

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université M'hamed Bougara- Boumerdes



Faculté de Technologie



Département Génie des Procédés
Option : Génie chimique

Présenté pour de l'obtention du diplôme de Master en
Génie Chimique

Thème:

Valorisation des eaux usées épurées de la STEP de
Boumerdes pour l'irrigation

Réalisé par:

- ❖ ZORGANI Hana
- ❖ AOUTOU Chahrazed

Promotrice:

M^{me} N. OUSLIMANI

Promotion : 2019/2020



Remerciements

Au terme de ce travail nous tenons à remercier : En premier lieu le dieu miséricordieux qui nous à donner la force d'achever ce travail.

Un grand merci à notre promotrice Mme ouslimani Nacira pour le temps qu'elle nous à accordé, Ainsi pour sa grande Aide et ces conseils judicieux.

Nous tenons à présenter notre vif remerciement à tous les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants de notre faculté.

Mes profonds respects et les vifs remerciements au laboratoire l'ONA de Boumerdes.

Finalement, nous remercions nos chers parents, familles et amis pour leur soutien inconditionnel.





Dédicace

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail. Je dédie ce modeste travail A mes parents qui m'ont aidé infiniment de tout ce qu'il possède et surtout avec leur d'Oaa durant toute ma vie et mon parcours universitaire. A mon frère «walid» ma sœur «asma» et son mari «redwan», J'oublié pas « islam» qui m'a encouragé de sa façon spécial, mes copines «nihad,dihia,wassila» et à toutes la «famille Aoutou » je dis merci à ma binôme HANA avec elle j'ai partagé la réalisation de ce travail. A toute ma promotion de génie chimique.

CHAHRAZED





Dédicace

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail. Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents AHMED et AICHA qui m'ont aidé infiniment de tout ce qu'il possède et surtout avec leur d'Oaa durant toute ma vie pour leur tendresse, leur encouragement et leurs sacrifices, pour l'espoir qu'ils ont semé en moi, et mon parcours universitaire.

A Ma chérie sœur RANIA

A Mes chers frères : ADEL, ANOUAR, et ADEM

A ma famille ZORGANI

A ma grand-mère KALI FATIHA

Tous mes amis sans exception surtout ma chérie copine ROUMAISSA.

A ma copine et ma binôme CHAHRAZED

A tous qui sont près de mon cœur

A tous qui ont contribué à ma formation depuis mon jeune âge.

HANA



Résumé en français

Le présent travail visé à évaluer l'efficacité de la station de traitement des eaux usées domestiques et urbaines de Boumerdès, gérée par l'office national d'assainissement (ONA). Cette évaluation ou bien ce traitement a pour but principale d'éliminer ou détruire ces polluants et ces micro-organismes.

En conclusion, d'après les résultats reculer à l'aide de différents travaux réalisés (vu que les essais n'ont pas pu être réalisés au CRD à cause de Covid-19) les eaux usées épurés ne présentent aucun risque sur les écosystèmes, donc elles peuvent être déversées dans des milieux récepteurs (mers, lacs....), mais sans pouvoir de les réutilisés pour l'irrigation vue leur mauvaise qualité bactériologique.

ملخص بالعربية

يهدف هذا العمل إلى تقييم فعالية محطة بومرداس لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية والحضرية، التي يديرها المكتب الوطني للصرف الصحي. والغرض الرئيسي من هذا التقييم لهذا العلاج هو القضاء أو تدمير هذه الملوثات والكائنات الدقيقة.

في الختام، وفقا لنتائج مختلف الأعمال التي نفذت من قبل (نظرا لتوقف الأعمال التجريبية في مركز البحث و التطور سوناطراك بسبب فيروس كورونا المستجد)، فان مياه الصرف الصحي النقية لا تشكل أي خطر على الانظمة الإيكولوجية، لذلك يمكن تصريفها في بيئات مستقبلات (البحار والبحيرات،.... الخ)، ولكن من دون القدرة على إعادة استخدامها للري بسبب جودتها البكتريولوجي السيئة.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction Générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I: présentation de la STEP de boumerdes

| | |
|--|---|
| I-1-Introduction | 2 |
| I-2-Présentation de l'ONA | 2 |
| I-3-Historique | 3 |
| I-4-Présentation de la station d'épuration de Boumerdès | 3 |
| I-5-Le réseau d'assainissement | 4 |
| I-6-Caractéristiques des eaux à l'entrée de la STEP de Boumerdes | 6 |

Capitre II : Généralité sur les eaux usées

| | |
|---|----|
| II-Les eaux usées..... | 8 |
| II-1-définition des eaux usées :..... | 8 |
| II-2-nature et origine :..... | 8 |
| II-2-1- eaux usées domestiques : | 8 |
| II-2-2-Eaux usées urbaines : | 9 |
| II-2-3- Eaux usées industrielles : | 9 |
| II-3- Composions des eaux usées :..... | 9 |
| II-.3-1/Matières en suspension :..... | 10 |
| II-3-2/Micropolluants organiques et non organiques..... | 11 |
| II-3-2-1/Eléments traces :..... | 11 |
| II-3-2-2/Micropolluants organiques : | 11 |
| II-3-2-3/Substances nutritives : | 12 |
| L'azote : | 12 |
| Le phosphore :..... | 13 |
| Le potassium (K+): | 13 |
| Chlore et sodium :..... | 13 |
| II-4-Classification des substances polluantes :..... | 13 |

| | |
|--|----|
| II-4-1-Pollution physique :..... | 14 |
| II-4-1-1-substances insolubles : | 14 |
| II-4-1-2-pollution thermique : | 14 |
| II-4-2-Pollution chimique : | 14 |
| II-4-2-1-pollution minérale : | 14 |
| II-4-2-2-pollution organique : | 15 |
| II-4-3-Pollution radioactive : | 15 |
| II-4-4-Pollution biologique : | 15 |
| II-5-paramètres de mesure de la pollution des eaux :..... | 16 |
| II-5-1- Critères d'évaluation de la pollution physique :..... | 16 |
| II-5-1-1-La température : | 16 |
| II-5-1-2-la conductivité : | 16 |
| II-5-1-3-Les matières en suspension (MES) : | 16 |
| II-5-1-4-LE Potentiel hydrogène (pH) : | 17 |
| II-5-2-Critère d'évaluation de la pollution chimique :..... | 17 |
| II-5-2-1-Critères d'évaluation de la pollution carbonée :..... | 17 |
| II-5-2-1-1-Demande biochimique en oxygène (DBO ₅) : | 17 |
| II-5-2-1-2-Demande chimique en oxygène (DCO) :..... | 18 |
| II-5-2-3-Le rapport de biodégradabilité DCO –DBO ₅ : | 18 |
| II-5-2-4-Critère d'évaluation de la pollution azotée et phosphorée : | 18 |
| II-5-2-4-1-L'azote : | 19 |
| A. L'azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) | 19 |
| B. L'azote nitreux (N-NO ²⁻) | 19 |
| C. L'azote nitrique (N-NO ³⁻) | 19 |
| II-5-2-4-2- Le phosphore :..... | 19 |

Chpître III: Procédes des traitements des eaux usées

| | |
|---|----|
| III-Introduction..... | 20 |
| III-1-Objectif de traitement | 20 |
| III-2-Procédes d'épuration des eaux usées | 20 |
| III-3-Différentes étapes de traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Boumerdas :..... | 21 |
| III-3-1/ Arrivée des eaux et bassin d'orage : | 21 |
| III-3-2/Prétraitement : | 22 |
| III-3-3/Traitement primaire :..... | 22 |
| III-3-3-1/ Dégrillage :..... | 23 |

| | |
|--|----|
| III-3-3-2/ Dessablage-dégraissage : | 23 |
| III-3-4/Traitement secondaire | 25 |
| III-3-4-1/Ouvrage de répartition : | 25 |
| III-3-4-2/Bassin d'aération (aération biologique) | 25 |
| III-3-4-3/Décantation-clarification : | 26 |
| III-3-5/Traitement complémentaire | 27 |
| III-3-5-1/Canal de comptage et désinfection..... | 27 |
| III-3-6/Destination des boues (traitement des boues) | 28 |
| III-3-6-1/Epaissement des boues..... | 28 |
| III-3-6-2/Déshydratation | 30 |
| III-4-Réutilisation des rejets de la STEP | 32 |
| III-4-1/Réutilisation des eaux usées..... | 32 |
| III-4-1-1/ Réutilisation pour l'irrigation..... | 32 |
| III-4-1-2/ Réutilisation industrielle : | 32 |
| III-4-1-3/réutilisation en zone urbaine : | 32 |
| III-4-1-4/Production d'eau potable : | 33 |
| III-4-2/ Réutilisation des boues : | 33 |
| Conclusion générale..... | 34 |

**Liste
Des
Figures**

Liste des figures :

Chapitre I : Présentation de la STEP de Boumerdes

Figure I.1 : vue satellitaire de la STEP Boumerdes (Google earth, 2020)

