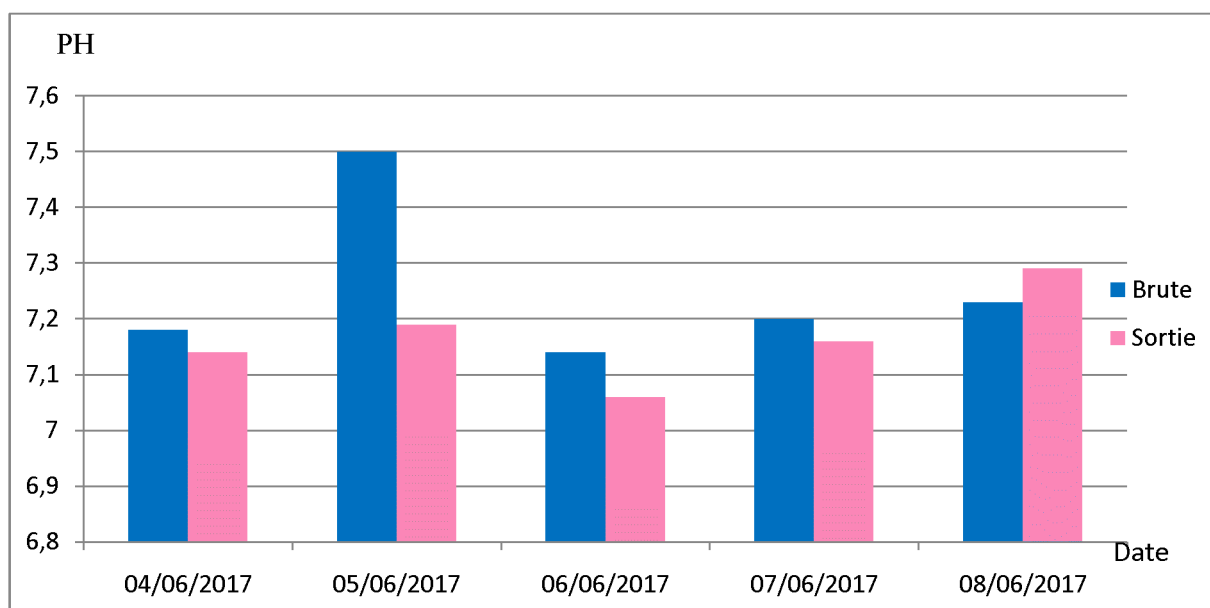


Figure 23 : Evolution du PH de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **Conductivité**

La figure 24 traduit que la conductivité de l'eau à l'entrée est située dans l'intervalle allant de 825 et 1423 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et celle de l'eau de sortie entre 859 et 1331 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Elle est légèrement inférieure à celle de l'entrée, cette diminution est due à la réduction de la conductance des particules par leur élimination via les différentes étapes d'épuration.

