

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Filière : Sciences Biologique Marines et Continentales



Mémoire de Fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

De Master en Biologie

**Spécialité : Biodiversité et fonctionnement des Ecosystèmes/ Restauration des Milieux
Aquatiques Continentaux**

Thème

**Contribution à l'étude des paramètres physico
chimiques des eaux de la station d'épuration de
Réghaia et de la microfaune des boues activées**

Présenté par :

AIMENE SIHEM

&

BOUGUERRA ZINEB

Devant le jury :

Mme MOHAMMED MAHMOUD F.

M.A.A

Présidente

Mme BELMESKINE H.

M.C.B

Examinatrice

Mme KHETTAR S.

M.A.A

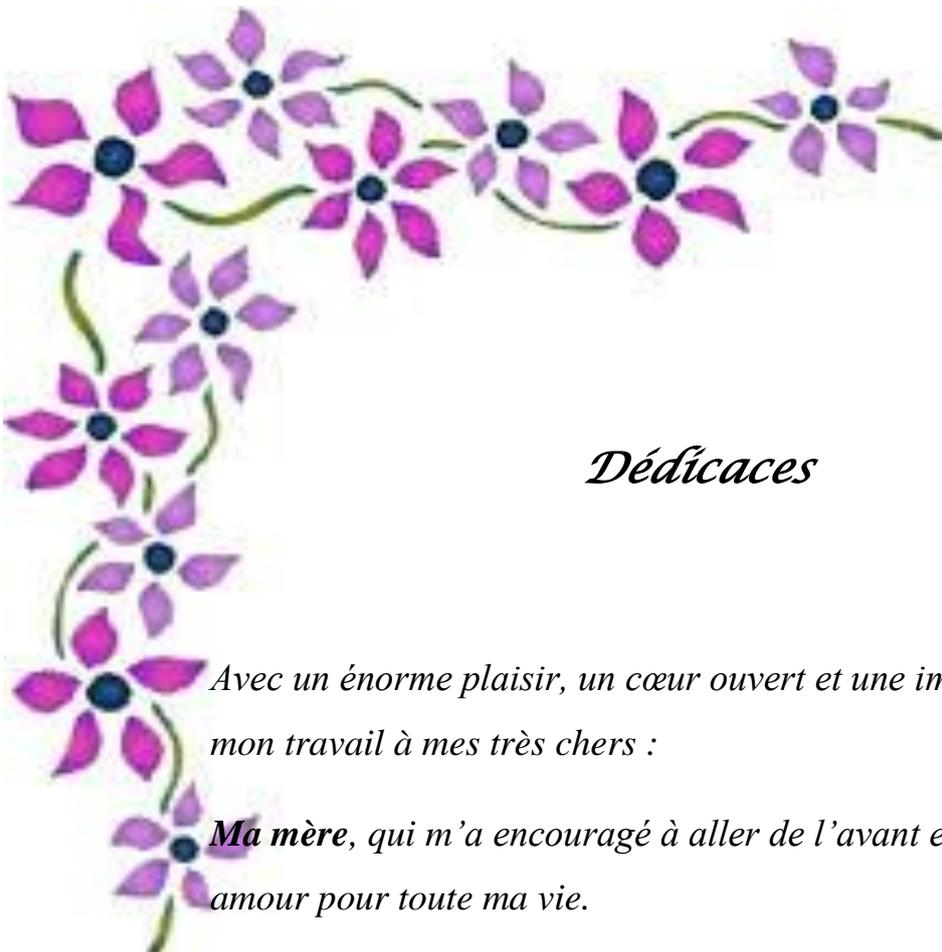
Promotrice

Mme TARTAGE D.

Ingénieur de l'exploitation de la STEP

Co-promotrice

2015-2016



Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à mes très chers :

***Ma mère**, qui m'a encouragé à aller de l'avant et qui m'a donné tout son amour pour toute ma vie.*

*A la mémoire de **mon père** qui nous a quittés voilà quatre mois.*

*A **mon époux** qui m'a encouragé de suivre mes études.*

A toute ma deuxième famille.

*A mon unique frère **Zakaria**, mes deux sœurs **Maria et Wala***

A tous mes amis

Et finalement à tous qui m'ont aidé et toute ma famille.



M^{me} Zineb



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail qui est la conséquence de longues années d'études, en premier lieu à :

*Mes chers parents. **Ma mère** pour m'avoir mis au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. **Mon père** qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.*

*A mon frère **MOHAMED** pour ses conseils, son soutien moral et pour tous ses efforts.*

*A mes très chères sœurs **MERIEM, SAIDA, NASSIMA, IMEN.***

*A mes très chers frères **RABAH et HICHEM.***

Je dédie également ce travail à tous mes amis avec lesquels je partage tous les souvenirs inoubliables.



M^{elle} Sihem



REMERCIEMENTS

A l'issu de cette étude, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé tout ou long de notre travail

Notre reconnaissance va plus particulièrement à :

*Notre promotrice **M^{me} KHETTAR S.** pour avoir accepté de nous encadrer, nous lui présentons nos entières reconnaissances du fait de son orientation et ses conseils.*

*Nous adressons aussi nos remerciements à notre Co-promotrice **M^{me} TARTAGUE D.** Pour son aide, pour ses directives, sa disponibilité et sa patience*

*Nous remercions **M^{me} MOHAMMED MAHMOUD F.** Qui a accepté de présider le jury de soutenance de ce modeste travail, nous remercions aussi **M^{me} BELMESKINE H.** qui a accepté d'être examinatrice au sein de cet honorable jury.*

*Nous adressons aussi un grand merci à **M^{me} BEGHOURA F.** Aux **M^r MAKRI L** et **M^{elle} SEMMARI S.** Cadre et laborantins au sein du laboratoire de Réghaia, qui ont consacré leur temps et leurs efforts pour que nous accomplissions nos analyses.*

Nous remercions finalement nos petites et grandes familles, pour leurs patiences, leurs aides, leurs soutiens, leurs encouragements et leurs sincères prières.



Résumé

Cette étude a pour but d'évaluer l'efficacité des procédés d'épuration des eaux usées par boues activées au niveau de la station de Réghaia. Nous avons effectué des analyses physico-chimiques et une observation microscopiques des boues activées durant la période allant de mois de Février jusqu'à Mai.

Les résultats obtenus présentent des rendements épuratoires satisfaisants. Le taux d'abattement des MES, de la DCO et de la DBO_5 est respectivement de l'ordre de : 86,34%, 84,94% et 93,44% . .

L'observation macroscopique des boues activées révèle un diagnostic sur la couleur, l'odeur et la floculation des boues.

De plus une observation microscopique de la boue activée pour la STEP de Réghaia pendant une période de quatre mois montre la présence des différentes espèces de protozoaires et métazoaires. Ces derniers sont des indicateurs d'une efficacité épuratrice correcte.

A travers ces résultats, nous pouvons déduire que l'épuration des eaux usées par la station d'épuration de Réghaia est efficace.

Mots clés : station d'épuration, boues activées, observation macroscopique, observation microscopique.

Abstract

The present study aims to evaluate the effectiveness of treatment processes of wastewater by activated sludge at the Réghaia station. Thus, physicochemical analyses, macroscopic and microscopic observation of activated sludge were performed during the period comprised between February and May.

The results obtained have satisfactory purification yields. The abatement rate of SS, COD and BOD₅ is respectively in the order of: 86.34%, 84.94% and 93.44%.

The color, odor and sludge flocculation were diagnosed by macroscopic observation.

Also microscopic observation of activated sludge shows the presence of many protozoan species and metazoans which are indicators of a correct purifying efficiency.

Through these results, we can deduce that the treatment of waste water at the Réghaia station is effective.

Keywords: *wastewater treatment plant, activated sludge, macroscopic examination, microscopic observation.*

الملخص

تهدف هذه الأطروحة إلى دراسة فعالية عملية معالجة مياه الصرف الصحي للأوحال المنشطة في محطة معالجة مياه الصرف بالرغاية. فقد قمنا بالتحاليل الفيزيوكيميائية و الملاحظة المجهرية للأوحال المنشطة خلال الفترة الممتدة من شهر فيفري إلى شهر ماي .

أوضحت النتائج مردودية مرضية، حيث بلغ معدل ازالة المواد العالقة 86,34% أما فيما يخص معيار الطب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين فقد قدر مردودهما على التوالي 84,94% و 93,44% .

أوضحت الملاحظة فوق المجهرية للأوحال المنشطة اعطاء تشخيص حول اللون, الرائحة وكذا تشكل الحمأ .

إضافة إلى ذلك أظهرت الملاحظة المجهرية للأوحال المنشطة لمحطة رغاية لمدة أربعة أشهر وجود انواع مختلفة من البروتوزوير والميتازوير, حيث أن هذه الأخيرة تعتبر مؤشرات التنقية السليمة للمحطة .

من خلال هذه النتائج يمكننا أن نستنتج أن تنقية مياه الصرف الصحي من قبل محطة معالجة المياه بالرغاية فعالة

الكلمات المفتاحية : محطة تطهير, حماة منشطة, الملاحظة فوق المجهرية, الملاحظة المجهرية .

Liste des abréviations

MES : Matière en suspension.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

EE: Eau épurée.

EB: Eau brute.

ET : Eau traitée.

IM : Indice de MOHLMAN.

SVI : Sludge volume Index.

MVS : Matière volatile en suspension.

A : Age des boues.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ΔMES : Production journalière de boue.

STEP : Station d'épuration.

Sommaire

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre I Synthèse bibliographique

I. Généralité sur les eaux usées	
I.1. Définition des eaux usée	03
I.2. Origines des eaux usées	03
I.3. Les principaux polluants des eaux	04
I.4. Paramètres de mesure de pollution	05
I.4.1. Paramètres organoleptiques	05
I.4.2. Paramètres physicochimiques	05
I.5. Procédés de traitements des eaux usées	07
I.5.1. Prétraitement	07
I.5.2. Traitement primaire	07
I.5.3. Traitement secondaire	09
I.5.4. Traitement tertiaire	10
I.6. Réutilisation des eaux usées	10
I.7. Procédé d'épuration par les boues activées	11
I.8. Microfaune des boues	12
I.9. Microorganismes pathogènes des boues d'épuration.....	12
I.10. Filières de traitement des boues	13
I.11. Différent type des boues	13
I.12. Destinations finales des boues	14

Chapitre II: Partie expérimentale

I. Présentation de la zone d'étude	
I.1. Localisation de la station d'épuration de Réghaia	16
I.2. Capacité du traitement des eaux usées	16
II. Principe d'épuration de la STEP de Réghaia	17
III. Traitement des boues	22
IV. Matériel et Méthodes	24
V. Contrôle des boues	32

Résultats et discussion

I.1. Evolution des paramètres physico-chimiques	36
I.2. observation macroscopique des boues activées	45
I.3. L'âge des boues.....	48
I.4. Observation microscopique des boues activées	49
I.5. Rendement des paramètres physicochimiques... ..	56

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

L'eau, élément indispensable pour la vie quotidienne, joue un rôle primordial aussi bien dans chaque communauté que dans chaque entreprise. L'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile en raison de l'accroissement du taux démographique, du niveau de vie, de la sécheresse, des techniques industrielles modernes et de la nature des produits fabriqués et le spectre des dangers qu'ils présentent (**HADJ-ZAINE, 2003**).

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitements elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un petit volume de résidu, les boues, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques (**CANLER, 2004**).

Les procédés d'épuration des eaux usées sont très nombreux que ce soit dans le domaine urbain ou industriel. La technique la mieux adaptée à chaque situation (lit bactérien, disques biologiques...) doit être choisie. Le traitement par boues activées, consiste à cultiver des micro-organismes principalement aérobies, capables de consommer la pollution organique contenue dans les effluents (**PANDOLFI, 2006**). Les bactéries sont les principales responsables de l'élimination de cette pollution. Ainsi que, les protozoaires prédateurs aident à la floculation, abaissent la turbidité et améliorent la qualité des effluents. Des nombreuses espèces connues de protozoaires, les ciliées sont les plus abondantes et sont utilisées comme indicateur de l'état d'une station (**MADONI, 1994**).

Le réacteur biologique d'une station de traitement d'effluents par boues activées est un véritable écosystème (**NICOLAU et al., 1997**). Au sein de ce dernier doivent être assurés la couverture des besoins en oxygène liés à la dégradation bactérienne aérobie et la maîtrise de la nitrification et de la dénitrification. Ce réacteur représente, dans une installation à boues activées, 60 à 80% de la dépense énergétique totale de fonctionnement (**BOEGLIN, 1998**).

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique par boues activées dans la station d'épuration des eaux usées de Réghaia, dans une perspective de son rejet dans des milieux naturels récepteurs.

Ce travail comporte deux parties principales, une partie bibliographique qui introduit les connaissances nécessaires à la compréhension de ce travail et une partie expérimentale qui

Introduction

porte sur la présentation de la station d'épuration de Réghaia et les différents phase de traitement par boues activées ainsi que sur le matériel et les méthodes d'analyses utilisées pour la caractérisation des effluents brutes et traités, avec une vue microscopiques pour les espèces présentent dans les boues du bassin d'aération.

Enfin, nous terminons notre étude par une récapitulation des principaux résultats obtenus et une conclusion.

I. Présentation de la zone d'étude :

I.1. Localisation de la station d'épuration de Réghaïa :

La station d'épuration des eaux usées de Réghaïa est située à 30 km à l'Est d'Alger, à la limite Nord-Est de la plaine de la Mitidja et à 14 km de Boumerdès. Elle est bordée au nord par le lac de Réghaïa, au sud par la route nationale 24 reliant Alger à Constantine, à l'Est par la ville de Heraoua. Et à l'Ouest par la ville d'Aïn Taya. Elle est accessible à l'ouest par la route goudronnée de la plage d'El Kadous. Ce territoire fait partie de la Wilaya d'Alger, Circonscription administrative de Rouiba, Communes de Réghaïa et Heraoua.

I.2. Capacité du traitement des eaux usées :

La station d'épuration de Réghaïa elle est fonctionnée en 1997, avec seulement le traitement primaire, par la suite un traitement biologique a été rajouté. Elle collecte les eaux usées domestiques et industrielles et les eaux pluviales, pour traiter un débit moyen journalier 80 000 m³/j avec une capacité nominale 400 000 être humain. C'est une station d'épuration à boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification. Elle traite aujourd'hui des rejets d'eaux usées déversées par les régions suivantes, Réghaïa, Rouïba, Aïn-Taya, El Marsa, Bordj El Kiffan, Bordj El Bahri (**BEGHOURA et HERAOUI, 2012**).

La station d'épuration de Réghaïa (**Fig.02**). De type « boue activée » est constituée de quatre filières de traitement :

1. Prétraitement.
2. Traitement primaire (décantation).
3. Traitement secondaires (biologique).
4. Traitement tertiaire (filtre à sable).



Fig.02 Image de la STEP de Réghaïa (source **SEAAL 2013**).

Filière eau :

- Entrée/bassin d'orage.
- Prétraitement.
- Décantation primaire (deux décanteurs).
- Bassin biologique (deux bassins d'aération).
- Clarificateur (trois clarificateurs).
- Filtration (six filtres).

Filière boue :

- Epaissement (deux épaisseurs).
- Stockage des boues (deux bâches).
- Déshydratation (04centrifugeuses).
- Aires de stockage des boues déshydratées.

II. Principe d'épuration de la STEP de Réghaïa :

Par le terme épuration des eaux usées, on entend toutes les techniques qui contribuent à diminuer la teneur en composé indésirable contenus dans les eaux usées par des procédés biologique, chimique et ou mécanique (**YAHIAOUI et al., 2012**). Ainsi, à la sortie de la

Partie expérimentale

station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel. Les eaux usées qui arrivent à la station sont acheminées du début de la station vers le canal venturi pour quantifier le volume journalier à l'aide de deux sondes ultrasons placées en amont de deux canaux venturis, un déversoir d'orage a été installé pour les eaux qui dépassent le débit max (9360m³/h). (**Fig.03 et Fig.04**).



Fig.03 Canal venturi.



Fig.04 Bassin d'orage.

II.1. Prétraitement :

Cette étape importante est destinée à retenir les débris solides volumineux, les sables, les huiles et les graisses à l'entrée de la chaîne de traitement (**ABOUZLAM, 2014**). Les différentes opérations présentent au niveau de la STEP de Réghaïa sont les suivantes :

✓ **Dégrillage :**

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la STEP. Pour ce faire, on intercale une grille (**BELAHMADI, 2011**). Dont les barreaux plus au moins espacés retiennent les matières les plus volumineuses. Les éléments retenus sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères (**METAHRI, 2012**).

Le système de dégrillage comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (les espaces entre barreaux sont de 20mm) disposés en parallèle. Le dimensionnement de chaque grille est de 1m de largeur et de 1.5 de profondeur. (**Fig.05 et Fig.06**).



Fig.05 Dégrilleur automatique.



Fig.06 Tapis transporteur.

✓ Dessablage/Déshuilage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sable et particule minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits à protéger les pompes et appareils contre l'abrasion (GUERFI, 2012). Dans le même ouvrage de dessablage, le déshuilage consiste à récupérer grâce à des racleurs, les graisses qui se trouvent à la surface des eaux usées par flottation (injection de fines bulles d'air) (JARDE, 2002).

Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable. (Fig.07 et Fig.08).



Fig.07 Dessablage-dégraissage.



Fig.08 Classificateur à sable.

II.2. Traitement primaire :

Le traitement primaire consiste essentiellement à une sédimentation réalisée dans des bassins appelés décanteur (ALLAOUI, 2009). Deux décanteurs de volume unitaire : 4259 m^3 .

Partie expérimentale

✓ Décantation primaire :

L'opération consiste à séparer les particules, qui sont en suspension dans la phase aqueuse, en les laissant sédimenter vers le fond d'un bassin sous l'action de la gravitation (**ABOUZLAM, 2014**). Le principe fait appel à une répartition de la suspension à décanter à partir d'une unité centrale munie d'une jupe de répartition. L'effluent décanté est récupéré à la périphérie alors que les boues sont extraites dans un puits central (**SAHTOUT, 2012**). (**Fig.09**).