Figure I.2 : schéma directeur d'assainissement de Boumerdes

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Figure III.1 : procédés d'épuration des eaux usées domestiques

Figure III.2 : schéma descriptif de traitement des eaux et boues de Boumerdes

Figure III.3 : Bassin d'orage

Figure III.4 : dégrilleur

Figure III.5: Dessaleur - dégraisseur

Figure III.6 : bassins d'aération

Figure III.7: décanteur secondaire – clarificateur

Figure III.8: ouvrage de désinfection

Figure III.9: Epaisseur

Figure III.10 : Déshydratation de la boue

Figure III.11 : boue déshydraté

**Liste
Des
Tableaux**

Liste des Tableaux

Chapitre I : Présentation de la STEP de boumerdes

Tableau I.1 : Les principaux conduits d'assainissement

Tableau I.2 : débit d'eau entrant à la STEP de Boumerdes

Tableau I.3 : Qualité de l'eau à traiter

Chapitre II : Généralité sur les eaux usées

Tableau II.1 : composants majeurs typique d'eau usée domestique

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Tableau III.1 : normes des rejets

Tableau III.2 : descriptif des bassins d'aération

Tableau III.3: Référence (clarificateur)

Tableau III.4 : référence (désinfection)

Liste D'abréviation

Liste d'abréviation

- CE : Conductivité Electrique ;
- CO₂ : dioxyde de Carbone ;
- CRD : Centre de Recherche et de Développement ;
- DFC : Départements Finances et Comptabilité ;
- DUU : EAUX USEES URBAINE ;
- DRH : Départements Ressources Humaines ;
- DAM : Départements Administration des Moyens ;
- DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours ;
- DCO : Demande Chimique en Oxygène ;
- DEM : Départements l'Exploitation et Maintenance ;
- EB : Eau Brutes ;
- EE : Eau Epurées ;
- ET : Elément traces ;
- EP : Eau Potables ;
- EU : Eau Usées ;
- EUD : Eau Usées Domestiques ;
- EUI : Eau Usées Industrielle ;
- EUU : Eau Usées Urbaines ;
- MES : Matière En Suspension ;
- MM : Matière Minérales ;
- MO : Matière Organique ;
- MS : Matière Sèche ;
- NTK : Azote total Kjeldahl ;
- ONA : Organisation National d'Assainissement ;

SR : Station de Relevage ;

PH : Potentiel d'Hydrogène ;

STEP : Station d'épuration ;

T°C : La température.

Introduction

Générale

Introduction

Générale

Introduction Générale

Introduction Générale

Le secteur de traitement des eaux usées urbaines en Algérie est en plein essor, 150 stations d'épuration (STEP) d'une capacité globale installée de 9 064 753 Equivalent/Habitent sont déjà en place et seront renforcées par 40 autres prévues dans la région des hauts plateaux et le Sahara (ONA, 2016). ONA, 2016. Bilan d'Exploitation de l'Année 2016 www.ona.dz.org.

Le rejet en milieu naturel d'eaux non traitées ou mal traitées, génère une pollution catastrophique pour la biodiversité et la qualité des ressources en eau. C'est pourquoi, il est nécessaire de traiter les eaux usées, et de favoriser leur réutilisation, afin de préserver la santé publique et la ressource eau.

La réutilisation des eaux usées épurées se présente aujourd'hui comme une solution alternative pour limiter la pénurie, préserver et valoriser la ressource naturelle et contribuer à la gestion intégrée des ressources en eau du pays. Celle-ci peut être pratiquée pour satisfaire de nombreux usages : agricoles, industriels ou encore environnementaux.

L'une des réutilisations les plus communes est l'irrigation de cultures agricoles à l'aide d'eaux usées traitées.

L'irrigation à l'aide d'eaux usées traitées est un moyen économique de réduire les rejets dans l'environnement et de bénéficier d'un apport en eau même en cas de sécheresse.

Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture: L'irrigation agricole est cruciale pour améliorer la qualité et la quantité de la production agricole. Dans le monde entier, l'agriculture est le secteur le plus consommateur d'eau (UNEP Global Environment Centre Foundation, 2005). En effet, l'UNESCO (2000) a rapporté que le secteur de l'agriculture reçoit 67% des prélèvements totaux en eau et compte pour 86% de la consommation mondiale. L'utilisation des eaux épurées dans l'irrigation des cultures contribue à augmenter les réserves d'eau destinées à l'agriculture UNEP ET Global Environment Centre Foundation (2005) Water and waste water reuse—An environmentally sound approach for sustainable urban water management. 48 p. Fares Kessasra, maître de conférences à l'université de Jijel et consultant auprès de l'Unesco, confie que l'eau issue de la Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) est destinée principalement à l'irrigation des cultures maraîchères, les arbres fruitiers ou encore dans les cultures industrielles. Elle est également utilisée dans l'arrosage des voies publiques et les espaces verts urbains. «Elle assure un approvisionnement en nutriments essentiels à la croissance de la plante, ce qui permet de réduire l'achat de fertilisants et de matières organiques».

Chapitre I
Présentation de
la STEP de
Boumerdes

I- 1-Introduction

Les stations des eaux usées sont très diversifiées en fonction du débit d'eau entrant, de sa qualité, de sa destination ainsi que de la capacité de la station. De ce fait, nous ne pouvons faire un programme qui englobe toutes les possibilités. Nous nous sommes donc, restreint à un seul exemple qui est celui de la station d'épuration des eaux usées urbaines à faible charge de BOUMERDES, objet de notre étude.

I-2-Présentation de l'ONA

L'ONA est un établissement public national à caractère industriel et commerciale qui a été créé par décret exécutif n°01-102 DU 21 AVRIL 2001.

L'ONA est placé sous la tutelle du Ministère des ressources en eau.

Son siège social est fixé au carrefour de sidi Arcine route de Baraki.

L'office est chargé de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance des ouvrages et infrastructures d'assainissement assurant notamment les missions de :

- protection et de sauvegarde des ressources et de l'environnement hydrique ;
- lutte contre les sources de pollution hydrique ;
- préservation de la santé publique ;
- proposition au ministère de tutelle de mesures d'encouragement de l'état ou d'incitations à caractère technique ou financier dans le domaine de l'assainissement;
- réalisation de projets nouveaux financés par l'état ou les collectivités locales.

L'ONA assure également pour le compte de l'état, la maîtrise d'ouvrage déléguée concernant les projets d'études, de réalisation, de réhabilitation, de diagnostics de station d'épuration, de réseaux d'assainissement et de collecte d'eau pluviale ainsi que des stations de relevage.

Chapitre I : présentation de la STEP de Boumerdes

I-3-Historique :

L'unité assainissement de BOUMERDES a été mis en chantier en juillet 2004 date de sa création pour décisions N° : 250 /ONA/ARA/KH/2004 de 28 juillet 2004 depuis sa création plusieurs objectif ont été atteints dont nous citons :

- ✓ L'adoption de terrain et les reconnaissances de l'environnement de la wilaya.
- ✓ Réception de transferts de la DHW (infrastructures et équipements).
- ✓ Maintien et entretien des systèmes d'assainissement de la wilaya.

L'unité d'assainissement de BOUMERDES est composée de sa direction, de quatre (04) départements : ressources humaines (DRH), finances et comptabilité (DFC), administration des moyens (DAM) et l'exploitation et maintenance (DEM), constituent le soutien aux (04) centres d'assainissement répartis à travers le territoire de la wilaya englobant les 32 communes. Avec ses 292 éléments que compte à ce jour l'unité (année 2014), elle gère 3 stations d'épuration, 13 stations de relevage et environ 1350 km linéaire de réseau d'assainissement.

I-4-Présentation de la station d'épuration de Boumerdès

La station d'épuration (STEP) de Boumerdès assure le traitement biologique des eaux usées urbaines de la ville de Boumerdès et de ses deux villes limitrophes Corso et Tidjelabine. Elle se situe sur la rive gauche de L'Oued TATAREG à environ 02 km du centre-ville de Boumerdès. Sa capacité nominale est de 75000 équivalents habitants pour un volume journalier de 15000 m³.

Vu la morphologie et les reliefs de la ville de boumerdès, plusieurs stations de relevage ont été réalisées sur la cote afin d'acheminer toutes les eaux usées de Corso (SR2) et de boumerdes (SR 3, 5, 6, 7et 8) vers la STEP de Boumerdes.

On a deux types d'arrivées, une gravitaire de Tidjelabine et une arrivée par pompage SR3 (station de relevage principale).La vue satellitaire de la STEP Boumerdes est présentée sur la figure1 :



Figure I.1 : vue satellitaire de la STEP Boumerdes (Google earth, 2020)

I-5-Le réseau d’assainissement

Le réseau d’assainissement est de type unitaire. Le collecteurs principaux s’orientent vers la station d’épuration en régime gravitaire et forcé dans le cas morphologique défavorable ou des stations relevage sont réalisées.



