

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Performance épuratoire de la station d'épuration de
la ville de Boufarik (Blida)**

Présenté par :

HADJ AHMED Loukmane

Devant le jury composé de :

..... **Président**

..... **Examineur**

Mr BENSAFIA D.

M.A.B

USDB

Promoteur

Promotion 2020 / 2021

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Performance épuratoire de la station d'épuration de
la ville de Boufarik (Blida)**

Présenté par :

HADJ AHMED Loukmane

Devant le jury composé de :

..... **Président**

..... **Examineur**

Mr BENSAFIA D.

M.A.B

USDB

Promoteur

Promotion 2020 / 2021

Remerciements

Ce travail est le fruit de la combinaison d'efforts de plusieurs personnes. Je remercie tout d'abord ALLAH le tout puissant qui, par sa grâce m'a permis d'arriver au bout de mes efforts en me donnant la santé, la force, le courage et en me faisant entourer des merveilleuses personnes dont je tiens à remercier. Je

remercie :

- + Mon promoteur, Monsieur BENSAFIA Djilali, pour son aide précieuse, ses conseils, et ses suggestions, sa disponibilité, sympathie et aussi d'avoir durant toute cette année pris de son précieux temps pour me transmettre les fruits de son expérience ;*
- + Mon superviseur, monsieur DERIAS Mohammed le manager de la station d'épuration de Boufarik Blida, et tous l'équipe OTV VEOLIA de m'avoir accueilli et accepté de diriger ce travail. Sa rigueur, sa disponibilité et ses qualités humaines m'ont profondément touché.*
- + Madame DERBAL Mounia, responsable du laboratoire de la STÉP, et tous les laborantins pour leurs remarques très constructives et leurs orientations ;*
 - + Tous les enseignants de la Faculté de Technologie, et spécialement les enseignants du département science de l'eau et environnement, pour leurs enseignements de qualité et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre itinéraire académique jusqu'à présent ;*
 - + Je tiens à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail.*

De peur d'en avoir oublié, je souhaite remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.

Dédicaces

Je dédie entièrement ce travail à :

Mon père, ma mère et ma tante, mes piliers, mes exemples, mes premiers supports et ma plus grande force. Merci pour votre présence, votre soutien, votre aide financière, et surtout votre amour, merci de m'avoir jamais douté de moi. Tout ce que j'espère, c'est que vous soyez fiers de moi aujourd'hui ;

Mes grands-pères les personnes les plus idéales qui fut dans ce monde je dédie ce travail ;

Mes sœurs « Ichrak », « Belkis » et mon petit frère « Yasser » pour leur patience, soutien, réconfort et leur moments d'humour qui remontent le moral ;

Mes chers amis et camarades d'université « Ismaïl » et « Ali » qui étaient avec moi toutes mes années d'étude et durant ce travail ;

A tous ce qui je n'ai pas cités et qui ont une grande place dans mon cœur.

LOUKMANE.

الملخص:

تشتهر منطقة بوفاريك بأنشطتها الزراعية والصناعية والمنزلية التي تتغلغل في البيئة، مما يتسبب في تلوث كبير لا سيما على منسوب المياه الجوفية لمنطقة متيجة.

ولمعالجة مشاكل التلوث، تم انشاء وتشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة بوفاريك منذ عام 2019. وتستقبل أكثر من 254628 م³ ويتم تصريفها في واد الثلاث بكمية من المياه النقية تبلغ 211577 م³

يوضح عملنا والنتائج المتحصل عليها ان هذه المحطة تعمل بشكل صحيحة وأن هذه المياه النقية تتوافق مع معايير الصرف الصحي.

الكلمات المفتاحية: المياه المستقبلة، مياه الصرف الصحي، المياه النقية، المياه الجوفية.

Résumé :

La région de Boufarik est connue par ces activités agricoles, industrielles et domestiques intenses. Les rejets des eaux usées en milieu récepteur, induisent une pollution considérable notamment sur la nappe phréatique de la Mitidja.

Pour remédier à ces problèmes de pollution, la station d'épuration de la ville de Boufarik a été installée et mise en service depuis 2019. Elle reçoit plus de 254 628 m³ et rejeté dans l'Oued Thlata un volume d'eau épurée de 211 577 m³.

Notre travail et les résultats obtenues montrent que cette step fonctionne correctement et que ces eaux épurées sont conformes aux normes des rejet.

Mots clés : milieu récepteur, eaux usées, eaux épurées, nappe phréatique.

ABSTRACT:

The region of Boufarik is known by agricultural, industries and domestics activities intruding wastewater in the receiving environment, causing considerable pollution, in particular on the waters table of Mitidja.

To remedy these pollution problems, the sewage treatment plant in the town of Boufarik has been installed and commissioned since 2019. The sewage receives more than 254 628 m³ of wastewater and discharged a purified volume into Oued Thlata of 211 577 m³.

Our work and our intended results showing that this step works correctly and the purified water complies with the discharge standards.

Key words: receiving environment, wastewater, purified water, groundwater.

Liste des figures :

Figure 2.1 : Schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP.....	13
Figure 2.2 : Poste de pré-Traitement de la STEP de Boufarik.....	14
Figure 2.3 : Dégrilleur fin du step de Boufarik.....	15
Figure 2.4 : Dessableur-Déshuileur de la STEP de Boufarik.....	16
Figure 2.5 : décanteur primaire de la station d'épuration de Boufarik.....	17
Figure 2.6 : Schéma d'un décanteur cylindro-conique statique sans raclage.....	18
Figure 2.7 : Décanteur circulaire a raclage mécanique.....	18
Figure 2.8 : Décanteur longitudinal à pont racleur.....	19
Figure 3.1. Situation géographique de la STEP de Boufarik (Google Maps)	23
Figure 3.2. Collecteur DN-600 de la Step de Boufarik.....	25
Figure 3.3. Poste de réception des eaux usées arrivant de Ain-Aicha.....	26
Figure 3.4. Schéma de la file eau de la station d'épuration de la ville de Boufarik.....	29
Figure 3.5. Schéma de la file du traitement des boues de station d'épuration de la ville de Boufarik.....	30
Figure 3.4. Débitmètre électromagnétique.....	32
Figure 3.5. Poste de prétraitement de la station d'épuration de la ville de Boufarik.....	32

Liste des figures :

Figure 3.6. Batardeaux utilisés dans les dessableurs-déshuileurs.....	33
Figure 3.7. fosse et la citerne de stockage des huiles déversées.....	34
Figure 3.8. Décanteur primaire vide montrant la lame inoxydable, la trémie, et les racles de surface.....	35
Figure 3.9. Turbine de surface du bassin d'aération en état stable et en marche.....	36
Figure 3.11. Cycle de la dégradation du carbone.....	36
Figure 3.12. Aérateur de surface du bassin biologique.....	37
Figure 3.13. Dégazeur de la step de Boufarik.....	38
Figure 3.14. Clarificateur de la Step de Boufarik.....	39
Figure 3.15. Canal de venturi de la sortie de la station de Boufarik.....	40
Figure 3.16. Pompes centrifuges des boues en excès.....	40
Figure 3.17. Deux épaisseurs de la step de Boufarik.....	42
Figure 3.18. Bassin de stabilisation des boues.....	42
Figure 3.19. Table d'égouttage.....	43
Figure 3.20. Pompes dédiées pour l'injection du polymère.....	43
Figure 3.21. Toiles filtrantes de la table d'égouttage.....	44
Figure 3.22. Vis de convoyage des tables d'égouttage.....	44
Figure 3.23. Préparation du polymère en poudre.....	45
Figure 3.24. Air de stockage des boues de la station de Boufarik.....	45
Figure 3.25. Bennes de stockage des boues de la step de Boufarik.....	46
Figure 4.1. Releveur automatique du prétraitement de la step de Boufarik	47
Figure 4.2. Releveur automatique de la sortie de la step de Boufarik.....	48
Figure 4.3. pH-mètre utilisé dans le laboratoire des analyses de la step de Boufarik	49

Liste des figures :

Figure 4.4. Conductimètre HANNA HI 5321-02.....	50
Figure 4.5. Oxymètre ORION Star A213.....	51
Figure 4.6. Erlenmeyer, antonoiere gradué et pompe à vide pour la mesure de MES dans la step de Boufarik.....	52
Figure 4.7. Balance de précision et les coupelles utilisées dans laboratoire de la step de Boufarik.....	53
Figure 4.8. Etuve utilisé dans laboratoire de la step de Boufarik.....	53
Figure 4.9. Incubateur.....	54
Figure 4.10. Spectrophomètre LOVIBOND.....	55
Figure 4.11. Thermo réacteur LOVIBOND RD 125.....	55
Figure 4.12. Eprouvette graduée.....	58
Figure 4.13. Four à moufle.....	59

Liste des tableaux :

Tableau 3.1. Caractéristiques générales de la station d'épuration de Boufarik « Ben-Chaabane (OTV –2021) ».....	25
Tableau 3.2. Tableau des normes des eaux épurées exigées dans le cahier de charge du projet de la Step de Boufarik.....	28
Tableau 3.4. Caractéristiques principales des dégrilleurs grossiers.....	31
Tableau 3.5. Caractéristiques du bassin biologique.....	36
Tableau 3.6. Caractéristiques du dégazeur de la step de Boufarik.....	38
Tableau 3.7. Caractéristiques du clarificateur de la Step de Boufarik.....	39
Tableau 3.8. Quantité des boues en excès journalière.....	41
Tableau 3.9. Caractéristiques des épaisseurs.....	41
Tableau 4.1. Appareils de mesure utilisé dans le laboratoire des analyses de la step de Boufarik.....	49

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées	
1.1. Introduction	2
1.2. Définition des eaux usées	2
1.3. Origine des eaux usées	2
1.3.1. Eaux usées domestiques.....	2
1.3.2. Eaux usées industrielles	3
1.3.3. Eaux usées agricoles	3
1.3.4. Eaux pluviales	4
1.4. Pollution des eaux usées	4
1.4.1. Définition de la pollution des eaux	4
1.4.2. Types de Pollution	4
1.4.2.1. Pollution physique :	4
1.4.2.2. Pollution chimique	4
1.4.2.3. Pollution microbiologique	5
1.4.2.4. Pollution par le phosphore	5
1.4.2.5. Pollution par l'azote	5
1.5. Caractéristiques des eaux usées	5
1.5.1. Paramètres organoleptiques	6
1.5.1.1. Couleur	6
1.5.1.2. Odeur	6
1.5.2. Paramètres Physiques	6
1.5.2.1. Température	6
1.5.2.2. Turbidité	7
1.5.2.3. Matières en suspension (MES)	7
1.5.2.4. Matières volatiles en suspension (MVS)	7
1.5.2.5. Matières minérales (MMS)	7
1.5.2.6. Conductivité électrique :	7
1.5.3. Paramètres chimiques	8

1.5.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	8
1.5.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO5)	8
1.5.3.3. Biodégradable	8
1.5.3.4. Azote	9
1.5.3.5. Phosphore total (PT)	9
1.6. Les Normes des rejets	10
1.6.1. Normes internationales (OMS)	10
1.6.2 : Normes Algériennes.....	11
1.7. Conclusion :	12

Chapitre 2 différents procédés d'épurations des eaux usées

2.1. Introduction	14
2.2. Définition de l'épuration des eaux	14
2.3. Définition de la station d'épuration des eaux usées	14
2.4. Etapes et procédés de traitement des eaux usées :	14
2.4.1. Prétraitement	15
2.4.1.1. Dégrillage	15
2.4.1.2. Tamisage	16
2.4.1.3. Dessablage	16
2.4.1.4. Déshuilage-Dégraissage :	17
2.4.2. Traitement primaire	18
2.4.2.1. Décantation	18
2.4.2.2. Principaux types de décantation	19
a) Décanteurs statiques sans raclage	19
b) Les décanteurs statiques à raclage mécanique des boues	19
b.1. Décanteurs circulaires	19
b.2. Décanteurs longitudinaux rectangulaires	20
2.4.2.3. Coagulation-floculation	20
2.4.3. Traitement secondaire	21
2.4.3.1. Procédés biologiques extensifs (Le Lagunage)	21
2.4.3.2. Procédés biologiques intensifs	21
2.4.4. Traitement tertiaire	21