Fig.09 Décanteur primaire.

II.3. Traitement biologique :

Le traitement biologique consiste à mettre en contact une eau résiduaire avec une masse bactérienne qui se multiplie en fonction de la pollution servant des substrats alimentaires. Cette opération se fait dans un réacteur biologique appelé bassin d'aération (**DEQUEKER et al., 2006**).

✓ Bassin d'aération :

Deux bassins d'aération fonctionnent en parallèle Volume de chaque bassin 11866 m³ équipé de 3 Turbines de surface du type à axe vertical et à vitesse lente. (**Fig.10**).



Fig.10 Bassin d'aération.

✓ **Clarificateur (décantation secondaire) :**

Après la phase de contact entre l'eau décantée et la biomasse activées dans le bassin d'aération, la clarification consiste à séparer par simple décantation l'eau épurée des boues activées.

Le bassin de décantation est équipé d'un pont racleur muni de racleur de fond ramenant les boues sédimentées sur le radier de l'ouvrage vers la fosse centrale à boues, et d'un racleur de surface pour élimination des flottants (ATTAB, 2011). (Fig.11).



Fig.11 Clarificateur.

II.4.Traitement tertiaire :

✓ **Filtration à sable :**

Les eaux épurées sont acheminées vers une unité de traitement poussé dite « traitement tertiaire » dans le but de réduire la contamination microbiologique. L'opération de

Partie expérimentale

filtration consiste à faire passer les eaux épurées sur un lit filtrant constitué de sable. Des impuretés restent piégées entre les espaces inter granulaires du sable de diamètre de 0.95mm. (**Fig.12 et Fig.13**).



Fig.12 Filtre plein.



Fig.13 Filtre vide.

II.5. Evacuation de l'eau épurée :

Les eaux épurées, qui sont traitées par la station d'épuration de Réghaïa, sont déversées dans le lac de Réghaïa.

III. Traitement des boues :

Après extraction des boues au fond du décanteur primaire et le clarificateur. Elles subissent par la suite différents traitement avant qu'elles ne soient rejetées dans la nature.

✓ Epaissement par gravitation :

Cette technique consiste à introduire la suspension boueuse dans un ouvrage appelé épaisseur de façon à permettre une concentration des boues au fond de l'ouvrage uniquement sous l'action des force de gravité (**RAMDANI, 2007**). Les boues une fois épaissies sont envoyée vers le bassin de stockage. (**Fig.14**).



Fig.14 Epaississeur de boues.

✓ **Bâche de stockage des boues :**

Les boues mixtes peuvent être stockées avant leur envoi vers la centrifugation, le stockage à pour but d'homogénéiser les deux types de boues produites au niveau de la STEP par une agitation continue. **(Fig.15).**



Fig.15 Bâche de stockage des boues.

✓ **Déshydratation des boues par centrifugation :**

La centrifugation des boues se base sur la différence de densité entre les matières sèches et l'eau qu'elles contiennent **(BEGHOURAET et IKHLEF, 2013).**

L'ajoute du polymère dans la centrifugeuse est indispensable pour la floculation des boues permet l'agglomération des petites particules afin de faciliter la séparation avec le fluide porteur. La centrifugation consiste à appliquer une force centrifuge sur les particules d'une suspension boueuse pour provoquer leur décantation accélérée, aboutissant à l'obtention de deux phases : le sédiment (ou culot de centrifugation) et le centrât (liquide surnageant) **(MOATAMRI, 2008).** **(Fig.16).**

Partie expérimentale



Fig.16 Centrifugeuse de déshydratation.

Les boues déshydratées sont envoyées vers les bennes au moyen des tapis transporteurs, puis sont envoyées vers 03 aires de stockage d'une capacité de 4600m². (Fig.17 et Fig.18).



Fig.17 Tapis transporteur.



Fig.18 Aires de stockage.

✓ Evacuation des boues :

Les boues déshydratées sont évacuées vers la décharge publique, le taux des métaux lourds n'est pas conforme pour une valorisation agricole.

IV. Matériel et Méthodes :

IV.1. Echantillonnage et mode de prélèvement :

Pour évaluer l'efficacité du procédé d'épuration au niveau de la station de Réghaïa. Nous avons effectué les analyses physico-chimiques et les analyses des boues (vue microscopique) durant une période de 4 mois (Février-Mai 2016) au niveau de leur laboratoire, L'échantillonnage a été fait une fois par semaine pour les analyses physico-chimiques en

Partie expérimentale

parallèle avec l'échantillonnage de bassin d'aération afin d'apprécier la qualité des boues du point de vue biologique.

- ✓ Les échantillons d'eau usée et épurée sont prélevés à l'aide d'un échantillonneur automatique à l'entrée et à la sortie de la station, il permet de prélever automatiquement chaque deux heures des échantillons représentatifs asservi au temps ou au débit dans une enceinte réfrigérée à l'abri de la lumière.
- ✓ Les échantillons d'eau de bassin d'aération sont prélevés manuellement à l'aide d'une tige dans des flacons en polyéthylène de 1 litre. puis transportées au laboratoire dans une glacière à 4°C

IV.2. Matériels :

IV.2.1. Matériels biologiques :

- Eau usée
- Boue activée
- Eau épurée

IV.2.2. Matériels non biologiques :

- Les appareillages, Verreries, les réactifs, et sont détaillés en Annexes I.

IV.3. Méthodes :

IV.3.1. Analyses physico chimiques :

Les analyses physico-chimiques portent sur les paramètres suivants :

1) PH et température NORME NA.751/1990

Principe

Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de mesure et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

Mode opératoire

- Introduire l'électrode du pH-mètre préalablement rincée avec de l'eau distillée dans un bécher contenant l'échantillon à analyser.
- Agiter doucement avec un barreau magnétique.

Partie expérimentale

- Appuyer sur la touche (Red/Enter), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.
- A la fin de la mesure rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C), ainsi que la valeur du pH correspondante.

2) Conductivité électrique NORME ALGERIENNE NA794

Principe

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau, sa détermination donne la quantité de sels dissoute.

Mode opératoire

- Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité.
- Mettre l'électrode dans le bécher, puis appuyés sur la touche Red, la valeur s'affiche directement sur l'écran de l'appareil.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3) Matière en suspension(MES) ISO11923 (Méthode par filtration)

Principe

Filtration sous vide de l'échantillon sur un filtre en fibre de verre.

Séchage a 105°C et pesé.

Mode opératoire

- Peser le filtre, éviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières.
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.
- Verser progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé.

Partie expérimentale

- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque la filtration est pratiquement sèche.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pince.
- Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à 105°C pendant au moins 2h.
- Retirer le tout de l'étuve, passer au dessiccateur environ 30min puis peser masse M_1 .

Expression des résultats

La teneur en MES est calculée à partir de la formule suivante :

$$[\text{MES}] = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V} \text{ en mg.l}^{-1}$$

M_0 : la masse en milligrammes de la capsule vide.

M_1 : la masse en milligrammes du creuset et de son contenu après séchage à 105°C.

V : le volume en millilitre de la prise d'essai.

4) Détermination de la pollution organique :

- **Demande chimique en oxygène (DCO) par la méthode Kit Hach LCK 114/314 (Test en cuve à code barre)**

Principe

On évalue la quantité d'oxygène utilisée par les réactions d'oxydation, à partir de la mesure du résidu de réactifs au bout de 2h. L'oxydation s'effectue à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant.

Mode opératoire

- Prendre une cuve de la gamme indiquée et bien l'agiter.
- Pipeter 2.0 ml d'échantillon dans la cuve, fermer la cuve et bien mélanger.
- Chauffer dans le thermostat à 148 °C pendant 2 heures.
- Sortir la cuve chaude, secouez énergiquement et laissez refroidir pendant un petit moment.
- Nettoyer l'extérieur de la cuve puis l'insérer dans le spectrophotomètre à 448nm pour les eaux traitées et à 605nm pour les eaux brutes.
- La valeur de la concentration de la DCO s'affichera directement sur l'écran

Partie expérimentale

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre par le spectrophotomètre.

▪ **Demande biologique en oxygène (DBO₅) par la méthode du Système OxiTop® IS12**

Principe

Un échantillon mesuré d'eau est placé dans des flacons bruns du DBO connectés par leur bouchons aux capteurs de pression de l'appareil, l'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon. Cet oxygène est consommé par les bactéries pendant la période de mesure pour oxyder la matière organique, le capteur de pression contrôle la pression d'air dans les flacons d'échantillon. Pour le gaz carbonique CO₂ qui est produit par les micro-organismes et absorbé par l'hydroxyde de lithium placé dans la cupule.

Mode opératoire

- A l'aide d'une éprouvette, verser le volume approprié d'échantillon dans le flacon de DBO.
- Insérer le barreau magnétique.
- Placer la cupule contenant environ 0.4g d'hydroxyde de lithium dans le goulot de chaque flacon.
- Bien visser l'OxITOP sur le flacon.
- Lancer la mesure et mettre le flacon dans l'incubateur réglé à 20°C, faire la lecture après 05 jours d'incubation.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre.

5) Détermination de la pollution azotée

▪ **Dosage de l'azote total par la méthode Kit Hach LCK 338/238**

Principe

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrates. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique avec du diméthylphénol-2.6 en formant du nitrophénol.

Partie expérimentale

Mode opératoire

Eau brute

- Prendre 0,2 ml d'échantillon, 2,3 ml de solution A, 1 tablette B. Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
- Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro Cap C.
- Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous par le micro Cap C sans qu'il n'y ait aucune particule restante.
- Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé et 0,2 ml de solution D.
- Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

Eau épurée

- Prendre 0.5ml, 2.0ml de solution A, 1 tablette B. Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
- Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro Cap C.
- Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous par le micro Cap C sans qu'il n'y ait aucune particule restante.
- Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé et 0,2 ml de solution D.
- Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

Expression des résultats

La concentration en azote total est exprimée en milligrammes par litre.

Partie expérimentale

▪ Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode Kit Hach LCK 302/LCK 303/LCK 305

Principe

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol. Inséré dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 690nm.

Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi cap Zip.
- Dévisser le Dosi cap Zip.
- Pipeter 0.2ml de l'échantillon dans la cuve à code barre.
- Visser le Dosi cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- inséré dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 690nm.

Expression des résultats

La concentration en ammonium est exprimée en milligrammes par litre.

▪ Dosage des nitrates par la méthode Kit Hach LCK 339

Principe

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2,6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2,6-diméthylphénol.

Mode opératoire

- Pipeter 1 ml d'échantillon dans la cuve a code barre.
- Ajouter 0.2 ml de la solution A.
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- Laisser reposer la cuve pendant 15min.
- Insérer la cuve dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 345nm
- Après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code barre.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en milligrammes par litre de nitrates.

Partie expérimentale

▪ Dosage des nitrites par la méthode Kit Hach LCK 342/341

Principe

Les nitrites réagissent dans une prise d'essai à pH 1,9 avec le réactif amino – 4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorohydrate de N- naphtyl -1 Diamino – 1,2 éthane.

Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi cap Zip.
- Dévisser le Dosi cap Zip.
- Pipeter 2.0ml de l'échantillon dans la cuve à code barre.
- Visser le Dosi cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement, attendre 10 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- inséré dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 345nm.

Expression des résultats

La concentration en nitrite est exprimée en milligrammes par litre.

6) Détermination de la pollution phosphorée

▪ Phosphates par la méthode Kit Hach LCK 350/348

Principe

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremolybdène.

Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi cap Zip.
- Dévisser le Dosi cap Zip.
- Pipeter 0.5ml dans la cuve à code barre de l'échantillon.
- Visser le Dosi cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement et chauffer dans le thermostat pendant 60 min à 100°C.
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.2 ml de réactif B, et un Dosi cap zip C gris.
- mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite.
- Attendre 10 min, mélanger à nouveau, bien nettoyer à l'extérieur et inséré dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde 890nm.

Partie expérimentale

Expression des résultats

La concentration de phosphate est exprimée en milligrammes par litre.

V. Contrôle des boues :

C'est un outil de diagnostic rapide du fonctionnement du traitement par boue activée à partir de l'observation de la microfaune et de l'état des floes, afin de détecter d'éventuelles anomalies et de faciliter ainsi l'exploitation (CANLER *et al*, 1999).

V.1. Indice de MOHLMAN IM

Principe

La décantation est suivie habituellement dans la station d'épuration par l'indice de MOHLMAN ou Sludge Volume Index (SVI) qui est le paramètre opérationnel standardisé. Il donne une information sur la qualité de la décantation de la boue. Il est défini comme le volume de boue décanté au bout de 30 min. par rapport à la quantité de biomasse présente. La valeur de SVI n'a pas de base théorique, elle est obtenue expérimentalement et dépend de la concentration initiale de la boue (AVELLA, 2010)

Mode opératoire

- Prélever un échantillon de boue à partir de bassin d'aération.
- Bien mélanger l'échantillon et le verser dans une éprouvette de 1000ml.
- Régler le chronomètre à 30 minutes.
- Noter le volume de boue V_{30} une fois le temps écoulé.

Expression des résultats

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$SVI = \frac{V_{30 \text{ min}}}{m_{\text{biomasse}}} \quad (\text{AVELLA, 2010})$$

SVI : Sludge Volume index ou indice de MOHLMAN en (ml/g).

$V_{30 \text{ min}}$: Volume de boue décanté dans une éprouvette au bout de 30 min.

m_{biomasse} : quantité de cellules par MES ou MVS (matière volatile en suspension) (g/l).

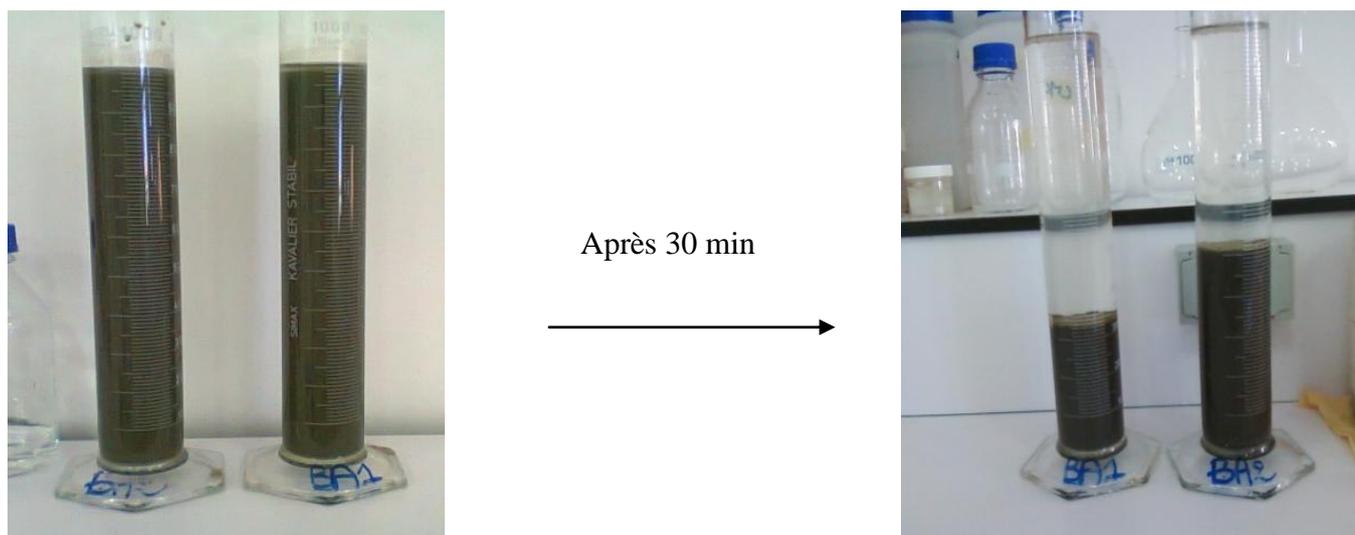


Fig.19 Décantation des boues des deux bassins d'aération

V.2. Détermination des MES des boues activées NFT90-105-2 (méthode par centrifugation):

Principe

Les matières en suspension sont déterminées sur le culot de centrifugation. Au lieu d'introduire un volume de boues totales, c'est le culot de centrifugation qui est introduit dans le creuset. Le volume d'échantillon considéré est alors le volume de boue avant centrifugation

Mode opératoire

- Peser le creuset à vide.
- Prendre 50ml de l'échantillon de chaque bassin d'aération et centrifuger à 300tr/min pendant 20min.
- Récupérer le culot dans le creuset, puis sécher à 105⁰C pendant 24 heures.
- Retirer le creuset de l'étuve et laisser refroidir dans un dessiccateur puis peser Masse M_1 .

Expression des résultats

La teneur en MES est représenté par le rapport suivant :

Partie expérimentale

$$[\text{MES}] = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V} \text{ en mg.l}^{-1}$$

M_0 : la masse en milligrammes du creuset à vide

M_1 : la masse en milligrammes du creuset et de son contenu après séchage à 105°C

V : le volume en millilitre d'échantillon de bassin d'aération

V.3. Détermination de l'âge des boues

V.3.1. Age des boues

C'est le rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur et la production journalière de boues (**DERONZIER et SHETRITE, 2001**).

$$A = V [\text{MES}_{\text{bassin}}] / \Delta\text{MES}$$

A : Age des boues (j)

ΔMES : Production journalière de boues (kg/j)

V : Volume du bassin d'aération (m^3)

$[\text{MES}_{\text{bassin}}]$: Concentration nominale de matières en suspension dans le bassin d'aération (g/l)

V.3.2. Production Journalière de boues

Elle s'exprime par la relation suivante :

$$\Delta\text{MES} = 0,84 [\text{DBO5}_{\text{entré}} + \text{MES}_{\text{entré}}] / 2$$

$\text{DBO5}_{\text{entré}}$: masse de DBO apportée par jour (kg/j)

$\text{MES}_{\text{entré}}$: masse de MES apportée par jour (kg/j)

V.4 Observation macroscopique des boues activées :

La vue macroscopique de l'échantillon de bassin d'aération à pour but d'identifier les différents caractéristiques des boues parmi les quelle : la couleur, l'aspect (présence ou

Partie expérimentale

absence de floc), la décantation (lent ou rapide) qui donne une idée sur la qualité de la boue étudiée.