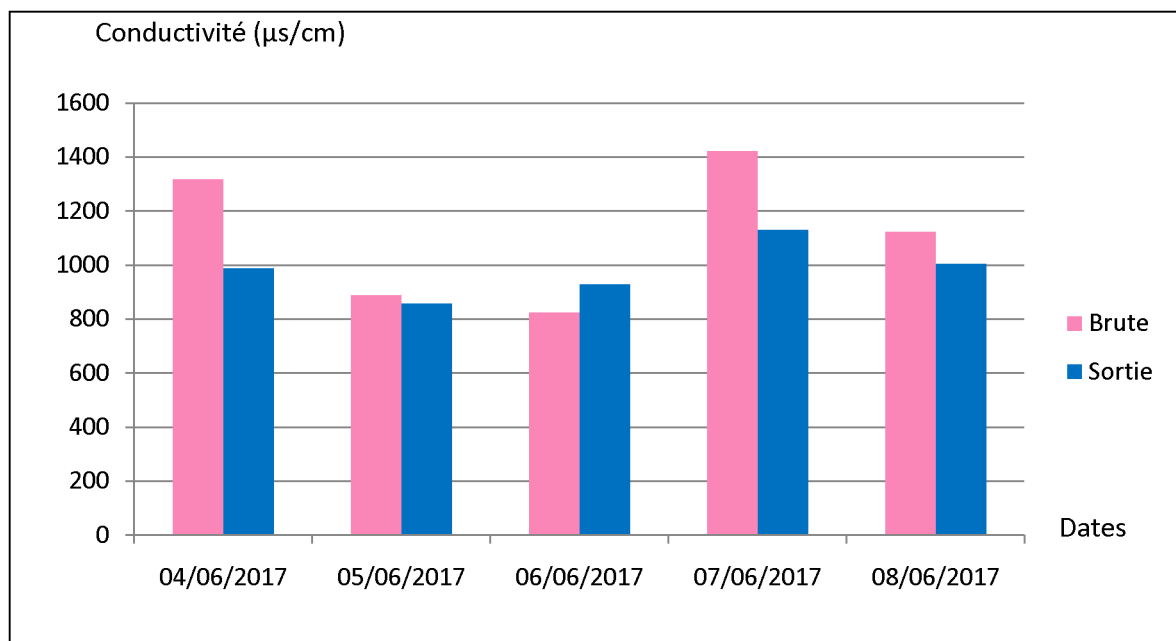


Figure 24 : Evolution de la conductivité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **La turbidité**

La figure 25 indique que la turbidité de l'eau d'entrée est comprise entre 461 et 228 FTU alors que celle de l'eau de sortie est comprise entre 24 et 29 FTU. La diminution importante de la turbidité est due à la réduction de la concentration des MES d'eau ; elles passent de 802 mg/l jusqu'à 23 mg/l grâce aux différents procédés de traitement.

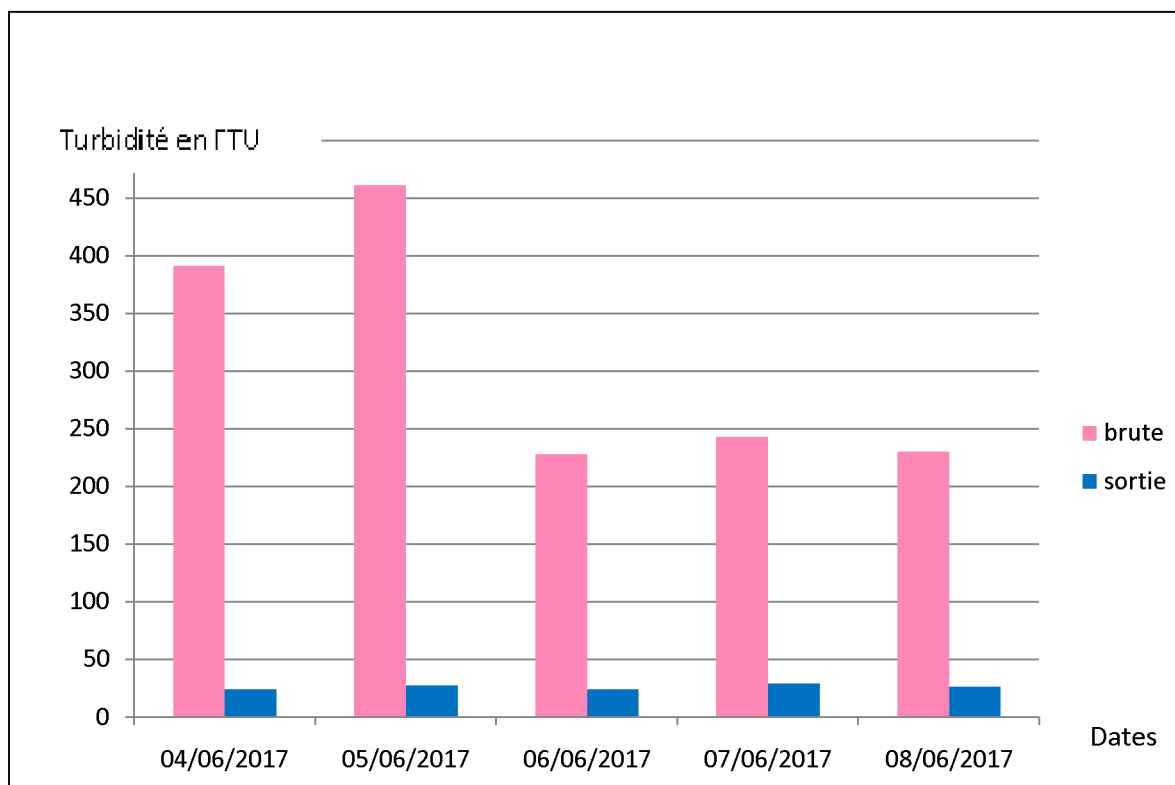


Figure 25 : Evolution de la Turbidité de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