2.4.4.1. Elimination de l'azote	21
2.4.4.2. Elimination du phosphore	22
2.4.4.3. Désinfection	22
2.4.4.4. Traitement des odeurs	22
2.5. Traitement des Boues	22
Stabilisation :	22
Déshydratation	23
2.6. Conclusion	23

Chapitre 3 description de la station d'épuration de la ville de BOUFARIK

3.1. Introduction	24
3.2. Situation géographique	24
3.3. Aspect géologique	24
3.4. Caractéristiques hydrologiques	24
3.5. Impact de la Step	25
3.6. Principe de fonctionnement du step de Boufarik	25
3.6.1. Données de base	25
3.6.2. Charge polluante	25
3.7. Origines de l'eau brute	26
3.8. Installations de la station d'épuration de Boufarik	27
3.9. Description des ouvrages de traitement	27
3.9.1. Filière eau	27
3.9.2. Filière Boues	27
3.10. Qualité du traitement	28
3.11. Ouvrage de réception :	28
3.12. Traitement des eaux	29
3.13. Traitement des Boues	31
3.14. File eau	32
3.14.1. Dégrillage grossier	32
3.14.2. Poste de relevage	32
3.14.3. Prétraitement	33
3.14.3.1. Dégrillage fin	33

3.14.3.2. Dessablage-Déshuilage	33
3.15. Lignes des traitements de l'eau	34
3.15.1. Base de dimensionnement des lignes de traitement à l'horizon 2030	34
3.15.2. Décantation primaire	34
3.15.3. Pollution résiduelle après la décantation primaire	35
3.15.4. Bassin d'aération (Bassin biologique)	35
3.15.5. Dégazage	38
3.15.6. Clarification	39
3.15.7. Désinfection des effluents	40
3.15.8. Mesures de sortie	40
3.16. Traitement des Boues	40
3.16.1. Evacuation des boues en excès	40
3.16.2. Bilan des boues en excès	41
3.16.3. Epaissement gravitaire	41
3.16.4. Stabilisation des boues	42
3.17. Déshydratation mécanique	43
3.18. Préparation du Polymère	45
3.19. Evacuation et stockages des boues	46
Chapitre 4 matériels et méthodes	
4.1. Introduction	47
4.2. Prélèvement	47
4.3. Echantillonnage	48
4.4. Appareils de mesure	48
4.5. Protocole des analyses	48
4.5.1. Mesure du pH et de la température	49
4.5.2. Conductivité électrique	50
4.5.3. Oxygène dissous	51
4.5.4. Mesure de matières en suspension	51
4.5.5. Mesure de la DBO5	54
4.5.6. Mesure de la DCO	55
4.5.7. Mesure de l'azote total	56

4.5.8. Mesure du phosphore total	56
4.5.9. Mesure des nitrates	56
4.5.10. Mesure des nitrites	57
4.6. Protocoles des analyses des boues	57
4.6.1. Test de décantation V30	57
4.6.2. Matière sèche	60
4.7. Conclusion	60
Conclusion générale.....	61

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

L'eau est la source de la vie, elle constitue l'une des ressources naturelles les plus sensibles à la pollution, elle demeure largement à gaspillée et polluée à l'échelle planétaire. Peu à peu, elle se raréfie, elle fait l'objet de nombreuses nuisances trouvées par les activités humaines.

De nos jours, les besoins en eau varient entre potable et en besoin dans le domaine industriel et agricole. Particulièrement les industries ont des rejets qui génèrent une pollution supplémentaire, celle produite par les activités de l'être humain ; cette eau polluée se déverse quotidiennement dans les lacs, les oueds, et les rivières du milieu récepteur.

Depuis plus de quatre décennies, l'Algérie a engagé un vaste programme de la réalisation des stations d'épuration, pour la préservation de la qualité des eaux des oueds ainsi que la nappe alluviale. Dans notre cas l'office national algérien a installé une station d'épuration de Boufarik pour éliminer les rejets pollués des eaux usées de l'oued Thlata et de l'oued Lekhal au niveau de la commune de Ben-Chaabane, chef-lieu de Ben Khelil. Cette station permettra d'une réduction de la pollution de ces eaux qui sont rejetés dans ces oueds.

Ce travail est composé de quatre chapitres : le premier chapitre est consacré aux eaux usées en générale et des types de pollution des eaux, le deuxième chapitre présente les différents procédés d'épuration des eaux usées, le troisième chapitre décrit la station d'épuration de la ville de Boufarik. Le dernier chapitre résume tous les prélèvements et les méthodes d'analyse physico-chimique et biologique utilisé dans la step et on termine notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE 1

Généralités sur les eaux usées

1.1. Introduction :

L'eau est le vecteur choisi par l'homme pour éliminer la majorité de ses déchets. Les multiples utilisations de l'eau par l'homme donnent à la formation d'eaux usées, présentes en différentes concentrations à l'état pur ou mélangé. Par ailleurs, presque tous les processus industriels et artisanaux consomment de l'eau et rejettent des eaux résiduelles. Sous cette terminologie, on groupe habituellement des eaux d'origine très diverses : les eaux d'origine urbaine (eaux ménagères, eaux de vannes) ; il s'ajoute suivant les cas les eaux d'origine industrielles et agricoles.

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou bien organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique. A cette charge s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales.

1.2. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs [1].

Une eau usée, appelée encore eau résiduelle ou effluent, est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines [2].

1.3. Origine des eaux usées :

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

1.3.1. Eaux usées domestiques :

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau, par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent :

*Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents ;

*Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;

*Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle,

*Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes.

1.3.2. Eaux usées industrielles :

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi-industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences, etc). Qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution [3]. Elles sont très différentes par rapport aux eaux usées domestique, Leur caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, En plus de matière organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en substances chimiques, organique et métallique, selon leur origine industrielle elle peuvent également contenir:

*Des hydrocarbures (raffineries) ;

*Des métaux (métallurgie) ;

*Des acides, des bases et diverse produits chimiques ;

*De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermique) Des matières radioactives (centrales nucléaires).

1.3.3. Eaux usées agricoles :

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine Agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement des [4] :

*Fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)

*Produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides).

1.3.4. Eaux pluviales :

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui se ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortent des déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes des micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc. [5]).

1.4. Pollution des eaux usées :

1.4.1. Définition de la pollution des eaux :

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies [6].

1.4.2. Types de Pollution :

1.4.2.1. Pollution physique :

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Et regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires).

1.4.2.2. Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais

et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines [7]

1.4.2.3. Pollution microbiologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [8].

1.4.2.4. Pollution par le phosphore :

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [9].

Le phosphore est un élément nutritif, Sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels est une problématique, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [10].

1.4.2.5. Pollution par l'azote :

L'élément azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2). L'origine de ces polluants est par ordre décroissant : l'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines. Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain, puis en nitrates qui constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique [11].

1.5. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyse. Certains de ces paramètres sont des indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux

naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les paramètres organoleptiques suivantes :

1.5.1. Paramètres organoleptiques :

1.5.1.1. Couleur :

L'Eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement [19]. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [6].

1.5.1.2. Odeur :

L'odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances [6].

1.5.2. Paramètres Physiques :

1.5.2.1. 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, etc. [6].

1.5.2.2. Turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [12].

1.5.2.3. Matières en suspension (MES)

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau [13]. Les MES sont responsables d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton. Dans le cas des eaux usées urbaines, les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \quad .3]$$

1.5.2.4. Matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent environ **70%** de MES et elles sont constituées par la partie organique de MES. Elles sont déterminées par calcination.

1.5.2.5. Matières minérales (MMS) :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait Sec », constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

1.5.2.6. Conductivité électrique :

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [5].

1.5.3. Paramètres chimiques :

1.5.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO) :

Elle correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO [16].

1.5.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, C'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non [17].

1.5.3.3. Biodégradable :

La biodégradabilité traduit la capacité d'un effluent à être décomposé ou oxydé par des micro-organismes qui s'interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient k tel que [18]

$$k = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

*Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie des 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.

Le coefficient **k** est 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.

1.5.3.4. Azote :

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral, il constitue la majeure partie de l'azote total.

1.5.3.5. Phosphore total (P_T) :

Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes :

- * Orthophosphate, soluble H₂PO₄.
- * Polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en Orthophosphate.
- * Phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie **[19]**.

Les phosphates PO₄³⁻ sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration **[6]**.

1.6. Les Normes des rejets :

1.6.1. Normes internationales (OMS) :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive et un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau I.1 suivant :

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
T	30	°C
pH	6.5-8.5	-
O ₂	05	mg/l
DBO ₅	30	mg/l
DCO	90	mg/l
MES	30	mg/l
Zinc	02	mg/l
Chrome	0.1	mg/l
Azote total	50	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Hydrocarbures	10	mg/l
Détergents	01	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l

Tableau 1.1. Valeurs des normes internationales des eaux usées.[17]

1.6.2 : Normes Algériennes :

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau 1.2 suivant :

Les paramètres	Les valeurs maximales	Unités
Températures	30	°C
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/l
DBO ₅	35	Mg/l
DCO	120	mg/l
Azote total Kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0.1	mg/l
Aluminium	0.3	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0.01	mg/l
Plomb total	0.5	mg/l
Cuivre total	0.5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et Graisses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Étain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l

Tableau 1.2. Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) [18]

1.7. Conclusion :

La réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, la quantité et la composition des contaminants qui parvient dans l'environnement dépend de la population et à l'origine de la production des eaux usées.

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées dans le milieu récepteur sont nombreuses, elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire, par conséquent, il faut traiter cette eau pour limiter, voir même éliminer les risques qui posent des problèmes sur la santé des habitants.

CHAPITRE 2
Différents procédés d'épuration
des eaux usées

2.1. Introduction :

Les eaux résiduaires regroupent les eaux usées d'origine urbaines ou domestiques, ainsi que les eaux usées d'origine industrielles et agricoles qu'ont besoin de subir des traitements divers avant d'être rejetés dans les milieux naturels récepteurs.

Afin d'éviter l'altération du milieu récepteur, il existe plusieurs procédés qui varient en fonction de l'importance de la charge polluante à traiter de la quantité d'effluent requis du Rendement épuratoire de la population, de la disponibilité du terrain, du climat et de la topographie de la région.

2.2. Définition de l'épuration des eaux :

C'est l'ensemble des techniques qui consistent à purifier l'eau que soit pour se recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eaux potables.

2.3. Définition de la station d'épuration des eaux usées :

Une station d'épuration est un ensemble des traitements des eaux usées destiné à les rendre propre pour les rejeter sans aucuns inconvénients majeurs dans le milieu naturel afin de les rejoindre le cycle d'eau.

