

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed - Institut de Maintenance et Sécurité Industrielle*  
*Département de Sécurité Industrielle et Environnement*



## **MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

Rédigé par :

**MEDERBEL Naim**

**BRAHIMI Abdelmalek**

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Sécurité industrielle**

Option : **Sécurité industrielle et environnement**

**INTITULE :**

***Suivi et comparaison de la qualité des eaux usées urbaines entre la STEP de Bouira et la STEP de Relizane***

Soutenu le /09/2022 devant le jury composé de :

- **Président : Mr. Lalaoui Mohamed** MAA
- **Encadreur : Mr. Bouhadiba Brahim** Dr
- **Examineur : Mr. Nadji AEK** Dr

***Année Universitaire: 2021/2022***

## ***REMERCIEMENTS***

*D'abord et avant tout nous remercions Dieu Tout- Puissant de nous avoir donné la volonté et surtout le courage pour accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Dr. **Bouhadiba Brahim** pour ses conseils précieux, disponibilité et son suivi durant toute la période du travail.*

*Un profond remerciement tout particulier à nos chers parents pour les sacrifices consentis afin de nous permettre d'avoir une bonne éducation et d'accomplir une formation prestigieuse*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **Noual Mohammed, AZIZI Louiza** et à tout le personnel de la station d'épuration de Relizane et celle de Bouira pour la confiance et l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé et l'assistance qu'ils nous ont accordé*

*Nous exprimons notre reconnaissance aux membres du jury, le président Mr. **Lalaoui Mohamed** et notre examinateur Dr. **Nadji AEK** d'avoir examiné ce travail et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de ce mémoire.*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire à ....*

*A celle et à celui qui ont attendu avec patience le fruit de leur  
bonne éducation et de leurs dévouements*

*A mes très chers parents*

*A l'âmes de mes grands-mères et mon grand père*

*A mes frères et sœurs*

*A tous mes collègues, enseignants et amis sans exception*

*A vous cher lecteur*

*Je vous dédie ce modeste travail avec tous mes vœux de  
bonheur, de santé et de réussite*

*Naim*

# *Dédicaces*

*Avant tout, je dédie ce document de travail, qui est le résultat de plusieurs années d'efforts, à plusieurs personnes qui sont toujours présent dans mon esprit qui m'ont aidé, soutenu et encouragé. Je pense d'abord :*

*A mes parents et qui n'ont cessé de m'encourage et j'espère qu'ils seront fiers de moi.*

*A mes frères, sœurs, et à toute ma famille.*

*A Tous mes professeurs qui nous ont enseigné depuis mes premières années d'études.*

*A tous les membres de ma promotion.*

*A mes amis et à ceux qui nous sont chers.*

*ABDEL MALEK*

# *Sommaire*

Remerciements.....	I
Liste des Abréviation... ..	X
Liste des Tableaux.....	XII
Liste des Figures.....	XIII
Introduction générale .....	1

## **Chapitre I : généralités sur les eaux usées**

I. Eau usée .....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Origine des eaux usées .....	3
I.3. Caractéristiques des eaux usées .....	5
I.3.1. Paramètres physico-chimiques.....	5
I.3.2. Paramètres chimiques.....	8
I.3.3. Les paramètres de la pollution dissoute .....	8
I.3.4. Les paramètres biologiques .....	10
I.4. Notion d'équivalent habitant (EH) .....	10

## **Chapitre II : Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention**

### **Partie I : procédés et étapes d'epuration des eaux usées**

II.1. Les prétraitements ou traitement préliminaires .....	12
II.1.1. Les Traitements physiques.....	13
a) Le dégrillage .....	13
b) Dessablage .....	13
c) Dégraissage - déshuilage.....	14
II.2. Le traitement primaire .....	14

II.2.1. Les traitements physico-chimiques.....	14
a) Coagulation – floculation.....	14
b) Décantation .....	15
c) Filtration.....	16
II.3. Les traitement secondaires (biologiques) .....	16
II.3.1. Les procédés à culture fixée.....	17
a) Les filtres biologiques.....	17
b) Les disques biologiques .....	19
II.3.2. Culture mobile (libre) .....	20
a) Le lagunage.....	21
b) Les boues activées.....	21
c) Définition des boues activées.....	21
II.4. Les traitements tertiaires par voie biologique.....	23
II.4.1. L'élimination de l'azote .....	23
a) Nitrification.....	23
b) Dénitrification .....	24
c) Nitrification- dénitrification.....	24
II.4.2. L'élimination du phosphore (déphosphatation).....	24
II.4.3. La désinfection.....	25

## **Partie II : les différents risques et leurs moyens de prévention**

II.5. RISQUES EXISTANTS.....	26
II.5.1. Risques Chimiques.....	26
a) Le chlore gazeux et ses dérivés oxygénés.....	26
b) Les dérivés de chlore .....	27
c) Les modificateurs de PH.....	27
d) Les coagulants.....	28

II.5.2. Risques Infectieux (Risques Biologiques) .....	28
a) Agents biologiques présents dans les eaux usées .....	28
b) Mode d'exposition : .....	30
c) Effets sur la santé .....	30
II.6. MOYENS DE PREVENTION .....	31
II.6.1. Mesures de préventions selon les étapes de l'épuration .....	31
a) Arrivée des eaux usées (effluents) .....	31
b) Prétraitement .....	32
c) Traitement des eaux .....	33
II.6.2. Mesures préventives concernant la conception et la maintenance des équipements et des installations.....	34
a) Risques associés à la circulation .....	34
b) Risques liés aux installations électriques et mécaniques .....	35
c) Risques d'explosion, d'incendie, d'intoxication.....	36
II.6.3. Mesures de prévention concernant les travailleurs .....	36
a) Instruction, Formation et informations .....	36
b) Le port des EPI (Equipements de protection individuelle) .....	37

### **Chapitre III : Présentation de la station d'épuration de la ville de Bouira**

III.1. Présentation de la STEP (Station d'épuration).....	39
III.1.1. Présentation de l'entreprise d'accueil.....	39
III.1.2. Présentation de la station d'épuration de Bouira .....	39
III.1.2.1. Localisation de la station .....	39
III.1.2.2. Descriptif technique de la Station .....	41
III.2. L'objectif de traitement.....	42
III.3. Principe de traitement.....	43
III.4. Description des étapes de processus.....	45

III.4.1. Le prétraitement.....	45
a) Dégrillage.....	45
b) Dessableur et dégraisseur.....	46
III.4.2. Traitement secondaire.....	49
a) Répartition et bassins d'anaérobie.....	49
b) Clarificateurs.....	51
III.4.3. Traitement tertiaire .....	52
III.4.3.1. Traitement physico-chimique du phosphore.....	52
III.4.3.2. Désinfection .....	52
III.4.4. Traitement des boues .....	54
III.4.4.1. Epaissement .....	54
III.4.4.2. Stabilisation des boues avec turbines superficielles .....	55
III.4.4.3. Déshydratation mécanique des boues .....	56
III.4.4.4. Déshydratation des boues en lits de séchage .....	57

## **Chapitre IV : présentation de la station d'épuration de la wilaya de Relizane**

IV.1. Présentation de la station d'épuration.....	62
IV.2. Situation géographique de la station d'épuration .....	62
IV.3. Réseau d'assainissement .....	63
IV.4. Détermination de la capacité hydraulique de la STEP .....	64
IV.5. Objectif du traitement de la STEP.....	64
IV.6. Les procédés d'épuration de la STEP de la ville de Relizane .....	65
IV.6.1. Le traitement préliminaire (prétraitement) dégrillage .....	66
a) Dégrillage fin .....	66
b) Dessablage – Déshuilage.....	67
IV.6.2. Le traitement secondaire: .....	68

IV.6.3. Clarificateur .....	69
IV.6.4. Traitement tertiaire .....	69
IV.6.5. Le traitements boues .....	70
a) L 'épaississement .....	70
b) Stabilisation des boues .....	70
c) Les lits de séchage .....	71
d) La Déshydratation .....	72

## **Chapitre V : Méthodes, Matériels et discussion des Résultats**

### **Partie I : Méthodes et Matériels**

V.1. Les paramètres physico-chimiques .....	73
V.1.1. La turbidité.....	73
V.1.2. Potentille d'hydrogène (PH) .....	73
V.1.3. Conductivité.....	74
V.1.4. La quantité de MES, MVS, MMS, IB, V30 .....	75
V.2. Les paramètres chimiques .....	80
V.2.1. La DCO .....	80
V.2.2. La DBO5.....	81

### **Partie II : Résultats et discussions**

V.3. La température et la conductivité .....	83
V.3.1. Température (STEP Relizane).....	83
V.3.2. Température (STEP Bouira) .....	84
V.3.1. La conductivité (STEP Relizane) .....	84
V.3.2. La conductivité (STEP Bouira) .....	85
V.4. PH.....	86
V.4.1. PH (STEP Relizane) .....	86
V.4.2. PH (STEP Bouira) .....	87

V.5. MES (matières en suspension) .....	88
V.5.1. MES (STEP Relizane) .....	88
V.5.2. MES (STEP Bouira) .....	89
V.6. La DBO5, DCO et le rapport DCO/DBO5.....	90
V.6.1. La DBO5 (STEP Relizane).....	91
V.6.2. La DBO5 (STEP Bouira).....	91
V.6.1. La DCO (STEP Relizane).....	92
V.6.2. La DCO (STEP Bouira).....	93
V.6.1. Le rapport DCO/DBO5 (STEP Relizane).....	94
V.6.2. Le rapport DCO/DBO5 (STEP Bouira).....	94
V.7. Rendement épuratoire.....	95
V.8. Détermination de MES et MVS dans les bassins d'aération (STEP Bouira).....	97
Conclusion générale.....	99
Bibliographie.....	100
ANNEXES .....	103

## *Liste des Abréviations*

<b>STEP</b>	Station d'épuration
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>MMS</b>	Matières minérales en suspension
<b>MVS</b>	Matières volatiles en suspension
<b>PH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>CE</b>	Conductivité électriques
<b>DBO5</b>	Demande biologique en oxygène
<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène
<b>K</b>	Coefficient de La biodégradabilité
<b>EU</b>	Eau usée
<b>EB</b>	Eau brute
<b>EE</b>	Eau épuré
<b>IB</b>	Indice de Boues
<b>V30</b>	Volume de boue décantée en 30 min (ml/l)
<b>MO</b>	Matières organiques
<b>MA</b>	Matières azotées
<b>MP</b>	Matières phosphorées
<b>EH</b>	Notion d'équivalent habitant
<b>SPE</b>	Substances polymériques extracellulaires
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>JORA</b>	Journal Officiel Algérie

<b>FAO</b>	Food and agriculture organisation
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>ONA</b>	Office National d'Assainissement
<b>CHS</b>	Comité d'hygiène et de sécurité
<b>EPI</b>	Equipements de protection individuelle
<b>CET</b>	Centre d'enfouissement technique
<b>T°</b>	Température
<b>V</b>	Volume
<b>UV</b>	Ultraviolets
<b>μ</b>	Micromètre

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau III.1</b> - Tableau synoptique .....	41
<b>Tableau III.2</b> - normes de quelques paramètres obtenues données par la STEP .....	43
<b>Tableau III.3</b> - Les Caractéristiques de conception pour les eaux entrant dans la station d'épuration .....	43
<b>Tableau IV.4</b> - Les Caractéristiques de conception pour les eaux entrantes dans la station d'épuration .....	64
<b>Tableau V.5</b> - les valeurs affichées (digits) en valeur DBO .....	82
<b>Tableau V.6</b> - les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau épurée (STEP R).....	103
<b>Tableau V.7</b> - les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau épurée durant les jours de stage pratique (STEP B) .....	104
<b>Tableau V.8</b> - Les concentrations de MES, MES moy, le rendement d'élimination de l'eau brute et l'eau épurée (STEP B) .....	105
<b>Tableau V.9</b> - Les différentes valeurs de la DCO et la DBO5 et le rapport DCO/DBO5(STEP B).....	105
<b>Tableau V.10</b> - Les différentes valeurs de la DCO et la DBO5 et le rapport DCO/DBO5 (STEP R).....	106
<b>Tableau V.11</b> - Les moyennes de MES, MVS, IB et V30 des trois bassins biologiques (STEP B).....	106

## *Liste des Figures*

<b>Figure II.1-</b> schéma et fonctionnement d'une station d'épuration.....	11
<b>Figure II.2 -</b> Exemple d'un dégrilleur .....	13
<b>Figure II.3 -</b> Organigramme recapitulant les méthodes de traitement biologique.....	17
<b>Figure II.4 -</b> Exemple d'un lit bactérien.....	18
<b>Figure II.5 -</b> Schéma de disques biologiques.....	20
<b>Figure II.6 -</b> Les 5 éléments essentiels dans le procédé à boues activées.....	22
<b>Figure II.7-</b> Exemples de mesures de prévention .....	35
<b>Figure II.8 -</b> Equipements de protection individuelle.....	38
<b>Figure III.9 -</b> La localisation de la station .....	40
<b>Figure III.10 -</b> Image de la station par Google earth .....	40
<b>Figure III.11-</b> schéma résumant le traitement (eaux + boues).....	44
<b>Figure III.12 -</b> Prétraitement.....	45
<b>Figure III.13 -</b> Le dégrilleur fin .....	46
<b>Figure III.14 -</b> dessableur / dégraisseur .....	47
<b>Figure III.15 –</b> déshuilage .....	47
<b>Figure III.16 -</b> Traitement des sables.....	49
<b>Figure III.17 -</b> Répartiteur .....	50
<b>Figure III.18 -</b> bassin aérobique .....	50
<b>Figure III.19 –</b> Clarificateurs.....	51
<b>Figure III.20 –</b> Désinfection .....	53
<b>Figure III.21 -</b> La sortie des eaux épurées vers l'oued .....	54
<b>Figure III.22 -</b> épaissement .....	55
<b>Figure III.23 -</b> La Stabilisation aérobie des boues.....	56
<b>Figure III.24 -</b> Déshydratation mécanique des boues.....	57
<b>Figure III.25 -</b> Déshydratation des boues en lits de séchage .....	57