La figure 26 montre que les valeurs des MES de l'eau d'entrée sont situées dans l'intervalle de 206 à 802 mg/l leurs concentrations sont élevées par rapport à la norme ceci s'explique par la pluviométrie enregistrée 04 juin 2017. Cette dernière charrie les particules apportées par les rejets urbains, les terrains et les talwegs traversés. Les concentrations des MES dans l'eau de sortie situées entre 18 et 25 mg /l sont inférieures à la norme fixée par l'OMS (30 mg /l), ceci est due à leur élimination par agglomération physique, ensuite floculation et absorption des matières organique solubles.

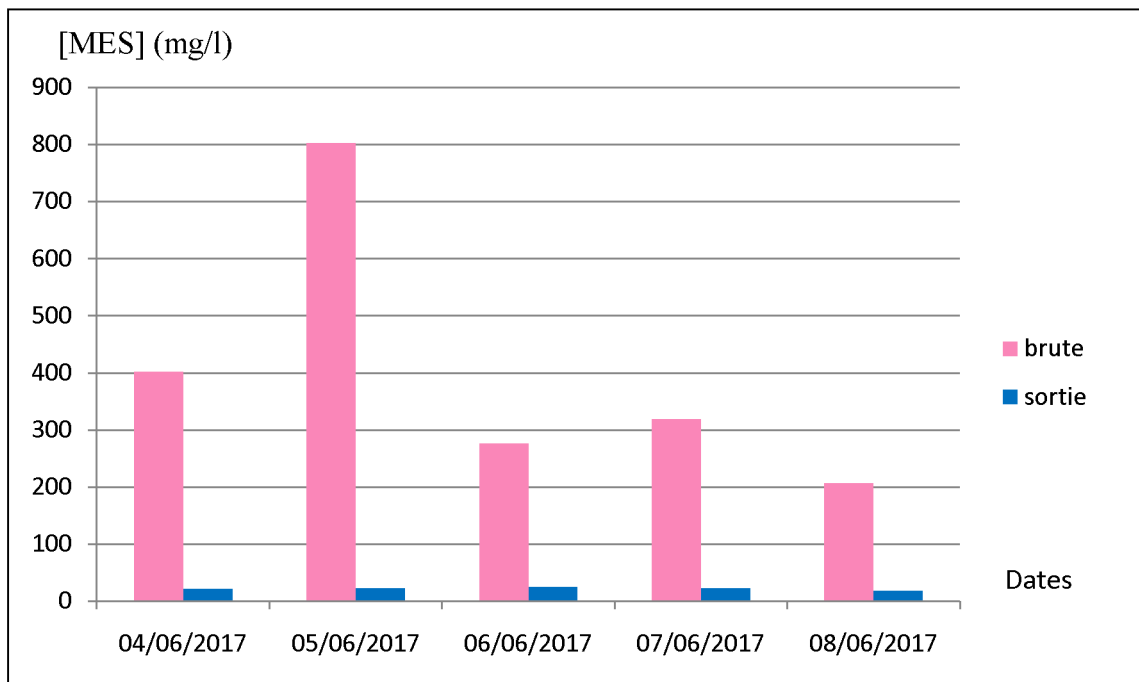


Figure 26 : Evolution de matière en suspension de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

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

A l'entrée de la station nous remarquons une teneur très élevée en DCO. Elle est de 580 mg/l en DCO. Cette forte augmentation est due aux précipitations enregistrées le 04 et le 05 juin 2017, les pluies charrient des concentrations importantes en polluants, l'élimination de ces polluants nécessite une consommation de fortes teneurs en oxygène (Figure 27). A la sortie nous remarquons une teneur de 53 en DCO, elle est inférieure à la norme recommandée par l'OMS (90 mg/l). Cette diminution de valeur de la DCO est due à l'élimination d'une partie importante de la matière organique exigeant une présence forte d'O₂ pour son activité pendant le traitement subit par les eaux usées.