2.4. Etapes et procédés de traitement des eaux usées :

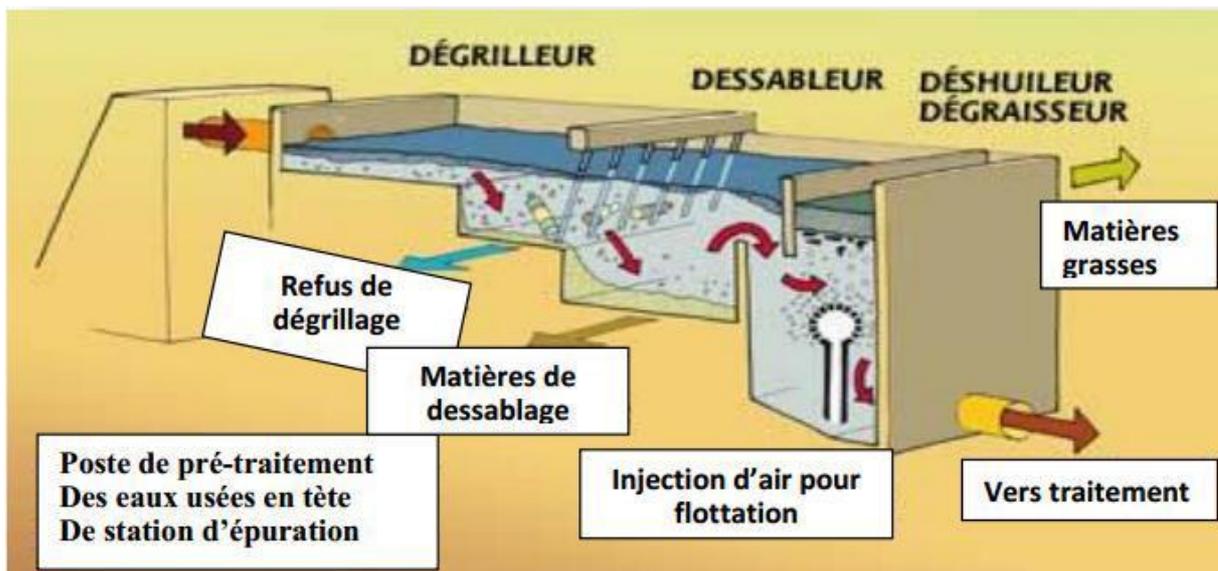


Figure 2.1 : schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP [19]

2.4.1. Prétraitement :



Figure 2.2: Poste de pré-Traitement de la STEP de Boufarik

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les conduites contre les obstructions et généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Il s'agit des déchets volumineux (Dégrillage), des sables et graviers (Dessablage), et des graisses (Dégraissage-Déshuilage).

2.4.1.1. Dégrillage :

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres. On retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement des barreaux ; On distingue :

- Pré dégrillage pour écartement de 30 à 100 mm ;
- Dégrillage moyen pour écartement de 10 à 30 mm ;
- Dégrillage fin pour écartement de 3 à 10 mm.



Figure 2.3 : Dégrilleur fin du step de Boufarik

2.4.1.2. Tamisage :

En épuration, le tamisage est une opération préconisée sur les effluents industriels chargés par des matières en suspension (abattoirs, conserveries, etc.) avant leur traitement ou leur rejet dans le réseau. Le Tamisage peut être motionnées en trois principales :

- -la récupération de déchets utilisables ;
- -la protection de canalisations ou de pompes (évitant l'obstruction) ;
- -la limitation des risques de dépôts et de fermentations.

Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions, IL existe macro-tamisage (Mailles $>0.3\text{mm}$) et Tamisage (Mailles $<100\mu\text{m}$).

2.4.1.3. Dessablage :

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

Il est important d'éliminer les sables présents dans l'effluent :

- Pour éviter leur sédimentation ultérieure, qui peut amener le bouchage de canalisations qu'il sera difficile de désobstruer, surtout si elles sont enterrées.
- Pour protéger les organes mécaniques en mouvement rapide (pompes de relèvement, axes de chaînes, rotors de centrifugeuses à boues).

2.4.1.4. Déshuilage-Dégraissage :

Les graisses et les huiles, en provenance des industries et des artisanats alimentaires, des restaurants, des garages, des chaussées sont susceptibles de gagner le réseau, malgré les prescriptions imposant fréquemment leur retenue à la source. Le problème est plus important encore avec les effluents d'industries alimentaires (conserveries de viande, etc...), d'autant plus que l'effluent chaud laisse déposer la graisse au fur à mesure de son refroidissement dans la chaîne de traitement.

Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment :

- Envahissement des décanteurs
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologique ;
- Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur ;
- Bouchage des canalisations et des pompes ;
- Acidification du milieu dans le digesteur anaérobie ;

Pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30°C.



Figure 2.4 : Dessableur-Déshuileur de la STEP de Boufarik

2.4.2. Traitement primaire :

Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques, l'opération la plus importante à cette étape du traitement est la décantation.

Les traitements physico-chimiques des eaux regroupent les opérations nécessaires pour éliminer :

- Les matières décantables, c'est le rôle de la décantation ;
- La turbidité (substances colloïdales) qui est traitée par coagulation-floculation ;
- Certaines matières en solution par la précipitation chimique.

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, avec décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation.

2.4.2.1. Décantation :

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité.

La vitesse lente d'eau permettra le dépôt des matières en suspension au fond du décanteur constituant des boues primaires fraîches celles-ci doivent rapidement éliminées afin d'éviter la fermentation. Elles rejoindront alors les boues secondaires (provenant du traitement secondaire) qui seront traitées par la suite

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires (Figure2.5), muni de racleurs de fond et de surface pour extraire les boues recueillies.



Figure 2.5 : décanteur primaire de la station d'épuration de Boufarik

2.4.2.2. Principaux types de décantation :

a) Décanteurs statiques sans raclage :

Ils sont généralement utilisés pour les petites stations (1000 à 2000 hab.). Le temps de séjour est de l'ordre de 1H30 à 2H au débit diurne. L'extraction des boues exige une pente de

fond (au moins égale à 60°). [24] comme on se représente dans la figure 2.5 suivante :

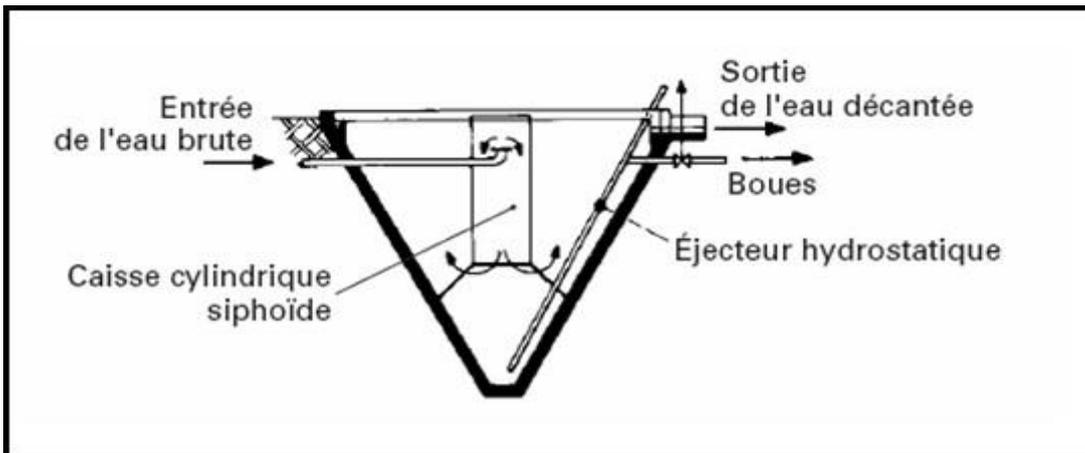


Figure 2.6 : Schéma d'un décanteur cylindro-conique statique sans raclage. [24]

b) Les décanteurs statiques à raclage mécanique des boues :

b.1. Décanteurs circulaires :

Le racler est fixé à une charpente tournant autour de l'axe du bassin. Il peut comporter une seule lame en forme de spirale ou une serre de raclettes. Il comprend un fut central creux ou arrive l'eau brute d'où elle est répartie généralement par une cloison siphonide annulaire.

Les boues sont amenées vers une fosse centrale à l'aide d'un dispositif de raclage sur une pente de 5 à 10° . De plus un racler de surface pousse les corps flottants vers une écuimoire d'où ils peuvent regagner la fosse des boues. De préférence ce type de décanteur doit fonctionner d'une manière régulière, car les variations de débit provoquent en effet des remous qui font remonter les boues en surface [25] comme la montre dans la figure 2.6 suivante :

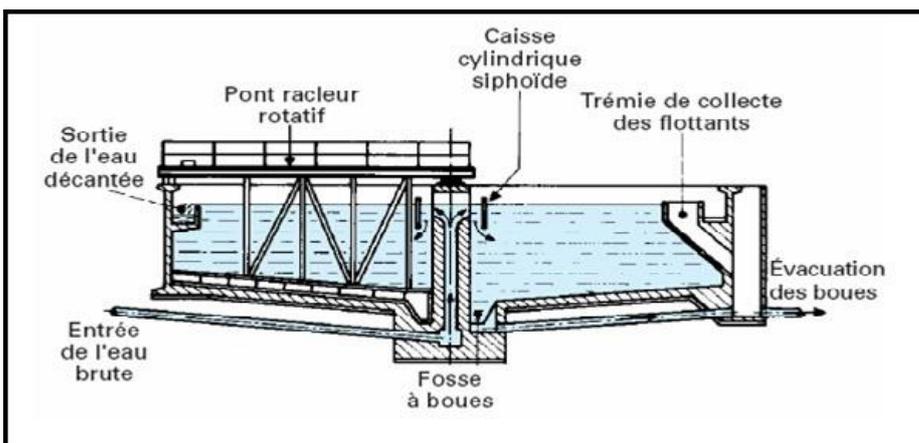


Figure 2.7 : Décanteur circulaire à raclage mécanique. [25]

b.2. Décanteurs longitudinaux rectangulaires :

Il existe deux types de décanteurs rectangulaires avec raclage :

- Les décanteurs à pont racler
- Les décanteurs à chaînes.

Les ponts racleur se déplacent selon un système de va-et-vient et procèdent au raclage avec un mouvement à contre-courant. Par contre les décanteurs à chaînes permettent un raclage continu des boues et des flottants par une série de raclettes montées en deux chaînes sans fin parallèle tournant le long des parois verticales du bassin. Dans les deux types de décanteurs le puits des boues est situé à l'arrivée de l'effluent. [25] Un décanteur rectangulaire avec raclage comme ci représenté sur la figure 2.7 suivante :

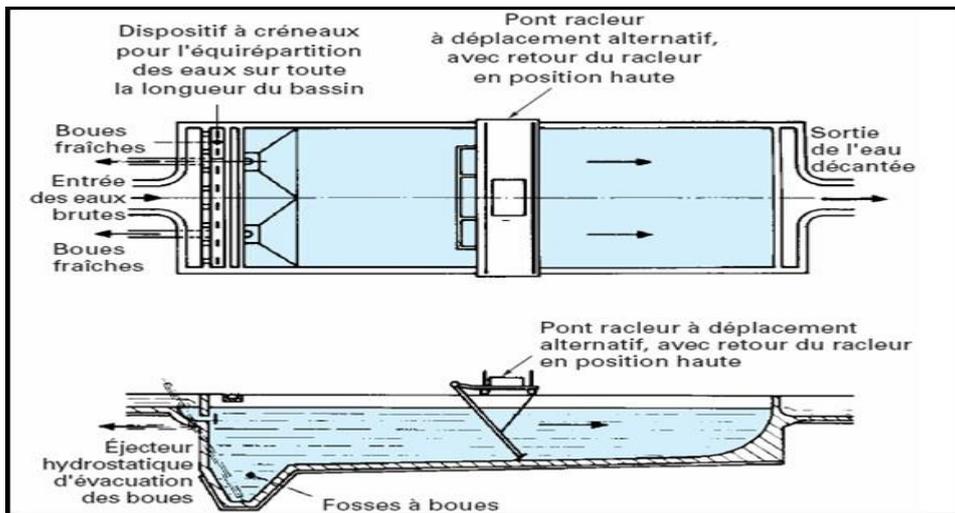


Figure 2.8 : Décanteur longitudinal à pont racleur.[25]

2.4.2.3. Coagulation-floculation :

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination de MES et des colloïdes en les rassemblant sous forme de floc dont la séparation est ensuite effectuée par des systèmes de décantation, flottation ou filtration.[20]

- La **coagulation** est la déstabilisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant. [20]
- La **Floculation** est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocons. On peut rajouter un autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de flocons. Polymères organiques (silice activée) et polymères naturels (starches, algues) sont les premiers à avoir été utilisés. Mais l'utilisation de d'adjuvants de floculation synthétiques permet de minimiser la production de boues. Si l'on combine ces adjuvants de floculation avec des techniques de séparations modernes, on peut produire des boues denses qui seront directement traitées dans des unités de déshydratation. [20]

2.4.3. Traitement secondaire : (Traitement Biologique)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les traitements biologiques reproduisent les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. Aujourd'hui le procédé des boues activées qui est le plus répandu dans les stations d'épuration assurant un traitement secondaire. Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et intensifs.