<b>Figure IV.26</b> - Situation de la Station d'épuration de la Ville de Relizane .....	63
<b>Figure IV.27</b> - Schéma du procédé de Traitement retenu .....	65
<b>Figure IV.28</b> - Dégrilleur de la STEP de la Ville de Relizane.....	67
<b>Figure IV.29</b> - Dessableur - Deshuileur de la Station d'épuration de la Ville de Relizane ....	68
<b>Figure IV.30</b> - Bassin d'aération de la Station d'épuration de la Ville de Relizane .....	68
<b>Figure IV.31</b> - Clarificateur de la Station d'épuration de la Ville de Relizane .....	69
<b>Figure IV.32</b> - Lits de séchages de la Station d'épuration de la Ville de Relizane .....	71
<b>Figure V.33</b> – Spectrophotomètre .....	73
<b>Figure V.34</b> - pH mètre .....	74
<b>Figure V.35</b> - conductimètre .....	75
<b>Figure V.36</b> - pompe à vide .....	76
<b>Figure V.37</b> - Etuve.....	77
<b>Figure V.38</b> - four .....	77
<b>Figure V.39</b> - dessiccateur .....	78
<b>Figure V.40</b> - centrifugeuse .....	78
<b>Figure V.41</b> - Evolution de la température en fonction du temps.....	83
<b>Figure V.42</b> - Evolution de la température en fonction du temps.....	84
<b>Figure V.43</b> - Les variation de la conductivité électrique.....	85
<b>Figure V.44</b> - Evolution de la conductivité en fonction du temps .....	86
<b>Figure V.45</b> - Les variations de pH des eaux usées brutes et traitées .....	87
<b>Figure V.46</b> - Evolution du pH en fonction du temps.....	88
<b>Figure V.47</b> - Les variation des valeurs MES .....	89
<b>Figure V.48</b> - Evolution des MES en fonction du temps .....	90
<b>Figure V.49</b> - Les variation des valeurs DBO5.....	91
<b>Figure V.50</b> - Evolution de la DBO5 en fonction du temps .....	92
<b>Figure V.51</b> - Les variation des valeurs DCO.....	93

<b>Figure V.52</b> - Evolution de la DCO en fonction du temps .....	94
<b>Figure V.53</b> - Taux d'abattement de MES (STEP B) .....	95
<b>Figure V.54</b> - Taux d'abattement de la DCO (STEP B).....	95
<b>Figure V.55</b> - Taux d'abattement de la DCO (STEP R).....	96
<b>Figure V.56</b> - Taux d'abattement de la DBO5 (STEP B).....	96
<b>Figure V.57</b> - Taux d'abattement de la DBO5 (STEP R).....	97
<b>Figure V.58</b> - Evolution des moyennes de MES, MVS, IB, V30 .....	98

### ***Introduction générale***

Ces dernières années l'Algérie a connu de multiples fléaux tels que le changement climatique, le développement de l'urbanisation et l'accroissement démographique. Et tous ceux-ci ont conduit à des problèmes multiples et complexes. En plus des défis que pose la demande en eau et sa gestion, s'adjoint les problèmes de rejet des eaux usées et leur contribution sur la dégradation à long ou à court terme de l'environnement et la santé publique.

Afin de répondre à cette situation d'épuisement des ressources naturelles et à la protection de l'environnement, le recours à l'épuration des effluents urbains, le plus souvent chargés en éléments nutritifs notamment le phosphore et l'azote, est devenu une nécessité, ainsi cette épuration constitue d'une part une source d'eau et d'engrais renouvelables et utile pour l'agriculture et d'autre part, elle permettrait la protection de milieu aquatique récepteur.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée [1]

Au cours de ce travail, nous sommes intéressés aux traitements des eaux usées urbaines des deux STEPS (Bouira et Relizane) et de faire une brève comparaison entre ces deux dernières en ce qui concerne les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques et chimiques.

Ce mémoire est réparti en cinq chapitres qui sont :

Le premier chapitre comprend des généralités sur les eaux usées

Le deuxième chapitre constitue de deux parties, la première interprète les différentes étapes d'épuration des eaux usées, et la seconde sur les risques existants au sein d'une STEP et leurs moyens de prévention

Le troisième et le quatrième chapitre sont basés sur la présentation de la station d'épuration de la wilaya de Bouira et celle de Relizane

## **Introduction générale**

---

Le dernier chapitre est consacré aux différentes méthodes et matériels utilisés au niveau de leurs laboratoires et la discussion des principaux résultats des analyses effectuées.

Le mémoire est enfin clôturé par une conclusion générale rappelant l'objectif opté et les perspectives.

Les eaux usées (effluents) sont des milieux très complexes, qui ont subis une altération par les activités humaines à la suite d'une utilisation domestique, agricole, industrielle, et autre. Et par conséquent ces eaux se trouvent dans un état de dégradation (polluées) et donc elles devront être traitées avant toute réutilisation ou leur rejet dans le milieu naturel récepteur.

## I. Eau usée

### I.1. Définition

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations [1]

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. [2]

### I.2. Origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent de quatre sources principales [3] :

- 1) Les eaux usées domestiques
- 2) Les eaux usées industrielles
- 3) Le ruissellement dans les zones agricoles
- 4) Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes

- Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires [1]

- Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir [4]

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie).
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries).
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)
- Les eaux 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 fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, ...). [2]

Donc ces eaux sont l'issus :

- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi- aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).
- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduares des usines de fabrication et de conditionnement. [2]

- Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues, où sont accumulées des polluants atmosphériques, poussières, détrit, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules.

Les eaux usées de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. [1]

### I.3. 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'analyses. Certains de ces paramètres sont 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 analyses suivantes :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels. [4]

#### I.3.1. Paramètres physico-chimiques

- La 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. [5]

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C cependant, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C. [1]

- L'odeur

L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable, cependant en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde.

Une odeur nauséabonde indique une eau qui commence à fermenter par stagnation soit dans le réseau d'égout soit avant son rejet. [6]

- La couleur

Une 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 [7]. 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 [5].

- Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6.5 et 8.5.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien [1].

La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7.5 et 9. La mesure électrique quoique délicate peut seul donner une valeur exacte car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, de la turbidité et des matières colloïdales [1].

- La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes [7].

La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en générale très élevée, elle ne peut de ce fait être exprimée en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiomètre [1].

- Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques [8].

- Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenus par calcination de ces MES à 525 °C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105 °C et les MES à 525 °C donne < la perte au feu > et correspond à la teneur en MVS en (mg/L) d'une eau [1].

- Les 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.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène [1].

- La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en microsiemens par centimètre (S.cm-1), elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [9].

Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire [1].

### I.3.2. Paramètres chimiques

- La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration [5].

La (**DBO5**) : C'est la quantité d'oxygène consommée à 20 °C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau. On utilise conventionnellement la DBO5, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO5 n'est représentative normalement que de la pollution organique carbonée biodégradable [10].

- La Demande chimique en Oxygène (DCO)

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

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation [5].

La DCO est la concentration, exprimée en mg/l, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme [7].

### I.3.3. Les paramètres de la pollution dissoute

- La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K,  $K=DCO/DBO5$  :

- $K < 1.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables

- $1.5 < K < 2.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables
- $2.5 < K < 3$  : les matières oxydables sont peu biodégradables
- $K > 3$  : les matières oxydables sont non biodégradables

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures...etc. [1]

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].

- Les matières azotées

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène ( $O_2$ ) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous ( $NH_3$ ), en équilibre avec l'ion ammoniac ( $NH_4^+$ ) [11].

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

- N organique à  $NH_4^+$  : ammonification
- $NH_4^+$  à  $NO_2^-$  : nitritation par Nitrosomonas
- $NO_2^-$  à  $NO_3^-$  : nitratisation par Nitrobacter. [4]

- Les matières phosphorées

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, poly phosphates, phosphore organique ..., les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique.

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les poly phosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux [12].

### **I.3.4. Les paramètres biologiques**

Ce qui caractérise la pollution des eaux, c'est que cette pollution comporte un très grand risque sanitaire pour les populations humaines et animales, représentant ainsi un grand danger sur les écosystèmes et perturbe les modes de vie dans notre planète.

Les micro-organismes polluant les ressources en eau sont à l'origine de maladies prenant en générale l'appellation d'infection d'origine hydrique.

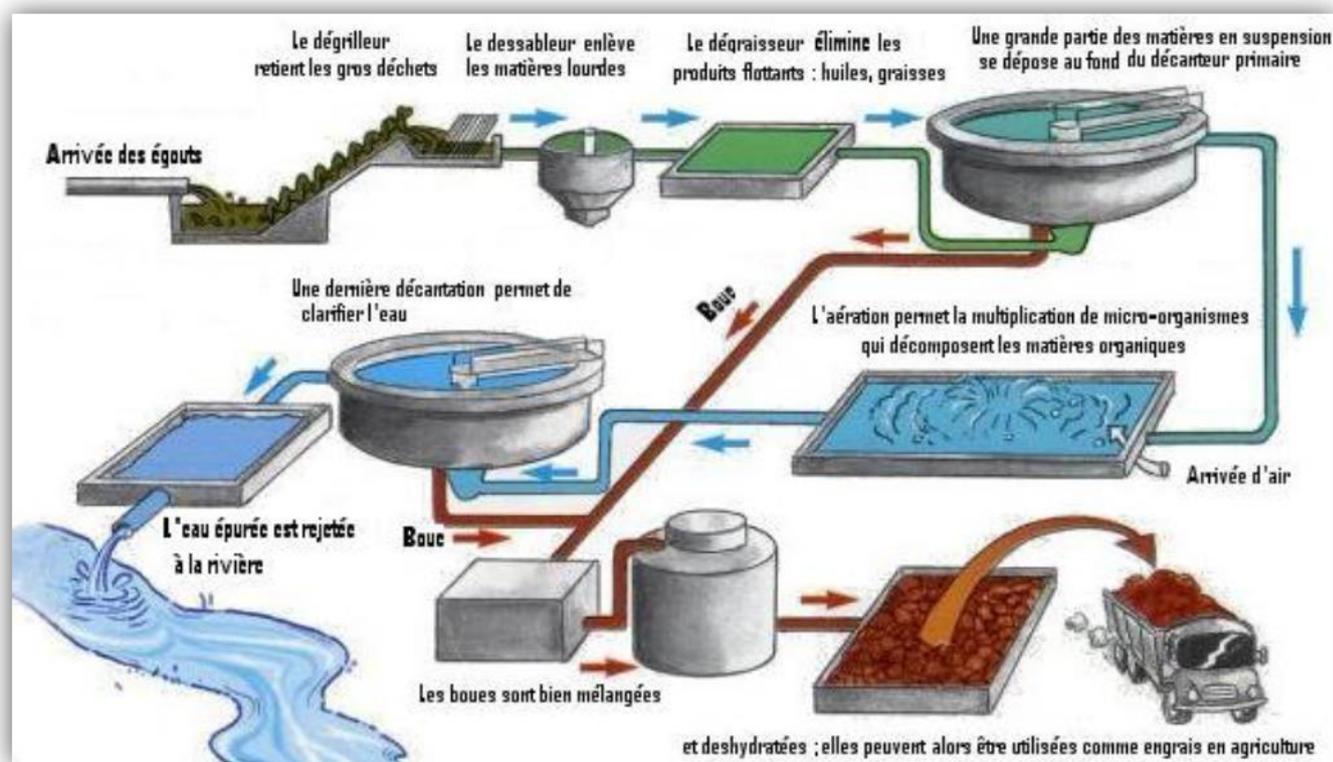
Les organismes microbiens responsables de ces infections prennent quant à eux le nom d'agents pathogènes, ceux-ci peuvent être de trois types :

- Virus : poliomyélite, Gastro-entérites virales
- Parasites : Helminthes, protozoaires
- Bactéries : vibrions, salmonelles [13].

### **I.4. Notion d'équivalent habitant (EH)**

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [14]

**Partie I : procédés et étapes d'épuration des eaux usées**



**Figure II.1- schéma et fonctionnement d'une station d'épuration**

La ligne complète de traitement des eaux usées peut être schématiquement divisée en deux filières :

- La filière eau dans laquelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel ;
- La filière boue dans laquelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

La filière eau comprend généralement :

- Un prétraitement pour l'élimination des objets de taille comprise entre 0,1 et 50 mm (dégrillage, dessablage), des graisses et du sable,
- Un traitement primaire pour l'élimination des matières en suspension facilement décantables.

- Un traitement secondaire composé d'un réacteur biologique pour l'élimination de la pollution biodégradable organique ( $DBO_5$ ) ou minérale ( $NH_3$ ,  $NO^-$ , P).
- Certaines stations sont également équipées d'un traitement tertiaire pour l'élimination des microorganismes ou du phosphore résiduel.

Les boues provenant du décanteur primaire (boues primaires) et du traitement biologique (boues biologiques) seront ensuite traitées et conditionnées sur la filière boues [2].

### **II.1. Les prétraitements ou traitement préliminaires**

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages [2].

Ils permettent d'éliminer les matières les plus grossières, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures.

Ils font appel :

- A des procédés mécaniques, comme des grilles ou des tamis, pour éliminer des grosses particules transportées par les eaux [7].
- Les gros déchets sont tout d'abord éliminés par un dégrilleur constitué de barreaux espacés de 10 à 50 mm suivi d'un dégrilleur plus fin (3 à 10 mm) ou d'un tamisage (0,1 à 3mm) [2].
- A des procédés physiques, comme des phénomènes de décantation pour éliminer les sables, ou de flottation pour éliminer les graisses (matières grasses) [7]

Le prétraitement se poursuit avec l'élimination des particules denses ou abrasives ; cette étape est souvent associée à l'élimination des matières flottantes, et notamment des graisses, dans une structure appelée dégraisseur/dessableur [2]. La pollution manifeste dans les eaux résiduaires, une fois prétraitées, se compose d'une fraction de fines particules (les MES) qui n'ont pas été arrêtées par le dégrillage ou le tamisage et des molécules organiques et minérales en solution vraie ou colloïdale.