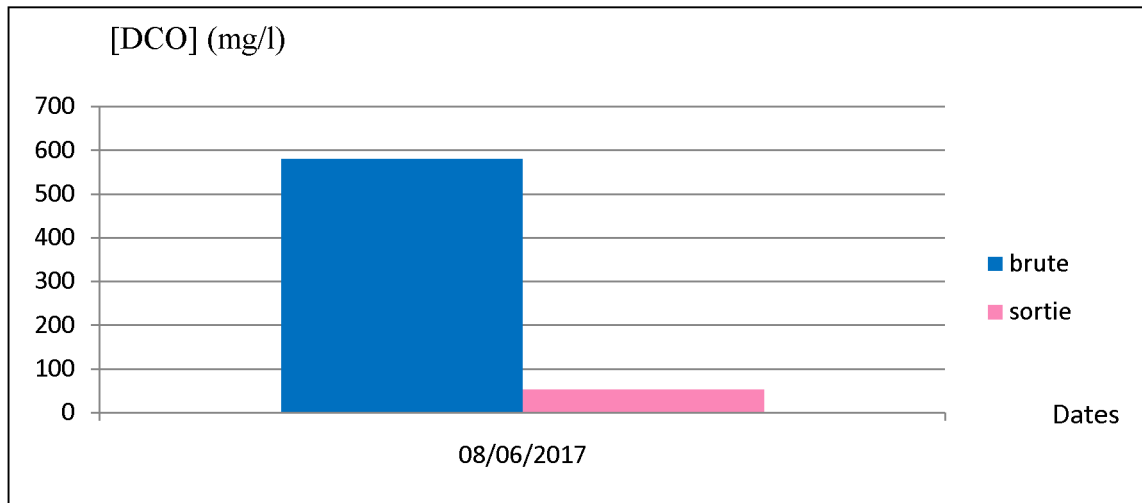


Figure 27 : Evolution de la DCO de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

La représentation graphique 28 indique que les valeurs de la DBO₅ à l'entrée sont situées entre 196 et 340 mg/l, elles sont très élevées par rapport à la norme fixée par l'OMS (30 mg/l). Cette forte augmentation est due aux précipitations enregistrées le 04 et le 05 juin 2017. A la sortie, les valeurs de DBO₅ sont comprises entre 19 et 24 mg/l, elles sont inférieures à la norme OMS. Ceci est due à la diminution du taux de matières organiques MES réduite jusqu'à 21 mg/l. Cette action réduit les populations des microorganismes chargés de la pollution biodégradable. La quantité d'oxygène consommée est ainsi réduite.

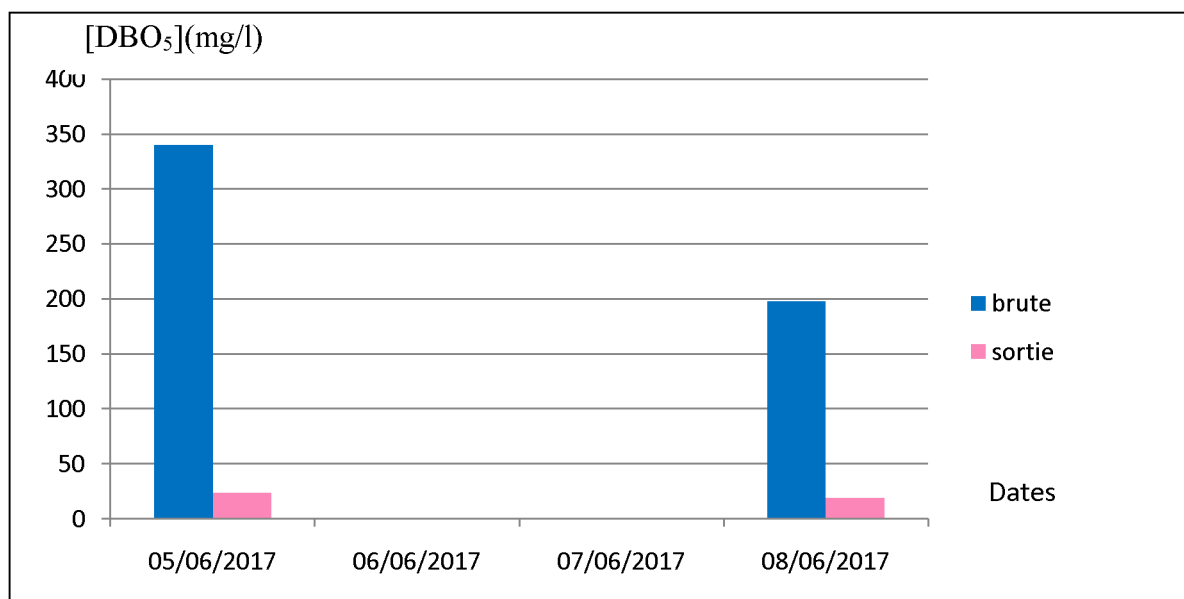


Figure 28 : Evolution de la DBO₅ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- NH_4^+