Figure I.2 : schéma directeur d'assainissement de Boumerdes

Chapitre I : présentation de la STEP de Boumerdes

Les conditions principales sont résumées dans le **tableau I.1** :

| Conduites | Type de régime | I (ml) | DN (mm) |
|---|----------------|--------|----------------|
| Alliliguia - SR ₁ | Gravitaire | 4360 | 600 BA |
| Tidjelabine - STEP | Gravitaire | 2354 | 500 BA |
| SR ₁ - regard de dissipation | Forcé | 180 | 300 A/C |
| Regard de dissipation - SR ₃ | Gravitaire | 744 | 600 BA |
| SR ₂ - regard de dissipation | Forcé | 963 | 400 A/C |
| Regard de dissipation - SR ₃ | Gravitaire | 350 | 600 BA |
| Pression: SR ₃ - STEP | Forcé | 2180 | 600 BA |
| Chalet sghirat - SR ₈ | Gravitaire | 1200 | 400 PVC |
| SR ₈ - regard de dissipation | Forcé | 680 | 200 PVC ; PN16 |
| Chalet - SR ₆ | Gravitaire | / | 400 PVC |
| SR ₆ - regard de dissipation | Forcé | 660 | 200 PVC ; PN16 |
| SR ₄ - regard de dissipation | Forcé | 2400 | 315 PVC ; PN16 |
| Cité OPGI- SR ₅ | Gravitaire | / | 400 A/C |
| SR ₅ – regard de dissipation | Forcé | 2335 | 200 PVC |
| SR ₇ – regard de dissipation | Forcé | 2500 | 200 PVC |

Tableau I.1 : Les principaux conduits d'assainissement [5].

I-6- Caractéristiques des eaux à l'entrée de la STEP de Boumerdes

Le débit et la qualité des eaux entrant à la STEP sont résumés sur les tableaux I.2 et I.3 ci-dessous :

Chapitre I : présentation de la STEP de Boumerdes

| Paramètre | Débit d'eau d'entrant à la STEP |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Débit moyen journalier | 15000 m ³ /J |
| Débit moyen horaire 24h | 625 m ³ /J |
| Débit de pointe par temps sec | 1063 m ³ /J |
| Débit de pointe par temps de pluie | 1944 m ³ /J |

Tableau I.2 : débit d'eau entrant à la STEP de Boumerdes [18].

| Paramètre de pollution | Concentration moyen à l'entrée |
|------------------------|--------------------------------|
| PH | 6.5-8.5 |
| DBO ₅ | 270 mg/l |
| MES | 350 mg/l |
| DCO | 750 mg/l |
| NTK | 60 mg/l |

Tableau I.3 : Qualité de l'eau à traiter [18].

Chapitre II

Généralités sur

Les eaux usées

II- Les eaux usées

II-1-définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas la pollution de ces autres sources. Elles proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers sont considérés comme une eau usée [1].

Les eaux usées sont des eaux souillées qui ont déjà été utilisées dans des activités domestiques ou industrielles ; elles sont habituellement un milieu complexe chargé de matières présentes sous différentes formes : physiques ; chimiques ou biologiques [2].

II-2-nature et origine :

Toutes les activités humaines, qu'elles soient domestiques ou industrielles, artisanales, agricoles produisent des eaux usées. On distingue trois grandes catégories d'eaux usées:

- Les eaux domestiques
- Eaux usées urbaines
- Eaux industrielles.

II-2-1- eaux usées domestiques :

les EUD comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout à l'égout » [3].

Elles contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tel que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène ; mais aussi d'azote et dans certains cas, d'autres corps tel que soufre, phosphore, fer, etc. [4].

II-2-2-Eaux usées urbaines :

Les EEU comprennent les eaux usées domestiques et les eaux ruissèlent (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marches et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques :

De la terre, des limons des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines ; etc.) Et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, Débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules [5].

II-2-3- 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 contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant rejets dans les réseaux de collecte.

Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution [6].

II-3- Compositions des eaux usées :

La composition des eaux usées est extrêmement variable (tableau II.1), en fonction de leur origine industrielle ou domestique. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes.

La composition des eaux usées analyse par le biais de diverses mesures physiques, chimique et biologiques. Les analyses les plus fréquentes comportent des mesures de déchets solides, de la demande biochimique en oxygène mesurée après cinq jours (DBO_5), de la demande chimique en oxygène (DCO) et du pH [7].

Selon Faby, (1997), elle dépend :

- de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vanne).

Chapitre II : Généralité sur les eaux usées

-de la composition des eaux d'alimentation en l eaux potables, accessoirement de la nature des matériaux entrant dans la constitution des canalisations d'eaux pour les composés chimiques.

- de la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans les réseaux urbains.

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques, chimiques, biologique et du danger sanitaire qu'elles représentent. Ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives [3].

| Constituants | Concentration (mg/l) | | |
|------------------------------------|----------------------|-------|--------|
| | Fort | moyen | faible |
| Solides totaux | 1200 | 700 | 350 |
| Solides dissous(TDS) | 850 | 500 | 250 |
| Solides suspendus | 350 | 200 | 100 |
| Azote (en N) | 85 | 40 | 20 |
| Phosphore (en P) | 20 | 10 | 6 |
| Chlore | 100 | 50 | 30 |
| Alcalinité en (CaCO ₃) | 200 | 100 | 50 |
| Graisses | 150 | 100 | 50 |
| DBO ₅ | 300 | 200 | 100 |

Tableau II.1 : composants majeurs typique d'eau usée domestique [5].

II-3-1-Matières en suspension

Les MES sont en majeure partie de nature biodégradable .La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES.

Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais gout et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures [8].

II-3-2-Micropolluants organiques et nom organiques :

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimal dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion.

C'est la contamination pas voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes [3].

II-3-2-1-Eléments traces :

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques mg/L) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) Sont présents à l'état de traces [9].

Certains ET, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments [8].

II-3-2-2-Micropolluants organiques :

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux –ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (halo formes) [10].

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : Hydrocarbures polycycliques aromatique de, chlorophénols, phatalates, avec une concentration de l'ordre de 1 à 10µg/L dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant,

Chapitre II : Généralité sur les eaux usées

quelques composées ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînées en profondeur.

Il semble que les plantes soient susceptibles d'absorber certains composés organiques, mais il existe peu de données disponibles ce sujet. Les quantités à eux, restent fixés à 97 % dans les racines.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées. [8].

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché, Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxiques. Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexes qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants [3].

II-3-2-3-Substances nutritives :

✓ L'azote :

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O₂) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH₃), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH₄⁺)[11].

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

N organique à NH₄⁺: ammonification

NH₄⁺ NO₂⁻ : nitrification par Nitrosomonas

NO₂⁻NO₃⁻ : nitrification par Nitrobacter [12].

✓ **Le phosphore :**

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg /L (soit 15 à 35 mg/ L en P2O5) cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement [13].

Mais il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption de précipitation ; cette réaction est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore [14].

✓ **Le potassium (K⁺):**

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36mg/l de K₂O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins [8]. Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes [15].

✓ **Chlore et sodium :**

Leur origine est :

- Naturelle (mer : 27g/l NaCl, et terrains sales)
- Humaine (10 à 15 mg/l NaCl dans les urines /j).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolier, galvanoplastique, agroalimentaire [16].

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout des eaux phréatiques saumâtres [8].

II-4-Classification des substances polluantes :

Les matières polluantes qui existent dans les eaux usées sont nombreuses et d'origines très variées. On peut les différencier en fonction de leurs aspects physiques, de leurs compositions chimiques ou de leurs impacts sur les espèces vivantes (toxiques ou non) [17].

II-4-1-Pollution physique :

La pollution physique du globe principalement la polluant thermique (la chaleur) et les substances insolubles. Elle est due à des rejets urbains ou industriels [17].

II-4-1-1-substances insolubles :

La pollution peut être présente sous différentes formes : débris grossiers, matières en suspension ou sous forme colloïdales. Selon des particules polluantes :

-Si la taille des particules est supérieure à 1 micron : ce sont des matières en suspension, responsables essentiellement de trouble de l'eau.

-Si la taille des particules sont comprises entre 1 et 1-1000 micron correspond aux matières colloïdales, qui participent au trouble et à la coloration de l'eau. Ces matières colloïdales ne sont pas décanables.

-Si la taille des particules est inférieure à 1-1000 micron : ce sont des matières dissoutes, des sels minéraux et des molécules organiques. Certaines de ces molécules organiques (huiles, hydrocarbures,...)Ne se mélangent pas à l'eau. Déposés en fines gouttes, on dit qu'elles forment alors des émulsions [18].

II-4-1-2-pollution thermique :

Elle résulte des rejets d'eau à température trop élevée influant, à la fois, sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique. Les systèmes des refroidissements de l'eau des industries et des centrales, notamment les centrales nucléaires, représentent une source de pollution par réchauffement de la température de l'eau [19].