En règle générale, l'élimination des MES est obtenue par décantation gravitaire alors que celle de la pollution soluble subit une dégradation biologique, mais pour certaines stations d'épuration, l'élimination des MES est réalisée dans l'ouvrage du traitement biologique [2].

### II.1.1. Les Traitements physiques

#### a) Le 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 de la grille. C'est l'opération préliminaire à tout traitement et la présence d'une grille est absolument indispensable sur toutes les stations [15].

Le dégrillage protège également la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles de provoquer des blocages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus vont ensuite être éliminés avec les odeurs ménagères.



*Figure II.2 - Exemple d'un dégrilleur*

#### b) Dessablage

Les sables qui se trouvent dans les effluents doivent être éliminés, et cela :

- Afin d'éviter leur sédimentation ultérieure, qui peut amener le colmatage de canalisation qu'il sera difficile de désobstruer, surtout s'elles sont enterrées ;
- Pour protéger les pièces mécaniques en mouvement rapide (axes de chaînes, rotors de centrifugeuses à boues, pompes de relèvement).

Le dessablage concerne notamment les particules minérales de diamètre supérieur à 0.2 mm environ.

### **c) Dégraissage - déshuilage**

Cette opération consiste à réduire les graisses et les huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface.

Il est évident que les huiles et graisses présentent de multiples inconvénients dans le traitement biologique ultérieur, tels qu'une mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien, le bouchage des pompes et canalisations et une acidification du milieu dans le digesteur anaérobie avec toutes les conséquences que cela peut présenter [16].

## **II.2. Le traitement primaire**

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension décantables en deux heures. L'utilisation de réactifs chimiques pour éliminer des particules plus fines constitue un traitement physico-chimique. Ce traitement permet donc essentiellement l'élimination de la pollution particulaire et une partie de la pollution organique sous forme particulaire (de l'ordre de 65 à 80% de la DCO avec un traitement physico-chimique) [7].

Les matières en suspension ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 à 90%) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau. Elles vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures. L'eau ainsi clarifiée s'écoulera par débordement et les MES qui ont décantées au fond du bassin (boues primaires) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues [2].

### **II.2.1. Les traitements physico-chimiques**

#### **a) Coagulation – floculation**

La turbidité et la couleur de l'eau sont principalement causées par de très petites particules, appelées particules colloïdales. Ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau pendant de longues durées et peuvent même passer à travers des filtres très fins. De plus, comme leur concentration est très stable et chargées électriquement de même signe, elles créent des champs magnétiques répulsifs et par conséquent elles ne collent pas les uns aux autres. Pour les éliminer, des procédés de coagulation et de floculation sont utilisés.

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique destiné à déstabiliser et agglomérer les particules colloïdales présentes dans l'eau. Les descriptions phénoménologiques

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

et la terminologie associées aux différentes étapes de la coagulation-floculation ont été décrites par Fiessinger.

### **Coagulation**

Le but de la coagulation est de neutraliser les charges électriques des particules colloïdales afin de favoriser la formation d'un agglomérat. Ces phosphates et des hydroxydes qui s'accompagne d'une baisse du pH et d'une augmentation de la conductivité [17].

### **Floculation**

La floculation représente l'étape au cours de laquelle les particules instables se réunissent en agrégats (flocs). La réaction s'effectue avec l'ajout de floculants en raison de leur poids moléculaire très élevé et de leur charge ionique qui peut maintenir ensemble des particules instables.

La floculation est souvent s'effectue en 2 temps :

- Injection du floculant : un brassage rapide permet une bonne répartition.
- Maturation du floc : un brassage plus lent permet la formation et le rassemblement du floc.
- Un intervalle de temps entre les deux injections (coagulant / floculant) de 1 à 3 minutes est favorable pour une meilleure efficacité.

### **b) Décantation**

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux [18].

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules [19].

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de

décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable [20].

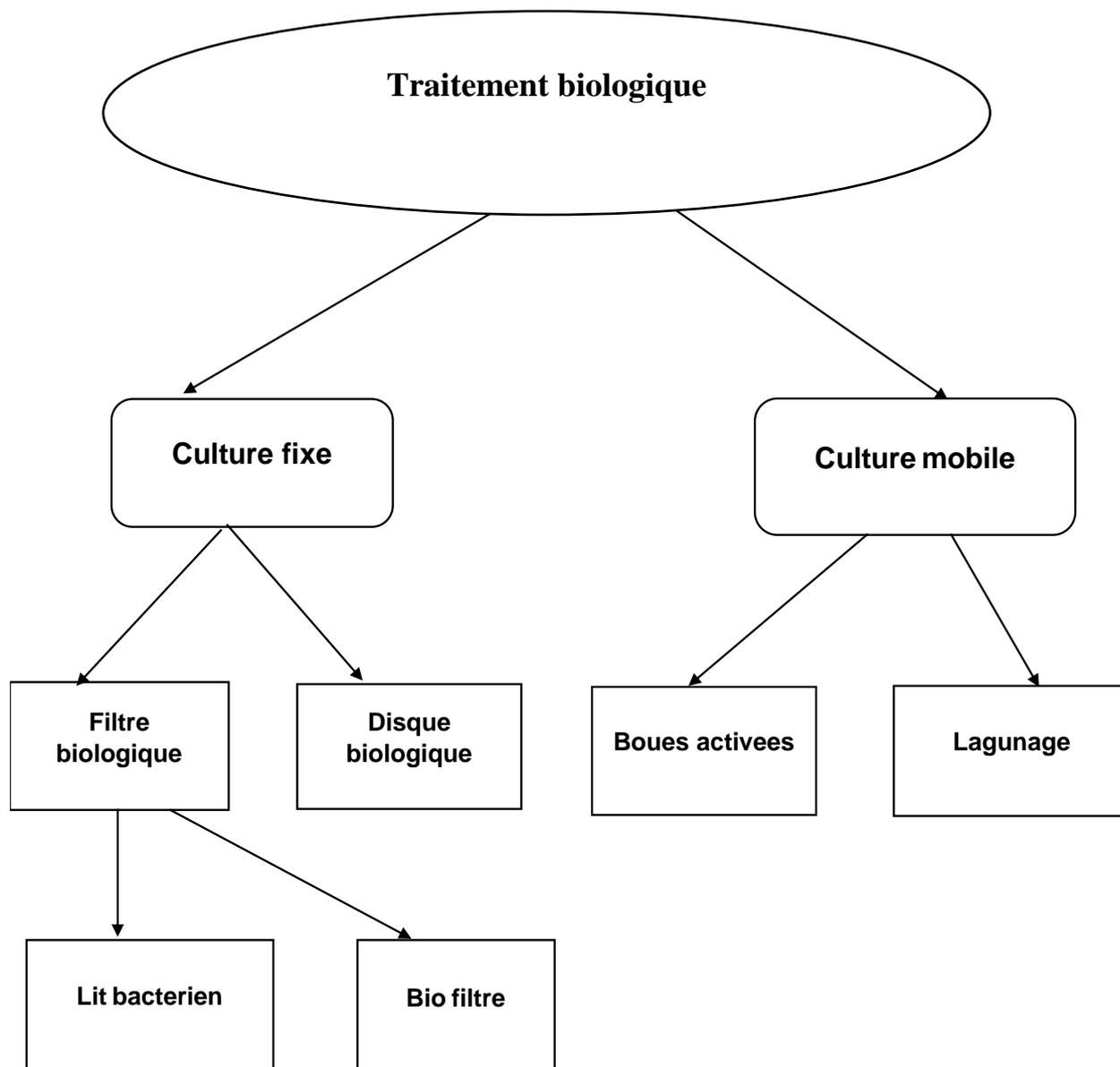
### **c) Filtration**

La filtration est un processus physique conçu pour clarifier les liquides contenant des solides en suspension en les faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension sont donc piégés par le milieu poreux où ils s'accumulent, ce milieu doit donc être nettoyé en continu ou par intermittence

## **II.3. Les traitements secondaires (biologiques)**

Dans la plupart des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées repose sur des processus biologiques, basés sur la croissance des micro-organismes qui dépendent de la matière organique « biodégradable » qui compose leur alimentation. Les micro-organismes les plus actifs sont les bactéries. Ces traitements sont basés sur la capacité de ces micro-organismes à oxyder la matière minérale ( $\text{NH}_3$  ...) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobie), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène :  $\text{NO}_3$  (anoxie),  $\text{SO}_4$  et  $\text{CO}_2$  (anaérobie). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie de MES [2].

Ce traitement secondaire reproduit les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. Des bactéries présentes dans les eaux usées sont utilisées pour dégrader les matières polluantes dissoutes. Cette dégradation par voie biologique se fait dans les bassins d'aération.



*Figure II.3 - Organigramme recapitulant les méthodes de traitement biologique*

### **II.3.1. Les procédés à culture fixée**

#### **a) Les filtres biologiques**

##### **Lits bactériens**

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

L'effluent contenant la pollution ruisselle sur le support et pénètre dans le biofilm alors que l'air chemine naturellement à travers le lit qui repose sur une grille.

Le décrochage de la biomasse est spontané par une augmentation de la phase endogène (phase de décroissance), par l'action des larves et par la vitesse de passage du fluide. Une décantation secondaire est indispensable.

La hauteur du lit bactérien est de 1 à 3 m pour un garnissage classique et de 6 à 12 m pour des garnissages plastiques. Une aération permanente s'établit de bas en haut (lit plus chaud que l'air ambiant, effet de cheminée).

La distribution régulière de l'effluent est réalisée par des éléments fixes (rigoles, rampes fixes) ou mobiles (sprinklers rotatifs) [20].



*Figure II.4 - Exemple d'un lit bactérien*

### **Procédé de bio filtration**

Un bio filtre est un lit constitué d'un matériau auquel se fixent des microorganismes. Ces microorganismes y prolifèrent pour former une couche biologique qu'on nomme bio film. Ainsi, la bio filtration est considérée comme un procédé à biomasse fixée (procédé fixe).

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

En règle générale, le bio film est constitué d'une communauté de différents microorganismes (bactéries, champignons, levures, etc.), de microorganismes (protozoaires, vers, larves d'insectes, etc.) et de substances polymériques extracellulaires (SPE).

Un bio film a habituellement une apparence visqueuse et boueuse. L'eau doit être traitée peut-être versée en intermittence ou en continu sur le matériau, et ce, en Courant ascendant ou en courant descendant. Habituellement, on retrouve deux ou trois phases dans le bio filtre, selon la stratégie d'alimentation (bio filtre percolateur ou immergé) :

1. une phase solide (matériau).
2. une phase liquide (eau).
3. une phase gazeuse (air).

La matière organique et d'autres composantes présentes dans l'eau diffusent dans le bio film et y sont traitées, principalement par biodégradation. Les procédés de bio filtrations généralement aérobies ; cela signifie que l'action métabolique des microorganismes dépend d'un apport oxygène. Le filtre peut être alimenté en oxygène à Co- ou contre-courant avec l'écoulement de l'eau. L'aération est assurée passivement par la circulation naturelle de l'eau dans le procédé (bio filtre à trois phases) ou par air forcé (utilisation de ventilateurs soufflants).

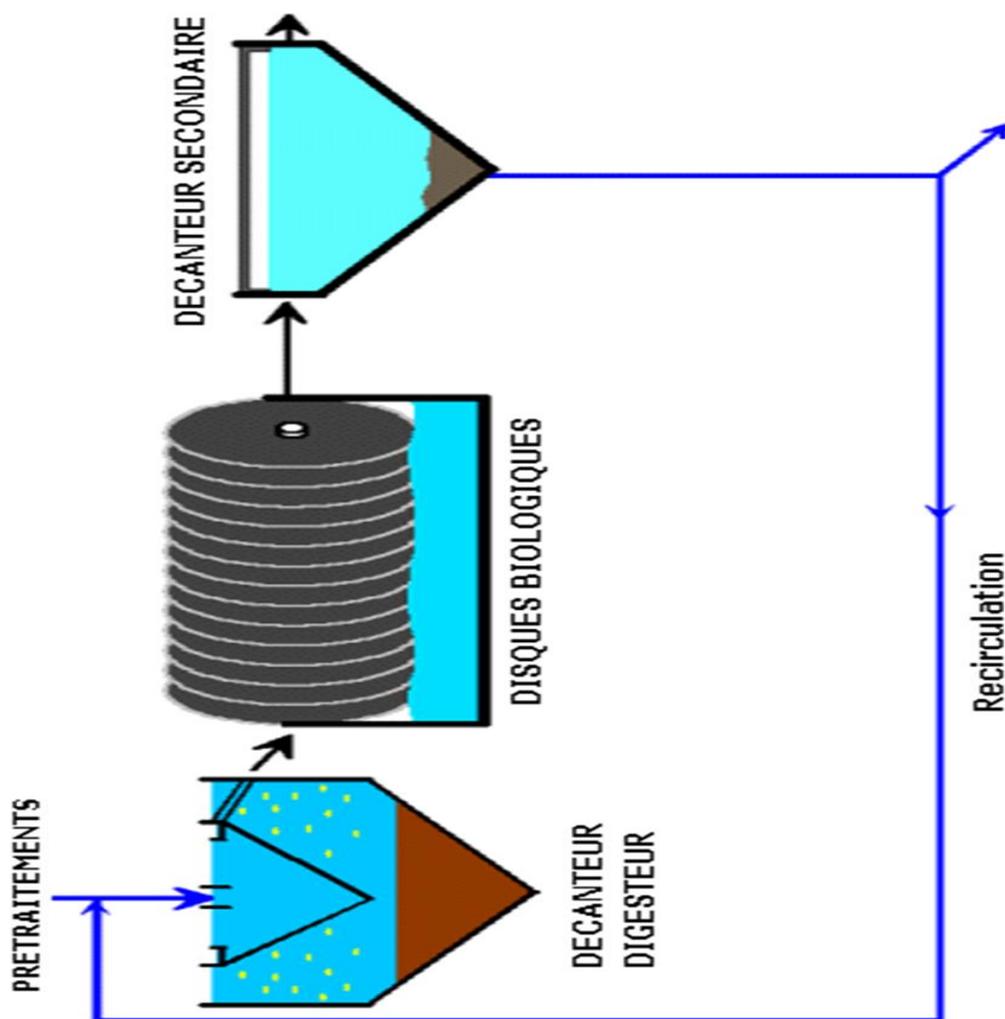
L'activité microbiologique est un facteur clé de l'efficacité du procédé. Les principaux facteurs d'influence sont la composition et la charge surfacique des eaux à traiter, le type de matériau, la stratégie d'alimentation (percolation ou immersion), l'âge du bio film, la température, l'aération, etc. [20]

### **b) Les disques biologiques**

Le dispositif est constitué d'une série de disque en matière plastique ondulée de 3 mètres de diamètre environ et montés sur un axe horizontal.