La figure 29 montre que les valeurs de l'ammonium sont élevées à l'entrée, elles se trouvent dans la fourchette de 29,84 et 33,54 mg/l, elles sont dues à un rapport important en pollution ammoniacale résultant de la présence de déjection animales, humaines et le produit des activités humaines (comme l'agriculture). A la sortie, les concentrations en azote ammoniacal sont comprises entre 10,06 et 12,25 mg/l, on a observé des concentrations très faibles ceci s'explique par une bonne ammonification.

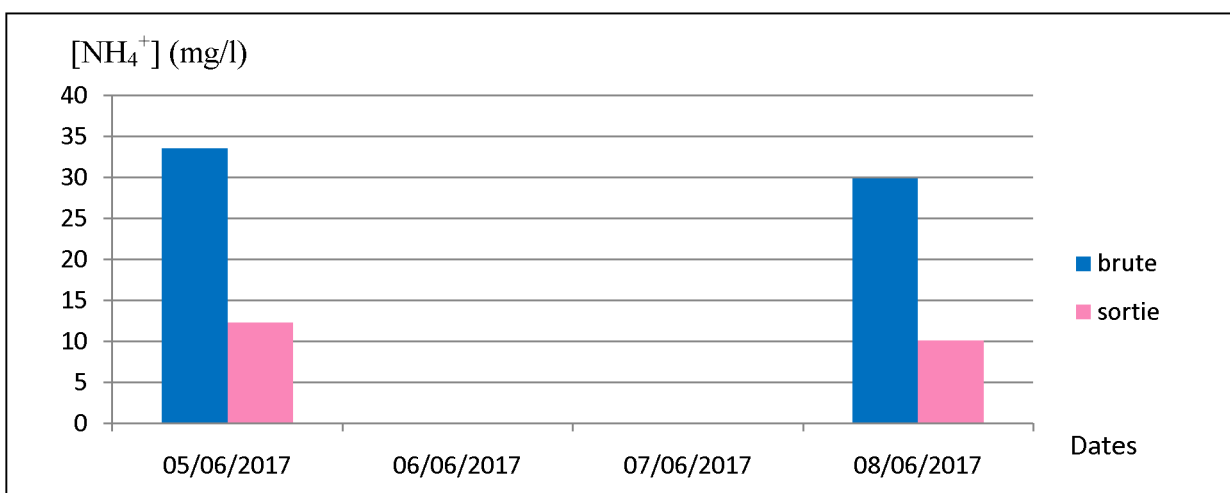


Figure 29 : Evolution des NH_4^+ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **Nitrite NO_2^-**

Les valeurs de NO_2^- à l'entrée sont situées entre 1,086 et 0,036 mg/l. A la sortie elles sont de 0,036 et 0,03 mg/l (figure ci-dessous). Cette diminution est le résultat de la nitrification, elle correspond à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates, après transformation de l'azote organique en azote ammoniacal (ammonification) par l'intermédiaire des Nitrobacters qui oxydent les nitrites en nitrates.