2.4.3.1. Procédés biologiques extensifs :(Le Lagunage)

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 à 90 % de la DBO, 20 à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes.

2.4.3.2. Procédés biologiques intensifs :

Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui consomment les matières polluantes. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels.

2.4.4. Traitement tertiaire :

Les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage, sont des procédés qui permettent d'améliorer la caractéristique d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique. On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire de milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate.

Les traitements tertiaires principalement en globale pour l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, et aussi le traitement des odeurs.

2.4.4.1. Elimination de l'azote :

L'élimination de l'azote est obtenue grâce à des traitements biologiques nitrification-dénitrification ; Les procédés physico-chimiques d'élimination de l'azote ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [21].

2.4.4.2. Elimination du phosphore :

L'élimination du phosphore « déphosphatations » peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. Dans les traitements physico-chimiques, 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. Ces techniques sont les plus utilisées actuellement. Ils éliminent entre 80 % jusqu'à 90 % du phosphore, pour engendrent une importante production de boues [22].

2.4.4.3. Désinfection :

La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines ERU varient suivant la nature du milieu récepteur.

2.4.4.4. Traitement des odeurs :

La dépollution des eaux usées produit des odeurs qui sont parfois perçues comme un gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources des mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de prétraitement.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Par exemple : réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées. Ainsi que les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves, leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.

2.5. Traitement des Boues :

Les boues résiduaires se présentent sous une forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible, ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation ; L'objectif du traitement des boues est:

- **Stabilisation** : pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi que les nuisances olfactives ; La stabilisation peut être biologique par voie aérobie, anaérobie ou chimique [23]. La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues.

- **Déshydratation** : est la concentration des boues pour soit son objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) [23] par épaissement ou bien par déshydratation pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage, selon la puissance du procédé de séchage utilisé épaissement, déshydratation ou séchage thermique.

2.6. Conclusion :

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement pour éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes

CHAPITRE 3

Description de la station d'épuration de la ville de Boufarik

3.1. Introduction :

La station d'épuration des eaux usées de Boufarik est mise en service en 2019 ; elle est conçue pour épurer la quantité de 375 000 Eq.H soit un volume d'eaux usées à traiter de 60 000 m³/j à l'horizon 2030, cette station est de type boues activées à moyenne charge. Elle s'étend sur une superficie de 6 hectares.

Cet ouvrage permettra d'acheminer l'ensemble des rejets des sept communes de la wilaya de Blida vers cette station d'épuration et pour éliminer tous les émissaires naturels par la collecte et le raccordement de tous les rejets des eaux usées des agglomérations des communes de Boufarik, Ben khellil, Soumaa, Guerrouaou, Beni Tamou, Oued Alleug et Bouinane.

Elle a également pour le rôle la protection de la nappe phréatique de la Mitidja et les forges de la région contre une éventuelle contamination et la préservation de la population contre les maladies à transmission hydrique. Les eaux épurées et les boues issues du traitement seront réutilisées dans le domaine agricole.

3.2. Situation géographique :

La station d'épuration des eaux usées de Boufarik se situe à Ben Chaabane, chef-lieu de la commune de Ben Khelil, qui se trouve au nord de la wilaya de blida, elle se trouve environ à 10km de la ville de Boufarik et à 20km du chef-lieu de la Wilaya de Blida (voir la figure 3.1 ci-dessous)

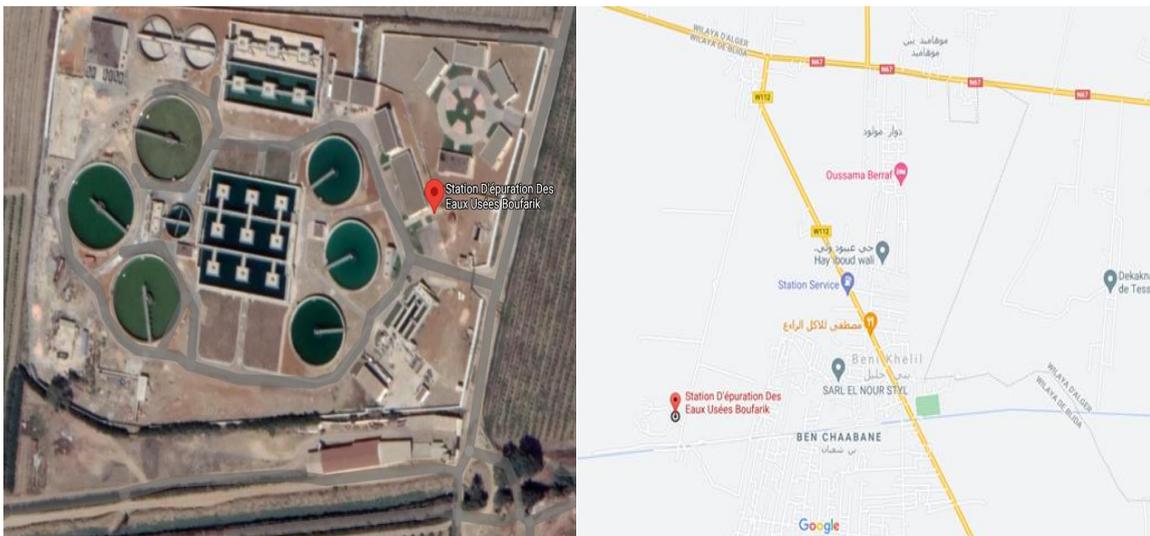


Figure 3.1. Situation géographique de la STEP de Boufarik (Google Maps)

3.3. Aspect géologique :

Les 6 sondages carottés et les 10 puits ont reconnu une puissante formation d'argiles limoneuses plastiques hétérogènes et noir qui ont été pénétrées sur une hauteur maximum de 15m.

3.4. Caractéristiques hydrologiques :

Les relevés piézométriques ont indiqué la présence d'eau au droit d'un seul sondage S4 à 9 m de profondeur ; la nature argileuse des matériaux laisse supposer une perméabilité très faible.

3.5. Impact de la Step :

Les rejets des eaux usées dans les Oueds constituent des problèmes qui se traduit par un déséquilibre au milieu écologique d'une part et d'une autre part la perte de ces eaux sans les récupérer. Ces eaux usées ont à une part importante dans la dégradation du milieu récepteur, et de risque de constituer à l'avenir la cause essentielle de la pénurie et des problèmes de santé publique. [7].

Donc, l'objectif essentiel de cette station d'épuration est d'éviter les problèmes de pollution au milieu récepteur (Oued Tlatha) :

- La dégradation du milieu récepteur ;
- La dégradation de la qualité de l'eau ;
- Pollution de la nappe phréatique qui est la source d'approvisionnement de la région ;
- Préserver la santé de la pollution contre les maladies à transmissions hydrique ;
- La réutilisation des eaux épurées en l'Irrigation ;
- La réutilisation des boues issues de l'épuration dans le domaine Agricoles ;

3.6. Principe de fonctionnement de la step de Boufarik :

3.6.1. Données de base :

Le tableau suivant présente les caractéristiques générales de la station de traitement des eaux usées de ville de Boufarik :

Nom	Station d'épuration de la ville de Boufarik
Adresse	Ben-Chaabane chef-lieu Ben-Khelil
Maitre d'ouvrage /Exploitant	OTV Veolia
Année de la mise en route	Fin 2019
Type de réseau	Unitaire
Nature d'effluents	Domestiques et Industriels
Capacité nominale	375 000 Eq.H
Débit moyen journalier	60 000 m ³ /J à l'horizon de 2030
Débit moyen horaire	2500 m ³ /h à l'horizon 2030
Débit de pointe en temps sec	4000 m ³ /J
Débit de pointe en temps de pluie	6000 m ³ /J

Tableau 3.1. Caractéristiques générales de la station d'épuration de Boufarik « Ben-Chaabane (OTV – 2021) »

3.6.2. Charge polluante :

Les valeurs des indicateurs polluants pris en compte pour le fonctionnement de la step de Boufarik sont les suivantes :

- DBO₅ : 28 125 kg/j.
- MES : 26 250 kg/j.
- DCO : 56 250 kg/j.
- NTK : 4 500 kg/j.
- Phosphore : 938 kg/j.

3.7. Origines de l'eau brute :

Les effluents proviennent de la ville de Boufarik et des communes limitrophes ceux amenées par le collecteur DN-600 (Figure 3.2) depuis Ben-Chaabane et Ain Aicha seront regroupés dans un ouvrage de réception en amont des dégrilleurs grossiers de la station d'épuration.



Figure 3.2. Collecteur DN-600 de la Step de Boufarik

Les effluents provenant du nord de Ben-Chaabane arrivent par une canalisation de diamètre de 500 mm, seront raccordés directement à un carneau béton gravitaire cité précédemment ; des jeux de vannes permettront d'isoler l'alimentation de la station et de By-Pass, et les effluents directement vers les oueds proches, l'Oued Lekhal pour les eaux arrivant de Ain-Aicha vers le poste de réception situé au sud de la station (Figure 3.3), et l'Oued Thlata pour les eaux usées arrivant depuis le nord de Ben-Chaabane.



Figure 3.3. Poste de réception des eaux usées arrivant de Ain-Aicha

3.8. Installations de la station d'épuration de Boufarik :

Les eaux usées arrivants depuis les postes de réception passeront à travers un dégrilleur grossier puis seront relevées par groupes de pompage (4 pompes et un secours pour mesure de sécurité).

La Step de Boufarik est équipée par deux filières, Une pour les eaux usées et autre pour les boues.

3.9. Description des ouvrages de traitement :

La station se fonctionne sur une base d'une procédure à boues activées à moyenne charge avec aération prolongée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente. L'eau entrant à la station passe par deux filières :

3.9.1. Filière eau :

Bâche d'arrivée et prétraitement :

- 2 Dégrilleurs Grossiers dont 1 est mis en service (1 / 2).
- Elle dispose de 5 postes dont 4 sont en service (4 / 5).
- Il y a deux dégrilleurs Fins, 1 / 2 est mis en service.
- Dessableur-Déshuileur : 2 / 3

File eau :

- Décanteur Primaire : 1 / 3, (file n°1).
- Bassin Biologique : 1 / 3, (file n°3).
- Clarificateur : 1 / 3, (file n°3).

3.9.2. Filière Boues :

La filière boue est composée de :

- Epaisseur : 1 / 2
- Bassin de stabilisation : 0 / 2
- Déshydratation mécanique : 1 / 4

3.10. Qualité du traitement :

L'objectif de cette station est le traitement du flux par temps sec à l'horizon 2030, les prétraitements sont conçus pour traiter le flux estimé par le temps sec de la pluie à l'horizon 2030, le niveau minimal de traitement exigé est récapitulé dans le tableau 3.2 suivant :

Paramètre	Concentration moyenne journalière en temps sec(mg/l)	Rendement minimum (%)
DBO ₅	≤30	≥90
DCO	≤90	≥80
MES	≤30	≥90

Tableau 3.2. Tableau des normes des eaux épurées exigées dans le cahier de charge du projet de la Step de Boufarik

3.11. Ouvrage de réception :

La principale partie des eaux usées polluées arrivant gravitairement depuis la ville de Boufarik et les communes limitrophes entrant à l'ouvrage d'arrivée de la station par un carneau de béton dimensionné par (1.3 * 1.3) m².

Les effluents en provenance de ben-Chaabane et Ain-Aicha arrivant par un collecteur de diamètre de 600 mm existant sera dirigé gravitairement vers cet ouvrage de réception ; avant l'admission, les effluents passeront par un regard équipé de deux vannes permettant soit à cet ouvrage, soit le retour vers le collecteur existant afin d'être by-passé vers oued lekhal sans mise en charge la canalisation amont, avec une vanne en inox prévue sur le départ des effluents vers la station d'épuration permettra d'isoler celle-ci, dans ce cas les effluents seront by-passés directement vers Oued Lekhal avec une grille caractérisé par une largeur de 2.75 m et entre fer 100 mm ; la vitesse approché lors des pointes sera 0.56 m/s calculé comme-ci :

$$V = Q_p / (\text{Largeur grilles} * \text{Hauteur d'eau amant à 50\% du colmatage} * 3600) = 0.56 \text{ m/s}$$

3.12. Traitement des eaux :

Les effluents arrivent à la station d'épuration gravitairement depuis l'ouvrage de réception vers le dégrilleur grossier à la cote 92.00 m.