Ces disques sont émergés à 40% approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter. Les disques sont suffisamment espacés de manière que l'eau puisse circuler librement. Lorsqu'ils subissent une rotation autour de leur axe, les parties submergées entrent en contact avec l'air.

Le film biologique qui recouvre les disques est alternativement en contact avec l'eau usée et l'air. Ceci est analogue à ce qui se passe dans un lit bactérien traditionnel alimenté par sprinkler (distributeur rotatif). L'excès de biomasse se détache des disques et est évacué avec l'effluent puis décanté [20].



*Figure II. 5 - Schéma de disques biologiques*

### II.3.2. Culture mobile (libre)

### **a) Le lagunage**

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratique dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries [1].

### **b) Les boues activées**

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu (OMS, 1979). Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer.

Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues [20].

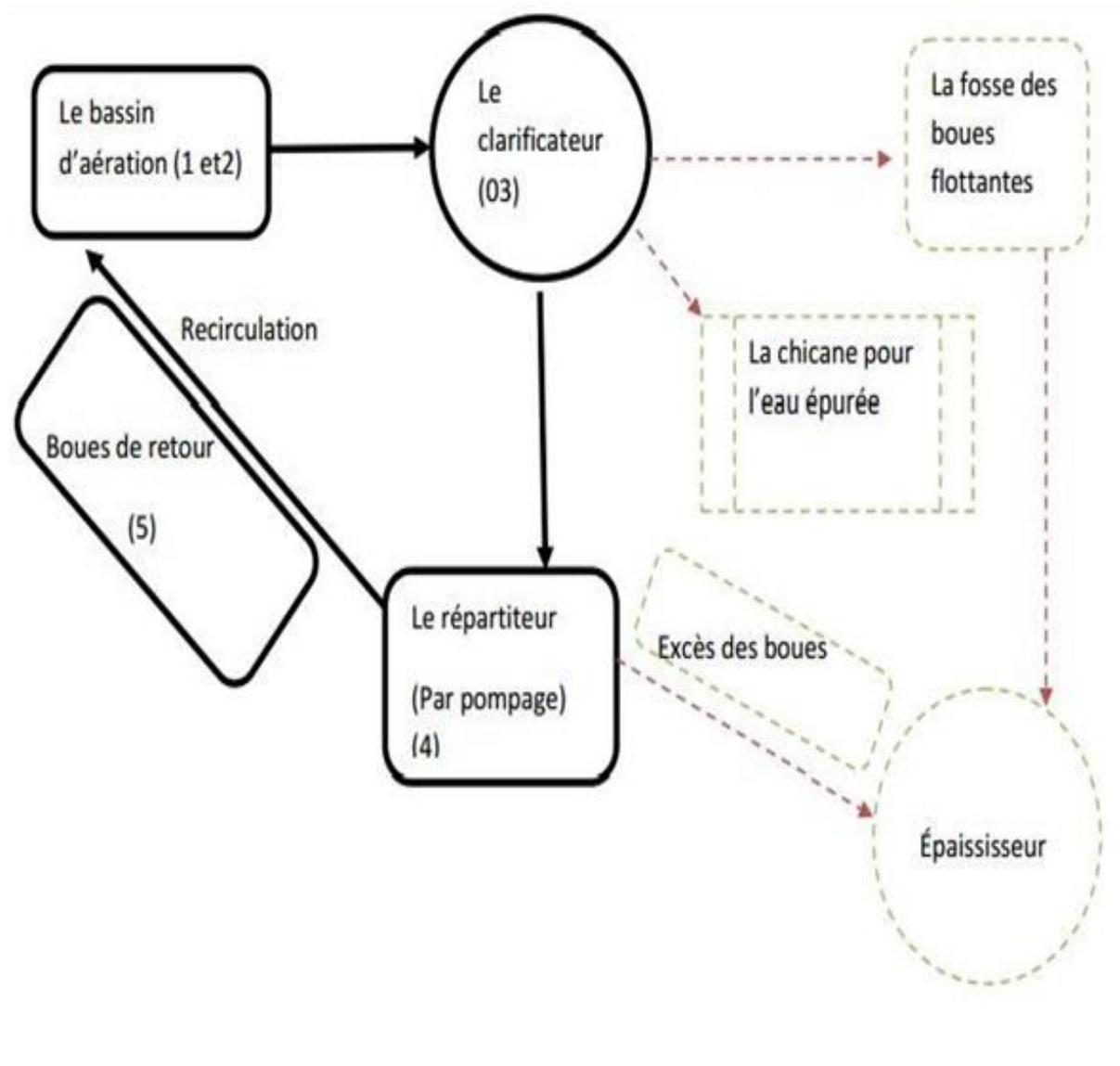
### **c) Définition des boues activées**

C'est une méthode de traitement biologique à culture mobile où l'eau usée sera biodégradée dans le bassin d'aération, la biomasse se trouve sous forme de floc (MVS) maintenue en

## Chapitre II Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

mouvement à l'aide des agitateurs bien conçus. Le floc maintenu en suspension assure la biodégradation de l'effluent en présence de l'oxygène.

Le procédé à boues activées est composé de 5 éléments (circuit fermé) essentiels sont :



*Figure II. 6 - Les 5 éléments essentiels dans le procédé à boues activées*

- 1) Le bassin d'aération (bassin biologique) où la biodégradation se réalise.
- 2) Le système d'aération (les mammouths rotors, la turbide rapide, la turbide lente ...).
- 3) Le décanteur secondaire (le clarificateur) où s'effectue la séparation entre la biomasse et l'eau épurée.
- 4) Le système de recirculation des boues (le répartiteur).
- 5) Le système d'évacuation des boues en excès.

### **II.4. Les traitements tertiaires par voie biologique**

Ces traitements sont à la fois physico-chimiques et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments. . . Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le Déplacement Nutritif Biologique. On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple). On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur.

#### **II.4.1. L'élimination de l'azote**

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" [1].

##### **a) Nitrification**

C'est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate. Elle s'effectue en deux stades par des micro-organismes autotrophes

- Oxydation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_2^-$  : c'est l'œuvre essentiellement des germes Nitrosomonas.
- Oxydation de  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$  : Les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent principalement au genre Nitrobacter [20].

## Chapitre II Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

La réaction suivante résume la nitrification :



La nitrification n'est possible que si l'azote est présent au départ sous forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ).

### b) Dénitrification

En l'absence d'oxygène dissous, de nombreuses bactéries hétérotrophes sont contraintes d'utiliser une autre source d'oxygène. Elles utilisent alors l'oxygène combiné, c'est-à-dire celui contenu dans le nitrate  $\text{NO}_3^-$ . Avant d'arriver au stade ultime d'utilisation complète de l'oxygène du nitrate pour obtenir l'azote gazeux  $\text{N}_2$ , une série de réactions complexes se produisent. On peut néanmoins les résumer :

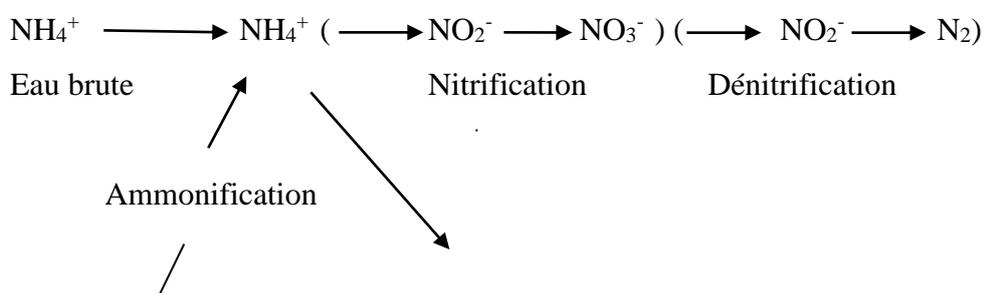


Le carbone organique nécessaire peut être celui contenu dans l'eau usée. S'il provient des bactéries elles-mêmes, on parlera alors de dénitrification endogène [1].

Globalement on peut écrire la réaction suivante :



### c) Nitrification- dénitrification



$\text{N}_2$  organique  
 Eau brute  $\longrightarrow$  Assimilation : Azote partant dans les boues en excès (synthèse bactérienne)

#### II.4.2. L'élimination du phosphore (déphosphatation)

L'élimination du phosphore, ou "Déphosphatation", peut s'effectuer par des voies physico-chimiques ou biologiques.

Pour le traitement physico-chimique, l'ajout de réactifs, tels que les sels de fer ou d'aluminium, peut entraîner la précipitation de phosphates insolubles, qui vont être éliminés par décantation. Ces technologies génèrent de grandes quantités de boues

Quant à la déphosphatation biologique, celle-ci vise à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la Déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est le plus souvent couplé à une Déphosphatation physico-chimique, pour arriver aux niveaux de rejets requis.

### **II.4.3. La désinfection**

Généralement les traitements primaires et secondaires n'éliminent pas complètement les germes (micro-organismes pathogènes) présents dans les eaux usées urbaines. C'est pourquoi, la désinfection de l'eau s'impose.

La désinfection est un traitement qui détruit ou élimine les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites ...) qui sont capables de provoquer et de transmettre des maladies plus au moins graves.

La désinfection peut être effectuée en ajoutant certaines quantités de produits chimiques qui ont des propriétés germicides à l'eau. Les produits chimiques les plus couramment utilisés sont : le chlore ( $\text{Cl}_2$ ), le dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ), l'ozone ( $\text{O}_3$ ), le brome ( $\text{Br}_2$ ), l'iode ( $\text{I}_2$ ) et le permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ).

Par ailleurs, l'eau peut également être désinfectée par des moyens physiques : ébullition, ultraviolets (UV) ou rayon gamma.

Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important [20].

## **Partie II : les différents risques et leurs moyens de prévention**

### **II.5. RISQUES EXISTANTS**

#### **II.5.1. Risques Chimiques**

De nos jours nous constatons un nombre considérable et une augmentation des stations d'épuration, dues à l'accroissement des eaux usées urbaines. Ce qui est conduit à un développement des procédés utilisés dans ces stations, notamment en ce qui concerne le procédé de traitement physico-chimique des eaux, le conditionnement des boues et les technologies permettant la désinfection des eaux usées. Par conséquent, cela se traduit par le stockage des réactifs chimiques dans de petites et grandes stations. Cependant, on perçoit souvent que l'utilisation de ces produits n'est pas réservée à du personnel qualifié, ce qui augmente les risques d'accidents.

##### **a) Le chlore gazeux et ses dérivés oxygénés**

- Le chlore gazeux

Cet élément est amplement utilisé dans les procédés de désinfection des eaux usées, il est progressivement remplacé par d'autres procédés : rayonnement UV, ozone ou dérivés oxygénés du chlore.

- Caractéristiques

C'est un gaz jaune verdâtre, suffocant, d'odeur âcre, dispose d'une densité supérieure à celle de l'air (densité égale 2,48). Il est stocké sous forme liquéfié dans des réservoirs cylindriques.

- Toxicologie

Au contact avec une peau humide, des voies respiratoires, des muqueuses, il dispose d'une action irritante et destructrice importante sur les tissus, par formation d'acide chlorhydrique (HCL).

Ses effets se manifestent à partir de la concentration 0,5 ppm

Une exposition à des concentrations supérieures à 30 ppm entraînent immédiatement des sensations de suffocation, toux puis de détresse respiratoire. Une forte exposition (40 à 60 ppm)

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

conduit à un œdème aigu au niveau des poumons, lorsque les concentrations dépassent 1000 ppm il s'agit d'une perte de connaissance immédiate et le décès.

### **b) Les dérivés de chlore**

Parmi les dérivés de chlore, on retrouve notamment le bioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ )

Cet élément présente de nombreux avantages dans la désinfection de l'eau. Néanmoins, du fait de son instabilité et du risque d'explosion dans les solutions concentrées, sa fabrication doit être réalisée sur le lieu d'application et de façon extemporanée (doit être réalisée juste avant d'être utilisée)

- Caractéristiques

C'est un produit instable, sensible à la lumière, à la température et à la pression

- Toxicologie

Sa toxicité est essentiellement pulmonaire, sa transformation dans les voies respiratoire se faite très rapidement en acide chlorhydrique. Affectant en particulier les alvéoles et les bronchioles.

L'exposition à des fortes doses entraine une irritation oculaire, une toux, une sensation d'étouffement. Un œdème pulmonaire est éventuel après une durée de temps plus au moins prolongée.

### **c) Les modificateurs de PH**

Ils se présentent sous forme de poudre, généralement caustique alcaline, et sont utilisés pour désinfecter les eaux usées en raison de leurs propriétés bactériostatiques. Le danger des substances caustiques vient du fait que, en contact direct, elles peuvent provoquer une nécrose tissulaire irréversible.

Le caustique alcalin le plus souvent rencontré dans la majorité des STEP est la chaux (oxyde de calcium  $\text{CaO}$ )

Outre la chaux, il existe d'autres produits utilisés comme modificateurs de pH qui présentent presque les même caractéristiques (notamment les risques), à savoir la soude caustique (l'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$ )

### **d) Les coagulants**

Il s'agit de produits solides qui sont utilisés pour la réalisation de traitement physico-chimique.