V.5. Observation microscopique des boues activées :

C'est une technique pour identifier les différents micro-organismes existant dans la boue activée. Elle constitue, pour un biologiste, le plus sûr moyen de diagnostiquer le fonctionnement d'un bassin de boues activées et de connaître les éventuelles solutions à apporter en cas de mauvais fonctionnement.

Mode opératoire

- Bien mélangé un échantillon de boue activée.
- Pipeter une goutte de l'échantillon.
- Etaler la goutte entre lame et lamelle.
- Faire une observation microscopique par un microscope optique à grossissement de 40X.
- Identifier le différent micro organisme existants en se basant sur la notice (aide et diagnostic des stations d'épuration pour l'observation microscopique des boues activées)

Annexes I

Tableau V. Résultats des analyses physico-chimiques

Prélèvements	T C°		pH		Conductivité (us/cm)		MES mg/l		CDO mg/l		DBO ₅ mg/l		NO ₂ ⁻ mg/l		NO ₃ ⁻ mg/l		NH ₄ ⁺ mg/l		NT mg/l		PT mg/l	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
P ₁	14,5	5,6	7,38	7,48	1857	1932	204	4	425	37,1	240	8	0,42	0,12	0,64	1,33	/	/	56	29,4	4,12	0,857
P ₂	14,8	16,2	6,84	7,2	1929	2010	294	13,6	552	36,5	220	10	0,71	0,11	0,63	3,91	/	/	38,5	22	4,94	0,81
P ₃	14,2	17,4	7,48	7,37	1983	1820	266	5	419	20	240	8	0,25	0,29	0,54	1,36	/	/	50	30,5	4,9	0,62
P ₄	11,3	11,4	7,51	7,2	1873	1936	218	4	301	26,9	140	6	0,48	0,41	/	/	/	/	33,7	58,9	3,16	0,73
P ₅	10,6	10	7,02	7,59	2010	1938	200	5	315	28,5	140	8	0,58	0,31	/	/	/	/	58,2	27	3,1	0,988
P ₆	11	11,1	7,43	7,15	2040	1872	264	3	390	29,1	200	6	1,01	0,35	/	/	/	/	62,9	25,5	3,87	0,731
P ₇	11,8	11,7	7,55	7,81	1585	1409	120	45	257	39	140	2	0,84	0,05	1,21	0,12	13,5	11,8	46,8	16,3	3,16	0,13
P ₈	10,9	11,6	7,15	7,72	1948	1592	214	54	277	25,1	206	4	0,74	0,08	1,66	0,33	14,8	12,1	48,5	13,3	3,72	0,16
P ₉	11,5	11,6	8,01	7,88	1259	853	126	6	154	27,5	260	4	0,53	0,04	3,59	0,07	8,01	7,88	39,1	9,76	2,9	0,22
P ₁₀	14,4	16,6	7,68	7,86	1958	1904	406	13	493	66	226	4	0,48	0,07	0,44	0,22	18,4	15,9	57,2	31,8	4,99	0,03
P ₁₁	12	12,1	7,39	7,82	1812	1789	198	64	354	78,2	160	10	0,642	0,048	0,682	0,212	15,9	15,1	88,8	23,5	4,93	1,07
P ₁₂	15,6	11,3	6,65	7,56	1723	1680	90	9,2	209	32,8	80	4	0,642	0,01	1,23	0,144	17,8	17,4	54,7	23,2	2,32	0,039
P ₁₃	19,1	19,2	7,4	7,74	1987	1882	248	48	493	87	300	32	0,088	0,17	0,522	0,298	27,4	23,2	39,7	27,2	5,71	1,5
P ₁₄	11,8	16,2	7,57	7,76	1929	1870	210	140	444	173	260	54	0,151	0,184	0,57	0,313	26,9	21,8	46	32	6,15	2,88
P ₁₅	10,5	10,5	7,24	7,74	2020	1921	264	36	459	88	200	24	0,21	0,15	0,79	0,5	24	18,8	34	21,5	5,28	0,63
P ₁₆	10	8,1	7,28	7,8	1832	1833	171	27	266	80	220	28	0,15	0,09	1,26	0,5	26,4	22,4	47,4	30,1	5,17	0,68
Moy	12,7 5	12,53	7,34	7,60	1859,0 6	1765,0 6	218,31	29,8	363	54,66	202	13,25	0,495	0,15	1,05	0,71	19,31	16,63	50,09	26,37	4,27	0,75

Glossaire

- **Aération** : L'aération de l'eau consisté à mettre en contact de façon optimale de l'eau et de l'air. Les objectifs de l'aération sont : élimination de gaz en excès, lutte contre des odeurs indésirables, introduction d'oxygène afin d'assurer l'oxydation de certains composés réducteurs, tel que le fer ou le manganèse. Il existe plusieurs systèmes d'aération des eaux (**BEGHOURA et IKHLEF, 2013**).
- **Boue activées** : (culture libre) : traitement en deux phases, contact de la biomasse et de l'eau usée dans un réacteur. puis séparation des solides de la phase liquide épurée par décantation (**CARDOT, 1999**).
- **Dénitrification** : est la réduction des nitrates en azote gazeux principalement, par les bactéries hétérotrophes. Cette réaction a lieu en milieu anoxique (absence d'oxygène) (**CHARLOTTE, 2011**).
- **Polymère** : Grosse molécule formée par addition ou condensation de molécules relativement simples ou monomères (la polymérisation du styrène donne le polystyrène) (**BEGHOURA et IKHLEF, 2013**). Peuvent être ajouté avant la déshydratation afin d'améliorer la séparation des solides du liquide (**BANDU, 1999**).

I. Généralités sur les eaux usées

I.1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe aussi les eaux de pluie qui s'écoulent dans cette canalisation (YAHIAOUI *et al.*, 2012).

I.2. Origine des eaux usées :

Les rejets ont diverses origines classées en :

I.2.1. Eaux usées domestiques :

Sont essentiellement porteuses de pollution organique, elles se répartissent en deux catégories : les eaux ménagères des salles de bain et des cuisines qui sont généralement chargées de substances biodégradables, de détergents, de produits de nettoyage et désinfectants, ces eaux peuvent aussi contenir des polluants cosmétiques et médicamenteux (ELSKENS, 2010).

La deuxième catégorie sont les eaux de vannes comprenant les rejets de toilettes, ces dernières sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (PONS *et al.*, 2008).

I.2.2. Eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, Elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles nécessitent un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte (DAFFRI, 2008).

I.2.3. Eaux usées urbaines :

Elles comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les jardins, les espaces verts et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques, des déchets végétaux (herbes, feuilles) et tout sorte de micropolluantes (hydrocarbures, détergents) (VAILLANT, 1974).

I.2.4. Eaux usées agricoles :

L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger la culture, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (LOUNNAS, 2008).

I.3. Principaux polluants des eaux usées :

Selon (NADER, 2014) les principaux polluants peuvent être classés en quatre groupes : les matières en suspension, les microorganismes, les éléments traces minéraux ou organiques (micropolluants) et les substances nutritives.

✓ **Matières en suspension :**

Les matières en suspension peuvent être d'origine minérale (sable, limons, argile) ou organique (produit de la décomposition des matières végétales ou animales) (NADER, 2014). Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par suite la photosynthèse (MEKAOUSSI, 2014).

✓ **Micro-organismes :**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales (BELAID, 2010). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (MIZI, 2006).

✓ **Micropolluants :**

Le terme micropolluants désigne un ensemble de substances qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer de nuisances, même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

Les principaux micropolluants sont :

- ❖ Certains métaux lourds et métalloïdes
- ❖ Composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés et hydrocarbures aromatique polycycliques (NADER, 2014).

✓ **Substances nutritives :**

Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote et le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantité appréciable mais en proportion très variable (BELAID, 2010) les effets de l'azote et le

Synthèse bibliographique

phosphore sur l'environnement est le phénomène d'eutrophisation (**CHARLOTTE, 2011**).

I.4. Paramètres de mesure de pollution :

I.4.1. Paramètres organoleptiques :

I.4.1.1. Turbidité :

Selon (**REJSEK, 2002**), la turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES). Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales.

I.4.1.2. Couleur :

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (éléments métalliques, matière humique), soit associée à une pollution (composés organique colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence des composés dissous (**MOUNI, 2004**).

I.4.2. Paramètres physicochimiques :

I.4.2.1. Paramètres physiques :

I.4.2.1.1. 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 des 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 (**RODIER et al., 2005**). Toute variation brusque de ce paramètre entraine une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique (**DERRADJI, 2015**).

I.4.2.1.2. Potentiel Hydrogène (pH) :

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité des eaux, il varie suite à la nature des effluents basiques ou acides. Cette dernière influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans le milieu aquatique, cependant il est important pour la croissance des microorganismes (**DERWICH et al., 2010**).

I.4.2.1.3. Conductivité :

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**REJSEK, 2002**).

I.4.2.1.4. Matière en suspension (MES) :

Les MES comprennent toutes les matières qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Retenues par filtration ou séparées par centrifugation (**BAUMONT et al., 2000**). La connaissance de sa concentration dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique. Elles agissent d'une façon négative sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**DERRADJI, 2015**).

I.4.2.2. Paramètres chimiques :

I.4.2.2.1 Oxygène Dissous :

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité (**MAKHOUKH et al., 2011**). Il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques, la solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs dont la température, la pression et la force ionique du milieu (**ABIBSI, 2011**).

I.4.2.2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

Représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables, ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières. À la différence de la DBO, la DCO n'utilise pas des processus microbiologiques, elle utilise des oxydants chimiques au lieu de micro-organismes pour oxyder les polluants (**PEIFFER, 2002**).

I.4.2.2.3. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) :

Exprime les quantités de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau, plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce à des phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce

Synthèse bibliographique

paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours (**PEIFFER, 2002**).

I.4.2.2.4. Azote :

L'azote est présent dans les eaux usées sous deux formes organique et inorganique :

- Organique : sous forme NH_2 contenu dans l'urée et la protéine.
- Inorganique : sous différentes formes, principalement azote ammoniacal (NH_4^+), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-)

La somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique est appelée azote Kjeldahl (**DINH, 2013**).

I.4.2.2.5. Phosphore :

Le phosphore se retrouve sous trois différentes formes dans les eaux usées : le phosphore organique, les ortho phosphores et les phosphores condensés. Les ortho phosphates (PO_4^{3-}) sont consommés par les micro-organismes durant leurs processus de croissance tandis que les phosphates condensés, tels que le pyrophosphate, ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) ou le tripolyphosphate, ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$), doivent d'abord être changés, par hydrolyse enzymatique, sous la forme ortho avant d'être assimilables (**BANDU, 1999**).

I.5. Procédés de traitements des eaux usées :

I.5.1. Prétraitement :

Les eaux qui arrivent à la station d'épuration vont subir en premier lieu des traitements de dégrossissage nommés prétraitements (**JARDE, 2002**). Ceux-ci vont permettre d'extraire la plus grande quantité des éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Le prétraitement peut comprend les opérations suivant : dégrillage pour les déchets volumineux, le dessablage pour les sables et graviers et le dégraissage-déshuilage pour les huiles et les graisses (**METAHRI, 2012**).

I.5.2. Traitement primaire :

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de

Synthèse bibliographique

traitement sont possibles : la décantation, la flottation, la décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (CARDOT, 1999).

✓ **Décantation :**

Parmi les techniques de séparation liquide-solide basées sur le phénomène de sédimentation qui consiste à éliminer par gravitation les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau (BALZY *et al.*, 1999).

✓ **Flottation :**

Par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient (EDELIN, 1992).

✓ **Décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant :**

Ce traitement consiste à augmenter les poids des particules les plus légères essentiellement colloïdales afin qu'elles deviennent décantable. La coagulation est donc par addition d'un réactif chimique qui peut être du sel d'aluminium ou de fer et la floculation par l'ajout d'un autre réactif qui est généralement un poly-électrolyte (ANNANE, 2008).

I.5.3. Traitement secondaire :

Le traitement secondaire a pour but d'éliminer la pollution azotée et phosphorée. Il utilise la capacité autoépuration de microorganismes (SAHTOUT, 2012). Qui dégradent et transforment la pollution organique dissoute et colloïdale contenue dans les eaux usées. Pour ce faire, les micro-organismes ont besoin d'oxygène. Dans la plupart des procédés, cet oxygène est fourni artificiellement par un système d'aération. Les principaux procédés biologiques sont les procédés extensifs et les procédés intensifs (ALLAOUI, 2009).

❖ **Elimination du Phosphore**

L'élimination du phosphore, ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physicochimiques ou biologiques :

✓ **Par voie biologique :**

Le principe de la déphosphatation biologique consiste en une suraccumulation de phosphore dans une biomasse. Le mécanisme de suraccumulation nécessite de placer la biomasse

Synthèse bibliographique

alternativement en phase anaérobie (sans oxygène même lié à un composé chimique) et aérobie (SAHTOUT, 2012).

✓ **Par voie chimique :**

La déphosphatation par l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation (MIQUEL, 2003).

❖ **Élimination de l'azote**

L'azote contenu dans les eaux usées est généralement présent sous formes organique et/ou ammoniacale. La nitrification suivie par la dénitrification est vraisemblablement la technique la plus efficace d'élimination de l'azote dans les eaux usées.

La première étape consiste essentiellement en une conversion complète de l'ammonium et de l'azote organique en nitrate sous conditions fortement aérobies.

La seconde étape est la réduction des nitrates en azote gazeux. Cette réaction est aussi activée par des bactéries et requiert une source de carbone (MANAHAN, 2000).

I.5.3.1. Procédés biologiques extensifs :

✓ **Lagunage :**

Dans ce procédé l'eau à épurer est stockée dans un bassin de faible profondeur. Des bactéries aérobies se développent et utilisent la pollution comme source de nourriture et aboutissent à la formation d'une boue activée dispersée. L'oxygène est fourni par l'activité photosynthétique d'algues (CHARLOTTE, 2011).

I.5.3.2. Procédés biologiques intensifs :

Deux types d'installation sont utilisés :

I.5.3.2.1. Installations à culture fixée :

✓ **Disque biologique :**

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée (MEKHALIF, 2009).

✓ **Lits bactériens :**

Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux

Synthèse bibliographique

micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de pollution (ALLAOUI, 2009).

I.5.3.2.2. Installations à culture libre :

✓ **Boues activées :**

Les procédés par boues activées comportent essentiellement de phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification) (ALLAOUI, 2009).

I.5.4. Traitement tertiaire :

Ce sont des traitements complémentaires, dénommés parfois traitement avancés (DJEDDI, 2007). Permettent d'éliminer les composés restant après le traitement secondaire, ces composés peuvent être des métaux, des composés organiques non-biodégradables ou encore des odeurs apparues durant le traitement secondaire (BASSOMPIERRE, 2007). On y distingue généralement les opérations suivantes :

✓ **Traitement par filtration :**

Est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane. (ATTAB, 2011).

✓ **Désinfection :**

Utilisant des produits chimiques (chlore, ozone, etc.) (ROSE et al., 1999). Essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires (DJEDDI, 2007).

✓ **Traitement sur charbon actif :**

Utilisé pour éliminer par adsorption les molécules résistantes aux traitements biologiques, c'est le cas lorsque la STEP recueille des eaux usées industrielles. Ce traitement élimine également les couleurs et les odeurs des rejets (SAHTOUT, 2012).

I.6. Réutilisation des eaux usées :

L'utilisation des eaux usées traitées (EUT) dans l'agriculture est un bon moyen pour les pays en pénurie d'eau de recycler les eaux usées de façon profitable et, ainsi, d'utiliser plus efficacement leurs ressources d'eau (NEUBERT et BENABDALLAH, 2003).

Synthèse bibliographique

Pour le moment, l'Algérie qui dispose d'un volume d'eau traitée de 560 000 mètres cube, consacre 65% de ces ressources hydriques au secteur de l'agriculture. L'agriculture est donc la plus grande consommatrice d'eau. C'est pour cette raison quelques stations à travers 43 wilaya sont concernées par la réutilisation des EUT en agriculture. A la fin de 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³ / an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricole (HANNACHI et al., 2014).

I.7. Procédé d'épuration par les boues activées :

I.7.1. Principe d'épuration :

Le procédé le plus répandu pour traiter les effluents est fondé sur le concept du procédé par boue activée (TIZGHADAM GHAZANI, 2007). Ce procédé consiste à mettre en contact dans un réacteur biologique aéré des effluents chargés en polluants avec une biomasse épuratrice (PANDOLFI, 2006). (Fig.01).

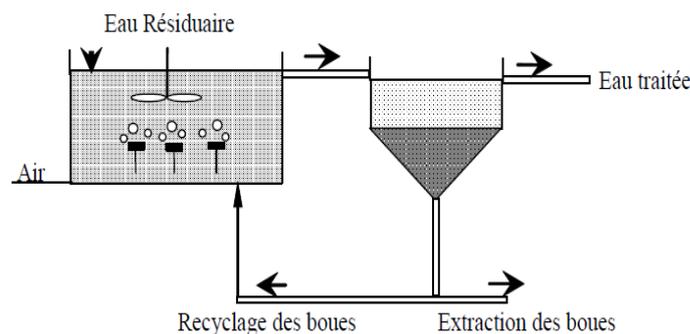


Fig.01 Principe du procédé de traitement des eaux par boue activée (TIZGHADAM GHAZANI, 2007).

I.7.2. Fonctionnement du procédé à boues activées :

Le procédé de traitement est dit « à boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre :

- Un apport en oxygène suffisant
- Un apport en nutriment si l'effluent ne contient pas tous les composés nécessaires au développement des bactéries, (BASSOMPIERRE, 2007).
- Un bassin d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la biomasse

Synthèse bibliographique

- Un dispositif de brassage et d'aération
- Un décanteur (secondaire) dans lequel s'effectuent la clarification des eaux et l'épaississement de la biomasse
- Un dispositif de recyclage qui permet de soutirer les boues en excès au bas du décanteur et d'en renvoyer une partie vers le bassin d'aération. Les boues en excès sont envoyées vers un épaisseur (AMADOU, 2007).