Au niveau de la station d'épuration, les effluents arrivent à deux dégrilleurs grossiers mécanisé d'espacement de 40 mm, chacun dimensionné pour un débit de pointe de 6000 m³/h, ensuite ils seront relevés par cinq groupes de pompes immergés dont un en secours, avec un débit de 1500 m³/h mesuré par un débitmètre électro-magnétique situé sur la conduite de relevage (Figure 3.4).

Afin d'être dirigé vers les ouvrages du prétraitement qui assurent les étapes suivantes :

- Deux dégrilleurs fins de 8 mm de diamètre programmé automatiquement 1+1 en secours dimensionnés pour un débit de pointe 6000 m³/h.
- Trois dessableur-déshuileur longitudinaux similaires.

Après le prétraitement, les eaux brutes seront réparties en trois files de traitement composées chacune par :

- Un ouvrage de décantation primaire de 34 m de diamètre.
- Un bassin d'aération équipé d'aérateur de surface avec un volume unitaire de 5000 m³ pour chaque file.
- Un dégazeur commun pour les trois files annexées à un ouvrage de répartition.
- Un poste de recirculation des boues.

Les effluents regroupés sortent de la clarification transiteront vers un bassin de désinfection avec injection d'hypochlorite de sonde ; suivant d'un canal de comptage permettant la mesure du débit des effluents rejetés par un seuil de venturi.

La station d'épuration de la ville de Boufarik sera schématisée comme suit :

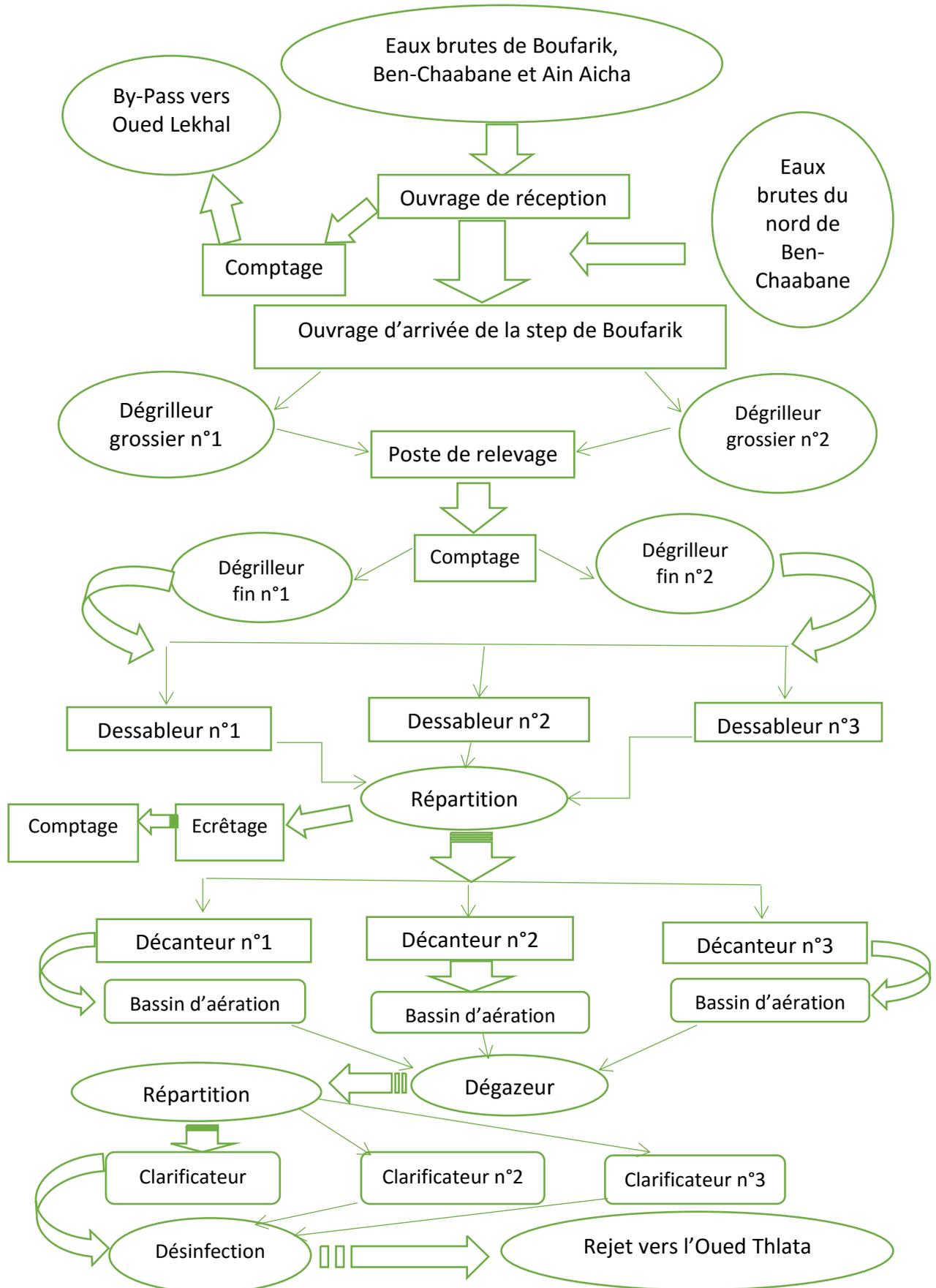


Figure 3.4. Schéma de la file eau de la station d'épuration de la ville de Boufarik

3.13. Traitement des Boues :

La filière du traitement des boues est :

- Extraction des boues en excès depuis un poste de recirculation des clarificateurs.
- Epaissement gravitaire des boues dans deux épaisseurs hersés.
- Stabilisation des boues dans deux bassins identiques.
- Déshydratation mécanique des boues par quatre combinés tables dégoutages et filtré à bandes.
- Stockage des boues déshydratées dans des bennes et sur une aire de stockage complémentaire.

Cette filière sera résumée par schéma suivant :

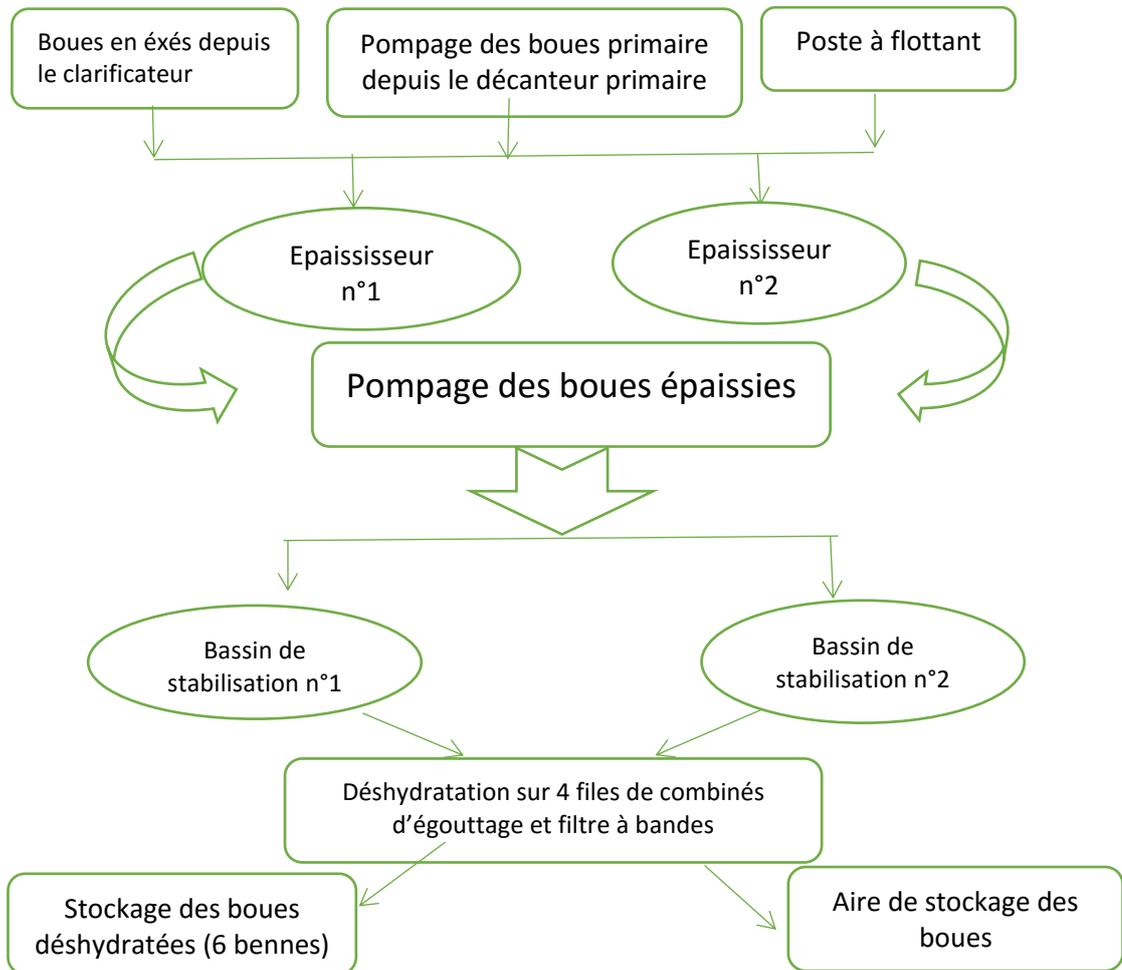


Figure 3.5. Schéma de la file du traitement des boues de station d'épuration de la ville de Boufarik

3.14. File eau :

3.14.1. Dégrillage grossier :

Le dégrillage est effectué par deux dégrilleurs automatiques entrefer de 40 mm, installés dans un canal de 2m de large, leur rôle est de retenir les éléments solides les plus volumineux pour permettre la protection des équipements de pompage.

Ils ont une vitesse d'approche dans le canal inférieur de 0.8 m/s au débit de 6000m³/h afin de favoriser une vitesse de passage entre les grilles 0.5 et 1 m/s.

Les dégrilleurs ont les caractéristiques principale suivants :

Données	Valeur (unité)
Nombres des canaux	2 U
Largeur utile	1.76 m
Entrefer du champ de grille	40 mm
Matière du champ de grille	Inox 316 L
Matière du châssis	Inox 316 L
Puissance installées	3 kW
Inclinaison du grille	Vertical

Tableau 3.4. Caractéristiques principales des dégrilleurs grossiers

3.14.2. Poste de relevage :

Les eaux usées arrivant à la station d'épuration sont envoyées vers le prétraitement par ce poste de relevage qu'il est équipé par cinq pompes dont une en secours, avec une capacité totale correspond au débit nominal de 6000 m³/h.

Au relevage, les effluents transiteront par une conduite en acier inox 316 L de DN-600 ; avant le raccordement sur la conduite de refoulement générale, chaque pompe est prévue par un clapet anti retour et une vanne d'isolement.

Les débits relevés vers le prétraitement seront mesurés en continu par un équipement annulaire électromagnétique placé sur la conduite de refoulement de diamètre de 1100 mm (Figure 3.4).



Figure 3.4. Débitmètre électromagnétique

3.14.3. Prétraitement :



Figure 3.5. Poste de prétraitement de la station d'épuration de la ville de Boufarik

Le poste de prétraitement est conçu pour traiter le flux estimé par temps sec à l'horizon 2030 soit un débit de pointe de $6000 \text{ m}^3/\text{h}$, il est divisé en deux postes principaux :

3.14.3.1. Dégrillage fin :

Dans le prétraitement, on a deux dégrilleurs fins automatique caractérisé par entrefer de 8 mm, largeur de 2m et une vitesse d'approche inférieure à 0.8 m/s, peut traiter le débit de pointe de pluie prévu à l'horizon de 2030 soit $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ pour chaque canal de dégrillage.