Ils regroupent des produits, notamment :

- Le sulfate d'alumine [ $Al_2(SO)_3$ ]

C'est un irritant lors de contact avec les yeux (contact oculaire) qui peut provoquer des conjonctivités.

Par inhalation, il cause une bronchopneumopathie aiguë ou irritatives.

Lors d'une exposition prolongée, on constate l'apparition d'une fibrose suivie d'un risque de pneumothorax.

- Le sulfate ferreux [ $FeSO_4$ ]

Par contact, il a une forme irritante surtout en niveau oculaire

Par inhalation, il engendre une toux gênante et irritante

Son ingestion génère des douleurs abdominales, puis des nausées et vomissements

- Le chlorure ferrique. [ $FeCl_3$ ] :

Il est très irritant au contact de la peau, des yeux et des muqueuses

### **II.5.2. Risques Infectieux (Risques Biologiques)**

#### **a) Agents biologiques présents dans les eaux usées**

Parmi les agents biologiques présents dans les effluents, certains micro-organismes (bactéries, champignons, virus, parasites), leurs constituants (notamment les endotoxines) ou les toxines qu'ils engendrent peuvent constituer un risque sanitaire pour les salariés travaillant dans les stations d'épuration. Les eaux usées contiennent notamment une flore intestinale dont la pathogénicité dépend essentiellement de sa provenance (habitation, hôtels, crèche, ...) et des épidémies saisonnières (gastro-entérite...). Dans les STEPS, ces micro-organismes, leurs toxines ou composants sont présents dans les eaux usées, mais aussi dans les boues (liquides, sèches, pâteuses). Ces agents biologiques peuvent également être présents en l'air ambiant sous forme de bioaérosols (gouttelettes ou de particules) générées, par exemple, par jets d'eau à

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

haute pression, injection d'air dans l'eau (aération), des chutes d'eau, ou soufflage d'air sur des surfaces, etc.

La diversité des micro-organismes rend quasiment impossible leur identification de manière exhaustive.

- ✓ On trouve en particulier des **bactéries** qui sont responsables de maladies digestives (salmonelles, Escherichia coli...etc.), des troubles respiratoires légionnelles ou surinfection de la plaie (Staphylocoque, Clostridium...). Certaines bactéries dites "gram-négatives" ont à leur surface des molécules appelées endotoxines (des composants de la paroi des bactéries) libérées lors de la division cellulaire et lors de la mort des bactéries. Leurs effets sont complexes :
  - Fièvre passagère accompagnée de courbatures ressemblant à un début d'état grippal
  - Atteinte broncho-pulmonaire pouvant devenir chronique (évolution possible vers une insuffisance respiratoire)
  - Manifestations digestives (nausée, diarrhée) dues à une exposition massive et excessive [21].
- ✓ Des **virus** peuvent également résister dans l'environnement des stations. Parmi la centaine de virus humains capables de contaminer les boues et les eaux usées, les plus représentés sont les virus de gastro-entérites. Le virus de l'hépatite A peut aussi être présent [22]
- ✓ Parmi les autres micro-organismes retrouvés en station d'épuration, des **parasites**, comme certains protozoaires (Giardia, Cryptosporidium) ou les œufs de vers intestinaux peuvent se trouver dans l'eau, ainsi ces œufs de vers peuvent également être présents dans les boues stabilisées. [22]
- ✓ Des **champignons** microscopiques (levures et moisissures) sont également présents dans l'eau usée, les boues et l'air ambiant de STEP, ces agents sont susceptibles de provoquer de mycoses (Infection provoquée par des champignons microscopiques), des irritations, des allergies, etc.

### **b) Mode d'exposition**

Au sein d'une station d'épuration, les aérosols de particules sèches ou liquides contenant des micro-organismes et leurs composants (notamment les endotoxines) sont capables d'être inhalés par le personnel exposé. Ces bioaérosols sont mis en suspension dans l'air par les systèmes d'aération (aération des bassins biologiques...), lors de déplacement de matières ou lors d'utilisation d'eau (jets d'eau...)

Les agents biologiques peuvent également être ingérés en mettant des mains ou des objets contaminés dans la bouche ou en se léchant des lèvres infectées par des éclaboussures, par exemple.

Enfin, les micro-organismes ont la capacité de pénétrer et se proliférer dans le corps humain à travers la peau ou les muqueuses (yeux, nez, lèvres). Peu de microbes peuvent pénétrer dans une peau saine, qui constitue une excellente barrière naturelle. En revanche, certaines microlésions (petites plaies près de l'ongle), écorchures sont des portes d'entrée de micro-organismes, et ceci lorsqu'ils entrent en contact avec des liquides, des boues ou des surfaces contaminées.

### **c) Effets sur la santé**

Une fois dans l'organisme, les agents biologiques peuvent provoquer différents types de pathologies chez l'opérateur :

- Des **infections** dues à la multiplication des micro-organismes dans le corps,
- Des **intoxications** provoquées par des toxines provenant des micro-organismes,
- Des **réactions inflammatoires** dues notamment aux endotoxines,
- Des **allergies** résultant d'une réaction de défense excessive du corps contre un allergène.

Concernant les infections, il faut souligner que l'exposition régulière aux eaux usées n'immunise pas les salariés contre la totalité des micro-organismes. Le système immunitaire de chaque personne permet de répondre à la pénétration d'un micro-organisme étranger et de garder « en mémoire » les moyens de défense contre ce micro-organisme, afin de répondre plus rapidement à une seconde exposition. La personne est alors dite immunisée contre ce micro-organisme. Toutefois, les micro-organismes n'immunisent pas tous aussi efficacement. Par exemple, le virus de l'hépatite A immunise une personne durant plusieurs dizaines

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

d'années, alors qu'une contamination par la bactérie *Campylobacter*, responsable de gastro-entérites, ne procure que très peu, voire pas de protection [22].

Sur le terrain, il a été montré que les travailleurs en station d'épuration présentent des syndromes respiratoires, pseudo-grippaux et gastro-intestinaux de façon plus fréquente que la population générale [22].

Des symptômes tels que toux grasse ou sèche, sifflement, essoufflements ont été plus souvent observés chez les travailleurs en station d'épuration. Ces symptômes sont surtout liés à l'inhalation d'endotoxines. À forte dose, celles-ci provoquent également des réactions inflammatoires générales, se traduisant par des symptômes pseudo-grippaux (douleurs articulaires, courbatures, mal au dos, fatigue, nausées, fièvre...) [22].

Des fièvres de Pontiac (syndrome pseudo- grippal) ont été observées chez les salariés de stations d'épuration inhalant des aérosols contenant des légionnelles présentes dans les eaux usées [22].

Des infections cutanées ont également été identifiées chez les personnes travaillant en station d'épuration. Ces infections se développent plus facilement sur des lésions cutanées, des piqûres d'insectes, des morsures [22].

### **II.6. MOYENS DE PREVENTION**

#### **II.6.1. Mesures de préventions selon les étapes de l'épuration**

##### **a) Arrivée des eaux usées (effluents)**

###### ➤ Relèvement

L'eau brute chargée de micro-organismes est remontée par des vis ou des pompes situées à la station de relevage (poste de relèvement). Les vis produisent de nombreux projectiles et bioaérosols. De plus, lorsqu'ils sont situés à l'extérieur de la station de relevage, ils doivent être couverts (**capotés**) pour éviter l'exposition du personnel.

Les opérateurs peuvent être amenés à descendre au poste de relevage pour des inspections ou des opérations de maintenance, qui sont des interventions dans des espaces confinés nécessitant le respect de précautions particulières, Pour limiter le contact avec les eaux usées, lors des descentes en poste de relèvement, il est indispensable de **bloquer l'arrivée des eaux en amont**

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

**du poste**, si possible au moyen d'une vanne ou d'un batardeau manœuvrable de l'extérieur du poste. Pour se protéger des agents biologiques, les salariés doivent porter un demi-masque jetable FFP2, des lunettes-masques, des vêtements couvrants et des gants de protection étanches et lavables. Une combinaison de protection de type 4 jetable est fournie pour les opérations particulièrement salissantes [22].

Interventions en espaces confinés :

Dans les espaces étroits tels que les postes pour prélèvement, les employés risquent la suffocation et l'intoxication. Par conséquent, il est important d'observer des précautions spécifiques telles que la **ventilation des stations de relevage, dispositifs d'évacuation indépendants** et **l'installation de détecteurs de gaz**.

### ➤ Dépotage

Pour éviter les risques de projection et de formation de bioaérosols lors de la réception (matières de vidange, lixiviats, curage...), les matières de vidange liquides doivent être dépotées au moyen **de raccord pompier (circuit fermé)** ou, à défaut, de **canalisations plongées dans la fosse de vidange**. Les salariés effectuant cette opération portent des **gants étanches et lavables** pour éviter les contacts avec ces matières contaminées [22].

En ce qui concerne les matières de curage, qui sont généralement épaisses (abondantes) et sont transvasées dans une fosse par renversement de la citerne du camion. Le personnel exécutant cette tâche est susceptible d'être exposé aux différentes matières et bioaérosols. Pour éviter ces risques de contamination, alors l'agent concerné doit porter **une combinaison adéquate couvrante, un demi-masque jetable FFP2, des gants de protection hermétiques et lavables, lunettes-masques**.

## **b) Prétraitement**

### ➤ Dégrillage / tamisage

Le poste de dégrillage émet de grandes quantités de bioaérosols. Afin d'éviter tout contact humain, il est recommandé de **privilégier le dégrillage automatique, de recouvrir (capotage)** et d'absorber les aérosols qui peuvent être émis par le dégrilleur.

### ➤ Capotage

Le capotage permet de confiner les opérations polluantes dans les espaces restreints. En plein air, à l'extérieur d'un immeuble, Le capotage a pour but de limiter la propagation des bioaérosols et les polluants par le vent. Quand il s'agit de capotage à l'intérieur d'un local, il est indispensable d'annexer le capotage par une aspiration qui va assurer l'évacuation des polluants et éviter leurs accumulations dans le local.

Les opérateurs ouvrent parfois le capotage à l'occasion de contrôles visuels ou d'interventions de maintenance sur les différents organes du dégrilleur. Le personnel est alors exposé à des projections et des bioaérosols. Pour limiter cette exposition lors des contrôles visuels, **une trappe** peut être aménagée dans le capotage de façon à offrir une bonne visibilité des organes contrôlés.

Avant toute intervention sur le matériel, le respect des règles de sécurité **impose l'arrêt des équipements en mouvement.**

Les opérations manuelles pour ôter les objets retenus par le dégrilleur sont à proscrire. En effet, le personnel peut se piquer ou se couper avec des objets contaminés tels que des seringues, des bouts de verre ou de métal. L'opérateur doit donc utiliser des outils adaptés pour dégager les matières bloquées [22].

### c) **Traitement des eaux**

#### ➤ Bassin de traitement biologique

Durant cette phase de traitement, on retrouve Différentes méthodes qui peuvent être employés seuls ou adjoints :

Cultures fixées (Lits bactériens, bio filtres) : après traitement primaire, l'eau traverse un support perméable (filtre, billes...), sur lequel se fixent les microorganismes dépolluants. Dans le cas des bio filtres, l'eau passe par le support (système immergé), alors que pour les filtres bactériens, l'eau est aspergée par le haut.

Concernant les lits bactériens, l'aspersion des eaux créent **des projectiles et aérosols**. Ce risque d'exposition peut également être observé lors des cycles de lavage des bio filtres. Les salariés peuvent éviter ce type d'expositions en **recouvrant** les bassins de traitement.

### ➤ Disques bactériens ou bio-disques

Les micro-organismes sont accrochés sur des disques montés sur un axe horizontal, qui tourne lentement dans un bassin contenant l'effluent, où ce dernier couvre à moitié les disques. Les bio-disques provoquent des projections et des aérosols à chaque rotation. Pour éviter ce risque d'expositions, les lits bactériens doivent être **couverts (capotés)**.

### ➤ Bassin de décantation primaire, clarification secondaire

À ce niveau s'effectue la séparation entre l'eau et les boues résiduelles (contenant les matières solides et des agents biologiques) qui décantent au fond du bassin. Les mousses de surface sont ôtées à l'aide d'un racleur.

Seules les tâches de maintenance et d'entretien exposent aux agents biologiques. Par exemple, le personnel nettoyant les goulottes des décanteurs, pour éliminer les algues qui s'y développent, s'expose aux agents biologiques par contact avec l'eau, projection d'eau ou inhalation de bioaérosols. Des **systèmes de nettoyage automatiques intégrés et capotés** sont à privilégier [22].

## **II.6.2. Mesures préventives concernant la conception et la maintenance des équipements et des installations**

### **a) Risques associés à la circulation**

#### ➤ Chute de hauteur

Toutes les zones de circulation où une chute de plus de 50 cm est possible, doivent être équipées de **garde-corps** et de **plinthes**.

Les endroits en hauteur doivent être accessibles par des escaliers équipés de **rampes** et d'échelles fixes. Si les échelles dépassent trois mètres, elles seront équipées de **crinoline** (postes de dégrillage, dessablage, etc.)

A proximité de chaque ouverture dans le sol, des **barrières signalées** doivent être présentes, mais si le diamètre de l'ouverture est supérieur à 50 cm, des **garde-corps** seront ajoutés.

Tous les bassins doivent avoir d'échelons scellés pour une sortie facile, des **perches et des bouées** sont recommandées en cas de chute d'un travailleur dans le bassin.



*Figure II.7- Exemples de mesures de prévention*

**b) Risques liés aux installations électriques et mécaniques**

Concernant les installations mécaniques, les principaux risques sont le **cisaillement** ou les **chocs** engendrés par les pièces mobiles. Par conséquent, pour éviter que ces risques produisent, il faudra empêcher le personnel de toucher ces organes grâce à l'utilisation d'un **système de grille ou d'écran** difficile à retirer.