I.8. Microfaune des boues :

La microfaune des boues activées est très importante en quantité, de l'ordre de 10^6 à 10^8 cellules par litre de boues activées. Elle intervient comme prédatrice des bactéries isolées et des cadavres des bactéries et participe ainsi à la clarification de l'effluent (ATTAB, 2011). Les boues activées représentent une communauté microbienne constituée de bactéries floculées, filamenteuses ou libre mais également d'organismes eucaryotes tels que les protozoaires (vorticelle), les métazoaires (rotifères, nématodes) et des protistes eucaryotes comme les algues et les champignons (HUGHES et STAFFORD, 1976). Les procaryotes sont dans les boues les organismes les plus nombreux (JENKINS et al., 1993).

I.8.1. Eléments nécessaires au développement des micro-organismes :

Le terme « substrat » désigne les substances constituant la nourriture nécessaire au développement des micro-organismes, les composés organiques à dégrader représentant la majorité de ces substances. Si le substrat n'est pas sous une forme directement assimilable par la bactérie, il sera hydrolysé à l'extérieur de la cellule bactérienne par des exoenzymes.

L'azote ammoniacal et les phosphates sont utilisés en tant que nutriment car ils entrent dans la composition des composés cellulaires (protéine, membrane cellulaire, ADN). L'oxygène dissous est également indispensable au développement des bactéries aérobies. Suivant la composition de l'effluent à traiter. Il sera nécessaire de rajouter l'un ou plusieurs de ces composants afin de favoriser le métabolisme des bactéries (BASSOMPIERRE, 2007).

I.9. Microorganismes pathogènes des boues d'épuration :

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux. □

Synthèse bibliographique

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées. D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (AMIR, 2005).

I.10. Filières de traitement des boues :

La quasi totalité des procédés d'épuration des eaux usées urbaines, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, conduit à la concentration des polluants sous la forme de suspensions aqueuses ou boues. Les boues constituent des déchets volumineux puisqu'elles contiennent généralement entre 95 et 99 % d'eau. Elles sont génératrices de nuisances dans la mesure où elles sont constituées par des matières organiques fermentescibles et peuvent renfermer des substances toxiques en cas de raccordement au réseau urbain d'effluents industriels (PEREZ, 2008). Différentes étapes sont alors nécessaires afin de les éliminer en éventuellement de les valoriser :

✓ **Épaississement :**

L'épaississement par décantation gravitaire ou par flottation afin de concentrer les boues et ainsi réduire leur volume (PROROT, 2008).

✓ **Déshydratation :**

Cette technique a pour but l'élimination de la majeure partie de l'eau contenue dans la boue et l'obtention d'un déchet solide facilement manutentionnable et de volume réduit (KAROUNE, 2008).

✓ **Stabilisation :**

Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique ou chimique. Ils s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues secondaires afin de réduire leur fermentescibilité, et limiter voire annuler, les nuisances olfactives (KAROUNE, 2008).

I.11. Différents types des boues :

Les boues des stations d'épuration sont classées en quatre grands groupes :

✓ **Boues primaires :**

Récupérées par simple décantation des eaux usées n'ayant pas subi de traitement, elles sont très hétérogènes, riches en matières minérales et contiennent de 65 à 70% de

Synthèse bibliographique

matières organiques (**DUCHENE, 1990**). Elles sont riches en eau ; environ 90 à 95%, et présentent une odeur fétide (**DEBBA, 1998**).

✓ **Boues secondaires :**

Ce sont les boues issues des clarificateurs ou décanteurs après traitement biologique que se soit en culture libre (boues activées) ou en culture fixées (lits bactériens). Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactérien et leurs sécrétions, de couleur sombre, très organiques (75%) plus homogène que les boues primaires et ont moins d'odeur que les précédentes (**DEBBA, 1998**).

✓ **Boues physico-chimiques :**

Variantes des boues primaires sont obtenues par adjonction de réactifs (sel de fer, d'aluminium) visant à coaguler la fraction colloïdale des matières contenues dans les eaux usées. Présentent des concentrations assez élevées, elles nécessitent une stabilisation (**DUCHENE, 1990**).

✓ **Boues mixtes :**

Telle est l'appellation du mélange des boues secondaires avec les boues primaires. Les boues mixtes sont celles qui sont issues de la quasi-totalité des filières de traitement complètes (**MOREL, 1977**).

I.12. Destinations finales des boues :

Il existe plusieurs voies d'élimination des boues de traitement des eaux :

✓ **Incinération :**

L'incinération est la destruction de la matière organique, des déchets par combustion à haute température (+de 500°C) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même (**CHERIFI, 2013**).

✓ **Mise en décharge :**

Consiste en un enfouissement des boues (souvent mélangées avec les ordures ménagères) (**AMIR, 2005**). Cette solution a perdu progressivement son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustique, entrainement des produits toxiques

Synthèse bibliographique

par les eaux superficielle et contamination des nappes d'eaux souterraines (**MARTTINEN et al., 2003**).

✓ **Valorisation agricole :**

Les boues résiduaires peut être considérée, comme le mode de recyclage le plus durable pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. En effet, de par leur composition (minéraux et matières organiques), les boues d'épuration apportent des éléments fertilisants au sol permettent de couvrir une partie des besoins des cultures en azote, en phosphore et en oligo-éléments (**PROROT, 2008**). Les boues résiduaires peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais couteux (**AMIR, 2005**).

Résultats et discussion

L'évolution hebdomadaire des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traités de 16 prélèvements effectués entre Février et Mai 2016 est illustrée dans le tableau (V) Annexe I. Ces résultats sont comparés aux normes d'OMS appliqués en Algérie et les normes limitées par la station sont représentées dans les tableaux (VII) et (VIII) Annexes II. Afin d'évaluer le rendement épuratoire de la station de Réghaia.

I.1. Evolution des analyses physico-chimiques

I.1.1. Température

Les valeurs de la température des différents échantillons d'eaux brutes (EB) et d'eaux épurées (EE) (**Fig.20**) sont très proches. Elles se situent dans un intervalle qui oscille entre un minimum de 10°C et un maximum de 19.1°C à l'entrée avec une moyenne de 12.75°C et Entre 6°C et 19.2°C pour les eaux épurées avec une moyenne de 12.53°C.

Ces valeurs enregistrées sont en fonction des conditions météorologiques et à la température de la saison et restent acceptables car en dessous à celle limitée par la station et les normes de (**OMS, 2006**) qui sont de l'ordre de 30°C.

L'élévation de la température de l'eau influence la quantité d'O₂ pouvant y être dissoute, ainsi que le taux métabolique des organismes qui y vivent.

(**TELLIER, 2010**).

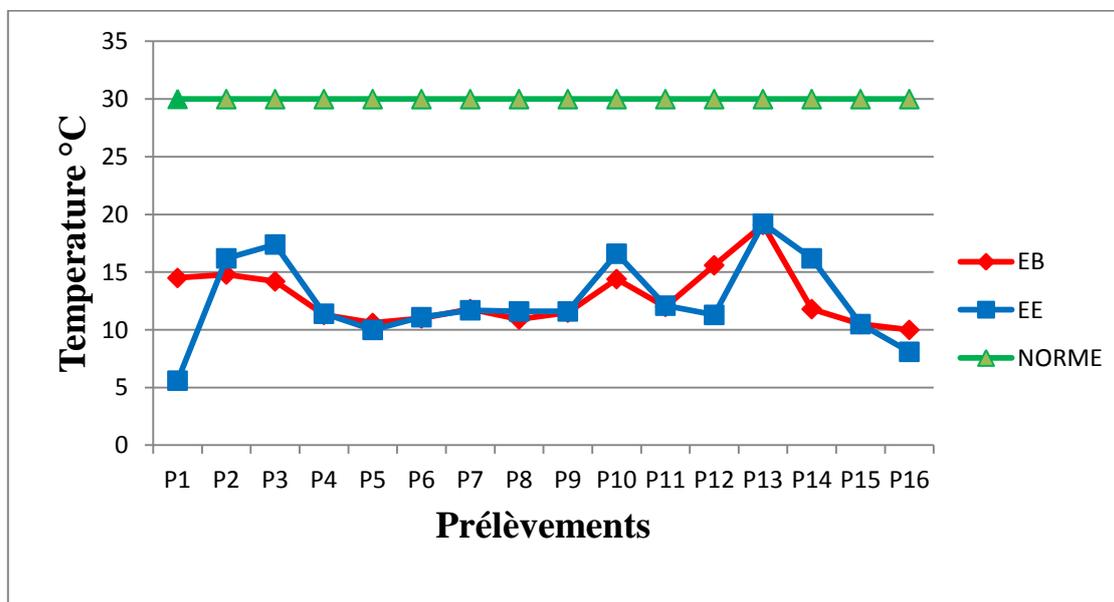


Fig.20 Evolution de la température dans la STEP de Réghaia

Résultats et discussion

I.1.2. Potentiel d'hydrogène pH

Les valeurs du pH de l'eau usée brute sont comprises entre 6.65 et 8.01 avec 7.34 comme valeur moyenne.

On a constaté que le pH de l'eau traitée a légèrement variée par rapport à l'eau brute (de 7.34 à 7.60) (**Fig.21**). Cette variation est due probablement aux réactions chimiques et/ou biologiques qui produisent des ions basiques ou qui consomment des ions acides (**REJSEK, 2002**).

Les valeurs de notre étude sont dans les limites des normes de rejet délimitées entre 6.5 et 8.5 (**OMS, 2006**).

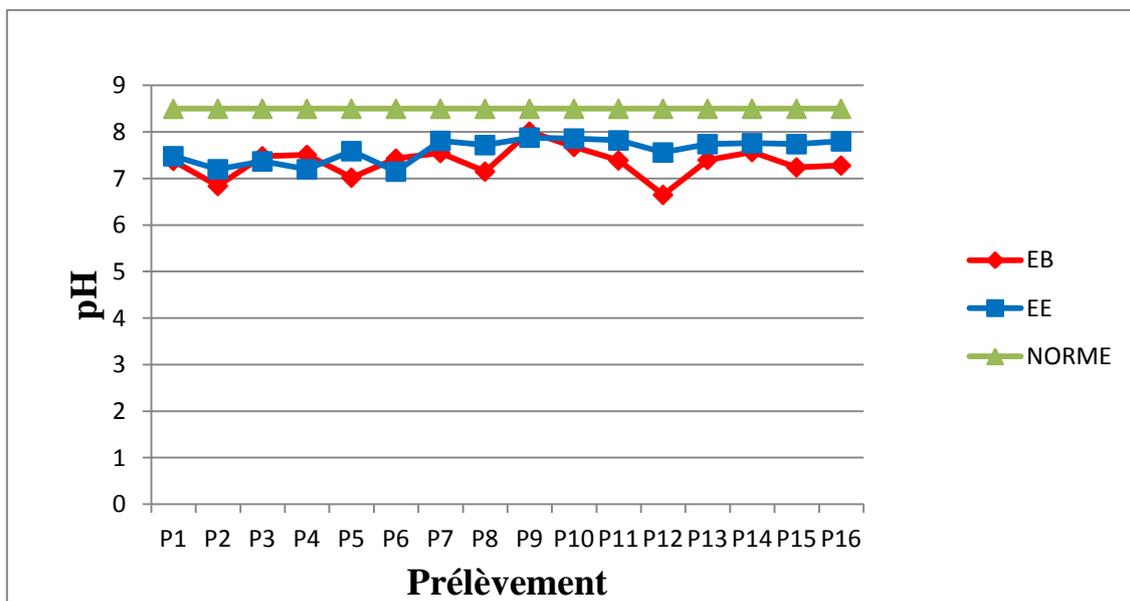


Fig.21 Evolution du pH dans la STEP de Réghaïa

I.1.3. Conductivité

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 1259 à 2040 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Moyenne de 1859.06 $\mu\text{s}/\text{cm}$) pour l'eau brute. Ces résultats mettent en évidence une forte charge minérale, ce ci est probablement du à un apport massif de détergent et produits chimiques apportés par les eaux usées (**RODIER et al., 2005**).

Par contre pour l'eau épurée les valeurs sont comprises entre 853 à 2010 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Moyenne de 1765.06 $\mu\text{s}/\text{cm}$) (**Fig.22**).

Cette légère diminution pourrait être expliquée par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui sont concentrés dans les boues (**GAUJOUS, 1995**).

Les valeurs de la conductivité de l'eau épurée obtenues ne sont pas conformes aux normes de rejets (**OMS, 2006**).

Résultats et discussion

La non-conformité de la conductivité est due aux dépassements de la charge minérale (DCO) par rapport au nominale de la station de 18.75% (**BEGHOURA et IKHLEF, 2013**).

Valeur nominale de la DCO : 28.6 tonne/jour

Valeur entrante : 35.2 tonne/jour

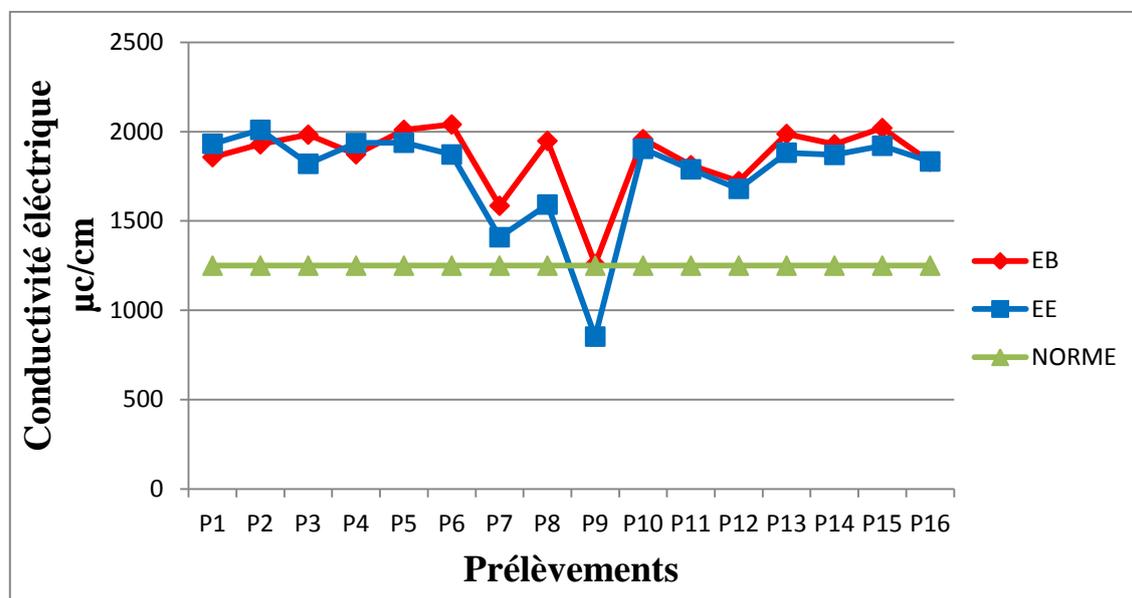


Fig.22 Evolution de la conductivité dans la STEP de Réghaïa

I.1.4.Matière en suspension MES

L'analyse des MES de l'eau brute révèle des valeurs comprises entre 90 à 406 mg/l (Moyenne de 218.31 mg/l) et à la sortie, oscillent entre 3 à 140 mg/l (Moyenne de 29.8 mg/l).

On constate qu'il ya eu rabattement des MES.

Toute fois la moyenne des MES à la sortie (29.8) dépasse la valeur du seuil préconisé (20 mg/l) de 32.88% (**Fig.23**).

Ce dépassement est du au dépassement de la charge entrante de la DCO qui perturbe le processus et provoque des dysfonctionnements (mauvaise décantation au niveau du clarificateur, perturbation de la biomasse...) de traitement biologique (**BEGHOURA et IKHLEF, 2013**).

Le rejet n'est pas donc conforme aux limites de la station, en revanche il est conforme aux normes de rejets (**OMS, 2006**).

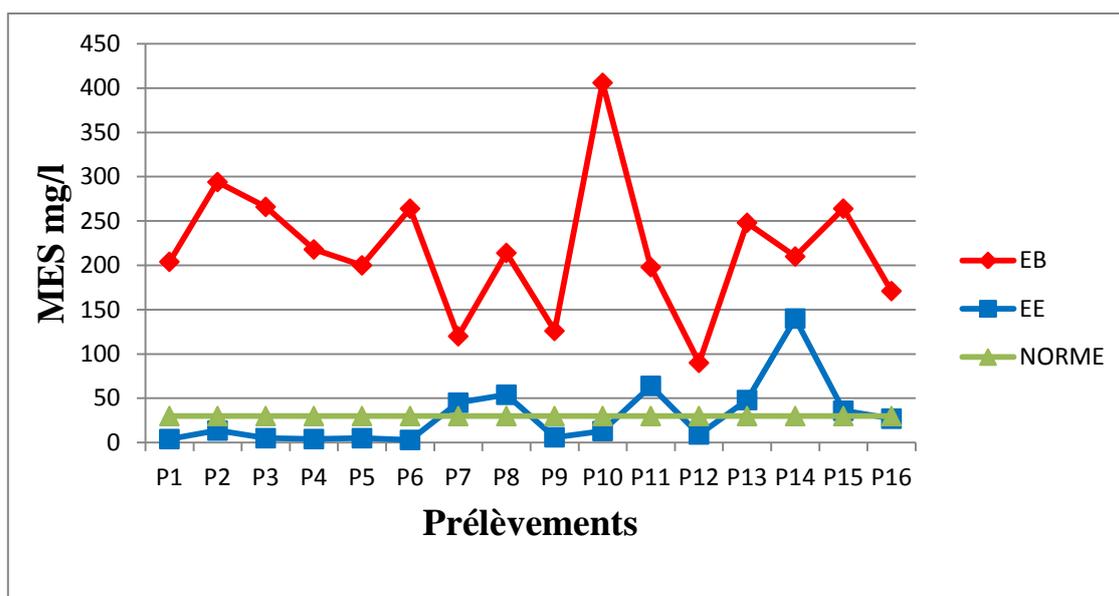


Fig.23 Evolution des MES dans la STEP de Réghaïa

I.1.5. Demande biologique en oxygène DBO₅

Les résultats de la DBO₅ de l'effluent brute varient entre (80-300mg/l) avec une moyenne de 202mg/l) durant la période des analyses, alors que les valeurs de l'effluent épuré varient entre (2-54mg/l) avec (Moyenne de 13.25mg/l) (**Fig.24**).