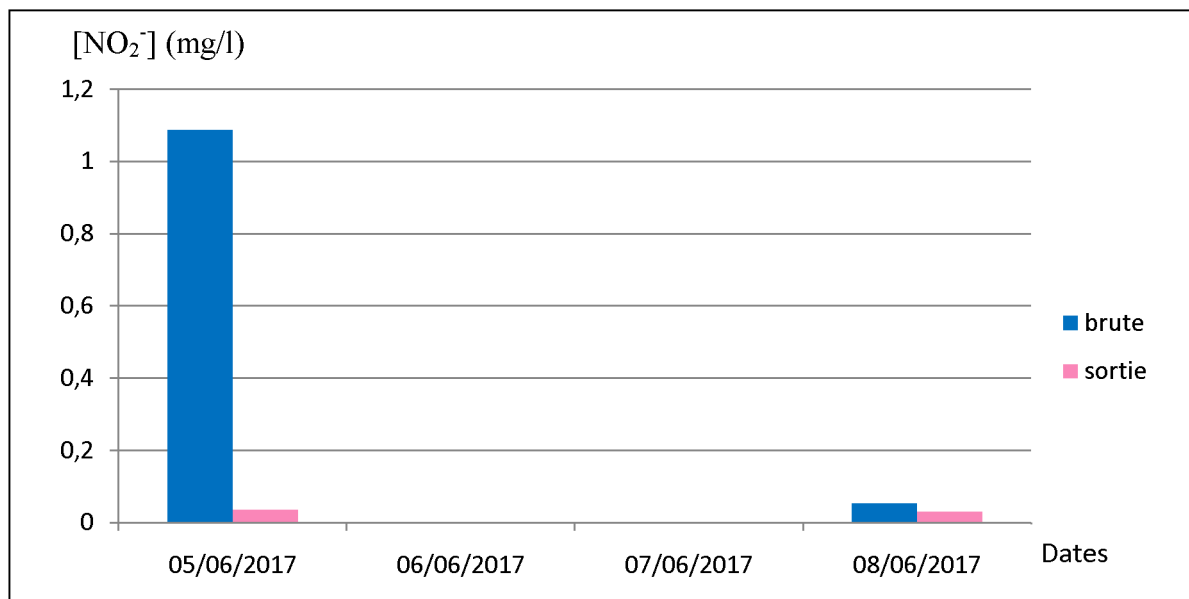


Figure 30 : Evolution des NO₂⁻ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

- **Nitrate NO₃⁻**

D'après la représentation graphique 31, les teneurs en nitrates à l'entrée ne sont pas élevées, elles sont comprises entre 1,89 et 1,98 mg/l. A la sortie, elles se situent entre 0,88 et 1,05 mg/l. Le fait de la concentration d'Azote nitrique a augmenté à cause de la minéralisation de l'azote ammoniacal, ceci est attribué aux conditions d'aérobic stricte qui ont régné pendant ces périodes à l'intérieur du bassin d'aération du fait que la station était à l'arrêt (temps pluvieux).

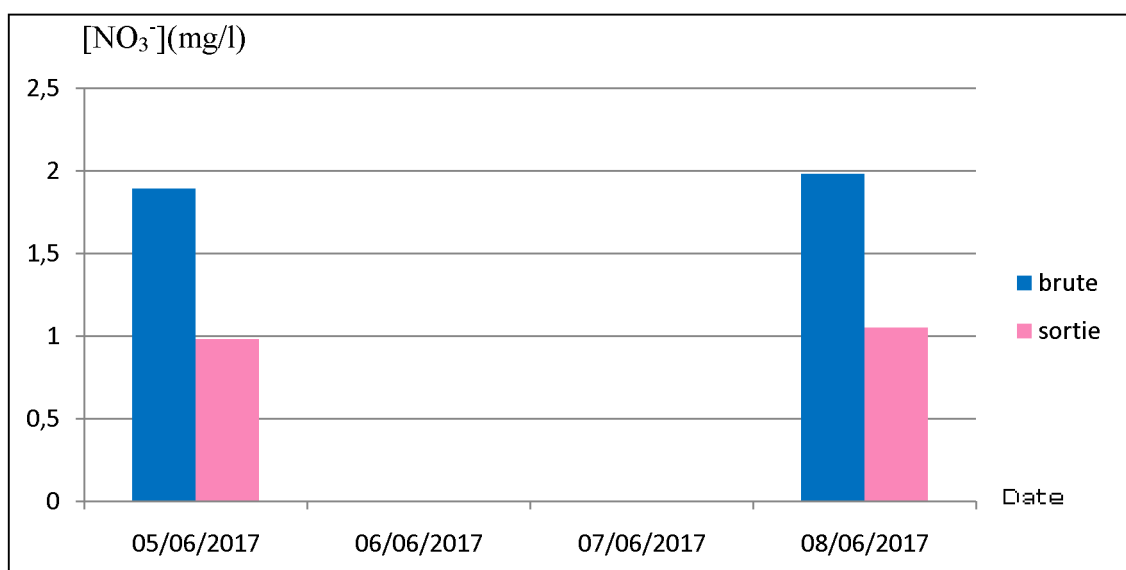


Figure 31 : Evolution des NO₃⁻ de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