En outre, chaque appareil doit être équipée d'un système **d'arrêt d'urgence**, dès qu'on constate une ouverture de la grille ou de l'écran.

Les panneaux d'avertissement de danger et les boutons d'arrêt d'urgence doivent être clairement visibles sur toutes les machines à commande automatique.

## **Chapitre II** Étapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

Pour les opérations de maintenance, il convient de s'assurer que le personnel n'est pas contraint à des acrobaties, qu'il peut arrêter le fonctionnement de la machine et qu'il ne porte pas de **vêtements amples** lors de manipulations sur les machines équipées de systèmes rotatifs.

Les dispositifs et les installations électriques doivent répondre à certaines règles de prévention : les lieux inondables ou humides impliquent l'utilisation de **très basses tensions**, L'armoire électrique **doit être isolée** de toute humidité...

### **c) Risques d'explosion, d'incendie, d'intoxication**

Au niveau d'une STEP, le stockage des produits chimiques doit être dans des cuves spéciales, fabriqué avec des matériaux adaptés au caractère agressif du produit. Les produits incompatibles doivent être stockés séparément. Les panneaux indiquant les dangers doivent être clairement visibles et lisibles.

Les locaux contenant de tels produits doivent être bien aérés. Ces éléments devront être manipulés avec soin et selon des règles précises.

### **II.6.3. Mesures de prévention concernant les travailleurs**

#### **a) Instruction, Formation et informations**

La loi prévoit dans chaque établissement l'installation d'un **comité d'hygiène et de sécurité (CHS)**, dirigé par un agent spécialisé dans ce domaine (conseiller en hygiène, sécurité et conditions de travail), dont le rôle est notamment d'informer et de former le personnel.

Lors de l'embauche d'un nouvel agent, lors de changement de poste, chaque risque auquel l'agent pourra être exposé sera parfaitement défini. Les consignes de sécurité que cela implique seront expliquées. Cette formation comprend une **partie théorique**, avec éventuellement distribution d'un carnet où seront précisés la nature des dangers et les moyens de les prévenir, et une **partie pratique** permettant au personnel de s'exercer. Cependant, lorsque le poste occupé présente des risques trop importants, le nouvel agent travaillera pendant un certain temps en compagnie d'un ouvrier ayant une parfaite connaissance de geste à accomplir.

Chaque poste de travail aura **une fiche** où seront détaillés les risques qu'il présente, les moyens d'y remédier ou d'y faire face et les gestes qu'il est nécessaire d'accomplir en cas d'accident.

## **Chapitre II** Etapes d'épuration des eaux usées, les différents risques et moyens de prévention

Dès qu'un nouvel appareil ou une nouvelle technique fait son apparition sur la station, le personnel suivra **une formation adaptée**. Lorsqu'une modification survient sur un poste déjà existant, elle devra être divulguée à l'ensemble de personnel concernés

Il existe des formations spécifiques pour des agents travaillant sur les produits réputés dangereux (tel que le chlore gazeux) ou sur des machines présentant des risques particuliers. Dans ces cas-là, il est préférable que les agents travaillent à deux, et lorsque cela n'est pas possible, il faut veiller à ce que l'agent soit toujours sous surveillance [23].

### **b) Le port des EPI (Equipements de protection individuelle) :**

Au-delà des consignes de sécurité, l'ensemble du personnel sera doté de vêtements de travail et de moyens de protection individuelle adaptés. Ces précautions seront fixées par le directeur de l'établissement et l'entretien des vêtements sera pris en charge par l'employeur. En ce qui concerne le matériel fourni au personnel pour sa sécurité, ce dernier devra en faire bon usage et devra en prendre le plus grand soin. Aucun vêtement ou matériel prêté ne devra sortir de l'enceinte de la station afin d'éviter une quelconque contamination.

Parmi les vêtements, sont nécessaires :

- ✓ **Pantalons, combinaison**, dont la matière est adaptée aux conditions de travail (matières difficilement inflammables, tabliers antiacides...);
- ✓ **Chaussures de sécurité** à semelle antidérapante ;
- ✓ **Gants de protection** (adaptés pour certains à la manutention, et pour d'autres aux travaux d'entretien...);
- ✓ Protections respiratoires ;
- ✓ **Lunettes** pour éviter toutes projection oculaire ;
- ✓ **Casque anti-bruit** (nécessaire notamment dans les locaux des compresseurs) ;
- ✓ **Harnais de sécurité** pour les travaux effectués au bord d'un bassin, d'une cuve [23];



*Figure II.8 - Equipements de protection individuelle*

### **III.1. Présentation de la STEP (Station d'épuration)**

La station d'épuration de la ville de Bouira est construite en amont du barrage Tilesdit sur l'oued dhous qui se trouve à la sortie du chef-lieu de la wilaya. Cette nouvelle STEP a une capacité de 115438 équivalents habitants en 2010 collecte les eaux usées pluviales de la ville.

L'objectif de la réalisation de cette STEP est le traitement des eaux utilisées dans l'irrigation des surfaces agricoles des plateaux d'El Esnam et du Sahel qui se situent dans la région Est de la wilaya, pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable au profit des habitants de la ville de Bouira, de préserver et de protéger l'environnement (milieu récepteur) contre la pollution et d'assurer un traitement efficace du nitrate (NO<sub>3</sub>), de l'ammonium (NH<sub>4</sub>), du phosphore, de la charge organique (DCO) et (DBO), et des matières en suspension (MES).

#### **III.1.1. Présentation de l'entreprise d'accueil**

La présente station de la ville de Bouira est une filiale de l'ONA (office national d'assainissement), elle était réalisée par la société allemande PASSAVANT ROEDIGER.

Cette station a pour but d'assurer le traitement de la pollution carbonée, phosphorée et azotée, les eaux usées qui arrivent à la station d'épuration sont composées par des effluents d'origine domestique et industrielle.

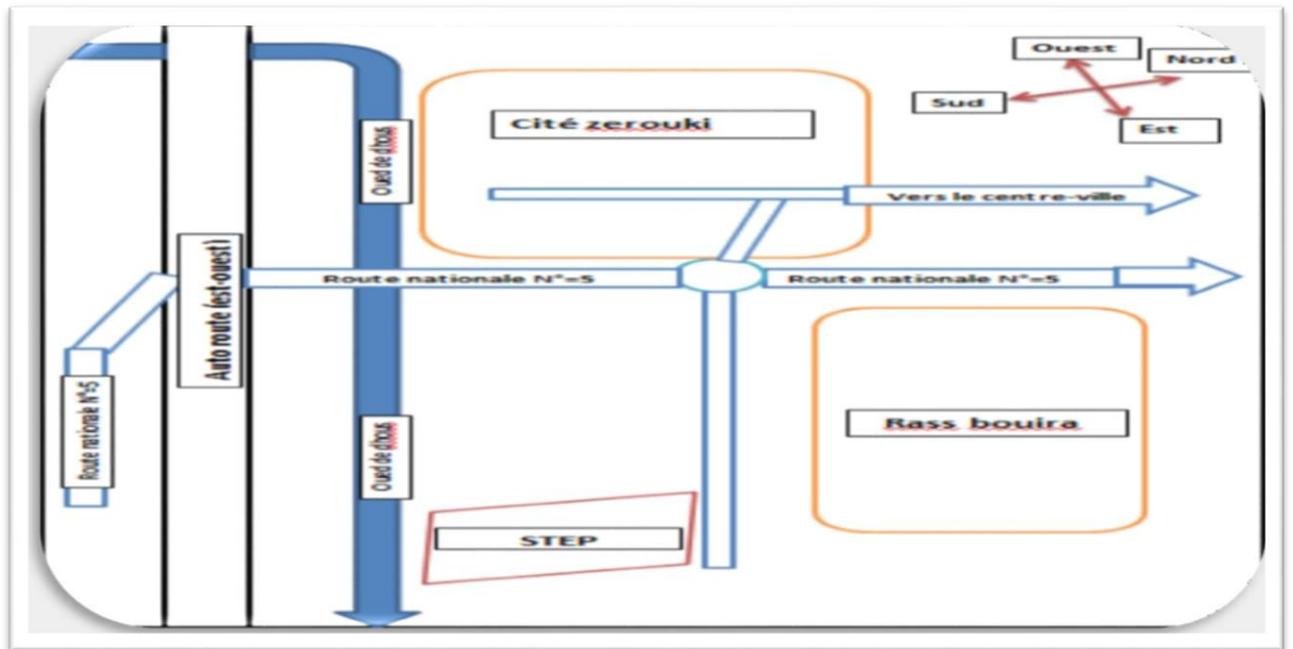
La charge traitée par la Station a été estimée a :

- La population domestique 80%
- Les eaux résiduaires industrielles représenteront donc 20% de la charge totale

#### **III.1.2. Présentation de la station d'épuration de Bouira**

##### **III.1.2.1. Localisation de la station**

La station d'épuration se situe à l'est- sud du chef-lieu de la ville de la wilaya de Bouira et sur le côté gauche d'oued dhous. Elle se trouve à droite si quelqu'un vient de Bejaia et à gauche de l'autoroute si on vient d'Alger. Donc il nous faut à peu près 2 KM de marche pour arriver à la station à partir de centre-ville.



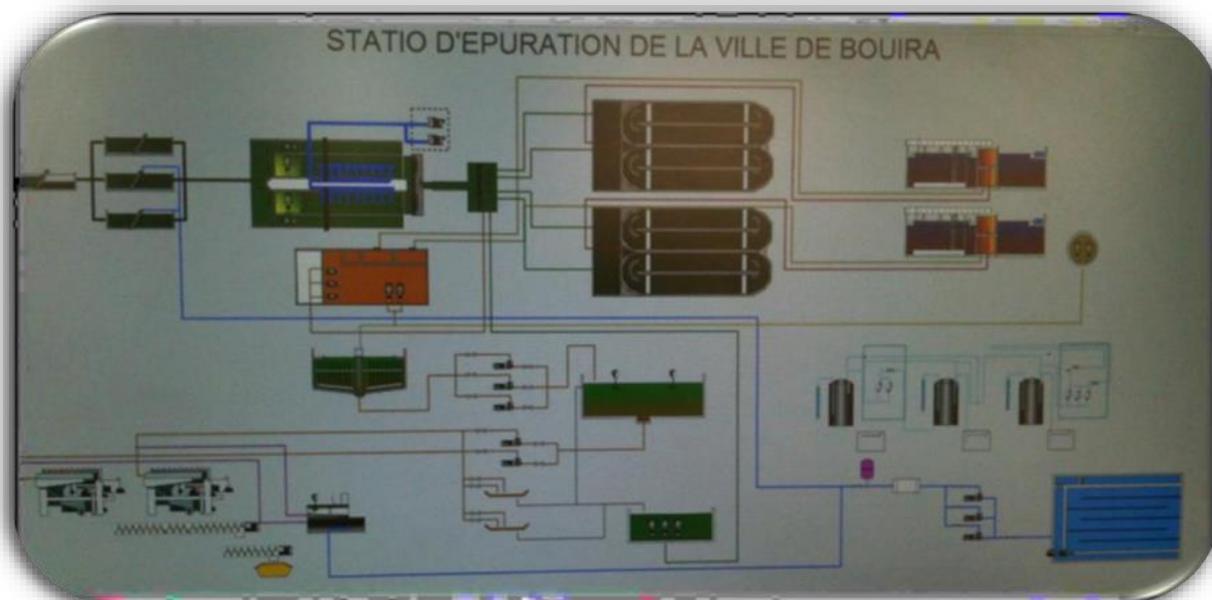
*Figure III.9 - La localisation de la station*



*Figure III.10 - Image de la station par Google earth*

### III.1.2.2. Descriptif technique de la Station

*Tableau III.1 - Tableau synoptique*



L'effluent brut arrive par l'action de refoulement (par pompage) au niveau de la station de relevage vers l'entrée de la STEP. A l'entrée de la station, il y a ce qu'on appelle la chambre d'arrivée d'eau où les paramètres tels que, pH, la conductivité, le niveau d'eau sera mesuré par des sondes de type analogiques (capteurs spéciaux) qui enverront le signal à la table de commande. L'effluent sera acheminé d'une manière gravitaire vers le dégrillage (dégrillage grossier, deux dégrilleurs fins).

A l'entrée de la station, se trouve le dégrilleur grossier manuel qui sert à se débarrasser des grandes impuretés (les éléments solides volumineux et grossiers) qui pourrait endommager les installations par la suite, puis les deux dégrilleurs fins automatiques qui éliminent des petites impuretés, les tamisées, ensuite les refus éliminés de la grille seront transportés sur convoyeur directe d'une benne. L'eau qui est issue de ce premier traitement subit ensuite le dessablage et le déshuilage-dégraissage par un dessableur – dégraisseur longitudinaux, Réalisés sur deux files en parallèles et indépendantes. Chaque ligne comprend une trémie de récupération des sables avec une pompe à sable, une goutte de récupération des graisses avec une pompe a graisses, un pont racleur et des rampes de diffusion d'aire sous pression arrivant des suppresseurs d'aire. Les sables récupérés seront lavés au moyen d'un laveur a sable.

L'effluent ainsi dégrillé, dessablé et dégraissé sera conduit vers le répartiteur.

Au niveau de répartiteur, on trouve canal venturi dont l'objectif est de mesurer le débit journalier. Le rôle de répartiteur réside dans la distribution régulière de débit pour les quatre bassins d'aérations où ces derniers se répartissent en deux parties, la partie aérobie pour dégrader la matière organique par les microorganismes (bactéries...) et la partie anoxie pour l'élimination de la pollution azotée et phosphatée. Les bassins d'aération sont conçus pour une aération prolongée.

Les rotors mammouths (aération horizontale) et des agitateurs assurent le brassage et l'homogénéisation du système (l'oxygénation nécessaire pour la réduction de la pollution organique). Une fois cette étape est accomplie, l'effluent se dirige par l'action de gravité vers un clarificateur circulaire afin de séparer les boues produites lors de l'aération pour laisser passer que l'effluent traité.