II-4-2-Pollution chimique :

Elle est due à des substances minérales ou organiques, solubles ou insolubles [20].

II-4-2-1-pollution minérale :

Elle est due à la présence des matières azotées (nitrates, nitrites,..) et des matières phosphorées (orthophosphates, poly phosphates). Ces derniers favorisent la prolifération des algues dans les milieux aquatiques : c'est le phénomène d'eutrophisation qui provoque l'appauvrissement en oxygène.

La pollution minérale est également due à des éléments solides tels que les oxydes métalliques et le sable [18].

II-4-2-2-pollution organique :

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante. Elle résulte de diverses activités : urbaines, industrielles, artisanales et rurales. Chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou non biodégradables.

- La matière organique biodégradable consommée par des microorganismes dans le milieu récepteur. Cependant, quand celle-ci est en excès, la biodégradation devient très limitée avec un déficit en oxygène ;
- La matière organique non biodégradable tel que les hydrocarbures, une fois rejetée, diminue la pénétration de la lumière et de l'oxygène de l'air [20].

II-4-3-Pollution radioactive :

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs rayonnements d'origine industrielle ou de contaminations accidentelles de l'eau à partir de rejets des centrales nucléaires.

Les dommages causés par l'accumulation accidentelle de radioéléments dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologiques (irradiations, brûlures, cancer...) et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier des malformations congénitales [18].

II-4-4-Pollution biologique :

Les eaux usées peuvent être chargées en germes pathogènes provenant de la flore intestinale de l'être humain (exemple : eaux de vannes), d'effluents hospitaliers, ainsi que des déversements de certaines industries (abattoirs, tanneries...).

Les microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées peuvent être classés en quatre principaux groupes :

- Les bactéries pathogènes ;
- Les virus ;
- Les parasites ;
- Les champignons [21].

II-5-paramètres de mesure de la pollution des eaux :

II-5-1- Critères d'évaluation de la pollution physique :

II-5-1-1-La température :

C'est un paramètre important pour le fonctionnement de certains systèmes de dépurations.

Il peut influencer sur :

- ✓ La multiplication des microorganismes affectants, ainsi, l'épuration biologique.
- ✓ La solubilité des sels et des gaz, en particulier la concentration d'oxygène dissous.
- ✓ Le dégraissage qui est sensible à des températures trop élevées, ainsi la température de tout rejet doit être inférieure à 30°C [19-21].

✓

II-5-1-2-la conductivité :

La mesure de la conductivité se révèle le paramètre représentatif de la pollution minérale soluble.

Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants d'eaux industrielles, ont été évacués dans le réseau d'assainissement [19].

II-5-1-3-Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension sont constituées de toutes les particules organiques ou minérales véhiculées par les eaux. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiments arrachés par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues) [22].

Ce sont des particules solides très fines qu'on peut voir à l'œil nu. Théoriquement, elles déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière diminuant ainsi la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique [23].

MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \quad (\text{Eq 2.1})$$

II-5-1-4-Le Potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel d'Hydrogène pH mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau [24]. Le pH exprime le potentiel en hydrogène, indique la concentration en ion H⁺, il joue un rôle important dans [25].

- ✓ Les propriétés physique-chimiques (l'acidité et l'alcalinité);
- ✓ L'efficacité de certains procédés (coagulation-floculation);
- ✓ Les processus biologiques.

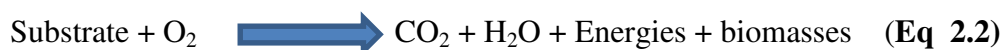
II-5-2-Critère d'évaluation de la pollution chimique :

II-5-2-1-Critères d'évaluation de la pollution carbonée :

Les méthodes de dosage les plus répandues et les plus significatives pour apprécier la teneur des substances organiques présentant, dans les eaux sont celles qui utilisent comme références la quantité d'oxygène nécessaire à les oxyder (demande en oxygène). Cette demande en oxygène peut être représentée biologiquement ou chimiquement suivant divers paramètres [19].

II-5-2-1-1-Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C, à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, exprimée en mg/l. Ce temps assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie selon la réaction chimique suivante : [26].



II-5-2-1-2-Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'O₂/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau [27]. Elle représente donc la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

II-5-2-1-3--Le rapport de biodégradabilité DCO –DBO₅ :

Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. La biodégradabilité traduit d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient k tel que [28]:

$$k = \text{DCO} / \text{DBO}_5 \quad (\text{Eq 2.3})$$

- ❖ Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- ❖ Si $1,5 < k < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- ❖ Si $2,5 < k < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- ❖ Si $k > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient k très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures, etc.

La valeur du coefficient k détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique [29].

II-5-2-3-Critère d'évaluation de la pollution azotée et phosphorée :

Les nutriments tels que l'azote et le phosphore sont des éléments chimiques responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. La connaissance des quantités présentes dans les eaux usées est indispensable pour le contrôle des rejets dans les milieux récepteurs.

Par ailleurs, azote et le phosphore sont le des constituants essentiels et leurs présence et industriels biodégradables.

Un apport DCO₅/N/ P minimum 100/ 5/ 1 est suffisants pour le développement normal des microorganismes épurateurs aérobies [19-21].

II-5-2-3-1-L'azote :

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral,

Il se présente sous quatre formes:

L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.

- A. L'azote ammoniacal ($N-NH_4^+$) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- B. L'azote nitreux ($N-NO_2^-$) provient d'une oxydation incomplète de l'azote Ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- C. L'azote nitrique ($N-NO_3^-$) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal.

Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [30].

II-5-2-3-2-Le phosphore :

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation répondent au test de spectrophotométrie sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et la minéralisation le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore Organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L De PO_4^{-3} ou De P_2O_5 [31].

Chapitre III
Procédés des
Traitements
Des eaux usées

Chapitre III : Procédés des traitements des eaux usées

Introduction

La station d'épuration rassemble une succession de mécanismes pour traiter des eaux usées domestiques ou industrielles, avant les rejeter dans les milieux récepteurs. L'épuration des eaux polluées (domestiques) doit permettre d'éliminer la majeure partie de la pollution organique [32].

III-1-Objectif de traitement

L'objectif cible est requis en sortie de station est suivant : (tableau III.1)

| Paramètre | Normes | paramètre | Normes |
|-----------------------|---------|------------|--------|
| Température (°C) | 30 | NTK | 50 |
| pH | 6.5-8.5 | Phosphates | 20 |
| DBO ₅ mg/l | 30 | Nitrates | 40 |
| DCO mg/l | 90 | Nitrites | - |
| MES mg/l | 30 | - | - |

Tableau III.1 : normes des rejets [5].

III-2-Procédés d'épuration des eaux usées

Les STEP traitent les eaux usées afin de les purifier et aussi les boues d'épuration en les déshydratants (figure III.1 / figure III.2)



Figure III.1 : procédés d'épuration des eaux usées domestiques

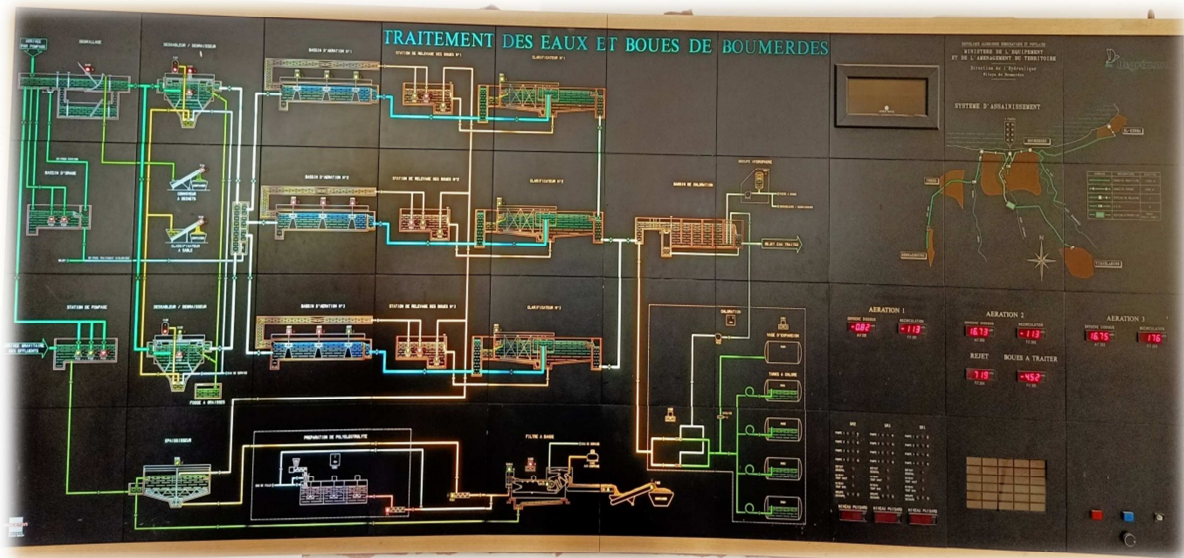


Figure III.2 : schéma descriptif de traitement des eaux et boues de Boumerdes

III-3-Différentes étapes de traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Boumerdes :

Le principe de traitement adopté au niveau de la STEP de boumerdes est basé sur une épuration biologique par boues activées à faible charge par aération prolongée.