Ces équipements présentent les avantages suivants :

- Elimination efficace de la plupart des matières solides.

- Protection des équipements électromécaniques situés en aval.

3.14.3.2. Dessablage-Déshuilage :

Les effluents transitent ensuite vers les ouvrages de dessablage-déshuilage qui permettent la décantation des résidus les plus denses (Sables), et la flottation des déchets plus légers (Graisse), pour éviter l'aberration des équipements situés en aval, et de favoriser le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération.

L'étage de dessablage-déshuilage se compose en trois files permettant de recevoir un débit total de $6000 \text{ m}^3/\text{h}$, soit en fonctionnement total un débit de $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ par ligne, et un dispositif de batardeaux permet d'isoler une des files pour maintenance (Figure 3.6), cette unité est un ouvrage rectangulaire à flux longitudinal lent avec une vitesse de dimensionnement de $25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, combiné de forme longitudinal de surface unitaire de 80m^2 et de volume de 199 m^3 .



Figure 3.6. Les Batardeaux utilisés dans les dessableurs-déshuileurs

L'équi-répartition des débits est assurée par un canal de répartition équipé de batardeaux, chaque file est munie d'un système de pompage par air lift embarqué sur le pont qui permet la reprise des sables par un tube d'aspiration alimenté en air par un surpresseur insonorisé. Les sables sont envoyés dans une goulotte latérale attenante à un dessableur avec un débit de $38 \text{ m}^3/\text{h}$ (un par pont dessableur) et une puissance de 1.5 kW , les sables issus des air lifts sont rejetés vers une goulotte de récupération avec un temps de fonctionnement nécessaire à l'extraction des sables d'environ de 16 min/h/ouvrage .

Les graisses sont extraites mécaniquement par une racle de surface et déversées dans une fosse de stockage de volume utile à 23m^3 (Figure 3.7).



Figure 3.7. La fosse et la citerne de stockage des huiles déversées

3.15. Lignes des traitements de l'eau :

Le traitement des effluents sera effectué sur trois lignes identiques en parallèles

3.15.1. Base de dimensionnement des lignes de traitement à l'horizon 2030 :

- Débit journalier : 60 000 m³/j.
- Débit moyen horaire : 2 500 m³/h.
- Débit de pointe : 4 000 m³/h.
- DBO₅ : 28 125 kg/j.
- DCO : 56 250 kg/j.
- MES : 26 250 kg/j.
- Azote (NTK) : 4 500 kg/j.

3.15.2. Décantation primaire :

Les effluents transitent dans trois ouvrages de décantation primaire de caractéristiques unitaires :

- Diamètre au miroir de l'ouvrage : 34,00 m.
- Hauteur de l'eau en zone piézométrique de l'ouvrage : 3,00 m.
- Surface au miroir : 888 m².
- Volume utile : 2 665 m³.

Dans chaque ouvrage, une contre lame permet le blocage des flottants avant la sortie des eaux décantées (Figure 3.8), et une trémie de reprise des flottants en Inox permet de collecter les flottants récupérés grâce aux racles de surface sur les ponts, les flottants partent gravitairement vers le poste de pompage des flottants avant d'être envoyés vers l'épaisseur.



Figure 3.8. Décanteur primaire vide montrant la lame inoxydable, la trémie, et les racles de surface.

3.15.3. Pollution résiduelle après la décantation primaire :

La décantation primaire existante étant correctement dimensionné un abattement de 30% des charges entrantes (Pollution organique), et 60% des charges entrantes (Matières en suspension).

3.15.4. Bassin d'aération (Bassin biologique) :

Le traitement biologique consiste à éliminer les impuretés organiques par l'action d'une biomasse épuratrice. Dans notre cas des boues activées, la biomasse dans les bassins d'aérations est constitué des micro-organismes (Bactéries, Protozoaires, ...).

Dans les bassins, une aération efficace est nécessaire à la bonne dégradation de la pollution et à une parfaite maîtrise des couts de fonctionnement, tel que l'aération est réalisée par des turbines de surface (Figure 3.9), les réactions biologiques se déroulent par une dégradation des substrats organique (Bactéries), et une synthèse cellulaire qu'elle est l'énergie produit par la dégradation des substrats qui permet aux bactéries de se développer (Figure 3.10), et se multiplier. On l'a résumé dans un schéma de la (Figure 3.11) ci-dessus.



Figure 3.9. Turbine de surface du bassin d'aération en état stable et en marche

Les bassins d'aération prévus auront des caractéristiques unitaires suivantes :

Données	Valeurs
Longueur	57,00 m
Largeur	19,00m
Hauteur des effluents	4,63 m
Volume unitaire	5 014 m ³
Volume Total	15 043 m ³

Tableau 3.5. Caractéristiques du bassin biologique

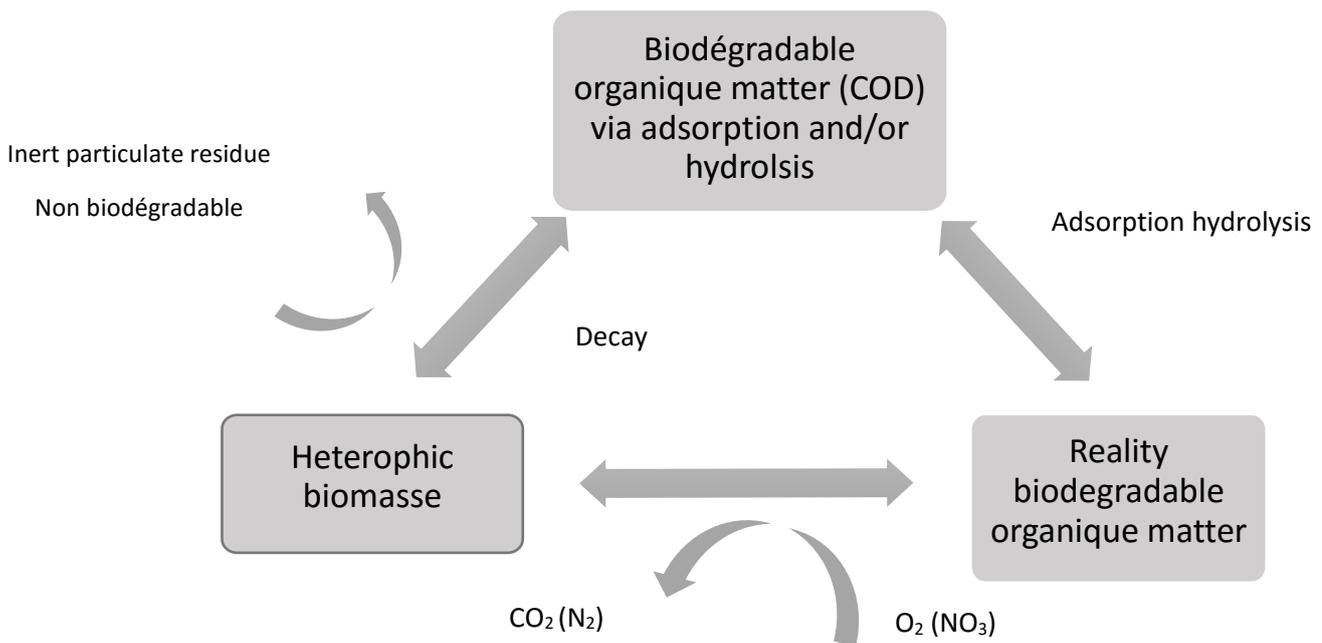


Figure 3.11. Cycle de la dégradation du carbone

L'oxygénation de chaque bassin sera assurée par trois aérateurs de surfaces d'une puissance nominale unitaire de 132 kW (Figure 3.12), avec une puissance absorbée par chaque aérateur est 121,4 kW.



Figure 3.12. Aérateur de surface du bassin biologique

3.15.5. Dégazage :

Pour faciliter l'exploitation du niveau des clarificateurs, une zone de dégazage commune aux trois lignes du traitement est prévue entre les bassins d'aération et les clarificateurs, avec une vitesse de passage 39,7 m/h par rapport au débit maximal admis et recirculation, ce qui permet une bonne séparation des particules gazeuses par les micro-organismes (Figure 3.13).



Figure 3.13. Dégazeur de la step de Boufarik

Données	Valeurs
Nombres des ouvrages	1
Diamètre	16,50 m
Surface	213,70 m
Débit d'alimentation maximum par ouvrage	8 490 m ³ /h
Vitesse ascensionnelle	39,7 m/h

Tableau 3.6. Caractéristiques du dégazeur de la step de Boufarik

3.15.6. Clarification :**Figure 3.14.** Clarificateur de la Step de Boufarik

Cette étape du traitement est primordiale pour assurer la séparation entre les boues et l'eau traitée, et la garanti des qualités des rejets.

L'efficacité de la séparation eau et boue dépend de la décantabilité des boues et la capacité de l'ouvrage à atténuer de fortes variations des charges hydrauliques.

Chaque clarificateur est alimenté gravitairement au niveau de puit central de l'ouvrage par l'intermédiaire d'un carneau de béton passent sous radier (Figure 3.14).

A la sortie, les eaux traitées sont récupérées par surverse et dirigées vers le poste de la désinfection et le comptage de sortie.

Données	Valeurs
Nombres des ouvrages	3
Diamètre intérieur	43,00 m
Diamètre au miroir	43,00 m
Hauteur piézométrique	3,5 m
Largeur de la goulotte de prise	0,7 m
Surface utile unitaire	1 429 m ²
Volume unitaire	5 083 m ³

Tableau 3.7. Caractéristiques du clarificateur de la Step de Boufarik

3.15.7. Désinfection des effluents :

La désinfection des eaux traitées sera réalisée par injection d'eau de javel dans un bassin de contact équipé de chicanes qui permet un temps de contact de 30 min par rapport au débit maximale.

3.15.8. Mesures de sortie :

Les eaux traitées sont comptabilisées par l'intermédiaire d'un canal de venturi (Figure 3.15), avec une sonde de type ultra son, l'échantillonnage des effluents est effectué par préleveur automatique réfrigéré asservie à la mesure du débit.



Figure 3.15. Canal de venturi de la sortie de la station de Boufarik

3.16. Traitement des Boues :

3.16.1. Evacuation des boues en excès :

Les boues en excès sont extraites depuis les puits à boues des trois files du traitement biologique à l'aide des pompes centrifuges par file dont une en secours automatique, un débitmètre est mis en place au refoulement commun des pompes (voir la Figure 3.16), chaque pompe a un clapet et une vanne sont mise en place.



Figure 3.16. Les pompes centrifuges des boues en excès

3.16.2. Bilan des boues en excès :

A l'horizon 2030, la quantité des boues en excès journalières totales est :

Données	Valeurs
Masse de MES retenues au niveau du décanteur primaire	15 750 kg/j
Concentration dans les décanteurs primaires	10 g/l
Volume journalier correspondant	1 575 m ³ /j
Mass de MES retenues des boues biologiques	13 294 kg/j
Concentration des boues en excès	7 g/l
Volume journalier	1 899 m ³ /j
Masse totale des boues par jour calendaire	29 044 kg/j
Volume journalier total	3 474 m ³ /j
Concentration moyenne	8,36 g/l

Tableau 3.8. Quantité des boues en excès journalière

3.16.3. Épaississement gravitaire :

L'épaississement gravitaire permet de concentré les boues, cette technologie offre l'avantage d'une consommation électrique très faible, tel que le consommateur d'énergie dans cette étape est la motorisation de la herse par son mouvement circulaire pour favoriser une séparation de l'eau et de la boue contenue.

Les boues en excès sont concentrées avant l'étape de stabilisation, dans deux épaisseurs gravitaires (Figure3.17) caractérisé comme-ci :

Données	Valeurs
Diamètre intérieur	21,50 m
Surface	363 m ²
Volume	1 270,50 m ³
Temps de stockage	3 jours
La charge au radier maximal	40 kg MVS/m ²
Volume de stockage	2 541 m ³

Tableau 3.9. Caractéristiques des épaisseurs



Figure 3.17. Les deux épaisseurs de la step de Boufarik

3.16.4. Stabilisation des boues :

La stabilisation aérobie des boues a pour un but de la réduction des matières organiques dans la masse globale des matières à un taux voisin de 60 %, cette réduction a effectué par une aération des boues sans rapport de substrat carboné, ceci favorise une dégradation de la masse organique.