Les boues de fond de clarificateur vont s'agglomérer au milieu de décanteur à l'aide d'un pont racleur et extraites par les tubes suceurs avec pompage. Les boues flottantes seront conduites vers la fosse des boues flottantes de façon gravitaire.

Les boues en excès dans le répartiteur et les boues flottantes dans leur fosse seront dirigées vers l'épaississeur, ensuite vers un stabilisateur (digesteur) aérobie où les boues seront stabilisées puis envoyées vers les lits de séchage ou la déshydratation mécanique.

La boue déshydratée mécaniquement ou naturellement (les lits de séchage) sera évacuée vers le centre d'enfouissement technique (CET).

Le trop-plein de l'épaississeur ainsi que le filtrat de la déshydratation mécanique vont être dirigés vers la fosse toutes eaux avant d'être retournés vers la tête de la station.

### **III.2. L'objectif de traitement**

**Tableau III.2 - normes de quelques paramètres obtenues données par la STEP**

DBO <sub>5</sub>	≤ 20 mg/L
DCO	≤ 120 mg/L
MES	≤ 30 mg/L
NH <sub>4</sub> -N	≤ 4 mg/L, T > ou =12°C
NO <sub>3</sub> -N	≤ 8 mg/L
P <sub>total</sub>	≤ 2 mg/L

Les eaux usées provenant du réseau d'assainissement local sont de type urbain. Les eaux usées urbaines ont de très bonnes caractéristiques pour le traitement biologique.

Les caractéristiques de conception pour les eaux entrant dans la station d'épuration sont celles données dans le tableau suivant :

**Tableau III.3 - Les Caractéristiques de conception pour les eaux entrant dans la station d'épuration**

Paramètres de Dimensionnement	Valeur	Unité
Equivalent habitant	130000	Habitants
Année considérée	2015	
DBO <sub>5</sub>	302	mg/L
DCO	703	mg/L
MES	452	mg/L
N total	51	mg/L
P total	9	mg/L
Température : Min :	12	°C
Max :	20	°C

### III.3. Principe de traitement

Le traitement des eaux usées comporte deux filiales : traitement des eaux et traitement des boues.

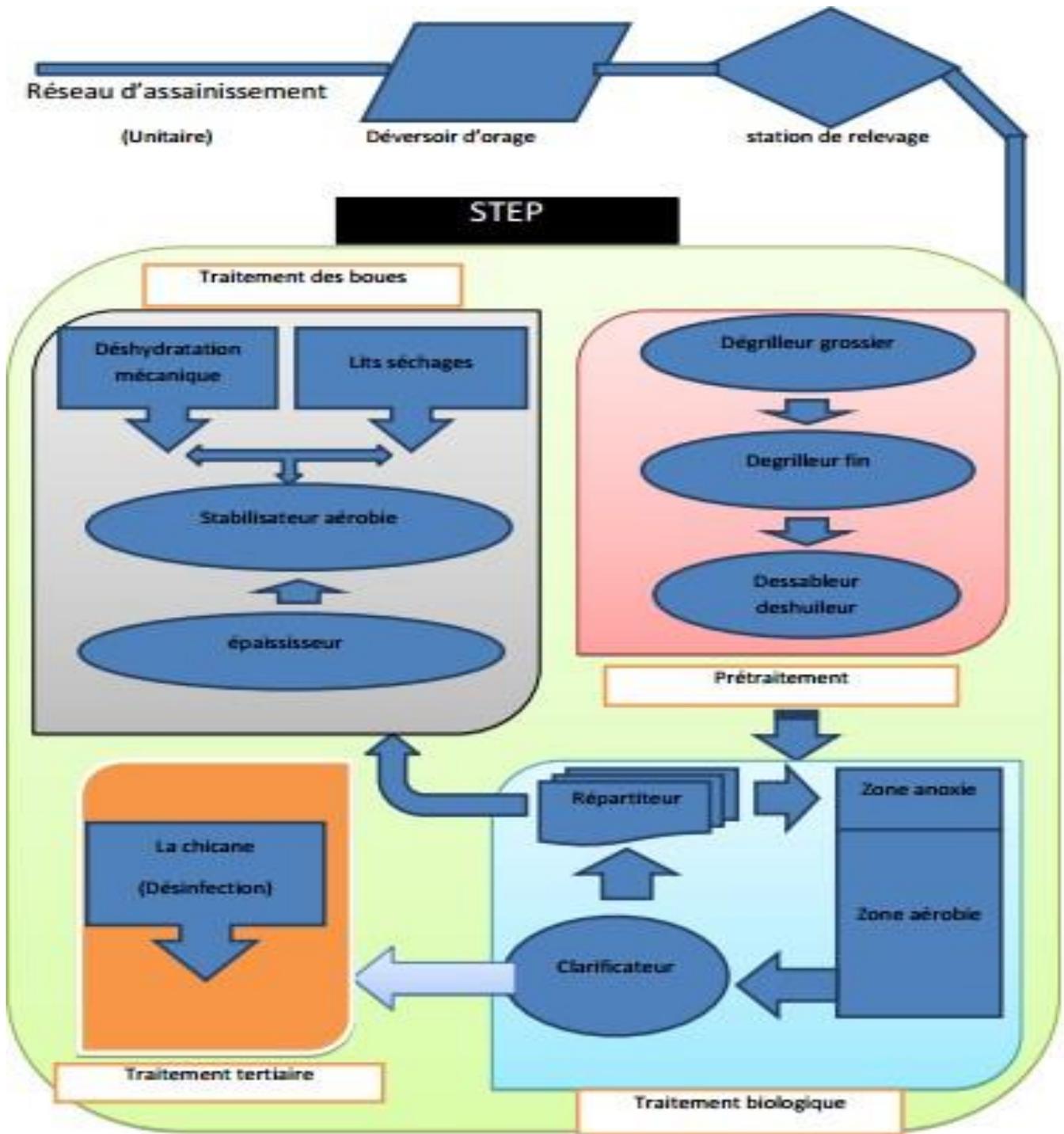
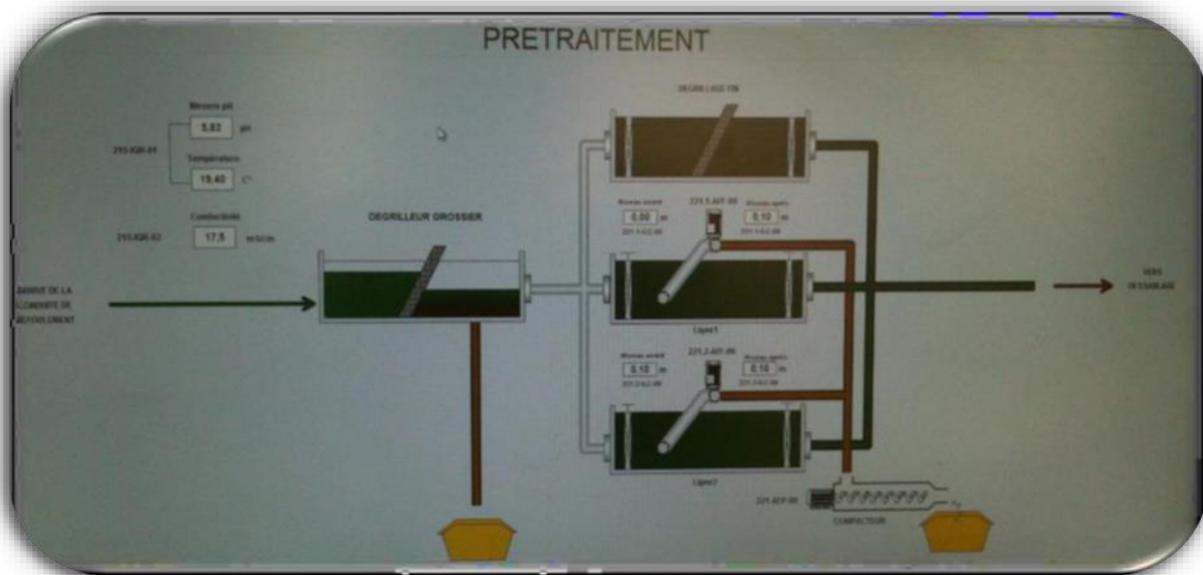


Figure III.11- schéma résumant le traitement (eaux + boues)

### III.4. Description des étapes de processus

#### III.4.1. Le prétraitement



*Figure III.12 - Prétraitement*

##### a) Dégrillage

- Chambre d'arrivée de l'effluent et dégrilleur grossier (50mm)

Les effluents arrivent par l'effet de gravité sur la station à travers une conduite, le bassin d'entrée est conçu pour recueillir les effluents afin d'alimenter le dégrillage grossier.

Le dégrilleur grossier permet d'éliminer les éléments solides et volumineux plus gros que les espacements des grilles (50 mm entre barreaux), et de protéger les installations situées en aval. Le nettoyage s'effectue manuellement, ainsi toutes les parties de dégrilleur qui rentrent en contact avec l'effluent sont en Inox, et cela pour éviter le phénomène de corrosion.

- Dégrilleur fin (8mm)

Les dégrilleurs fins permettront d'éliminer les matières grossières, les fibres et les éléments encombrants, et cela pour éviter le bouchage et la dégradation des parties mécaniques par la suite. Le dégrillage fin dispose de deux files parallèles isolables, l'une d'elle par vanne murale,

et l'autre par batardeaux. Ainsi il dispose de deux grilles fines à lavage automatique et continu avec un entrefer de 8mm.

La commande du système de dégrillage est effectuée par mesure de la différence de niveau d'eau au moyen de sondes de niveau de type ultrasonique installées dans le canal de dégrillage, si une défaillance se présente dans la mesure de différence de niveau d'eau, un lavage en horloge intégré prend le relais.

Il se nettoie automatiquement et il réduit encore le taux de déchets dans l'eau de 30%.

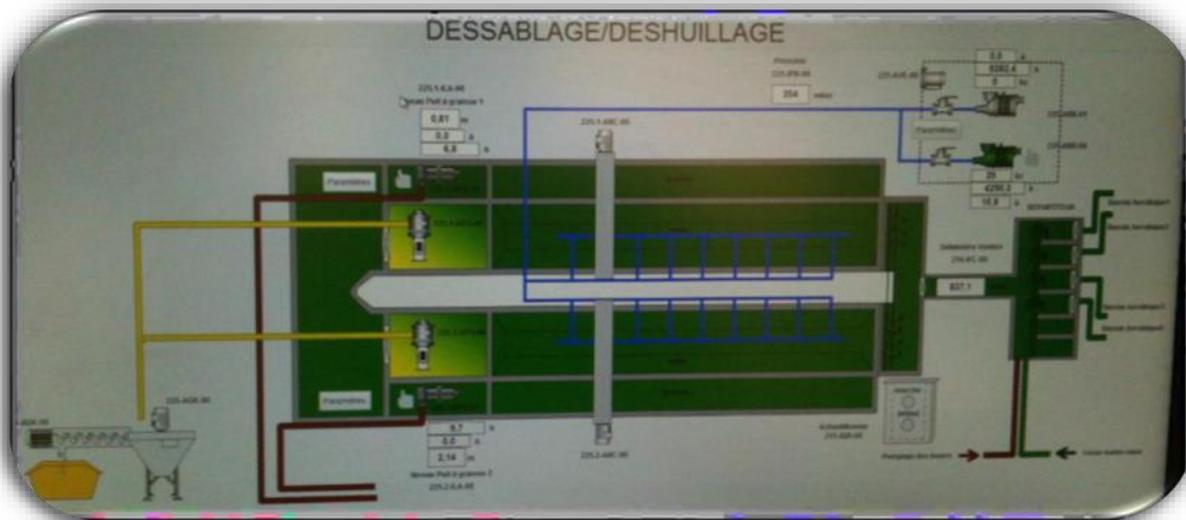


*Figure III.13 - Le dégrilleur fin*

Le dégrilleur fin ainsi se dispose d'un canal supplémentaire en tant que by-pass, protégé et isolable par batardeaux, et au sein de ce canal by-pass se trouve un dégrilleur en secours qui se nettoie manuellement

#### **b) Dessableur et dégraisseur**

Les eaux qui sont issues de ce premier traitement subissent ensuite le dessablage et le déshuilage-dégraissage par le dessableur /dégraisseur d'une forme rectangulaire aéré (longueur 27m / largeur 2.4m).



*Figure III.14 - dessableur / dégraisseur*



*Figure III.15 – déshuilage*

Cette étape de traitement consiste en deux files en parallèles et indépendantes. L'effluent est dirigé vers les deux unités par deux canaux en béton. Des vannes d'isolement murales permettent d'isoler chaque dessableur.

Le dessableur consiste à débarrasser les eaux des différentes impuretés solides (d'une taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ ) et l'élimination des sables et autres matières minérales lourdes, et cela pour éviter les phénomènes d'érosion et l'abrasion des équipements et ouvrages mécaniques localisés en aval.

La ligne de traitement peut être complètement isolée par une vanne murale sur la goulotte d'alimentation des dessableurs/déshuileurs. Ils préconisent d'utiliser une seule ligne de traitement en cas de faible débit (nuit, week-end) afin d'éviter la sédimentation des contaminants organiques au sein de dessablage.

L'aire sera injectée dans les dessableurs par de large rampes de diffusion de fines bulles d'air dispersées sur la longueur des dessableurs. Ils ont proposé un système de récupération du sable à base de racleurs en fond de bassin qui récupère le sable décanté et l'amène dans une trémie de récupération.

Le mélange eau/sable sera ensuite refoulé vers le laveur de sable par des pompes submersibles particulièrement adaptées situées dans chaque trémie. La graisse est raclée de la surface et dirigée vers la goulotte à graisse à l'aide d'un système de saut à ski.

Un camion hydrocureur à l'aide de ces conduites d'aspiration permet d'aspirer les graisses pour un traitement ultérieure.

➤ Traitement des sables

Les sables qui sont issus du dessableur seront lavés afin de réduire leur volume de stockage et les odeurs désagréables.