Le traitement des eaux usées comporte les étapes suivantes [18]:

- Arrivée des eaux, by-pass et bassin d'orage
- Prétraitement et traitement primaire :
 - Dégrillage
 - Dessablage – dégraissage
- Traitement secondaire :
 - Aération biologique
 - Clarification
- Traitement complémentaire

III-3-1-Arrivée des eaux et bassin d'orage :

Une partie des eaux usées arrive par pompage alors que l'autre partie arrive par gravité.

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Un déversoir alimente un bassin d'orage lorsque le débit est supérieur au débit accepté par l'installation. Un by-pass contrôle l'entrée générale de la STEP [18].



Figure III.3 : Bassin d'orage

III-3-2-Prétraitement :

La disposition de prétraitement physique est présent dans toutes les stations d'épuration, quel que soient les procédés mis en œuvre en aval. Ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs [33].

III-3-3-Traitement primaire :

Le traitement primaire est une simple décantation qui permet de réduire la majeure partie des matières en suspension. Celles-ci se déposent au fond du bassin, ce sont les boues primaires. Elles sont ensuite récupérées par raclage du fond du bassin, puis envoyées à l'épaississeur [34].

III-3-3-1-Dégrillage :

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc). L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types (03) [35] :

- ✓ Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm)
- ✓ Dégrillage moyen (écartement 10 à 25 mm)
- ✓ Dégrillage grossier (écartement 5 à 10 cm)



Figure III.4 : dégrilleur

III-3-3-2-Dessablage-dégraissage :

L'ouvrage de dessablage-dégraissage est alimenté par une entrée centrale qui parcourt.

Tout l'ouvrage et sort de l'autre extrémité à travers un immergé, puis passe sur un déversoir aval de maintien d'eau.

Les ouvrages circulaires de dessablage-dégraissage ont pour but :

- d'éliminer par décantation la plus grande partie des sable de dimensions supérieures à 150-200 mm ;

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

- d'éliminer une grande partie de matières flottantes (graisses, écumes) en partie supérieur des ouvrages ;
La rétention des particules sableuses contenues dans l'eau résiduaire urbaine est indispensable, car elle permet :
- d'éviter l'abrasion des engins mécaniques ;
- d'éviter les surcharges dans les étapes suivantes du traitement, notamment, en cas de pluie ou la quantité journalière de sable arrivant sur la station peut être multipliée par trois(03).
- le dégraissage (ou déshuilage) consiste à récupérer grâce à des racleurs, les graisses qui se trouvent à la surface des eaux usées naturellement ou par flottation (injection de fine bulles d'air).
L'élimination des graisses permet d'éliminer la quantité visuelle de la surface des ouvrages ultérieurs (quantité de grasses piégées : 5 à 15mg/l) [36].



Figure III.5: Dessaleur - dégraisseur

III-3-4-Traitement secondaire

III-3-4-1-Ouvrage de répartition :

Cet ouvrage d'aguiller l'eau à traiter vers les files de traitement par l'intermédiaire de batardeaux, une lame de sur verse sert de by-pass en cas de sur débit [5].

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

III-3-4-2-Bassin d'aération (aération biologique)

Trois bassins munis de trois turbines (acti-rotor) chaque une permettre l'aération de la quantité des bactéries à l'origine du traitement.

Les bassins reçoivent la liqueur mixte constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux [5] (**tableau III.2**)



Figure III.6 : bassins d'aération

Descriptif des bassins d'aération : (tableau III.2)

| | |
|--------------------|---------------------|
| Nombre de bassin | 3 |
| Volume unitaire | 3600 m ³ |
| Profondeur | 4,5 m |
| Nombre d'aérateurs | 9*RN 6518 |

Tableau III.2 Description technique [5].

Ces trois bassins d'aération composés chacun de : trois turbines acti-rotor en tôle d'acier au carbone :

- TypeRN 6518
- Vitesse de rotation57 tr/mi
- Diamètre extérieur.....2.15 m
- Trois groupes réducteurs.

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

III-3-4-3-Décantation-clarification :

Les eaux sortant des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs de diamètre 24 m Par un.

Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées vers un puits central pour être reprises vers la bache de circulation

Une petite partie est recerclée en tête d'aération (liqueur mixte), l'autre est reconduite vers l'épaisseur [5] (tableau III.3)



Figure III.7: décanteur secondaire – clarificateur

| Clarificateur | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Quantité | 3 |
| Diamètre | 24 m |
| Hauteur d'eau clinique | 2.5 m |
| Pont racleur muni d'un motoréducteur | |
| Fournisseur | OSUCUME |
| Sécurité | Limiteur de couple |
| Puissance | 0.25 Kw |
| Vitesse | 1500 t/min |
| Alimentation | 380 v |

Tableau III.3: Référence (clarificateur) [5]

Fosses de recirculation :

Une bêche de recirculation attenante aux réactions contient deux pompes de recirculation des boues appelées liqueur mixtes, ainsi que la pompe d'extraction des boues vers l'épaississeur.

Le calcul c'est basé sur un taux journalier de 200 % du débit moyen 24h, soit un volume journalier de 30000 m³/J

Volume journalier pompé.....30000 m³

Débit moyen pompé.....1250 m³/h

Temps de fonctionnement.....24h [5].

III-3-5-Traitement complémentaire

III-3-5-1-Canal de comptage et désinfection

L'eau clarifiée est dirigée vers une bêche de contact dimensionné pour 20 min de temps de rétention à plein débit, soit un volume 385 m³.

La première partie de l'ouvrage sert de canal de comptage pour asservissement de l'injection du chlore [5] (tableau III.4)

| Mesure de débit | |
|------------------------|------------------------------|
| Type | Venturi parschall-plume |
| Echelle | 0 à 1200 m ³ /h |
| Chlorométrie sous vide | |
| Débit mètre de chlore | 0 à 20 kg/Cl ₂ /h |

Tableau III.4 : référence (désinfection) [5].



Figure III.8: ouvrage de désinfection

III-3-6-Destination des boues (traitement des boues)

Le traitement des boues issues de la décantation-clarification compte deux étapes :

- un épaissement statique
- une déshydratation mécanique [5].

III-3-6-1-Epaississement des boues

Avant transfert en déshydratation, il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dont le but essentiellement de traiter de plus faible volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compactés.

L'épaississement n'est pas le « dépotoir » final de traitement de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement de l'eau et la chaîne de traitement des boues [5].



Figure III.9: Epaisseur

➤ **Caractéristiques dimensionnelle :**

Un épaisseur de diamètre 13m est prévu équipé de :

- Une tête d'entraînement, fixée au centre de la passerelle sur châssis indépendant, constitué de :

Une couronne dentée à rouleaux alternes de denture extérieure supportant et entraînant le dispositif de raclage par l'intermédiaire d'une pièce de jonction.

Un pignon d'attaque de la couronne, arbre ou un claveté sur un arbre.

Caractéristiques fonctionnelles : la charge à appliquer sur l'épaisseur pour des boues d'aération prolongée est d'environ $30\text{kg/m}^3/\text{J}$, cela implique une surface d'épaississement de 135 m^2 .

La concentration des boues d'entrer sera approximativement de 10g/l .

La concentration maximale des boues épaissies atteindra environ 20 à 25g/l .

Les productions des boues sont de 4050kg/MS/J .

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Volume journalier à transférer en déshydratation 792 m³, les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage pour être refoulées vers la déshydratation à l'aide d'une pompe à vitesse variable afin d'ajuster le débit de boues à déshydrater [5].

Temps de fonctionnement journalière.....24h

Puissance absorbée.....0.3kw

Consommation journalière.....7.1kw

Le But d'épaississement :

1. Soulager le traitement de l'eau en captant au maximum les boues produites par cette chaîne des traitements en lui restitue une surverse peu chargée dite « claire » afin d'éviter tous les stockages préjudiciables des boues dans les ouvrages de traitement d'eau.
2. Fournir de la chaîne de traitement des boues « produit » rassemblant le maximum de qualité tant que concentration qu'en fraîcheur afin d'assurer les conditions optimales des déshydratations. L'épaississeur doit être considéré comme un ouvrage à part entière remplissant les mêmes fonctions qu'un décanteur (qu'il soit primaire ou secondaire), c'est-à-dire qu'il réalise une séparation solide-liquide [5].

III-3-6-2-Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à un état plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie [32].

La déshydratation des boues est assurée par une presse à bande filtrante. Les boues à traiter après avoir été mélangées à une solution de polymère sont déversées sur un tapis roulant perméable qui assure la pression de ces boues au fur et à mesure de leur passage sur le tapis, ainsi obtenant à la fin une boue beaucoup plus sèche. Ces boues sont ensuite stockées dans des sillons de stockage avant d'être envoyées à la décharge ou réutilisées, tandis que l'eau de déshydratation rejoint le poste de relevage [37].