La station de Réghaïa assure une réduction très satisfaisante de la DBO₅, due à la diminution de la matière organique dans le bassin d'aération (**EL HACHEMI, 2012**).

La dégradation de la matière organique se fait sous l'action des micro-organismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui, leur sert de substrat de croissance (**METAHRI, 2012**).

La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration (13.25 mg/l) est conforme au seuil de la station (15 mg/l), ceci indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme **OMS (2006)** exige une DBO₅ < 30mg/l.

Résultats et discussion

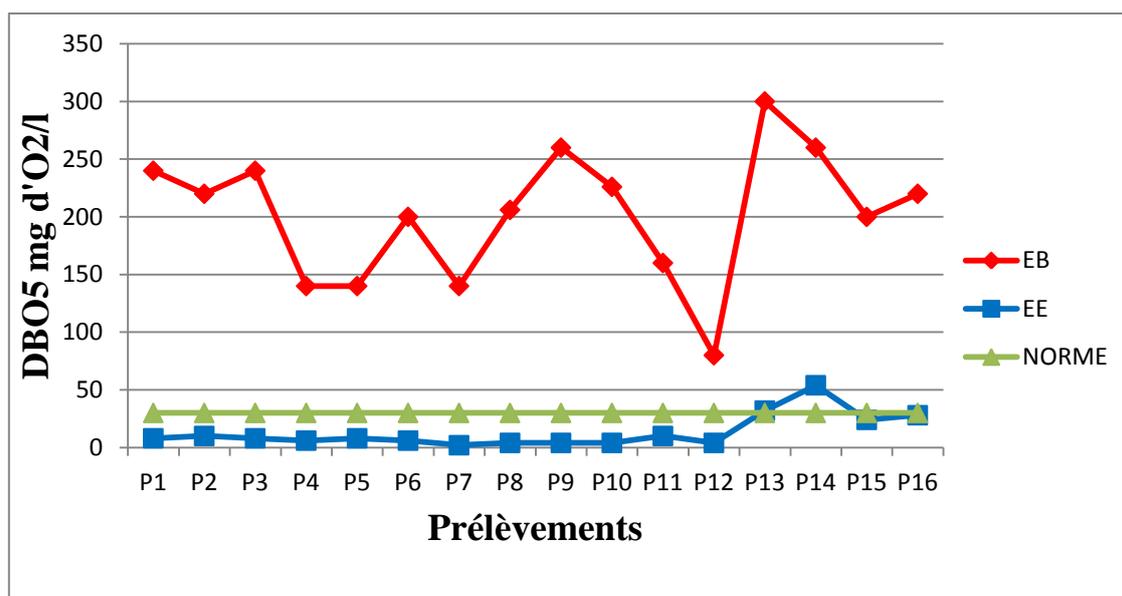


Fig.24 Evolution de la DBO₅ dans la STEP de Réghaia

I.1.6. Demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène DCO, considérée comme un indicateur sur les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présents dans l'eau (**BLIEFERT et PERRAUD, 2001**).

On note que les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables selon les jours de prélèvements, elles oscillent entre 154 et 552 mg/l avec une moyenne de 363mg/l. Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO varient entre 20 et 173mg d'O₂/l avec une moyenne de 54.66mg d'O₂/l. cette diminution est due à la réduction de la DCO au niveau de bassin d'aération.

L'augmentation de concentration de prélèvement 14 (**Fig.25**), à celle habituellement rejetées par la station est due à un dépassement de la charge entrante (47.3 tonne/jour) de 39.53% cette charge perturbe la biomasse par conséquent le taux de la réduction de la matière organique (**BEGHOURA et IKHLEF, 2013**).

Résultats et discussion

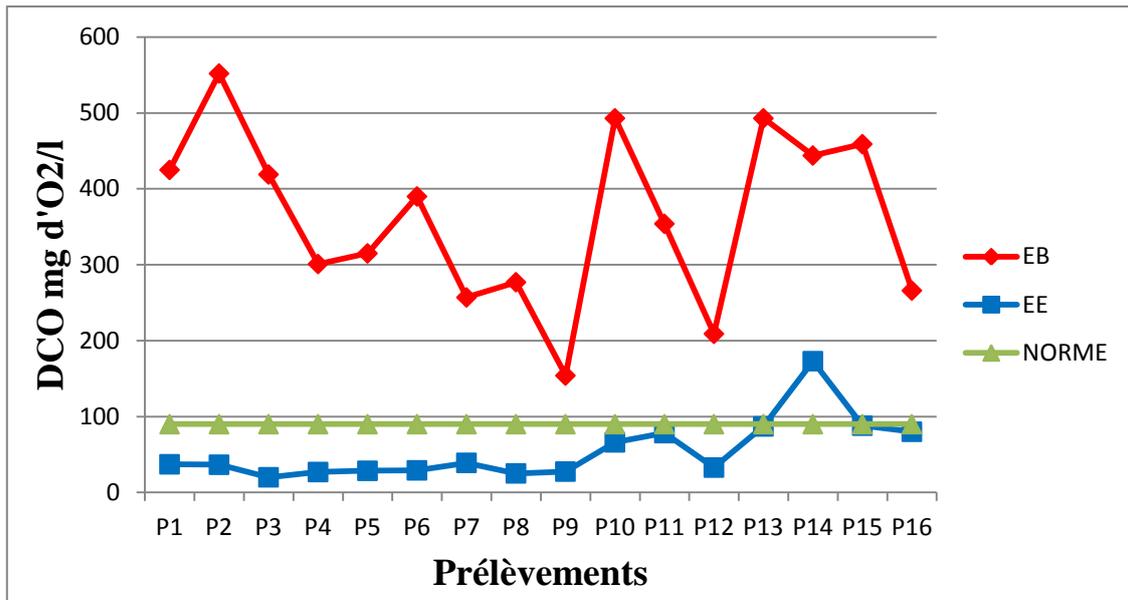


Fig.25 Evolution de la DCO dans la STEP de Réghaïa

I.1.7. Matières azotées

1) Azote totale

Les résultats obtenus (Fig.26) indiquent des teneurs en azote total qui diminuent de l'entrée (varient entre 33.7 et 88.8mg/l avec moyenne 50.09mg/l) vers la sortie (varient entre 9.76 et 58.9 mg/l avec une moyenne de 26.37 mg/l) de la station d'épuration, les teneurs de l'azote épurée sont conformes aux normes de rejets de L'OMS 2006 applique en Algérie (<50mg/l).

La réduction de l'azote total montre que ce dernier a été assimilé par les bactéries. Le phénomène de la nitrification et de la dénitrification se déroulent dans les bassins d'aération. Les mêmes remarques ont été rapportées dans les travaux de (Chachuat *et al.*, 2007).

La réduction de l'azote total montre que ce dernier est nécessaire à la nutrition bactérienne dans le traitement biologique des eaux usées (DINH, 2013).

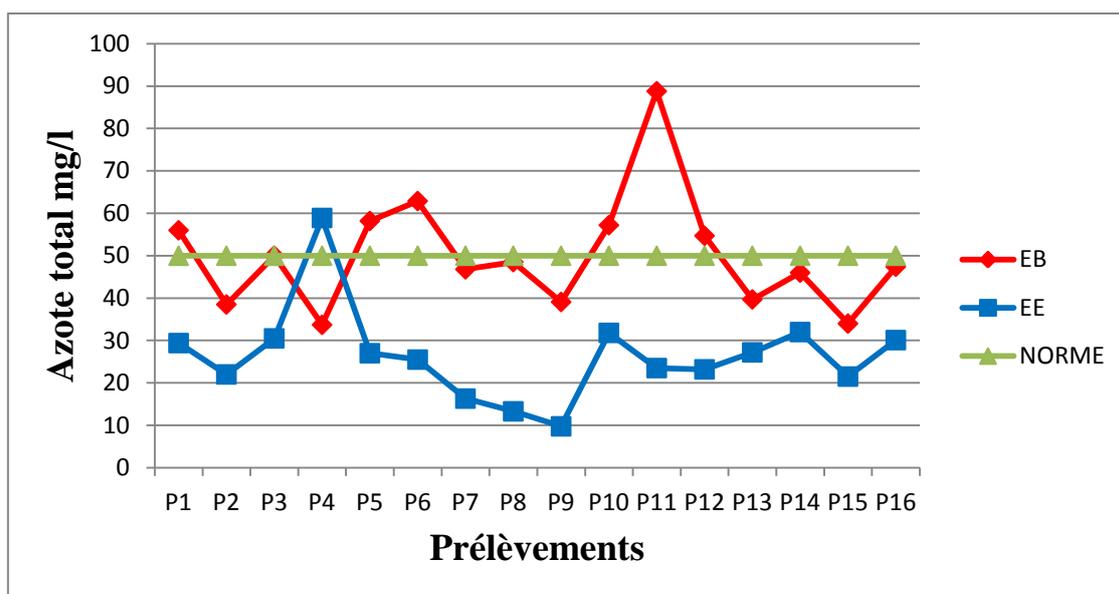


Fig.26 Evolution de l'azote total dans la STEP de Réghaïa

2) Ammonium

Les valeurs de NH_4^+ (**Fig.27**) enregistrées à l'entrée de la station dans les eaux brutes sont comprises entre 8.01 et 27.4 mg/l avec une moyenne de 19.31 mg/l, ces valeurs sont liées à la quantité de pollution azotée dans les eaux qui arrivent à la station. A la sortie de la station les valeurs de NH_4^+ sont comprises entre 7.88 et 23.2 mg/l avec une moyenne de 16.63 mg/l ont diminué ceci peut être expliqué par l'existence d'une quantité d' O_2 importante dans le bassin d'aération qui assure le phénomène de nitrification (SAHTOUT, 2012).

Remarque : à partir du premier prélèvement jusqu'au sixième l'analyse de l'ammonium n'a pas été effectuée à cause d'un manque de réactifs.

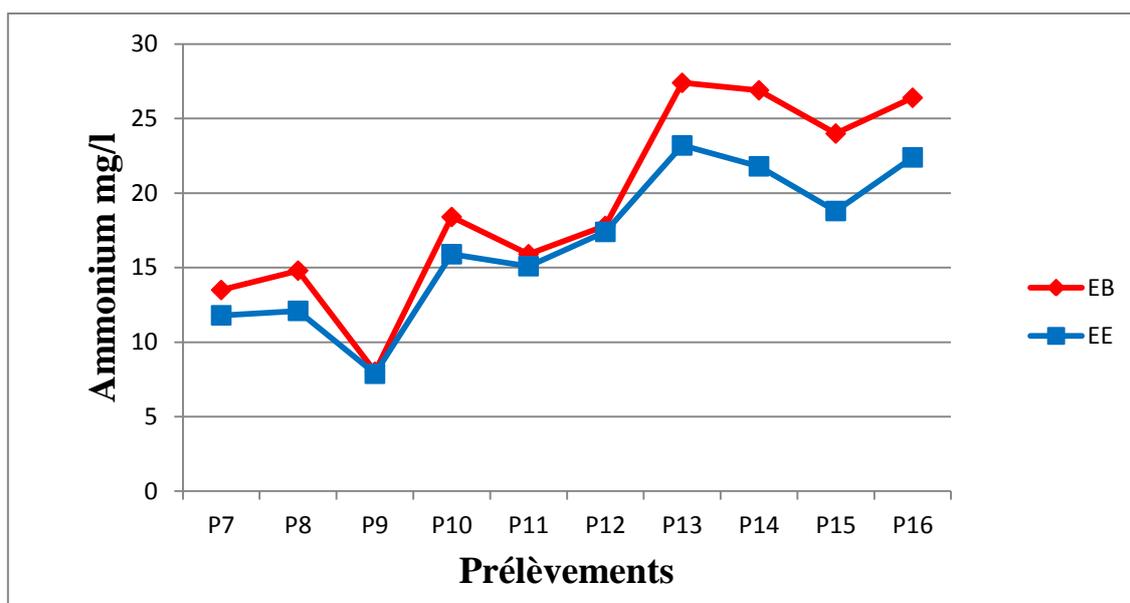


Fig.27 Evolution de l'Ammonium dans la STEP de Réghaïa

3) Nitrate

La concentration des eaux usées en nitrate, à l'entrée de la station, est de (0.44 et 3.59mg/l avec moyenne de 1.05mg/l).

Tandis qu'à la sortie, elle est de (0.07 et 3.91mg/l avec moyenne de 0.71mg/l) (**Fig.28**), cette diminution s'explique par la réduction biologique de nitrate au cours de la dénitrification mènera à la production finale de N₂ (produits gazeux inerte) (**FAURIE et al., 2005**).

Le taux de nitrate des eaux à la sortie de la station reste acceptable et conforme aux normes de l'OMS 2006 < 44 mg/ L.

Remarque : la discontinuité du graphe est due aux analyses physicochimiques qui n'ont pas été effectuées durant le prélèvement 4 et 6.

Résultats et discussion

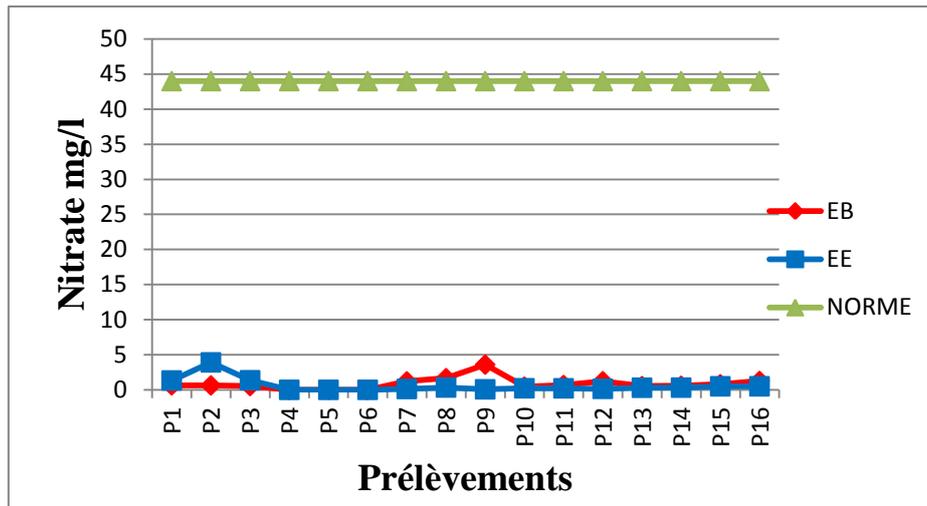


Fig.28 Evolution des nitrates dans la STEP de Réghaïa

4) Nitrites

Les valeurs des teneurs en nitrites pour la station d'épuration sont comprises entre 0.088 et 1.01 mg/l avec moyenne de 0.49 mg/l (l'eau brute). Et varient entre 0.01 et 0.41mg/l avec une moyenne de 0.15 mg/l (l'eau épurée) (Fig.29). Cet abattement de la concentration de NO_2^- de l'entrée vers la sortie est dû à la nitrification selon (CEBRON, 2004) la nitrification est un processus effectué en deux étapes au cours de laquelle, l'ammoniaque (NH_3) est oxydé en nitrite puis en nitrate en condition aérobie par des bactéries nitrifiantes donc les nitrites sont des composés intermédiaires entre l'ammoniaque et les nitrates (DERRADJI, 2015).

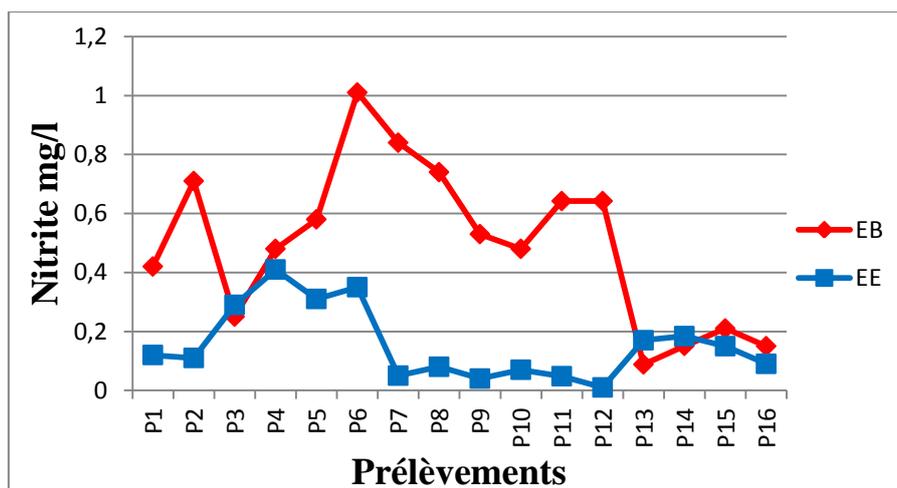


Fig.29 Evolution des nitrites dans la STEP de Réghaïa

Résultats et discussion

I.1.8. Matières phosphorés

1) phosphore total

Les valeurs enregistrées à l'entrée de la station d'épuration varient de (2.9 à 6.15 mg/l avec une moyenne de 4.27mg/l), ce taux est lié à l'origine du phosphore dans les eaux usées (VILLEBERUN, 1989), qu'ils proviennent du métabolisme humain (un homme excrète entre 1 et 2 g de phosphore par jour ce qui présente 30 à 50% du phosphore) et les rejets de détergent qui sont à l'origine de 50 à 70% de phosphore (RODIER, 1984). A la sortie les valeurs ont diminués (0.03 et 2.88 mg/l avec une moyenne de 0,75mg/l) (Fig.30). Cette diminution s'explique par la présence des micro-organismes qui assurent la dégradation du carbone et de l'azote, intègrent le phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN). La part du phosphore éliminé simplement par cette voie, représente environ 25% de la quantité journalière à dégrader (DERONZIER et CHOUBERT, 2004).