Le temps de traitement des boues lors d'une stabilisation aérobie est de 14 jours, avec une aération des boues assurées par 6 turbines verticales (Figure 3.18) dont le rondement d'oxygénation retenue de $1,7 \text{ kg O}_2/ \text{ kW}$ dans les conditions standards.



Figure 3.18. Bassin de stabilisation des boues

3.17. Déshydratation mécanique :

L'atelier de déshydratation est fonctionné de 18 h/j ,5 j/semaine, pour une concentration moyenne de 25 g/l, il est assuré par quatre tables d'égouttages (Figure 3.19), et filtres à bandes pressures, et un maillage des lignes process (Boues/ Polymères/air combiné).



Figure 3.19. La Table d'égouttage

Les boues aspirées dans les ouvrages de stabilisations sont refoulées vers l'atelier de déshydratation, elles sont floculées par injection d'un polymère en tête de chaque machine ce qui permet d'améliorer la formation des floccs, et chaque ligne a une pompe dédiée ainsi que son débitmètre électromagnétique pour mesurer le débit (Figure 3.20).



Figure 3.20. Les pompes dédiées pour l'injection du polymère

En amont des filtres presses, il est prévu une table de d'égouttage qui permet une évacuation facile de la plus grande partie de l'eau, la boue passera entre deux toiles filtrantes à défilement continue (Figure 3.21), en appliquant progressivement une pression jusqu'à 1.5 kW/cm^2 ; à la fin de pressage, les derniers rouleaux ont un rayon plus petit, pour la récupération des boues déshydratées, après on les décollées par des racleurs et reprises sous chaque filtre par un vis de convoyage (Figure 3.22).



Figure 3.21. Toiles filtrantes de la table d'égouttage



Figure 3.22. Vis de convoyage des tables d'égouttage

3.18. Préparation du Polymère :

Les polymères sont préparés au niveau des deux centrales de préparations automatiques à partir de polymère en poudre (Figure 3.23), après on les dosé et on les dilué avec de l'eau potable ; afin d'assurer une bonne dilution, la préparation automatique est équipée par deux agitateurs pendulaires. On a une pompe de dosage par file et une en secours.



Figure 3.23. Préparation du polymère en poudre

3.19. Evacuation et stockages des boues :

Quatre vis de convoyage reprenant les boues déshydratées en sortie de chaque file, tel qu'alimentent chacune par une pompe graveuse pour les envoient vers des différents points de stockage à travers une canalisation commune (pour un volume maximum de $146.6\text{m}^3/\text{j}$ et de 20% de siccité) soit vers :

- Six bennes de stockage de 12 m^3 . (Figure 3.25).
- Un air de stockage bactérienne de 727 m^3 . (Figure 3.24).



Figure 3.24. Air de stockage des boues de la station de Boufarik



Figure3.25. Les bennes de stockage des boues de la step de Boufarik

3.20. Conclusion :

L'objectif de la station d'épuration n'est pas pour rendre l'eau brute en eau potable, mais pour le rejeter dans le milieu récepteur sans aucun risque de contamination ou de pollution majeur.

CHAPITRE 4

Matériels et Méthodes

4.1. Introduction :

Dans le but de la détermination de l'efficacité des traitements physico-chimiques de la step de Boufarik, des échantillons de l'eau brute entré à la station, tous les types des boues et l'eau traité qu'on les prélevant puis les analysant durant la durée des traitements des eaux de la stations durant le mois d'Avril 2021.

4.2. Prélèvement :

La méthode de prélèvement appliquée dans la step est de l'échantillon composite, elle consiste à prélever des différents échantillons automatiquement dans une période de 24h par un préleveur automatique (Figure 4.1), situé en aval du dégrilleur fin pour l'eau brute, et un autre à la sortie de la step au début du canal de venturi (Figure 4.2) pour les eaux traitées, et pour les décanteurs et clarificateurs, on les relevés manuellement par de bouteilles de labo spéciaux.

Le prélèvement des boues est un prélèvement ponctuel qui se fait pour les boues primaires (BP), boues recyclées (BR), boues activées du bassin biologique (BA), boues épaissies (BE), boues déshydratées (BD) et les boues digérées (BS).



Figure 4.1. Releveur automatique du prétraitement de la step de Boufarik



Figure 4.2. Releveur automatique de la sortie de la step de Boufarik

4.3. Echantillonnage :

Les analyses physico-chimiques sont faites sur des échantillons prélevés en utilisant les normes de rejet algériennes et internationales, les échantillons sont conservés à une température de 4°C.

- **Filière eau :** on mesure le potentiel hydrogène (pH), la température (T), la conductivité électrique (Ce), les matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total (N_T), l'ammonium (N_{NH₄}), nitrates (N_{NO₃}), les nitrites (N_{NO₂}) et le phosphore total (P_T).
- **Filière boue :** on effectue des analyses suivantes :
 - Quantité de MES, MVS pendant une durée de 30 min /j pour les boues activées (V₃₀).
 - MES et MVS pour les boues recyclées et les boues primaires.
 - Matière sèche et MVS pour les boues épaissies, digérées et déshydratées.

4.4. Appareils de mesure :

Les analyses physico-chimiques sont effectuées par des appareils spéciaux, voir le tableau 4.1 ci-dessus :

Paramètres mesurés	Symboles	Unités	Appareils utilisées
Potentiel hydrogène	pH	-	pH-mètre
Température	T	°C	Thermomètre
Conductivité électrique	Ce	μs/cm	Conductimètre
Matières en suspension	MES	mg/l	Dispositif de filtration sous vide
Demande biologique en oxygène	DBO ₅	mg d'O ₂ /l	Oxymètre
Azote total	N _T	mg/l	Spectromètre
Phosphore total	P _T	mg/l	Spectromètre
Matière sèche	MS	%	Centrifuge
Matière volatile en suspension	MVS	%	Four à moufle
Quantité de MES et MVS pendant une période de 30 min	V ₃₀	ml/l	Eprouvette graduée

Tableau 4.1. Les appareils de mesure utilisé dans le laboratoire des analyses de la step de Boufarik

4.5. Protocole des analyses :

4.5.1. Mesure du pH et de la température :



Figure 4.3. pH-mètre utilisé dans le laboratoire des analyses de la step de Boufarik

La mesure de l'acidité et l'alcalinité des eaux est réalisée dans le laboratoire de la step à l'aide d'un pH-mètre (figure 4.3), en suivant les étapes suivantes :

- Allumez l'instrument par la touche ON/OFF.
- Immerger le bout d'électrode et la sonde de la température dans l'échantillon pendant quelques minutes.
- Lisez directement la valeur du pH mesuré lorsqu'elle est bientôt stabilisée.
- Lire la valeur de la température affichée dans l'instrument.

4.5.2. Conductivité électrique :

La conductivité électrique sera mesurée par l'instrument HANNA HI 5321-02 (figure 4.4), le laborantin peut utiliser cet instrument pour mesuré les différentes mesures, la conductivité électrique, la température, la résistivité et la salinité des échantillons ; mais la plupart du temps dans la step de Boufarik, le laborantin étalonne l'instrument pour mesurer généralement (CE) et (Rh), par immerger la sonde dans le béccher d'échantillon courant ; après on lit la valeur affichée lorsqu'elle est stable.



Figure 4.4. Conductimètre HANNA HI 5321-02

4.5.3. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est mesuré dans laboratoire de la step en pourcentage de saturation par un oxymètre de la marque ORION Star A213 (figure 4.5).

On immerge la sonde paléographique d'oxymètre utilisé dans le bécher d'échantillon courant ; on prend la valeur d'oxygène d'après l'afficheur d'instrument lorsqu'elle stable.



Figure 4.5. Oxymètre ORION Star A213

4.5.4. Mesure de matières en suspension :

La notion de matières en suspension désigne l'ensemble des matières solides isolables visibles à l'œil présentes dans un liquide, elles sont d'origine minérales ou organiques.

Deux techniques sont actuellement utilisées pour la détermination de MES, la méthode de filtration sous vide pour les échantillons d'eau en utilise une pompe à vide (figure 4.6), et la méthode de centrifugation pour les échantillons des boues analysées.

Le taux de MES exprimé en mg/l est donné par l'expression suivante :

$$\text{MES} = P_1 - P_0 / V * 1000$$

[24]

Tel que : P_1 : Poids du filtre retenu.

P_0 : Poids du filtre vide.

V : Volume d'eau versé dans la fiole.

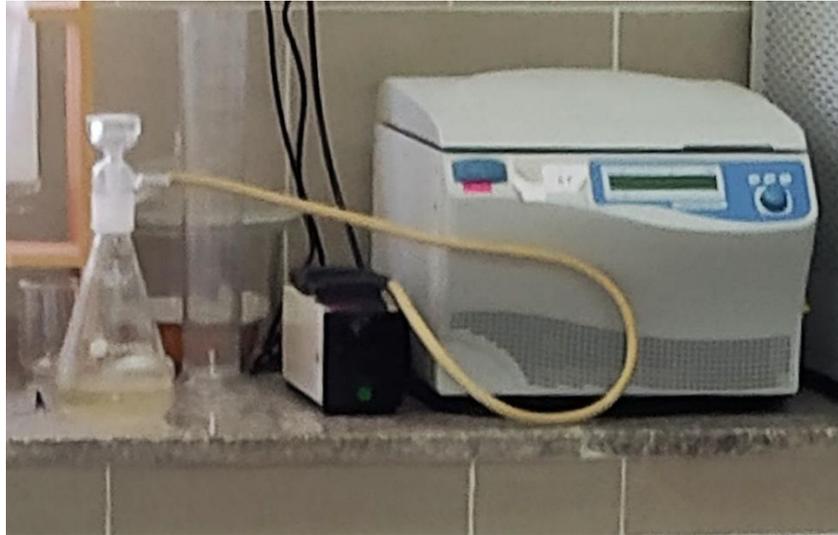


Figure 4.6. Erlenmeyer, antonoière graduée et pompe à vide pour la mesure de MES dans la step de Boufarik.

Dans le laboratoire, on doit :

- Poser les filtres vides dans une balance de précision (figure 4.7) en utilisant des coupelles (Figure 4.7) pour avoir le volume P_0 .
- Préparer le dispositif de filtration qui se compose d'un erlenmeyer, support de filtre, antonoière graduée et une pompe à vide.
- Pour chaque échantillon, on prend un volume de 30 ml d'échantillon pour le filtré, juste pour l'échantillon du bassin d'aération on prend 25 ml.
- On met l'échantillon courant dans l'antonoière graduée en utilisant la pompe à vide pour activer la filtration.
- Rincer avec l'eau distillée.
- Mettre les filtres dans un étuve (figure 4.8) à 105 °C pendant 2h au minimum.
- Retirer les filtres et les mesurer par la balance de précision pour avoir retenue le volume P_1 .



Figure 4.7. Balance de précision et les coupelles utilisées dans laboratoire de la step de Boufarik.



Figure 4.8. Etuve utilisé dans laboratoire de la step de Boufarik

4.5.5. Mesure de la DBO₅ :

La méthode utilisée est la méthode manométrique oxitop, tel qu'en mesure la DBO₅ au bout de 5 jours à 20 °C et l'obscurité, pour éviter tous les photosynthèse parasite, cette méthode a un protocole expérimental comme suite :

- On prend volume de 400 ml d'eau épurée, brute et décantée (le volume est choisi en fonction de la gamme de l'instrument), et on les prend dans des bouteilles marron spéciales et les introduise par un barreau magnétique dans chacune.
- Ajouter deux pastilles d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans chaque bouteille et on les remet les bouchant sur chaque bouteille.
- Appuyer sur S et M simultanément jusqu'à que le zéro sera affiché pour lancer l'opération.
- Mettre les bouteilles dans l'incubateur (figure 4.9) à une température constante de 20 °C pendant 5 jours.
- La lecture sera faite après 5 jours en même heure en appuie sur M ; la valeur sera affichée par mg d'O₂/l.