Figure III.10 : Déshydratation de la boue



Figure III.11 : boue déshydraté

III-4-1-Réutilisation des rejets de la STEP

III-4-1-Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est très répandue dans les régions de monde où cette ressource est limitée, plusieurs types de valorisation des eaux usées sont répandus dans le monde, citant les plus importants :

III-4-1-1-Réutilisation pour l'irrigation

C'est une première voie de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées, surtout dans les types réputés agricoles. En Algérie ; seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet [38].

Bien que les avantages de ce type de valorisation soient bien connus, mais l'irrigation avec des eaux usées traitées peut avoir des impacts négatifs sur la santé publique et l'environnement ainsi, l'irrigation obéit à une norme de qualité, largement inspirée du journal officielle plus précisément de l'arrêté interministériel du 08 Safar 1433 correspond au 2 Janvier, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation [39].

III-4-1-2- Réutilisation industrielle :

L'usage industriel est l'un des plus grands potentiels de la réutilisation des eaux usées traitées, en effet, ces eaux peuvent être intéressants dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement , alimentation de chaudière , lavage , construction , papeteries , industries textiles, ainsi que plus récemment dans les industries électronique alimentaires [40].

III-4-1-3-réutilisation en zone urbaine :

Les pays à la pointe de la réutilisation des eaux usées traitées en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts, l'aménagement paysager, le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie, recyclage des eaux usées d'un immeuble [41].

III-4-1-4-Production d'eau potable :

Le progrès technologique dans le domaine du traitement de l'eau permet de produire une eau recyclée d'excellente qualité à partir des eaux usées urbaines, les procédures suivies dans le traitement peuvent éliminer tous les éléments pathogènes [40],

La qualité peut être meilleure que celle de l'eau potable issue de sources naturelles.

III-4-2-Réutilisation des boues :

Les différentes voies de valorisations et d'élimination des boues sont les suivantes :

- **Valorisation agricole :** la richesse en éléments fertilisants tel que l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol [42]. Mais, la valorisation agricole de ces boues comporte des limites liées à la concentration en éléments toxiques et / ou en germes pathogènes.
- **Valorisation énergétique (la méthanisation) :** c'est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques existant dans la boue, par l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes qui conduit à la formation du biogaz (composé d'environ 50% à 70% de méthane (CH₄), de 20% à 50% de gaz carbonique (CO₂) et de quelques gaz traces (NH₃, N₂, H₂S) qui est une source d'énergie renouvelable [42].
- **L'épandage et le compostage.**
- **Élimination des boues :** incinération et mise en décharge

Chapitre III : Procédés des traitements des eaux usées

Introduction

La station d'épuration rassemble une succession de mécanismes pour traiter des eaux usées domestiques ou industrielles, avant les rejeter dans les milieux récepteurs. L'épuration des eaux polluées (domestiques) doit permettre d'éliminer la majeure partie de la pollution organique [32].

III-1-Objectif de traitement

L'objectif cible est requis en sortie de station est suivant : (tableau III.1)

| Paramètre | Normes | paramètre | Normes |
|-----------------------|---------|------------|--------|
| Température (°C) | 30 | NTK | 50 |
| pH | 6.5-8.5 | Phosphates | 20 |
| DBO ₅ mg/l | 30 | Nitrates | 40 |
| DCO mg/l | 90 | Nitrites | - |
| MES mg/l | 30 | - | - |

Tableau III.1 : normes des rejets [5].

III-2-Procédés d'épuration des eaux usées

Les STEP traitent les eaux usées afin de les purifier et aussi les boues d'épuration en les déshydratants (figure III.1 / figure III.2)

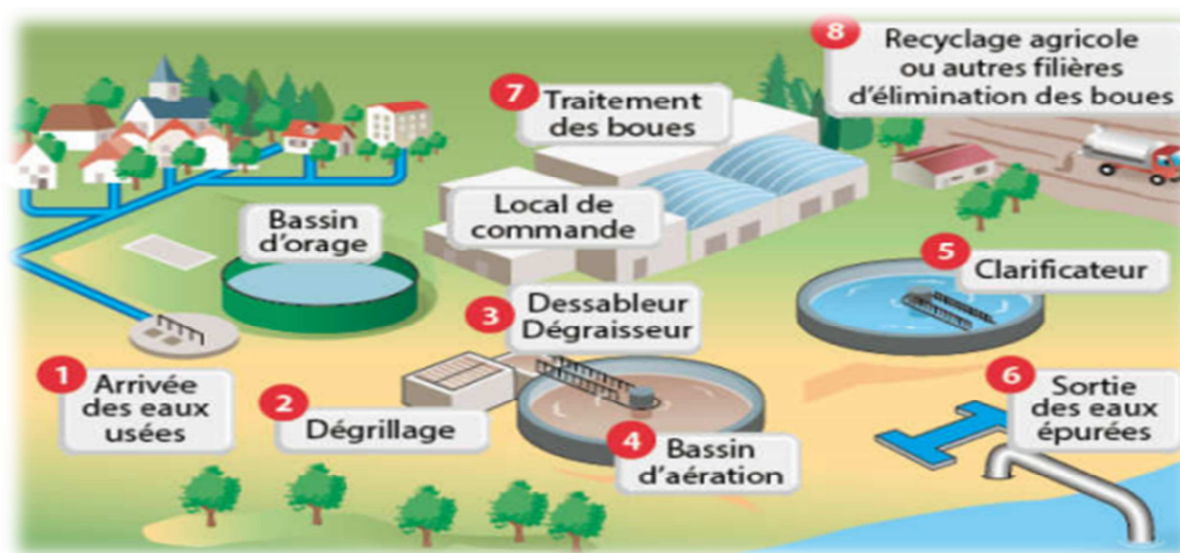


Figure III.1 : procédés d'épuration des eaux usées domestiques

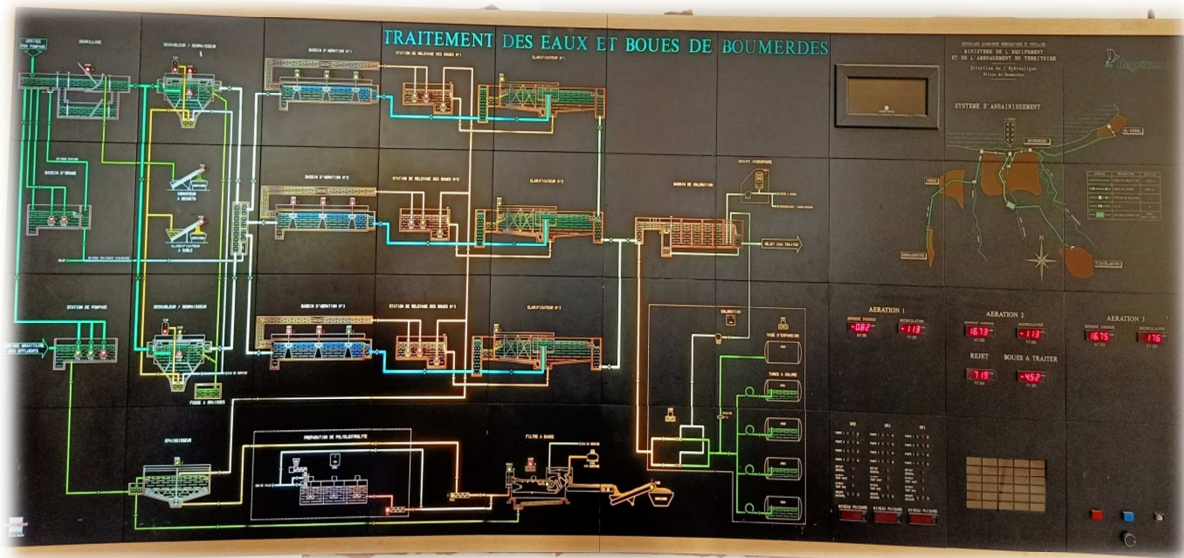


Figure III.2 : schéma descriptif de traitement des eaux et boues de Boumerdes

III-3-Différentes étapes de traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Boumerdes :

Le principe de traitement adopté au niveau de la STEP de boumerdes est basé sur une épuration biologique par boues activées à faible charge par aération prolongée.

Le traitement des eaux usées comporte les étapes suivantes [18]:

- Arrivée des eaux, by-pass et bassin d'orage
- Prétraitement et traitement primaire :
 - Dégrillage
 - Dessablage – dégraissage
- Traitement secondaire :
 - Aération biologique
 - Clarification
- Traitement complémentaire

III-3-1-Arrivée des eaux et bassin d'orage :

Une partie des eaux usées arrive par pompage alors que l'autre partie arrive par gravité.

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Un déversoir alimente un bassin d'orage lorsque le débit est supérieur au débit accepté par l'installation. Un by-pass contrôle l'entrée générale de la STEP [18].