La teneur de phosphore total de l'eau épurée de la STEP de Réghaïa est conforme aux seuils de la station et aux normes de L'OMS 2006 <3mg/l.

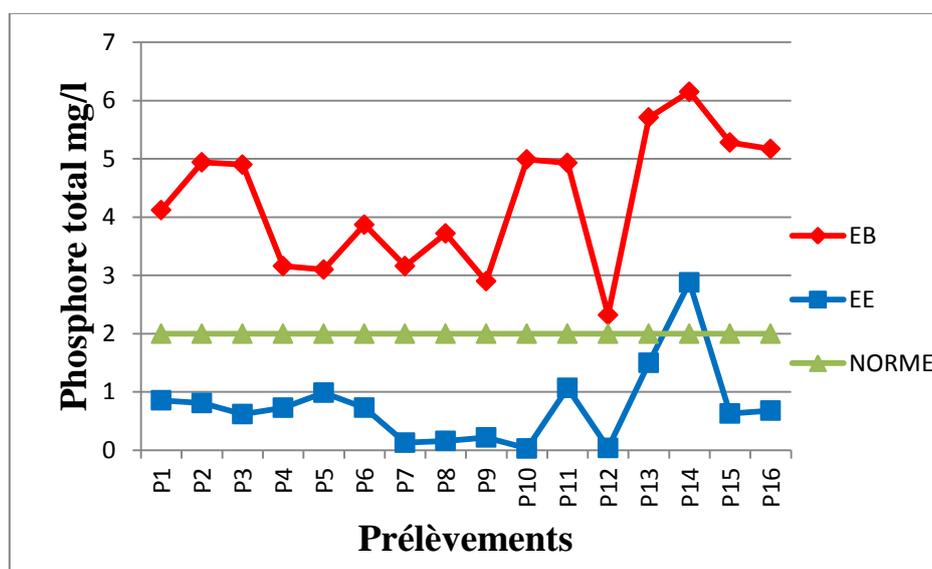


Fig.30 Evolution du phosphore total dans la STEP de Réghaïa

I.2. Observation macroscopique

Après l'observation macroscopique des boues des deux bassins d'aération durant notre étude, on note une couleur marron de la boue dans le 1^{er} prélèvement jusqu'au 12^{ème} prélèvement. Cette couleur indique une aération satisfaisante, cela est confirmé par la légèreté d'odeur (CANLER *et al.*, 1999). À partir du 12^{ème} prélèvement au 16^{ème} prélèvement la couleur de la

Résultats et discussion

boue est devenue noire, avec une mauvaise odeur. Ces dernières sont expliquées par le disfonctionnement au niveau de la STEP.

La difficulté de décantation a pour origine des problèmes liés à la floculation des boues (SAHTOUT, 2012). Donc la présence des floccs dans nos échantillons révèle à la bonne décantation des boues (Tableau I).

Tableau I. Observation macroscopique des boues activées

Prélèvements	Couleur	Odeur	Floccs
P1	Maron	-	+++
P2	Maron	-	+++
P3	Maron	-	-
P4	Maron	-	-
P5	Maron	-	-
P6	Maron	-	-
P7	Maron	-	-
P8	Maron	-	-
P9	Maron	-	++
P10	Maron	-	++
P11	Maron	-	+++
P12	Maron	-	-
P13	Noir	+	-
P14	Noir	+	++
P15	Noir	+	-
P16	Noir	+	-

(+) Présence d'odeur.

(-) Absence d'odeur.

(+++) Bonne floculation.

(++) Moyenne floculation.

(-) Absence des floccs.

Résultats et discussion

❖ Indice de MOHLMAN (IM)

Indice de MOHLMAN est utilisé dans les boues activées pour évaluer les caractéristiques de la sédimentation des boues et leurs qualités (BANDU, 1999). Une décantabilité normale est caractérisée par un IM entre 100 et 150 ml/g (HAOUECH, 2012). On remarque que le volume des boues est >300 c'est-à-dire décantation très lente. Il faut faire une dilution donc on a calculé l'indice de boues :

$$I_B = \frac{V_{30} \text{ (avec dilution pour être } \leq 300 \text{ ml/l)}}{\text{MES}_{\text{boues Bassin d'aération}} \text{ g/l}} \times \text{Facteur de dilution}$$

$\text{MES}_{\text{boues Bassin d'aération}} \text{ g/l}$

D'après le (tableau II), on note que les valeurs d'IB oscillent entre 22,98 et 90,90 ml/g (moyenne 52,56 ml/g) pour le bassin d'aération 1 et entre 24,74 et 109,37 ml/g (moyenne 55,66 ml/g) pour le bassin d'aération 2. Selon les normes adopter par la station de Régahia,

Si $IB < 120 \text{ ml/l}$ très bonne décantation.

Si $120 < IB < 150$ une bonne décantation.

Si $150 < IB < 200$ forte difficultés de décantation liées au développement des bactéries filamenteuses.

Tableau II. Résultats de l'indice de boue de la STEP de Régahia

Prélèvement	Bassin d'aération 1					Bassin d'aération 2				
	$V_{30} \text{ ml/l}$	$V_{30 \text{ dilution}} \text{ ml/l}$	$\text{MES}_{\text{Bassin}} \text{ g/l}$	dilution	IB ml/g	$V_{30} \text{ ml/l}$	$V_{30 \text{ dilution}} \text{ ml/l}$	$\text{MES}_{\text{Bassin}} \text{ g/l}$	Dilution	IB ml/g
P ₁	200	/	4,2	1/2	47,61	200	/	4	1/2	50
P ₂	740	300	6,81	1/2	88,10	880	260	8,92	1/2	58,29
P ₃	390	170	7,5	1/4	90,90	740	210	7,7	1/4	109,37
P ₄	540	80	8,9	1/4	36,03	780	130	8,3	1/4	62,80
P ₅	650	100	7,8	1/4	51,28	900	110	9,8	1/4	44,89
P ₆	760	100	8,7	1/2	22,98	940	120	9,7	1/2	24,74
P ₇	840	200	7,6	1/2	52,63	880	210	4,7	1/2	89,36
P ₈	900	230	9,3	1/2	49,46	940	250	9,7	1/2	51,54
P ₉	450	200	9	1/2	44,44	600	250	10,6	1/2	47,16
P ₁₀	540	110	7	1/4	62,85	720	100	7,9	1/4	50,76
P ₁₁	390	290	12,6	1/2	46,03	360	340	13,2	1/2	51,51
P ₁₂	910	250	10	1/2	50	940	270	9,8	1/2	55,10

Résultats et discussion

P ₁₃	950	300	11,9	1/2	50,42	970	300	12,6	1/2	47,61
P ₁₄	920	250	12,1	1/2	41,32	950	250	11,8	1/2	42,37
P ₁₅	950	270	9,4	1/2	57,44	940	280	10,7	1/2	52,33
P ₁₆	950	280	11,3	1/2	49,55	940	280	10,6	1/2	52,83

I.3. L'âge des boues

Les résultats du calcul l'âge des boues pour la STEP sont regroupés dans le **(tableau III)**.

Tableau III. Résultats de l'âge des boues de la STEP de Réghaia

Prélèvements	MES bassins (Kg/m ³)	DBO ₅ entré (Kg/j)	MES entré (Kg/j)	ΔMES (Kg/j)	A (j)
P1	4,1	0,240	0,204	0,186	22,04
P2	7,86	0,220	0,294	0,216	36,56
P3	7,6	0,240	0,266	0,212	35,85
P4	8,6	0,140	0,218	0,150	57,33
P5	8,8	0,140	0,200	0,143	61,53
P6	9,2	0,200	0,264	0,195	47,18
P7	6,15	0,140	0,120	0,109	55,91
P8	9,5	0,206	0,214	0,176	53,98
P9	9,8	0,260	0,126	0,162	60,49
P10	7,45	0,226	0,406	0,265	28,11
P11	12,9	0,160	0,198	0,150	86
P12	9,9	0,80	0,90	0,71	139,44
P13	12,25	0,300	0,248	0,230	53,26
P14	11,95	0,260	0,210	0,197	60,65
P15	10,05	0,200	0,264	0,195	51,54
P16	10,95	0,220	0,171	0,164	66,77

Résultats et discussion

On remarque dans tous les prélèvements un âge des boues très élevés et qui est supérieur à 20 jours donc :

A>20j Age des boues très élevée : il y'a un risque d'étouffement de biomasse épuratrice et risque de fermentation.

I.4. Observation microscopiques

L'examen microscopique des boues activées montre qu'il s'agit d'un milieu très diversifié, ou se rencontrent des protozoaires (flagellé, cilié.....etc.) et des métazoaires se classent au dessous :

Métazoaire

❖ *Rotifère Digononta*

Très fréquent dans les boues activées ; passagèrement dominant sur des installations sous-chargées. Présent dans des boues de faible charge et d'âge élevé (15 jours au minimum) mais quelque soit le degré de traitement de L'installation (CANLER et *al.*, 1999) (Fig.31).



Fig.31 Rotifère Digononta

(GX40)

❖ *Nématode*

Se sont des métazoaires sans soies, ils sont très mobiles (par reptation sur un support) mais nagent mal. Ils sont apportés par l'eau brute. Cette faune est typique des parois d'égouts. Prédateurs de bactéries, principalement de bactéries floculées, agglomérées en floccs volumineux, ils contribuent au renouvellement des biomasses,

Résultats et discussion

ce qui a pour effet de stimuler le taux de croissance global de la colonie bactérienne et par conséquent d'améliorer le rendement épuratoires. Leurs mouvements contribuent à une meilleure diffusion de l'oxygène dans les floes (**DEGREMONT, 1989**) (**Fig.32**).

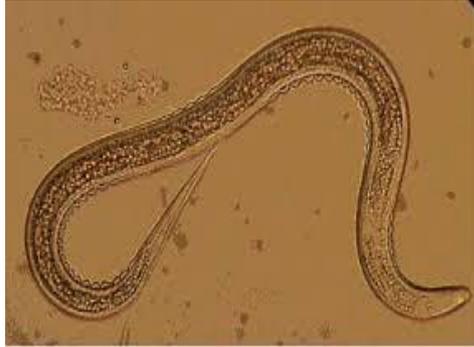
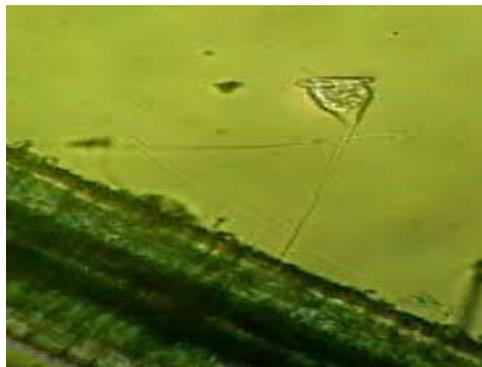


Fig.32 Nématode (GX40)

Protozoaires

❖ *Vorticelle à pédoncule long*

Leur présence n'est pas liée à un demain de charge particulier. Ces espèces sont relativement fragiles à l'apport de toxique et à un manque d'oxygénation. On les observe sur des installations où l'oxygène est donc plutôt présent en permanence (**BOUCHEFER, 2003**). C'est un indicateur d'une efficacité épuratrice correcte. D'une manière générale, la longueur de pédoncule est en relation avec le degré de traitement : plus le pédoncule est long meilleur est le traitement (**CANLER et al., 1999**) (**Fig.33**).



**Fig.33 Vorticelle à pédoncule long
(GX40)**

❖ *Vorticelle à pédoncule court*

Il est d'un muscle rétractable le long d'un pédoncule (à la façon d'un ressort) et d'un seul zoïde par pédoncule (forme solitaire). Toutes les espèces s'alimentent de bactéries libres. Une vingtaine d'espèces est observée dans les boues activées. Ils indiquent une bonne aération (**DEGREMONT, 1989**) (**Fig.34**).



Fig.34 *Vorticelle à pédoncule court*(GX40)

❖ *Têtes de vorticelle*

Identique aux vorticelles mais absence de pédoncule entier, corps en forme de cloche. Deux explications sont possibles :

Détachement du pédoncule sous l'influence de phénomènes mécaniques importants tel qu'un brassage violent, lavage de biofiltres.....

Séparation volontaire du corps pour devenir mobile lors de conditions limitantes du milieu au niveau de l'alimentation (absence de reste de pédoncule) (**CANLER et al., 1999**) (**Fig.35**).



Fig.35 *Têtes de vorticelle*(GX40)

Résultats et discussion

❖ *Aspidisca*

Il fait partie de la faune permanente et peut constituer la faune majoritaire, il exploite la surface des floccs et se nourrit de bactéries agglomérées qu'il décroche ou de flagelles. Il est surtout présent, en l'absence de prédateurs de grande taille, dans les boues activées à haute moyenne charge. Sa présence indique une bonne épuration et une aération suffisante (DEGREMONT, 1989). Leur présence indique une nitrification stable et durable sur l'installation. Ils ne supportent pas les concentrations même moyennes en ammoniacque (CANLER et al., 1999) (Fig.36).

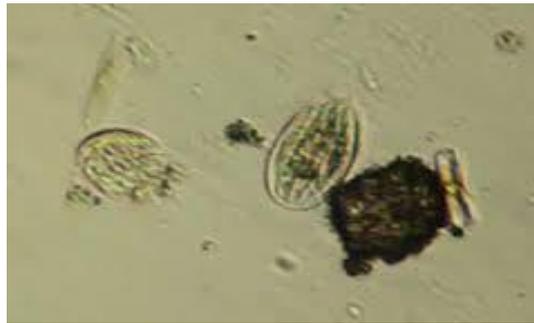


Fig.36 *Aspidisca* (GX40)

❖ *Epistylis rotans*

Il fait partie de la faune permanente et se développe en bouquets de plusieurs zoïdes. Bactériophage, il est rencontré en faible et moyenne charge. Très sensible aux carences en oxygène, sa présence indique une bonne aération et de la présence de bactéries libres (DEGREMONT, 1989) (Fig.37).



Fig.37 *Epistylis rotans* (GX40)

❖ *Zoothamnium pygmaeum*

Indicateur de faible charge, présent sur des installations aux conditions de fonctionnement stables et d'une bonne capacité épuratrice au niveau de la pollution carbonée ; aération permanente. Indicateur d'effluent traité de bonne à très bonne qualité (CANLER *et al.*, 1999) (Fig.38).



Fig.38 *Zoothamnium pygmaeum*
(GX40)

❖ *Genre monas*

Pratiquement toujours présente dans les boues activées, il ne se développe pas en période d'instabilité et peut être associée à une charge faible et un rendement correct. En forte densité, c'est un indicateur d'apport notable d'effluent particuliers dans les industries animale (abattoir de volaille, de bétail...) (BOUCHEFER, 2003). C'est un bio-indicateur d'une bonne épuration (DEGREMONT, 1989) (Fig.39).



Fig.39 *Genre monas* (GX40)

❖ *Euplotes*

Fait partie de la faune transitoire. Très mobile, il exploite la surface du floc et le liquide interstitiel. Il indique une bonne épuration, il peut être confondu avec *Apidisca* (DEGREMONT, 1989) (Fig.40).



Fig.40 *Euplotes* (GX40)

❖ *Opercularia*

Il fait partie de la faune permanente, notamment en traitement d'effluents industriels et comporte de nombreuses espèces coloniales, prédateur de bactéries libres, il se développe en faible et moyenne charges (DEGREMONT, 1989). C'est un indicateur d'un rendement épuratoire médiocre à bon dont l'effluent traité peut être encore chargé en pollution organique et en NH_4^+ (CANLER et al., 1999) (Fig.41).



Fig.41 *Opercularia* (GX40)

❖ *Litonotus*

Il fait partie de la faune transitoire des biomasses épuratrices. Bon nageur, il exploite le liquide interstitiel ou il capture des bactéries libres et des protozoaires de petites

Résultats et discussion

tailles (DEGREMONT, 1989). Hôte préférentiel des stations fonctionnant en moyenne charge. Espèces non permanentes, indicatrices d'une phase transitoire du traitement (CANLER et al., 1999) (Fig.42).



Fig.42 *Litonotus* (GX40)

❖ *Podophyra*

Il se développe en moyenne comme en faible charges et fait partie de la faune transitoire. Sa présence indique un effluent modérément traité (DEGREMONT, 1989) (Fig.43).



Fig.43 *Podophyra* (GX40)

❖ *Paramecium*

Leur présence est souvent liée à une phase transitoire. Les grandes paramécies sont indicatrices d'une eau de bonne voire très bonne qualité. Elles sont résistantes à des périodes d'anoxie ou d'arrêt de l'aération (CANLER et al., 1999) (Fig.44).



Fig.44 *Paramecium* (GX40)

1.5. Rendement des paramètres physicochimiques

- **Rendement de la DCO et de la DBO₅**

L'estimation des rendements d'épuration permet d'apprécier les performances du traitement biologique à boues activées dans la réduction de la pollution organique (DCO, DBO₅, MES, PO₄³⁻). Les rendements d'épurations de la DCO (84,94%) et la DBO₅ (93,44%) sont élevés et peuvent atteindre jusqu'à plus de 80%, ce taux d'abattement est supérieur à celui de **BOUTAYEB et BOUZIDI (2012)** qui ont observé une réduction de la DCO variant entre 65 et 84%, et de **MARA et PEARSON (1989)** qui ont observé une réduction de la DBO₅ variant entre 73 et 85%. Ces taux confirment que la station fait une épuration efficace (**Fig.45**) et (**Fig.46**).