L'épuration des eaux usées est actuellement considérée comme l'une des premières prérogatives de lutte contre la pollution et une nécessité pour la protection du milieu naturel. L'épuration à boues activées est un procédé avantageux, car elle présente une multitude d'avantage à savoir :

➤ Rendement d'épuration appréciable pour le cas de notre étude il est de :

DCO= 90,86%, DBO₅ = 91,97%, NH₄⁺ = 64,79%, NO₃⁻ = 50,13%, NO₂⁻ = 94,11% ;

➤ Exploitation simple ;

➤ Boues complètement stabilisées, pour le cas de la STEP Est aucune nuisance olfactive.

Les résultats des analyses de l'azote effectués sur une période d'une semaine de l'effluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou montre que :

- Les valeurs de concentrations de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) à l'entrée de la STEP varient entre 29,84 et 33,54mg/l, à la sortie elles varient entre 10,06 et 12,25. Cette diminution s'explique par une nitrification importante de l'ordre de 70% dans le réacteur biologique. Ces valeurs restent élevées par rapport aux normes de rejets, un temps de séjours plus important dans le bassin d'activation ramènerait probablement ces concentrations aux valeurs prescrites par la réglementation.
- En outre, les concentrations des nitrates (NO₃⁻) et des nitrites (NO₂⁻) respectivement, à l'entrée de la STEP varient de 1,096 à 0,053 mg/l et de 1,096 à 0,053, à la sortie du bassin d'aération des concentrations respectives en nitrates et en nitrites de l'ordre de 4,12 et de 3,18 mg/l. cette augmentation s'explique par l'aération prolongée dans le réacteur biologique. Par ailleurs pour l'effluent secondaire une dénitrification significative a été observée avec des valeurs respectives pour les nitrates et les nitrites de 0,96 et de 0,71mg/l.

Cette diminution remarquable des nitrites et des nitrates à la sortie de la STEP justifie un enclenchement de la dénitrification dans le bassin de clarification secondaire et donc un début de réduction de l'azote oxydé. Ce phénomène n'est pas facile à mettre en évidence, car plusieurs conditions sont nécessaires, à savoir :

➤ Stress alimentaire ;

➤ Stress respiratoire ;

- Absence de brassage ;
- Temps de séjours suffisant.

Les paramètres de pollution étudiés montrent que les eaux traitées sont conformes aux normes de rejet et ne présentent aucun danger quant à leur réutilisation agricole.

Recommandations

- A fin de ramener les valeurs de l'azote ammoniacal en norme de rejet, on nous suggérons un temps de séjours légèrement plus important afin d'éviter l'eutrophisation du milieu récepteur qui est l'Oued de Sébaou qui présente un écosystème sensible et fragile.
- Pour l'azote oxydé nous recommandons aussi une appréciation exacte du temps de séjours nécessaire à la dénitrification complète de l'azote oxydé car la dénitrification s'accompagne d'un relargage important du phosphore d'où la possibilité d'éviter aussi l'eutrophisation de l'Oued de Sébaou.

Références bibliographiques :

AIT AHMES.S et NOURI.O, 2004 Elimination de la pollution carbonée, azotée et phosphatée de l'eau par procédé biologique à boues activées.

BAOUNI, 1987 Epuration biologique sur lit bactérien des eaux résiduaires de laiterie Thèse magistère, INA EL HARRACH.

BOLLAGS.JM, 1973

CARDOT.C, 2005 Procédés physico-chimiques et biologiques du traitement.

CASTANY.G, 1998 Hydrologie principe et méthode.

CEMAGREF, 1996 Traitement de l'azote. Cas des eaux résiduaires.

COCONNIER, 1994 Optimiser le traitement des boues des stations d'épuration en fonction de leur destination. L'eau Industrie, les nuisances. P52-53.

DEBIANE-D ; DJENADLS Elimination de la pollution carbonée et phosphatée par traitement physicochimique. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en Agronomie ; U.M.M.T .O, 2004.