Figure III.3 : Bassin d'orage

III-3-2-Prétraitement :

La disposition de prétraitement physique est présent dans toutes les stations d'épuration, quel que soient les procédés mis en œuvre en aval. Ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs [33].

III-3-3-Traitement primaire :

Le traitement primaire est une simple décantation qui permet de réduire la majeure partie des matières en suspension. Celles-ci se déposent au fond du bassin, ce sont les boues primaires. Elles sont ensuite récupérées par raclage du fond du bassin, puis envoyées à l'épaississeur [34].

III-3-3-1-Dégrillage :

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc). L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types (03) [35] :

- ✓ Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm)
- ✓ Dégrillage moyen (écartement 10 à 25 mm)
- ✓ Dégrillage grossier (écartement 5 à 10 cm)



Figure III.4 : dégrilleur

III-3-3-2-Dessablage-dégraissage :

L'ouvrage de dessablage-dégraissage est alimenté par une entrée centrale qui parcourt.

Tout l'ouvrage et sort de l'autre extrémité à travers un immergé, puis passe sur un déversoir aval de maintien d'eau.

Les ouvrages circulaires de dessablage-dégraissage ont pour but :

- d'éliminer par décantation la plus grande partie des sable de dimensions supérieures à 150-200 mm ;

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

- d'éliminer une grande partie de matières flottantes (graisses, écumes) en partie supérieur des ouvrages ;
La rétention des particules sableuses contenues dans l'eau résiduaire urbaine est indispensable, car elle permet :
- d'éviter l'abrasion des engins mécaniques ;
- d'éviter les surcharges dans les étapes suivantes du traitement, notamment, en cas de pluie ou la quantité journalière de sable arrivant sur la station peut être multipliée par trois(03).
- le dégraissage (ou déshuilage) consiste à récupérer grâce à des racleurs, les graisses qui se trouvent à la surface des eaux usées naturellement ou par flottation (injection de fine bulles d'air).
L'élimination des graisses permet d'éliminer la quantité visuelle de la surface des ouvrages ultérieurs (quantité de grasses piégées : 5 à 15mg/l) [36].



Figure III.5: Dessaleur - dégraisseur

III-3-4-Traitement secondaire

III-3-4-1-Ouvrage de répartition :

Cet ouvrage d'aguiller l'eau à traiter vers les files de traitement par l'intermédiaire de batardeaux, une lame de sur verse sert de by-pass en cas de sur débit [5].

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

III-3-4-2-Bassin d'aération (aération biologique)

Trois bassins munis de trois turbines (acti-rotor) chaque une permettre l'aération de la quantité des bactéries à l'origine du traitement.

Les bassins reçoivent la liqueur mixte constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux [5] (tableau III.2)



Figure III.6 : bassins d'aération

Descriptif des bassins d'aération : (tableau III.2)

| | |
|--------------------|---------------------|
| Nombre de bassin | 3 |
| Volume unitaire | 3600 m ³ |
| Profondeur | 4,5 m |
| Nombre d'aérateurs | 9*RN 6518 |

Tableau III.2 Description technique [5].

Ces trois bassins d'aération composés chacun de : trois turbines acti-rotor en tôle d'acier au carbone :

- TypeRN 6518
- Vitesse de rotation57 tr/mi
- Diamètre extérieur.....2.15 m
- Trois groupes réducteurs.

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

III-3-4-3-Décantation-clarification :

Les eaux sortant des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs de diamètre 24 m Par un.

Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées vers un puits central pour être reprises vers la bache de circulation

Une petite partie est recerclée en tête d'aération (liqueur mixte), l'autre est reconduite vers l'épaisseur [5] (tableau III.3)



Figure III.7: décanteur secondaire – clarificateur

| Clarificateur | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Quantité | 3 |
| Diamètre | 24 m |
| Hauteur d'eau clinique | 2.5 m |
| Pont racleur muni d'un motoréducteur | |
| Fournisseur | OSUCUME |
| Sécurité | Limiteur de couple |
| Puissance | 0.25 Kw |
| Vitesse | 1500 t/min |
| Alimentation | 380 v |

Tableau III.3: Référence (clarificateur) [5]

Fosses de recirculation :

Une bêche de recirculation attenante aux réactions contient deux pompes de recirculation des boues appelées liqueur mixtes, ainsi que la pompe d'extraction des boues vers l'épaississeur.

Le calcul c'est basé sur un taux journalier de 200 % du débit moyen 24h, soit un volume journalier de 30000 m³/J

Volume journalier pompé.....30000 m³

Débit moyen pompé.....1250 m³/h

Temps de fonctionnement.....24h [5].

III-3-5-Traitement complémentaire

III-3-5-1-Canal de comptage et désinfection

L'eau clarifiée est dirigée vers une bêche de contact dimensionné pour 20 min de temps de rétention à plein débit, soit un volume 385 m³.

La première partie de l'ouvrage sert de canal de comptage pour asservissement de l'injection du chlore [5] (tableau III.4)

| Mesure de débit | |
|------------------------|------------------------------|
| Type | Venturi parschall-plume |
| Echelle | 0 à 1200 m ³ /h |
| Chlorométrie sous vide | |
| Débit mètre de chlore | 0 à 20 kg/Cl ₂ /h |

Tableau III.4 : référence (désinfection) [5].



Figure III.8: ouvrage de désinfection

III-3-6-Destination des boues (traitement des boues)

Le traitement des boues issues de la décantation-clarification compte deux étapes :

- un épaissement statique
- une déshydratation mécanique [5].

III-3-6-1-Epaississement des boues

Avant transfert en déshydratation, il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dont le but essentiellement de traiter de plus faible volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compactés.

L'épaississement n'est pas le « dépotoir » final de traitement de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement de l'eau et la chaîne de traitement des boues [5].



Figure III.9: Epaisseur

➤ **Caractéristiques dimensionnelle :**

Un épaisseur de diamètre 13m est prévu équipé de :

- Une tête d'entraînement, fixée au centre de la passerelle sur châssis indépendant, constitué de :

Une couronne dentée à rouleaux alternes de denture extérieure supportant et entraînant le dispositif de raclage par l'intermédiaire d'une pièce de jonction.

Un pignon d'attaque de la couronne, arbre ou un claveté sur un arbre.

Caractéristiques fonctionnelles : la charge à appliquer sur l'épaisseur pour des boues d'aération prolongée est d'environ $30\text{kg/m}^3/\text{J}$, cela implique une surface d'épaississement de 135 m^2 .

La concentration des boues d'entrer sera approximativement de 10g/l .

La concentration maximale des boues épaissies atteindra environ 20 à 25g/l .

Les productions des boues sont de 4050kg/MS/J .

Chapitre III : Procèdes des traitements des eaux usées

Volume journalier à transférer en déshydratation 792 m³, les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage pour être refoulées vers la déshydratation à l'aide d'une pompe à vitesse variable afin d'ajuster le débit de boues à déshydrater [5].

Temps de fonctionnement journalière.....24h

Puissance absorbée.....0.3kw

Consommation journalière.....7.1kw

Le But d'épaississement :

1. Soulager le traitement de l'eau en captant au maximum les boues produites par cette chaîne des traitements en lui restitue une surverse peu chargée dite « claire » afin d'éviter tous les stockages préjudiciables des boues dans les ouvrages de traitement d'eau.
2. Fournir de la chaîne de traitement des boues « produit » rassemblant le maximum de qualité tant que concentration qu'en fraîcheur afin d'assurer les conditions optimales des déshydratations. L'épaississeur doit être considéré comme un ouvrage à part entière remplissant les mêmes fonctions qu'un décanteur (qu'il soit primaire ou secondaire), c'est-à-dire qu'il réalise une séparation solide-liquide [5].

III-3-6-2-Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à un état plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie [32].

La déshydratation des boues est assurée par une presse à bande filtrante. Les boues à traiter après avoir été mélangées à une solution de polymère sont déversées sur un tapis roulant perméable qui assure la pression de ces boues au fur et à mesure de leur passage sur le tapis, ainsi obtenant à la fin une boue beaucoup plus sèche. Ces boues sont ensuite stockées dans des sillons de stockage avant d'être envoyées à la décharge ou réutilisées, tandis que l'eau de déshydratation rejoint le poste de relevage [37].



Figure III.10 : Déshydratation de la boue



Figure III.11 : boue déshydraté

III-4-1-Réutilisation des rejets de la STEP

III-4-1-Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est très répandue dans les régions de monde où cette ressource est limitée, plusieurs types de valorisation des eaux usées sont répandus dans le monde, citant les plus importants :

III-4-1-1-Réutilisation pour l'irrigation

C'est une première voie de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées, surtout dans les types réputés agricoles. En Algérie ; seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet [38].