Figure 4.9. Incubateur

4.5.6. Mesure de la DCO :

La détermination de la DCO s'effectue par la méthode de HACH LCK, mesurée par un spectrophomètre LOVIBOND (Figure 4.10) qui propose un grand nombre de méthodes préprogrammés.

- Introduire 2 ml d'échantillon dans un tube de HACH LCK de la gamme 0-1500 mg/l pour l'effluent de l'entrée et la gamme 0-150 mg/l pour l'effluent de la sortie. (D'après le manuel de l'instrument).



Figure 4.10. Spectrophomètre LOVIBOND

- Mettre les échantillons du thermo réacteur LOVIBOND RD 125 (figure 4.11) pendant une durée de 2h à la température de 150 °C.
- On refroidit les échantillons pour qu'on puisse les toucher, et les mesurer dans le spectrophomètre précédent.



Figure 4.11. Thermo réacteur LOVIBOND RD 125

4.5.7. Mesure de l'azote total :

La détermination de l'azote sera réalisée par la méthode de colorisation par test cuve HACH LCK 380 à l'aide du spectrophomètre comme suite :

- Une dilution pour les effluents d'entrée par 1ml d'échantillons dans un bécher et on ajuste avec l'eau distillée jusqu'à 50 ml, et 1ml d'échantillon d'effluent de la sortie dans un autre bécher et on le complète jusqu'à 25 ml avec l'eau distillée.
- Ajouter trois gouttes de PVA+03 gouttes de MS +01 ml dans chaque flacon (neutre, entrée et la sortie).
- Presser shift time pour une période de réaction de 1 min.
- Placer le neutre dans le puit de mesure ; fermer le capot, pressé 0, en suite placer l'échantillon préparé et le résultat sera affiché en mg/l (en multipliant le résultat par 1,29).

4.5.8. Mesure du phosphore total :

Pour la détermination du (P_T), on doit utiliser la méthode colorimétrique par le test cuve HACH LCK 350 à l'aide du spectrophomètre, comme suit :

- Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette à jaugeur, et l'introduisez dans un bécher et le compléter jusqu'à 10 ml avec l'eau distillée.
- Ajouter le réactif (phosphore PGT) à cette eau et on le fait une agitation.
- Remplir la cuve neutre dans le spectrophomètre, presser 0, en suite on ajoute l'échantillon préparé et on le laisse pendent 2 min après lire le résultat affiché.

4.5.9. Mesure des nitrates :

Le dosage qu'on doit réaliser pour la détermination des nitrates sera effectuée par la méthode HACH LCK 339, à l'aide du spectrophomètre, comme suite :

- Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette jaugée de l'échantillon mère, puis l'introduite dans un bécher, et on le complète jusqu'à 30 ml avec l'eau distillée.
- Ajouter le réactif (nitrate 30) à l'échantillon, et on fait une agitation pendant 3 min, et laisser la solution se reposer 2 min.
- Enlever 5 ml et ajoute le réactif (nitrate 25), après on fait une agitation légère et laisser la solution se reposer pour 10 min.
- Remplir la cuve avec de l'eau distillée (neutre), et Introduire la cuve dans le porte-cuve du spectrophomètre.
- Programmer la longueur d'onde désirée (507nm).
- Enlever la cuve de référence.
- Appuyer sur la touche READ puis lire le résultat.

4.5.10. Mesure des nitrites :

La détermination des nitrites sera réalisée par la méthode de colorimétrie par test cuve HACH LCK 511 à l'aide d'un spectrophomètre, comme suit :

- Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette jaugée d'échantillon et l'introduit dans un bécher, et le compléter jusqu'à 10 ml avec l'eau distillé.
- Ajouter le réactif (nitrite 10) et faire une agitation légère.
- Laisser la solution se repose pour 15 min, et en le met dans un spectrophomètre.
- Remplit la cuve avec l'eau distillée (neutre), puit introduisez la cuve d'échantillon aussi dans le port cuve du spectrophomètre.
- Programmer la longueur d'onde désirée (507nm), et enlever la cuve d'échantillon précédent et le remplie avec l'échantillon de la sortie.
- Appuyer sur la touche READ puis lire résultat.

4.6. Protocoles des analyses des boues :

La station d'épuration de la ville de Boufarik à eu un protocole des analyses dans la filière des boues qui consiste à mesurer les paramètres suivants :

4.6.1. Test de décantation V_{30} :

Le V_{30} est un volume des boues décantées dans une période de 30 min, appliqué sur la boue activée, il nous permet de calculer l'indice de MOHLMAN par l'expression suivante :

$$I_m = V/P$$

tel que :

- I_m : Indice de MOHLMAN.
- V : volume occupé par la boue (ml).
- P : Poids sec (g).

Pour calculer le V_{30} , on doit suivre les étapes suivantes :

- Prendre une éprouvette graduée (figure 4.12) et on verse un volume de 1 l des boues activées dont elle-même.
- Lancer le chronomètre.
- Après 30 min de lancement du chronomètre, on lit le volume occupé par les boues sur l'éprouvette.



Figure 4.12. Eprouvette graduée

Remarque :

- L'indice de MOHLMAN permet de caractériser la décantabilité des boues.
- Lorsqu'il y a des problèmes de décantation sur le clarificateur, il convient d'effectuer un examen microscopique des boues.

4.6.2. Matière sèche :

Les matières sèches sont l'ensemble des matières organiques, déterminées par la méthode de séchage en suivant les étapes suivantes :

- Poser la coupelle vide pour avoir la masse initial P_0 .
- Mettre la quantité de la boue analysée dans la coupelle, et pose-elle dans la balance de précision pour avoir P_1 .
- Sécher la coupelle mesurée dans une étuve réglée à une température de $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 24h.
- Poser la coupelle après le séchage dans la balance de précision pour avoir la masse P_2 .
- Détermination du teneur des matières sèches par la relation suivante :

$$MS = \{(P_2 - P_1) / (P_1 - P_0)\} * 100$$

Tel que :

- MS : matières sèches (%).
- P_0 : la masse de la coupelle vide (g).
- P_1 : la masse de la coupelle plus la boue analysée (g).
- P_2 : la masse de la coupelle après le séchage (g).

Les matières sèches sont aussi appelées matières volatiles sèches (MVS), qu'elles sont déterminées par la méthode de calcination en suivant les étapes suivantes :

- Poser une coupelle vide dans la balance de précision (figure 4.7), pour avoir la masse initial P_0 .
- Mettre la quantité de boue analysée dans la coupelle mesurée et on la pose dans la balance pour avoir la masse P_1 .
- Sécher la coupelle dans un four à moufle (figure 4.13) pendant 2h, pour avoir une calcination.
- Poser la coupelle après la calcination dans la balance de précision pour avoir le poids P_3 .
- Déterminer la teneur des MVS par la relation suivante :

$$MVS = \{(P_3 - P_1) / (P_1 - P_0)\} * 100$$

Tel que :

- MVS : matières volatiles sèches (%).
- P_0 : la masse de la coupelle vide (g).
- P_1 : la masse de la coupelle pleine (g).
- P_3 : la masse de la coupelle après la calcination (g).



Figure 4.13. Four à moufle

4.7. Conclusion :

Afin de caractériser les eaux usées de la ville de Boufarik, il est indispensable de procéder les analyses physico-chimiques (pH, CE, T°, DCO,...) et biologiques pour l'eau brute et les eaux épurées (DBO₅, NTK,MS,....).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Au terme de notre humble travail, nous pouvons conclure ce qui suit :

- Afin de prendre en charge les milieux naturels récepteurs et garantir leurs objectifs de qualité, des stations d'épuration sont mises en place pour épurer le maximum d'effluents résultants des activités humaines.
- Les eaux usées à l'entrée de la step de Boufarik sont considérablement chargés en matières organiques biodégradables, elles sont certainement des rejets urbains à caractères domestiques.
- La step de Boufarik est de type boues activées à moyenne charge avec un rendement répondant aux exigences de la protection de l'environnement.
- Les eaux de la sortie de la step sont conformes aux normes de rejets.
- Concernant le traitement tertiaire par l'ultraviolet, le poste est achèvement en voie de construction, sa mise en service est prévue d'ici l'année 2022.
- Les eaux épurées seront réutilisées en agriculture comme prévu lors du démarrage de la désinfection par l'ultraviolet, filtre à sable et par fois par chloration.

Enfin, nous souhaitons que ce travail se poursuivra à l'avenir pour confirmer la performance de cette step.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

- [1] **SELGHI R**, Différents filières de traitement des eaux, Ed université. I Z Rabat, 2001, p22.
- [2] **MOUMOUNI Moussa**, les eaux résiduaires des tanneries et teintureries caractéristiques physico-chimiques et biologiques, Djermakoye H 2005.
- [3] **KHADRAOUI A et TALEB S**, qualité des eaux de sud Algérie, pollution impact sur le milieu, Ed Khyan, Algérie 2008.
- [4] **GROSCLANDE Gérard**, l'eau usages et polluant, Ed Tome 2, Paris, 1999.
- [5] **DESJARDINS R**, le traitement des eaux 2^{ème} édition, Ed école polytechnique, 1997.
- [6] **RODIER J**, l'analyse de l'eau : eaux naturelles, résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Ed Dunod Paris, 2005, p1383.
- [7] **AROUA A**, l'homme et son milieu, Ed société national, Alger, 1994.
- [8] **BAUMONT S Camard J-P**, réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile de France, France, 2005.
- [9] **BONAFIA S**, la dégradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée basée sur la réaction de fanton, thèse de doctorat, université Saad Dahlab Blida, Algérie, 2010.
- [10] **MIZI A**, traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras de la région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles, thèse de doctorat, université de Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 2006.
- [11] **HURLEKAS F**, couplage des procédés membranes aux technique physico-chimiques ou biologiques pour le traitement des rejets liquides de l'industrie de textile, thèse de doctorat, université Cadi AYAD de Marrakech, Maroc, 2008.
- [12] **METAHRI Mohamed Saïd**, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes, cas de la step de la ville de Tizi Ouzou, université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, thèse de doctorat, Algérie, 2012.
- [13] **GOMELLA C et GURREE H**, les eaux usées dans l'agglomération (traitement), Ed Eyrolles, 1978.
- [14] **RODIER J**, l'analyse de l'eau 9^{ème} édition, Paris 2009.
- [15] **RODIER J**, l'analyse de l'eau : eaux naturelles, résiduaires, eau de mer , 7^{ème} édition, France, 1984.

- [16] **GLANIC R et BERNETON J-P**, caractérisation des effluents d'assainissement individuel et essais de matériel d'assainissement autonome, TSM-l'eau-84anné-N°11, p 573-584,1984.
- [17] **OMS** : l'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture recommandation avisées sanitaire, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 1989.
- [18] **Journal officiel de la république algérienne** n°26, 23 avril 2006.
- [19] **LEONARD A**, étude du séchage convectif des boues de la station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayon X, université de Liège, thèse de doctorat, Belgique, 2002.
- [20] **DEGREMENT**, memento technique de l'eau, 2^{ème} édition, Tome 1, 2005.
- [21] **BECHAC J-P et al.**, traitement des eaux usées, Ed Eyrolles,1987.
- [22] **ATTAB S**, amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues actives de la station d'épuration Berkoui par l'utilisation d'un filtre à sable local, université de Ouargla, mémoire de magister en biologie, Algérie, 2011.
- [23] **Office national d'assainissement**, développer les compétences pour mieux gérer l'eau et la stabilisation des boues de la station d'épuration, technique de mesure du procédé, 2001.
- [24] **TOUATI Khaled**, conception de la station d'épuration par boues actives de la ville d'Akbou wilaya de Bejaia, septembre 2012.
- [25] **BOUTIN C**, ingénierie n°34 p47 a55, élément de comparaison technique et économique adapté aux petites collectivités, 22 mars 2010.