DEGREMONT, 1989 Mémento technique de l'eau. Ed technique et documentation, Lavoisier.1989.

FABY, 1997 L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.

FRESINIUS, 1990 Technologie des eaux résiduaires. Production, collecte, traitement, et analyse des eaux résiduaires. Edition Springs Verlag, 1990.

GAID.A. (1984) Epuration biologique des eaux usées urbaines (Volume2) Edition O.P.U ; Alger.

GOMELLA.C et GUERREF.H. (1987) Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales (Volume 2 le traitement) Edition Eyrolles, Paris.

HADDADI et HAMLAT, 2002 Evaluation des performances épuratoires de la nouvelle station d'épuration du pont de Bougie (Tizi-Ouzou). Amélioration des performances par simulation au laboratoire.

LACENE.S et LAKABI.S, 2013 Dimensionnement des sols cultivés aux traitements tertiaires de l'azote et du phosphore de l'effluent traité de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.

MARC SATIN, BECHIER SELMI et al, 1998 Guide technique de l'assainissement.

MEKBOUB.S, 2003 Contribution à l'optimisation du traitement physico-chimique de l'eau de la station de Souk El Djemaa (A.E.P). Tizi-Ouzou.

METAHRI, 2012 Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Thèse de doctorat ; Université de Mouloud Mammeri.

METAHRI, 2016 Cours d'épuration master 1 .

NAIT SIDENAS.S et ACHAT.H, 2002 Contribution à la caractérisation des effluents traités de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

RAMDANE, 1992, 2012 Elément d'écologie appliqué, précis d'écotoxicologie.

RODIER.J, 1996 L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition Dunod; Paris.

SHWARTZBROD.L. et al, 1989 Virologie des milieux hydriques. Edition Technique et documentation. Pp 320.

SITE WEB: (<http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae25.pdf>)

TARDAT-HENRY.M et BEAUDRY.J.P, 1984 Chimie des eaux .Edition le griffon d'argile INC ; Montréal.

THOMAS, 1995 Métrologie des eaux résiduaires. Ed: Cebedoc. Pp192.

VALIRON.F, 1989 Gestion des eaux, alimentation en eau assainissement. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Pp 505.

YAHY-H, 1982 Nitrification en réacteur à cellule immobilisées oxygénation à l'air et au peroxyde d'hydrogène. Thèse de doctorat USR, France.

YENNAK.A, 2003 Elimination de la pollution hydrocarbonée, azotée et phosphatée par réacteur biosimulateur de laboratoire en écoulement continu et discontinu. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en Agronomie ; U.M.M.T.O, 2003.

Résumé

Notre travail s'inscrit dans une perspective de caractérisation physico-chimique de l'effluent liquide, de suivre la dynamique de l'azote à travers les différentes étapes de la STEP.

Les résultats des analyses de l'azote effectués sur une période d'une semaine de l'effluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou montre que :

- Les valeurs de concentrations de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et la sortie de la STEP sont respectivement de 31,69 mg/l à 11,15 mg/l. Cette diminution s'explique par une nitrification importante de l'ordre de 70% dans le réacteur biologique.
- En outre, les concentrations des nitrates (NO_3^-) et des nitrites (NO_2^-) respectivement, à l'entrée de la STEP varient de 1,096 à 0,053 mg/l et de 1,096 à 0,053mg/l. à la sortie du bassin d'aération des concentrations respectives en nitrates et en nitrites de l'ordre de 4,12 et de 3,18 mg/l. cette augmentation s'explique par l'aération prolongée dans le réacteur biologique. Par ailleurs pour l'effluent secondaire une dénitrification significative a été observée avec des valeurs respectives pour les nitrates et les nitrites de 0,96 et de 0,71mg/l.

Cette diminution remarquable des nitrites et des nitrates à la sortie de la STEP justifie un enclenchement de la dénitrification dans le bassin de clarification secondaire et donc un début de réduction de l'azote oxydé. Ce phénomène n'est pas facile à mettre en évidence, car plusieurs conditions sont nécessaires, à savoir :

- Stress alimentaire ;
- Stress respiratoire ;
- Absence de brassage ;
- Temps de séjours ufisant.

Les paramètres de pollution étudiés montrent que les eaux traitées sont conformes aux normes de rejet et ne présentent aucun danger quant à leur réutilisation agricole.