Bien que les avantages de ce type de valorisation soient bien connus, mais l'irrigation avec des eaux usées traitées peut avoir des impacts négatifs sur la santé publique et l'environnement ainsi, l'irrigation obéit à une norme de qualité, largement inspirée du journal officielle plus précisément de l'arrêté interministériel du 08 Safar 1433 correspond au 2 Janvier, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation [39].

III-4-1-2- Réutilisation industrielle :

L'usage industriel est l'un des plus grands potentiels de la réutilisation des eaux usées traitées, en effet, ces eaux peuvent être intéressants dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement , alimentation de chaudière , lavage , construction , papeteries , industries textiles, ainsi que plus récemment dans les industries électronique alimentaires [40].

III-4-1-3-réutilisation en zone urbaine :

Les pays à la pointe de la réutilisation des eaux usées traitées en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts, l'aménagement paysager, le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie, recyclage des eaux usées d'un immeuble [41].

III-4-1-4-Production d'eau potable :

Le progrès technologique dans le domaine du traitement de l'eau permet de produire une eau recyclée d'excellente qualité à partir des eaux usées urbaines, les procédures suivies dans le traitement peuvent éliminer tous les éléments pathogènes [40],

La qualité peut être meilleure que celle de l'eau potable issue de sources naturelles.

III-4-2-Réutilisation des boues :

Les différentes voies de valorisations et d'élimination des boues sont les suivantes :

- **Valorisation agricole :** la richesse en éléments fertilisants tel que l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol [42]. Mais, la valorisation agricole de ces boues comporte des limites liées à la concentration en éléments toxiques et / ou en germes pathogènes.
- **Valorisation énergétique (la méthanisation) :** c'est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques excédentaires dans la boue, par l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes qui conduit à la formation du biogaz (composé d'environ 50% à 70% de méthane (CH_4), de 20% à 50% de gaz carbonique (CO_2) et de quelques gaz traces (NH_3 , N_2 , H_2S) qui est une source d'énergie renouvelable [42].
- **L'épandage et le compostage.**
- **Élimination des boues :** incinération et mise en décharge

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre étude s'est limitée à un travail d'investigation vu que les essais expérimentaux n'ont pas pu être réalisés au CRD à cause de la fermeture de laboratoire (covid19).

Selon les résultats recueillis à l'aide de différents travaux.

Les paramètres de pollution des eaux usées traitées déterminées, (matières en suspension (MES), chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO₅), le phosphore P-Po₄⁻³, le nitrite NO₂⁻, le nitrate NO₃⁻, l'azote ammoniacal NH₄⁺), montrent que les valeurs de ces paramètres sont dans les normes, et ne présentent donc aucun danger quant à leur réutilisation en agriculture.

Les valeurs des résultats d'analyses physico-chimiques relatives aux sols irrigués par les eaux épurées et les eaux potables sont proches à ceux du sol témoin. Aussi, la présence des métaux lourds que nous avons détectés est sans danger pour la plante et le sol.

Selon les matières en suspension (MES) et la conductivité électrique (CE) des eaux épurées sont situées dans la plage des valeurs limites recommandées par la réglementation algérienne des eaux destinées à l'irrigation avec un abattement moyen de 94,25% pour les MES.

Quant à l'utilisation des eaux usées et traitées à la STEP de Boumerdes ; nous avons remarqué qu'il était possible d'utiliser cette eau traitée dans le domaine de l'irrigation.

Enfin les eaux épurées évacuées à la sortie de la STEP de Boumerdes sont conformes à la réglementation algérienne et peuvent être réutilisées dans l'irrigation.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

Bibliographiques:

- [1]: Alain Damen, guide de traitement des déchets, 2^{ème} édition, Paris année 2002-2003.
- [2]: J.P.Boutin-B. Traitement des eaux. Nuer, édition septembre 1983.
- [3]:Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A, (2004).Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de -France. Rapport ORS, 220p
- [4]:Vaillant J.R. (1974)., Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 431p
- [5]: yagoub Siham et Tebbani Ferial ; valorisation des eaux usées épurées de la STEP de Boumerdes pur l'irrigation ; promotion (2014/2015).
- [6]: Cardot C, Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Edition, Ellipses, France1999.
- [7]:Microsoft Corporation., (2007).Encyclopédie Microsoft encart, Redmond, USA.
- [8]:Faby J.A.,Brissaud F , (1997).L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office
- [9]:Cauchi,Hyvrard,Nakache,Schwatzbrod,Zagury,Baron,Carre,Courtois,Denis,Dernat,Larbaigt,Derangere,Martinge,Seguret.(1996).,Dossier : la réutilisation des eaux usées après.
- [10]: Xanthoulis D. (1993). , valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires.
- [11]:Martin G. (1979)., Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p
- [12]:Chellé F.,Dellale M., Dewacher M.,mapakou F. ; Vermey L, (2005). , L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15p.
- [13]: FAO. (2003)., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and drainage paper, 65p.
- [14]: Asmo T, (1998).Wastewater reclamation and reuse .Water quality management library, 1475p.
- [15]: FAO. (2002).The use of treated waste in forest plantations in the near east region.
- [16]: Gaujour D, (1995).La pollution des milieux aquatique. Edit. Lavoisier Technique et documentation .paris 217p.
- [17]:Office national de l'eau. Conception/Dimensionnement/Caractérisation des eaux usées. Avril 2005.

Références Bibliographiques

- [18]: Rouam Mebarka ; Etude du rendement épuration d'une station d'épuration des eaux usées destinées à une réutilisation agricole Cas : STEP Boumerdes ; 2014/2015.
- [19]: Satin Marc, Salmi Béchir, bourrier Régis : guide technique de l'assainissement ; 3eme édition ; paris 2006.
- [20]: GAID.A ; épuration biologique des eaux urbaine ; Tome 1 ; office de publication universitaire. Alger 1984.
- [21]: Jean-Claude. Boeglin : inventaire des traitements d'eau résiduaire ; technique de l'ingénieur.
- [22]: www.eau-pro.com/upload/useruploads/files/Paramètre%20physicochimiques (Page consultée le 07-04-2019).
- [23]: M. Hadj sadok, A. Guessoum, H. Salhi, N. Tidjani, "Modélisation floue des actions de contrôle de la quantité de PAC dans un processus d'épuration des eaux", département de chimie industrielle JSTRE 2009.
- [24]: Lakhdari B, Effet de la coagulation- floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, Chimie, Diplome de Magister, Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, 2011, P 37.
- [25]: Hadeif B, L'effet des sels minéraux sur l'élimination du phénol par coagulation-floculation, Génie de l'environnement, Master. Biskra : Université Mohamed Khider, 2015, P 11.
- [26]: BENKADI Oussama et LEZOUL Selmane ; Etude de l'efficacité de la station d'épuration de Réghaia et l'impact de la pollution sur Le lac de Réghaia, Année universitaire 2016/2017.
- [27]: Grosclaude G., (1999). L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.
- [28]: OULARBI Radhia, « Traitement des eaux usées urbaines de la ville de Ain defla par électrocoagulation », université djilalibounaama, Mémoire de Master en Chimie, Algérie, 2015.
- [29]: HOUASNI Fethia et BENSMAILI Sabrina ; Evaluation de la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de Ain Defla, Année universitaire : 2017 / 2018.
- [29]: Jean-Claude. Boeglin : inventaire des traitements d'eau résiduaire ; technique
- [30]: Grosclaude G., (1999). L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.
- [31]: Rodier J, (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème ; Edition. Dunod, Paris.

Références Bibliographiques

- [32] : E.koller, 2009. Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchet, sols, Boues. 2^{ème} édition, Dunod, p569.
- [33] :F.ladjel, 2006.Exploitation d'une station d'épuration a boue activée niveau 02 Centre de formation au métier de l'assainissement, CFMA-Boumerdes, p80.
- [34] :J.M.Audic, 2005.Présentatio des divers éléments des filières de traitement des eaux usées. Lyonnais des eaux, chapitre7.
- [35] : M. Satin, R. Burrier, B. Selmi, 2010.Guide technique de l'assainissement, 4^{ème} édition, édition e moniteur référence technique, p726-775.
- [36] : Jarde. E ; Composition organique de boues résiduaire de station d'épuration lorraines 2005.
- [37] :C. Cardt, 1999. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau procédés physico-chimiques et bactériologique. Edition Ellipses, paris, p248.
- [38] :T. Hartani, 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Algie, Algérie, p3.
- [39] :Abar Taous et Saidoune soumia ; Evaluation de l'efficacité d'une station d'épuration des eaux : cas de la station de traitement des eaux polluées de Boumerdes ; 2018/2019.
- [40] :V. Lazarva, 1998. A réutilisations des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 », L'eau, l'industrie, les nuisances ». CIRSEE-Lyonnaise des eaux, n°212, p39-49.
- [41] :S. A. Degrement, 1995. Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition, tome 1&2, p1718-2500.
- [42] :F. Ladjel, S. abbou, 2014 perspective de valorisation agricole et énergétique des boues issues de STEP en Algérie. Office national d'assainissement, Oran.

Références Bibliographiques