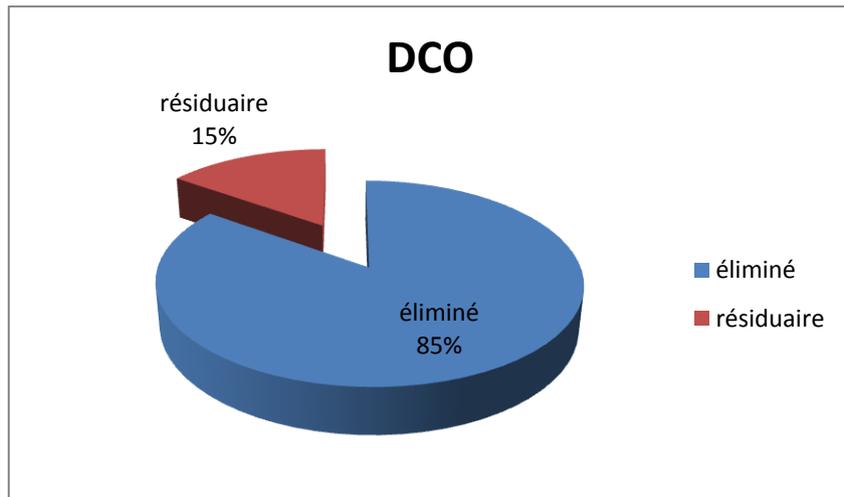


Figure.45 Rendement de réduction de DCO

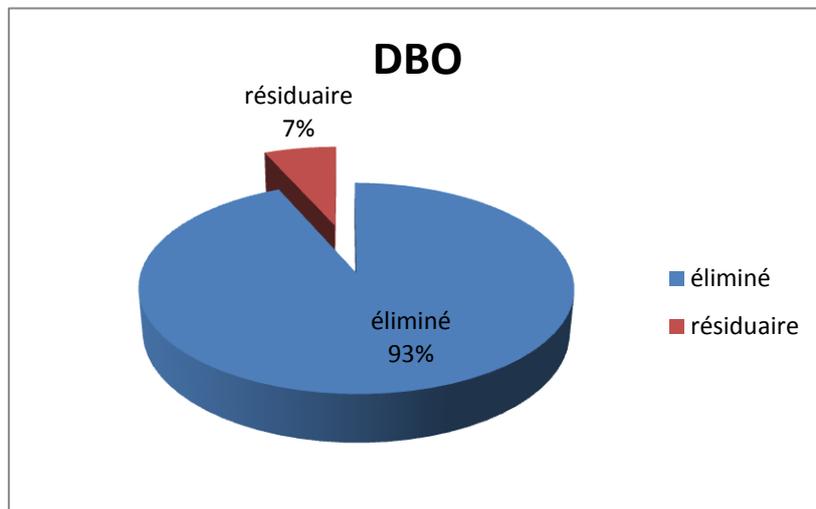


Figure.46 Rendement de réduction de DBO₅

- **Rendement du MES**

Selon **REJESK (2002)** un rendement épuratoire minimal pour un traitement efficace est égal à 90%. Le rendement épuratoire des MES après le traitement représenté par la figure.34 est de l'ordre de 86,34% proche à celui de **REJESK (2002)** se qui caractérise une épuration efficace (**Fig.47**).

Résultats et discussion

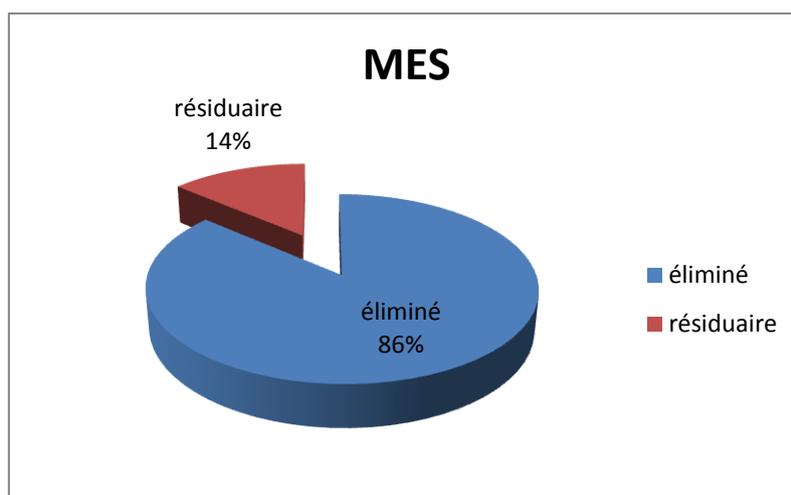


Figure.47 Rendement de réduction de MES

I.6. Relation entre les paramètres physico chimiques et la microfaune des boues

Tableau IV. Relation entre les paramètres physico chimique et microfaunes des boues

Prélèvement	Espèces	présence	Paramètres					
			DBO		DCO		MES	
			EB	EE	EB	EE	EB	EE
P1	<i>Aspidisca</i>	+++	240	8	425	37,1	204	4
	<i>Vorticelle à pédoncule long</i>	+++						
	<i>Opercularia</i>	+						
	<i>Euplotes</i>	+						
P2	<i>Aspidisca</i>	+++	220	10	552	36.5	294	13.6
	<i>Vorticelle à pedoncule long</i>	+++						
	<i>Epistylis rotans</i>	+						
	<i>Têtes de vorticelle</i>	++						
	<i>Vorticelle à pedoncule Court</i>	+++						
P3	<i>Aspidisca</i>	+++	240	8	419	20	266	5
	<i>Litonotus</i>	+						

Résultats et discussion

	<i>Nématode</i>	++						
	<i>Têtes de vorticelle</i>	++						
P4	<i>Aspidisca</i>	+++	140	6	301	26.9	218	4
	<i>Vorticelle à pedoncule long</i>	+++						
	<i>Opercularia</i>	+						
	<i>Têtes de vorticelle</i>	++						
	<i>Vorticelle à pedoncule court</i>	++						
P5	<i>Aspidisca</i>	+++	140	8	315	28.5	200	5
	<i>Vorticelle à pedoncule long</i>	+++						
	<i>Vorticelle à pedoncule court</i>	++						
	<i>Nématode</i>	++						
	<i>Opercularia</i>	+						
P6	<i>Aspidisca</i>	+++	200	6	390	29,1	264	3
	<i>Vorticelle à pedoncule court</i>	+++						
	<i>têtes de vorticelle</i>	++						
P7	<i>Aspidisca</i>	+++	140	2	257	39	120	45
	<i>Vorticelle à pedoncule long</i>	+++						
	<i>Rotifère digononta</i>	+						
	<i>Zoothamnium pygmaeun</i>	+						

Résultats et discussion

P8	<i>Aspidisca</i> <i>Vorticelle à pedoncule long</i> <i>Genre monas</i>	+++ +++ +	206	4	277	25.1	214	54
P9	<i>Aspidisca</i> <i>Vorticelle à pedoncule court</i> <i>Podophyra</i>	+++ +++ +	260	6	154	27.5	126	6
P10	Vorticelle à pedoncule long Vorticelle à pedoncule court	+++ ++	226	4	493	66	406	13
P11	-		160	10	354	78.2	198	64
P12	<i>Têtes de vorticelle</i> <i>Vorticelle à pedoncule long</i> <i>Paramecium</i>	++ ++ +	80	4	290	32.8	90	9.2
P13	<i>Aspidisca</i> <i>Vorticelle à pédoncule long</i> <i>Gnre monas</i> <i>Nématode</i>	+ + + +	300	32	493	87	248	48
P14		-	260	54	444	173	210	140
P15		-	200	24	459	88	264	36

Résultats et discussion

P16		-	220	28	266	80	171	27
-----	--	---	-----	----	-----	----	-----	----

Selon les résultats obtenus dans le tableau IV on a remarqué quelques interprétations sont les suivants :

- A partir du 1^{er} au 6^{ème} prélèvement, les espèces retrouvées pour ces prélèvements sont tous des indicateurs d'une bonne épuration d'où la conformité du rejet.
- Dans le 7^{ème} prélèvement on a remarqué la présence des *Rotifères* qui indiquent un âge de boues > 8 jours et une eau bien traitée, nitrifiée comme le montre les résultats de la DBO₅, DCO et des MES de l'eau épurée qui sont dans les normes.
- Le 8^{ème} prélèvement indique que les *Vorticelles à pédoncule long* et *Monas* sont des indicateurs d'une bonne épuration, ce qui est prouvé par les résultats de l'eau épurée qui sont dans les normes.
- Le 9^{ème}, 10^{ème}, les espèces retrouvées pour ces prélèvements sont tous des indicateurs d'une bonne épuration d'où la conformité du rejet.
- Le 11^{ème} prélèvement, aucun développement des micro-organismes ce qui nous montre les résultats des analyses du rejet qui dépassent les seuils préconisés par la station.
- Le 12^{ème} prélèvement on a noté que les espèces retrouvées pour ce prélèvement sont tous des indicateurs d'une bonne épuration d'où la conformité du rejet.
- Le 13^{ème} prélèvement, les espèces retrouvées sont rares, le rejet est de mauvaise qualité, ce qui est prouvé par les résultats de l'eau épurée qui sont hors normes.
- Du 14^{ème} au 16^{ème} prélèvement, aucun développement des micro-organismes ce qui nous montre les résultats des analyses du rejet qui dépassent les seuils préconisés par la station d'où la non-conformité du rejet.

Liste des tableaux

Tableau		Page
Tableau I.	Observation macroscopiques des boues activées	46
Tableau II.	Résultats de l'indice de MOHLMAN	47
Tableau III.	Résultats de l'âge des boues activées	48
Tableau IV.	Observation microscopique des boues activées	58
Tableau V.	Résultats des analyses physico-chimiques	ANNEXE I
Tableau VI.	Choix du facteur selon les gammes de DBO_5	ANNEXE II
Tableau VII.	Normes physico-chimiques de rejets selon l'OMS 2006	ANNEXE II
Tableau VIII.	Normes physico-chimiques de rejets selon STEP de Réghaia	ANNEXE III

Liste des figures

Figure		Page
Figure.01	Principe du procédé de traitement des eaux par boue activée	11
Figure.02	Image de la STEP de Réghaïa	17
Figure.03	Canal venturi	18
Figure.04	Bassin d'orage	18
Figure.05	Dégrilleur automatique	19
Figure.06	Tapis transporteur	19
Figure.07	Dessablage-dégraissage	19
Figure.08	Classificateur à sable	19
Figure.09	Décanteur primaire	20
Figure.10	Bassin d'aération	21
Figure.11	Clarificateur	21
Figure.12	Filtre plein	22
Figure.13	Filtre vide	22
Figure.14	Epaississeur de boues	23
Figure.15	Bâche de stockage des boues	23

Figure.16	Centrifugeuse de déshydratation	24
Figure.17	Tapis transporteur	24
Figure.18	Aires de stockage	24
Figure.19	Décantation des boues des deux bassins d'aération	33
Figure.20	Evolution de la température dans la STEP de Réghaïa	36
Figure.21	Evolution du pH dans la STEP de Réghaïa	37
Figure.22	Evolution de la conductivité dans la STEP de Réghaïa	38
Figure.23	Evolution des MES dans la STEP de Réghaïa	39
Figure.24	Evolution de la DBO ₅ dans la STEP de Réghaïa	40
Figure.25	Evolution de la DCO dans la STEP de Réghaïa	41
Figure.26	Evolution de l'azote total dans la STEP de Réghaïa	42
Figure.27	Evolution de l'ammonium dans la STEP de Réghaïa	43
Figure.28	Evolution des nitrates dans la STEP de Réghaïa	44
Figure.29	Evolution des nitrites dans la STEP de Réghaïa	44
Figure.30	Evolution du phosphore dans la STEP de Réghaïa	45
Figure.31	<i>Rotifère Digonota</i> Grx40	49

Figure.32	<i>Nématode</i> Grx40	50
Figure.33	<i>Vorticelle</i> à pédoncule long Grx40	50
Figure.34	<i>Vorticelle</i> à pédoncule court Grx40	51
Figure.35	Têtes de <i>vorticelle</i> Grx40	51
Figure.36	<i>Aspidicia</i> Grx40	52
Figure.37	<i>Epistylis rotans</i>	52
Figure.38	<i>Zoothamnium pygmaeum</i>	53
Figure.39	Genre monas	53
Figure.40	<i>Euplotes</i> Grx40	54
Figure.41	<i>Opercularia</i> Grx40	54
Figure.42	<i>Litonotus</i> Grx40	55
Figure.43	<i>Podophyra</i> Grx40	55
Figure.44	<i>Parmecium</i> Grx40	56
Figure.45	Rendement de réduction de DCO	57
Figure.46	Rendement de réduction de DBO ₅	57
Figure.47	Rendement de réduction de MES	58

Références Bibliographiques

ABIBSI N., 2011. Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra, mémoire de magister, université Mohamed khider-biskra 149p.

ABOUZLAM M., 2014. optimisation d'un procédé de traitement des eaux usée par ozonation catalytique .thèse de doctorat, école national supérieure de l'ingénieur de Poitiers 154p.

ALLAOUI K., 2009. Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées, mémoire de magister, Université Badji Mokhtar-ANNABA 121p.

AMADOU H., 2007. Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaines, Thèse de doctorat, Université louis pasteur STRASBOURGI 248p.

AMIR S., 2005. Contribution a la valorisation des boues de station d'épuration par compostage : devenir des micropolluant métallique et organique et bilan humique du compost ,Toulouse, p312.

ANNANE O., 2008. Amélioration de la technique de défluoruration par le nouveau procédé d'électrocoagulation bipolaire, mémoire de magister, université de Mouloud Mammeri de TIZI-OuZou 91p.

ATTAB S., 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local, Mémoire de magister en biologie, université Ouargla 152p.

AVELLA A., 2010. Substances polymérique Extracellulaires dans les procédés de traitement des eaux usées, thèse de doctorat, Nancy Université 233p.

BANDU J, L., 1999. Etude des options de traitement secondaire des eaux usée pour la région du Grand Moncton, Thèse de magister, Faculté d'étude supérieur et la recherche, centre universitaire de Moncton 247p.

BAUMONT S., CAMARD J, P., LEFRANC A., FRANCON A., 2000. Réutilisations des eaux Usées épurées : risque sanitaires et faisabilité en ile-de France. Paris, p 12-13 ,27-29.

BASSOMPIERRE C., 2007. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France 232 p.

Références Bibliographiques

BEGHOURA F., HERAOUI S., 2012. Notice de Fonctionnement et d'Exploitation STEP réghaia p3.

BEGHOURA F., IKHLEF N., 2013. Notice de Fonctionnement et d'Exploitation STEP réghaia 72p.

BELAID N., 2010. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur Les Plantes et les sols du périmètre irrigué d'EL Hajeb-Sfax : Salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métallique, Thèse de doctorat, Université de Sfax-Tunisie 188p.

BELAHMADI M., 2011. Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad, mémoire de magister, université Mentouri-constantine 82p.

BLAZY P., JDID E., BERSILLON J, L., 1999. Technique de l'ingénieur ; Décantation : aspect théorique. J3450 p 2-10.

BLIEFERT C., PERRAUD R., 2001. Chimie de l'environnement : Air, Sols, Déchets, Edition Eyrolles, Paris. p 2-30.

BOEGLIN J, C., 1998. Traitement biologique des eaux résiduaires. Revue technique de l'ingénieur, p 9-11.

BOUTAYEB M., BOUZIDI A., FEKHAOUI M., 2012. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région Chaouia-Ouardigha (Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. p145-150.

BOUCHEFER S., 2003. Observation microscopique des boues activées, Ministre des ressources en eau. Office National de L'assainissement : Agence régionale d'Alger.

CANLER J P., 2004. Dysfonctionnement Biologique des stations d'épuration- origine et solution. Gis-Biostep. Cemagref Edition 123p.

CANLER J, P., PERRET J, M., DUCHENE P., COTTEUX E., 1999. Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. QUAE Edition 155p.

Références Bibliographiques

CARDOT C., 1999. Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Paris : Ellipses, 247 p

CEBRON A., 2004. Nitrification, Bactéries Nitrifiantes et émission de NO₂ : La seine en aval de Paris, Université Paris VI- Pierre et Marie curie. p 202-204.

CHACHAUT E., ROCHE N., LATIFI M, A., 2007. Nouvelle approche pour la gestion optimale de l'aération es petites stations d'épuration par boues activées. L'eau, l'industrie, les nuisances ; 240 :24-30

CHARLOTTE P., 2011. Transfert de matière dans un bio film aéré sur membrane, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse 211p.

CHERIFI M., 2013. Décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium, Thèse de doctorat, Université BADJI MOKHTAR 111 p.

DAFFRI A., 2008. Biodégradation des crésols par le micro-biote des eaux usées de la ville de Constantine, mémoire de magister, Université Mentouri Constantine 79p.

DEBBA M, B., 1998. Contribution à l'étude des boues résiduaire : Intérêt agronomique et effet des polluants dans le sol et le végétal, mémoire de magister, Université de Mostaghanem 180 p.

DEGREMONT S., 1989. Mémento technique de l'eau tome II. 9^{ème} Edition de cinquantenaire. 1500 p.

DEQUEKER., ARBERAS., PARAN., HERTZOG., BOTELLA., DULIN., AGOSTINI., MICHEL., DURANDEAU., BIRLES., DUHART., PLAGNOT., GOURANTON., DULON ., DUPORT., YVENAT., BIDART., JAFFRE., VIVIER., GONZALEZ, 2006. Présentation de l'avancée des travaux d'assainissement de la Communauté d'agglomération de Bayonne Anglet Biarritz sur la rive gauche de l'Adour puis une visite de la STEP. COMPTE RENDU. 09 p.

DERONZIER G., SHETRITE S., 2001. Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectives. EDITION Cemegref 263p.

Références Bibliographiques

DERONZIER G CHOUBERT J M 2004. Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, Comparaison technique et économique des voies de traitement biologique et physico-chimique. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales FNDAE n°29. Edition Cemagref, Antony 24p.

DERRADJI M., 2015. Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrice dans L'épuration des eaux usées : stratégie et application, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba 140p.

DERWICH E., BENAABIDATE L., ZIAN A., SADKI O., BELGHITY D., 2010. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fes, Larhyss Journal 8, p 101-112.

DINH L., 2013. Relation entre la variabilité de la pollution urbaine et le contexte Socioculturel de bassin de collecte, Thèse de doctorat, Université de lorraine 169p.

DJEDDI H., 2007. Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, mémoire de magistère, Université Mentouri constantine 157p.

DUCHENE P., 1990. Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités. Documentation technique du FNDAE p 8-9.

EDELIN F., 1992. L'épuration biologique des eaux, 2^{ème} Ed.CEBEDOC, lavoisier TEC et DOC, PARIS 303p.

EL HACHEMI., 2012. Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig) : performances épuratoires et aspect phytoplanctonique, thèse de doctorat Faculté des sciences Oujda. 140p.

ELSKENS M., 2010. Analyse des eaux résiduaires, Mesure de la pollution. Technique de l'ingénieur, 4200p.

FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX., HEMOPTINNE J, L., 2005. Ecologie approche Scientifique et pratique 5^{ème} Edition Tec et DOC, Paris. p 214-215.

GAUJOUS D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.

Références Bibliographiques

GUERFI Z., 2012. Impact de l'utilisation des boues résiduaires sur les propriétés physico-chimique des sols de la haute vallée de la Medjerda, mémoire de magister, université Badji Mokhtar- Annaba 97p.

HADJ-ZAINE Z., 2003.Traitement des rejets de l'industrie textile par la technique d'ultrafiltration. Edition. I.C.O.W. Biskra, p 467-469.

HANNACHI A., CHARZOULI R., DJELLOULI Tabet Y., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie, p 51-62.

HAOUECH I., 2012. Elaboration d'un modèle de simulation dynamique d'un chenal d'oxydation : couplage du modèle ASM₁ et du modèle piston avec dispersion, thèse de doctorat, Ecole nationale d'ingénieur de Tunis. 207p

HUGHES D., E et STAFFORD D, A., 1976. The microbiology of the activated-sludge process, critical Rev. Environ. Control 1 9, p 233-257.

JARDE E., 2002. Composition organique de boue résiduaire des stations d'épuration lorraines : Caractérisation moléculaires et effets de la biodégradation, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy 283p.

JENKINS D., RICHARD G., DAIGGER G, T., 1993. Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming, 2nd Edition. lewis Publishers, Boca Ratona 193p.

KAROUNE S., 2008. Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège, Thèse de magister, Université Mentourie Constantine 244p.

LOUNNAS A., 2008. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA, mémoire de magister, Université du 20 aout 1955 SKIKDA 120p.

MADONI P., 1994. A sludge biotic index (SBI) for the évaluation of the biological performance of activated sludge, Wat. Res. 28:67-75.

MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOMA A., VAN M., CLOOSTER M., 2011.

Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental), p 149-169.

MANAHAN S, F., 2000. Environmental chemistry, 7^{eme} edition. Boca Raton, CRC press, USA, Lewis Publisher 1492p.

Références Bibliographiques

MARTTINEN S, K., KETTUNEN R, H., RINTALA J, A., 2003. Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates. The science of the Total Environment p1-12.

MARA D., PEARSON H, W., 1998. Desing Manual for Waste stabilization ponds in Mediterranean countries. Lagoon Technology International Leeds, England. Lagoon Technology International Ltd 90 p.

MEKHALIF F., 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées Comme Eau D'appoint Dans Un Circuit De Refroidissement, Mémoire de Magister, Université du 20 Août 1955, 158p.

MEKOUSSI N., 2014. Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de HAMMAM-DEBAGH (Est Algérien), mémoire de magister, Université Hadj Lakhdar-Batna 126p.

METAHRI M., 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatées des eaux usées traitées par des procédés mixtes : Cas de la STEP EST de la ville de TIZI-OUZOU, Thèse de doctorat, Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 172p.

MIQUEL G., 2003. Sénateur, office Parlementaire d'évaluation des choix scientifique et technologique, Rapport sur « la qualité de l'eau et de l'assainissement en France » Tome II. Paris, France 293p.

MIZI A., 2006. Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie-Région de BEJAIA et Valorisation de déchets oleicoles, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar- Annaba 189p.

MOATAMRI N., 2008. De l'analyse du pilotage d'un décanteur centrifuge a son instrumentation, thèse de doctorat, école Nationale Supérieure des industries agricoles et alimentaires 234p.

MOUNI L., 2004. Etude et caractérisation physico-chimique des rejets dans l'oued Soummam, mémoire de magister, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia 158p

MOREL J, L., 1977. Contribution à l'étude des boues résiduaires dans le sol, Thèse de doctorat, Université NANCY 122p.

NADER A., 2014. Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla gestion et risque environnementaux, mémoire de magister, Université KASDI MERBAH-Ouargla 169p.

Références Bibliographiques

NEUBERT S., BENABDALLAH S., 2003. La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, Etude de rapports d'expertise 96p.

NICOLAU A., LIMA N., MOTA M., MADONI P., 1997. Os protozoários como indicadores da qualidade das Lamas Activadas, Boletim de Biotecnologia, 56 p.

OMS (organisation mondiale de la santé). Utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ; Volume2, 254p.

PANDOLFI D., 2006. Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'image, Thèse de doctorat, Institut Nationale polytechnique de lorraine 124p.

PEIFFER G., 2002. Impact environnementale des effluents d'abattoirs: Actualités technique Et réglementaire, thèse doctorat, Université Toulouse, 285p.

PEREZ F., 2008. Etude de la biodégradabilité de boues secondaires soumises à un traitement thermique à 65°C et du couplage digestion anaérobie et digestion thermophile aérobie pour la réduction de boues, thèse de doctorat, Institut National de la science appliquée de TOULOUSE 213p.

PONSM, N., BELHANI M., BOURGEOIS J., DUPUIT E., 2008. Analyse du cycle de vie, Epurations des eaux usées urbaines. Techniques de l'ingénieur 40p.

PROROT A., 2008. Approche comparative des effets microbiologique et chimiques de traitement d'hydrolyse de boues urbaines dans le cadre de la réduction de leur production, Thèse de doctorat, Université de limoges 262p.

RAMDANI N., 2007. Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires Effet sur la fertilité d'un sol sableux, mémoire de magister, université d'Oran 154p.

REJSEK., 2002. Analyses des eaux, aspects réglementaires et technique, Edition centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, France 360 P.

RODIER J., 1984. L'analyse de l'eau Eaux naturelles –eaux résiduelles – eaux de mer 8^{ème} Edition Dunod, Paris. 1365 p.

Références Bibliographiques

RODIER J et COLL., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris 1384p.

ROSE J, B., FARRAH S, R., FRIEDMAN, D., RILEY, K.,HAMANN C, L.,ROBLINS, M., 1999. Public evaluation of advanced water for potable application, Water science and technology, p 247-252.

SAHTOUT N., 2012. Etude de station de traitement des eaux à boues activées : Optimisation de l'aération et la clarification en vue d'une bonne décantabilité des boues, mémoire de magister, Université Baji Mokhtar-ANNABA 112p.

TELLIER J, M., 2010. L'agriculture nuit-elle aux salmonidés en Estrie, essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, université de SHERBROOKE, CANADA. p13-14.

TIZGHADAM GHAZANI M., 2007 .Etude des performances et optimisation d'un réacteur cascade a biomasse hybride pour le traitement des eaux usées urbaines, Thèse doctorat, université de limoges 191p.

VAILLANT J, R., 1974. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires. Eyrolles, Paris, p 21-24, 236-237.

VILLEBRUN J, F., 1989. La déphosphatation Biologique appliquée à la station d'épuration de Caraon, Rapport de la DDAF de la Mayenne. Volume2 : Critères d'hygièneet documentation à l'appui, Genève, Suisse. 330p.

.YAHIAOUI F., BENRACHEDIK L., LAHOULE N., GHOBRI NI D., AIBOUDEK, B., OUSDIRA K., TRICHINE N., CHADER-KERDJOU S., 2012. Contribution à l'étude de la production d'un biocarburant à partir de la boue des stations d'épuration des eaux usées, Revue des Energies Renouvelables SIENP'12, Ghardaïa, Algérie, p. 229-232.

Références Bibliographiques

Annexes II

Tableau VI. Choix du facteur selon les gammes de DBO₅

Gamme de mesure de DBO ₅ mg/l	Volume (ml)	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43,5	50
0-4000	22,7	100

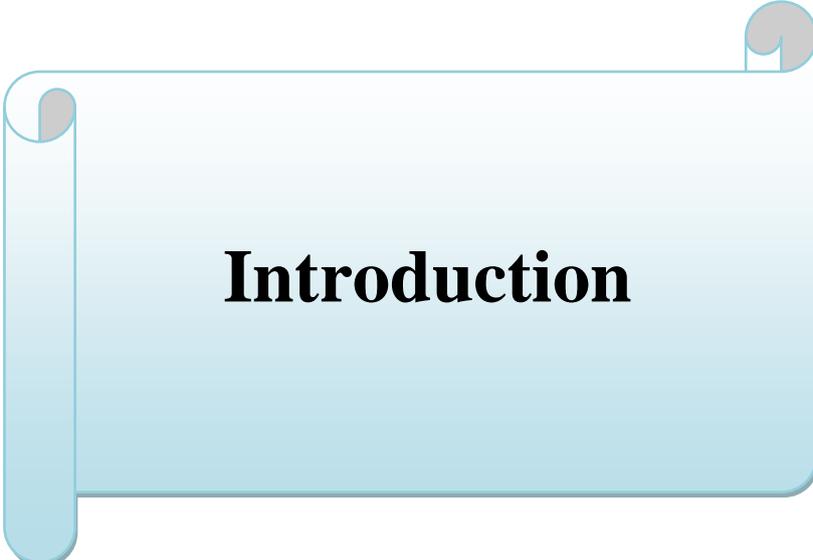
Normes physico-chimiques

Tableau VII. Normes de rejets de l'OMS 2006 appliquées en Algérie, valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

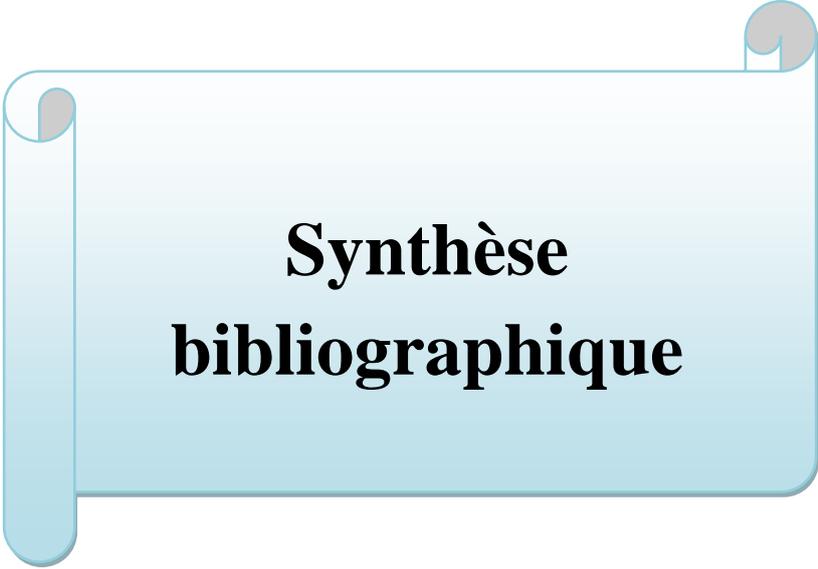
Paramètres	Unités	Valeur maximal
Température	C°	30
Conductivité	Us/cm	1250
pH	-	5,5-8.5
MES	mg/l	30
DCO	Mg/l	90
DBO ₅	Mg/l	30
Azote total	Mg/l	50
Nitrate	Mg/l	44
Phosphate	Mg/l	3

Tableau VIII. Normes physico-chimiques de rejets selon le STEP de Réghaia

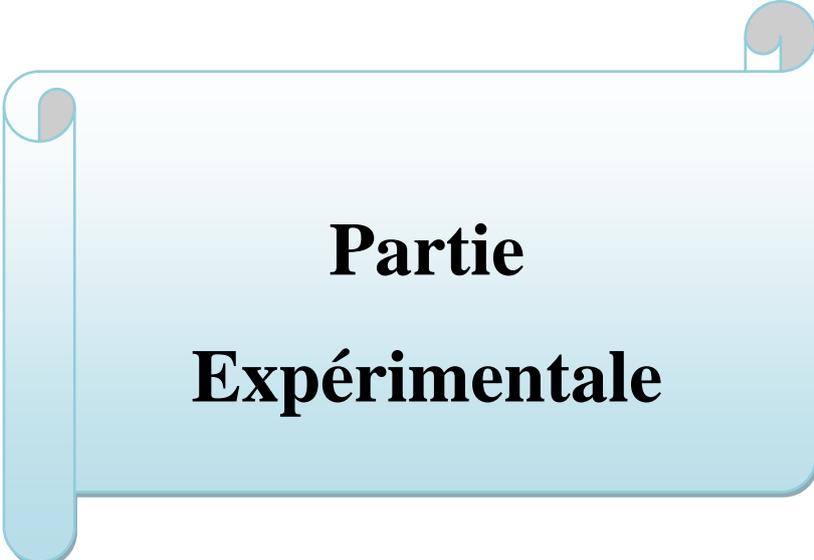
Paramètres	Unités	Valeur maximal
Température	C°	30
Conductivité	Us/cm	1250
pH	-	5,5-8.5
MES	mg/l	20
DCO	Mg/l	50
DBO ₅	Mg/l	15
Azote total	Mg/l	10
Nitrate	Mg/l	44
Phosphore total	Mg/l	3



Introduction



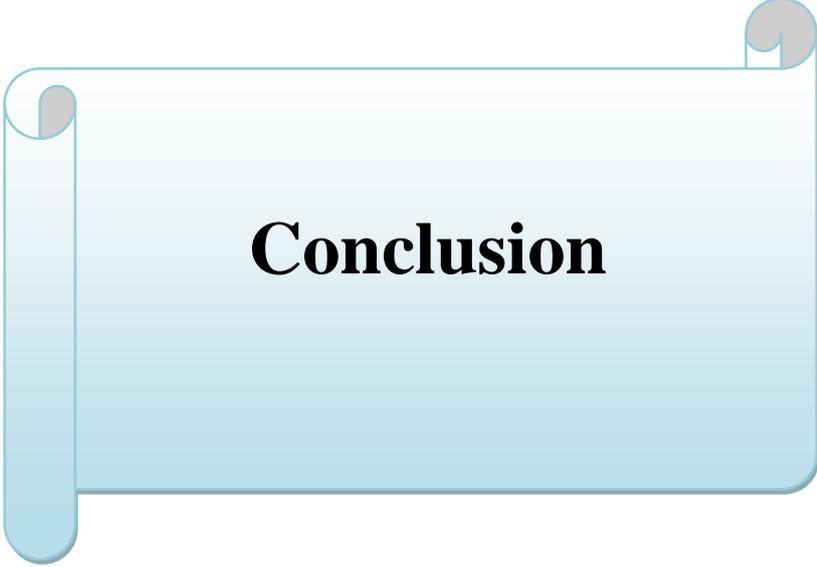
**Synthèse
bibliographique**



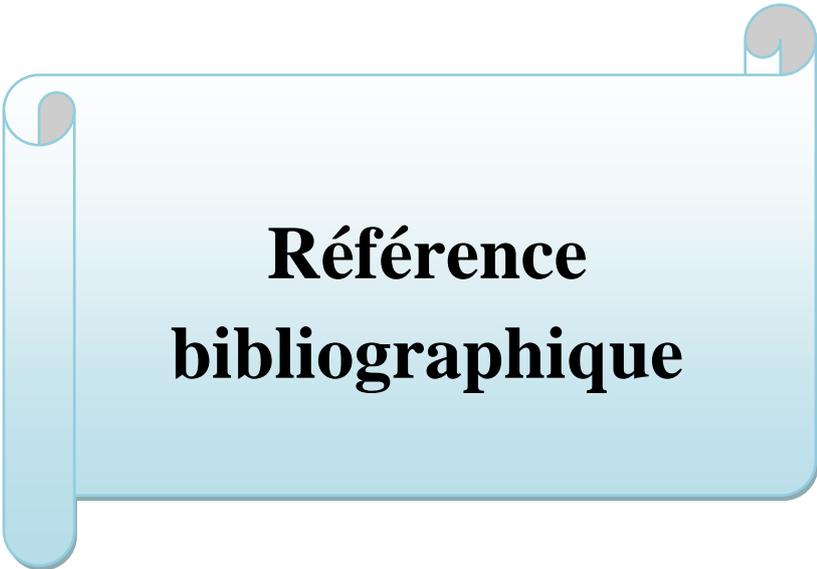
Partie
Expérimentale



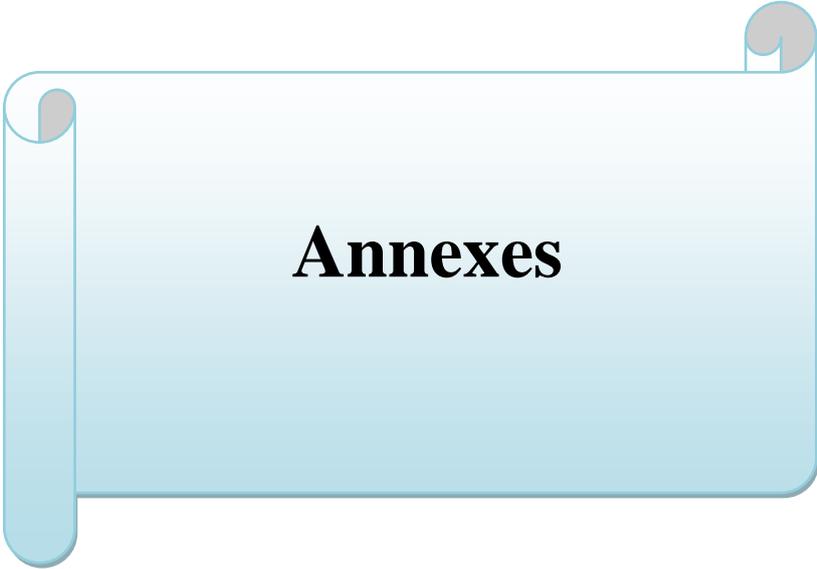
**Résultat et
Discussion**



Conclusion



**Référence
bibliographique**



Annexes