Une unité est mise en place pour la séparation et le lavage, puis le traitement des sables extraits au sein de la station, pour leur réutilisation ultérieure (domaine de construction : bâtiments, routes...)

Les sables lavés seront par la suite stockés en benne avant d'être évacués pour décharge ou réutilisation



*Figure III.16 - Traitement des sables*

### **III.4.2. Traitement secondaire**

#### **a) Répartition et bassins d'anaérobie**

Après la phase de dessablage/déshuilage et la mesure du débit, le mélange (eaux usées/boues) sera conduit vers une unité de répartition qui permet l'équipartition du débit vers les quatre lignes (bassins biologique) de traitement.

Les boues recirculées seront injectées au niveau du répartiteur.



*Figure III.17 - Répartiteur*

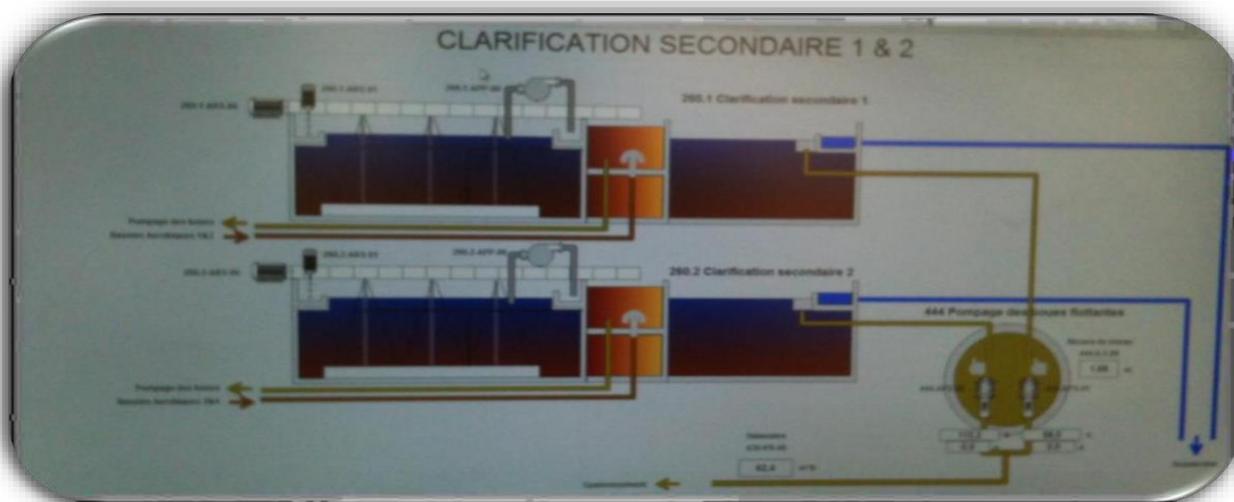


*Figure III.18 - bassin aérobie*

Les bassins d'aération sont équipés d'un système d'aération en surface du type rotors mamouths et des agitateurs assurent le brassage et l'homogénéisation du système, ainsi que des sondes de mesures d'oxygène et du potentiel redox qui permettent le contrôle des paramètres de fonctionnement de l'unité de traitement biologique.

Dans ces bassins déroule l'épuration de la pollution carbonée, la déphosphoration, la nitrification et la continuation de la dénitrification

### b) Clarificateurs



*Figure III.19 – Clarificateurs*

Les clarificateurs sont conçus et mesurés avec la charge du débit maximal en temps sec (c'est-à-dire en absence de pluies et précipitations). Les boues activées qui sont issues de l'étage biologique vont être dirigées vers les clarificateurs circulaires à l'intérieur desquels les boues seront décantées en fond d'ouvrage, ensuite raclées et retirées.

Une grande partie des boues, contenant la biomasse sera recirculées dans les bassins Biologiques. Tandis qu'une petite quantité des boues en excès est acheminée vers le traitement des boues. Les eaux filtrées sont dirigées vers le canal de désinfection/comptage.

Les bassins de clarification sont dotés de ponts racleurs.

Les boues extraites de ces clarificateurs seront envoyées vers le puits à boues par des pompes immergées. Ces pompes sont destinées à l'extraction et à la recirculation des boues.

Les boues surnageantes vont être récupérées à l'aide d'un racleur de surface qui se trouve sur le pont racleur et dirigées vers une goulotte dotée d'une trémie type saut à ski situé sur l'extérieur du clarificateur. L'évacuation des eaux épurées est effectuée par une goulotte circulaire en béton sur toute la périphérie des clarificateurs. Les eaux clarifiées se déversent dans cette goulotte par une lame crantée réglable en hauteur.

Les ponts racleurs sont équipés d'un système de nettoyage automatique des goulottes avec une brosse verticale et horizontale.

Les eaux épurées seront conduites sous l'effet de la gravité vers le canal de désinfection /comptage.

### **III.4.3. Traitement tertiaire**

#### **III.4.3.1. Traitement physico-chimique du phosphore**

L'élimination biologique du phosphore se réalise par dosage de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ). Le dosage de ce dernier est prévu au niveau des bassins biologique.

Pour finir avec le traitement biologique du phosphore, un dosage d'une manière permanente de réactif de chlorure ferrique est primordial afin d'assurer une précipitation chimique du phosphore et de garantir 2 ml/l P totale à la sortie de la station, et cela selon les normes contractuelles de l'ONA (Iso 14001).

Le contrôle du taux de dosage est réalisé avec un asservissement de la vitesse des pompes doseuses au débit d'entrée, ainsi avec un facteur multiplicatif ajustable par l'opérateur pour la variation de la concentration de chlorure ferrique en fonction des conditions de l'effluent

Ils ont réalisé une station de dosage, comprenant une cuve de 20 m<sup>3</sup> avec trois pompes doseuses dont une de secours (en cas d'une panne). Le volume du réservoir a été déterminé pour permettre de longues périodes d'autonomie.

#### **III.4.3.2. Désinfection**

Afin de pouvoir réutiliser les effluents de la STEP en agriculture, l'eau clarifiée doit être correctement désinfectée et une chloration est prévue en sortie de station.



*Figure III.20 – Désinfection*

La réalisation de cette station a pour objet de traiter les eaux usées urbaine de la ville de Bouira et la protection de la station des eaux potables de la zone Tilesdit, alors les eaux qui rentrent polluées à la station devront passer à travers les différentes étapes (traitement primaires, traitement biologique, décantation et désinfection) et cela pour être épurées et déversées vers l'oued.



*Figure III.21 - La sortie des eaux épurées vers l'oued*

#### **III.4.4. Traitement des boues**

La sortie des eaux épurées de la station ce n'est pas la phase ultime de traitement des eaux usées, mais il y a une autre filiale qui est le traitement des boues.

Le traitement des boues consiste à transmettre par pompes les boues en excès qui sont extraites de clarificateur et les boues flottantes vers l'épaississeur, puis le stabilisateur.

Une fois les boues stabilisées, elles seront déshydratées mécaniquement ou dans les lits de séchage pour leur évacuation vers les centres d'enfouissement technique (CET).

##### **III.4.4.1. Epaississement**

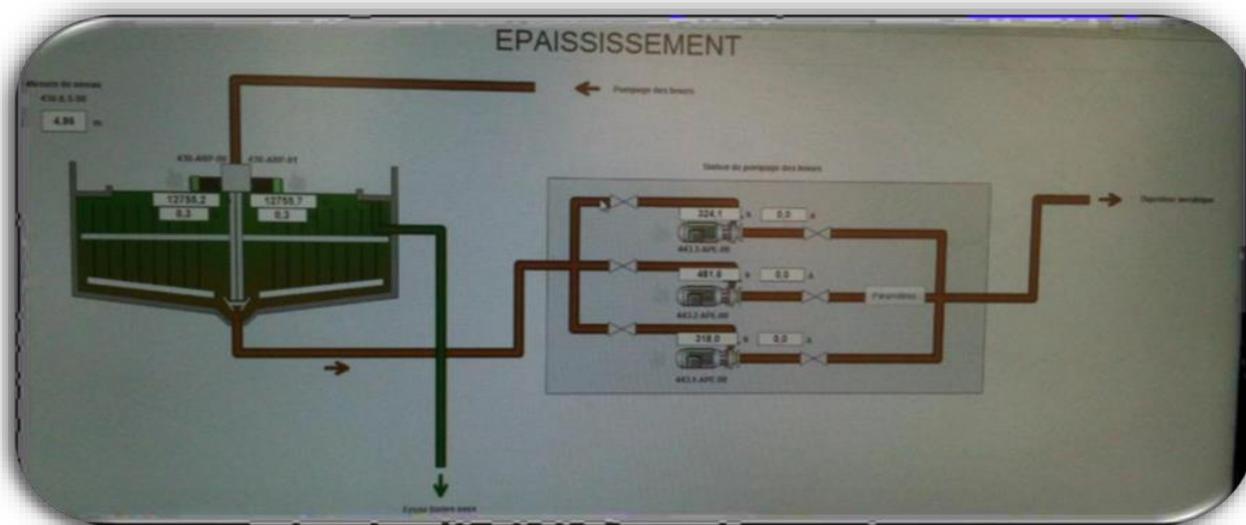
Les boues biologiques soutirées des clarificateurs secondaires disposent d'une concentration assez faible pour être dirigées vers le bassin de stabilisation des boues.

Afin d'assurer un taux de MES plus élevé, ils ont tendance à épaissir les boues secondaires au niveau d'un épaississeur hersé.

L'épaississeur hersé est un bassin circulaire à fond conique d'une faible pente, il est également équipé d'un racleur hersé qui tourne en permanence. Le racleur hersé consiste à favoriser l'épaississement des boues qui vont décantées en fond de bassin, ensuite vers un puit central d'où ces boues épaissies seront extraites.

Les eaux flottantes vont être récupérées par une lame déversant située autour du périmètre de l'épaississeur.

L'eau qui était récupérée passe dans une goulotte de récupération, puis sera dirigée vers le poste toute eaux de la station avant son refoulement vers l'entrée de la station. Les boues épaissies seront conduites vers la stabilisation des boues.



*Figure III.22 - épaisseur*

#### III.4.4.2. Stabilisation des boues avec turbines superficielles

Le rôle du bassin de stabilisation est d'assurer la Stabilisation aérobie des boues produites sur la station avant d'être déshydratées.

Les boues sont stabilisées par l'action de brassage avec un apport suffisant d'oxygène.

Ces deux opérations seront effectuées à l'aide d'une turbine d'aération de surface disposée au centre du bassin.

Le dimensionnement de ces turbines était pour assurer une aération suffisante du bassin qui permet une stabilisation optimum des boues. Ainsi pour éviter la mise en place d'agitateurs submersibles en supplément.



*Figure III.23 - La Stabilisation aérobie des boues*

La stabilisation aérobie des boues permet la réduction de la quantité de ces dernières avant d'être évacuées et traitées par l'activité bactérienne ayant lieu dans le bassin de stabilisation.

Autre avantage de cette stabilisation est que les boues seront moins génératrices d'odeur avec diminution des différents organismes pathogènes présents.

#### **III.4.4.3. Déshydratation mécanique des boues**

Le filtre presse à bande a été conçu pour traiter la totalité des boues en 5 jours par semaine avec une durée max de fonctionnement de 20 h/j, et pour l'obtention d'une siccité finale des boues de 18 % à 22% en sortie.

Le filtre presse à bande est de type " haute siccité " et son fonctionnement se fait en mode automatique avec une vitesse constante de façon permanente

Le concentrât qui résulte de la déshydratation, sera amené gravitairement vers la fosse toutes eaux afin d'être réintroduit dans le procédé de traitement.



*Figure III.24 - Déshydratation mécanique des boues*

#### III.4.4.4. Déshydratation des boues en lits de séchage



*Figure III.25 - Déshydratation des boues en lits de séchage*

Les lits sont dimensionnés pour garantir une autonomie de séchage aux conditions nominales de fonctionnement.

Les aires sont équipées d'un système de drainage. L'eau ainsi récupérée dans une fosse sera dirigée par des pompes submersibles vers le distributeur des bassins biologiques.

La boue qui était déshydratée en lits de séchage ou mécaniquement va être évacuée et transportée vers le centre d'enfouissement technique (CET) de BOUIRA.

#### **IV.1. Présentation de la station d'épuration**

La station d'épuration de la ville de Relizane a été conçue au début des années 90 mise en marche en 2020. Cette dernière est un établissement classé, d'une capacité de 180 000 équivalents habitants, qui a été conçue pour épurer les eaux usées urbaines afin de protéger le milieu récepteur, en l'occurrence l'Oued Sefa et la réutilisation de ces eaux épurées à des fins agricole (irrigation d'un périmètre de 1 000 ha de surface).

#### **IV.2. Situation géographique de la station d'épuration**

La station d'épuration de la ville de Relizane se trouve, au Nord de la ville, à proximité d'Oued SFA confluent d'Oued MINA. Le terrain se caractérise du fait qu'il soit relativement plat et éloigné de toute zone d'habitation. La figure suivante (figure 01) représente la situation de la nouvelle station d'épuration de la ville de Relizane.



*Figure IV.26 - Situation de la Station d'épuration de la Ville de Relizane*

### IV.3. Réseau d'assainissement

La ville de Relizane est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire où 96% de la population est raccordée au réseau d'évacuation. Ce réseau constitué en CAO, CAP, les eaux usées domestiques sont rejetées directement dans l'oued Sfa qui dirige vers Oued Mina où on registre 02 rejets au niveau de cet oued (un côté Est et l'autre côté Ouest). Actuellement, l'évacuation des eaux usées se fait dans des deux collecteurs jumelés généraux de diamètre (2\*1200 mm) ; un collecteur côté Est et l'autre côté Ouest, avant qu'elles se déversent dans la STEP.

#### IV.4. Détermination de la capacité hydraulique de la STEP

Pour la détermination de la capacité hydraulique de la station d'épuration des eaux usées de Relizane, nous tiendrons compte des hypothèses suivantes :

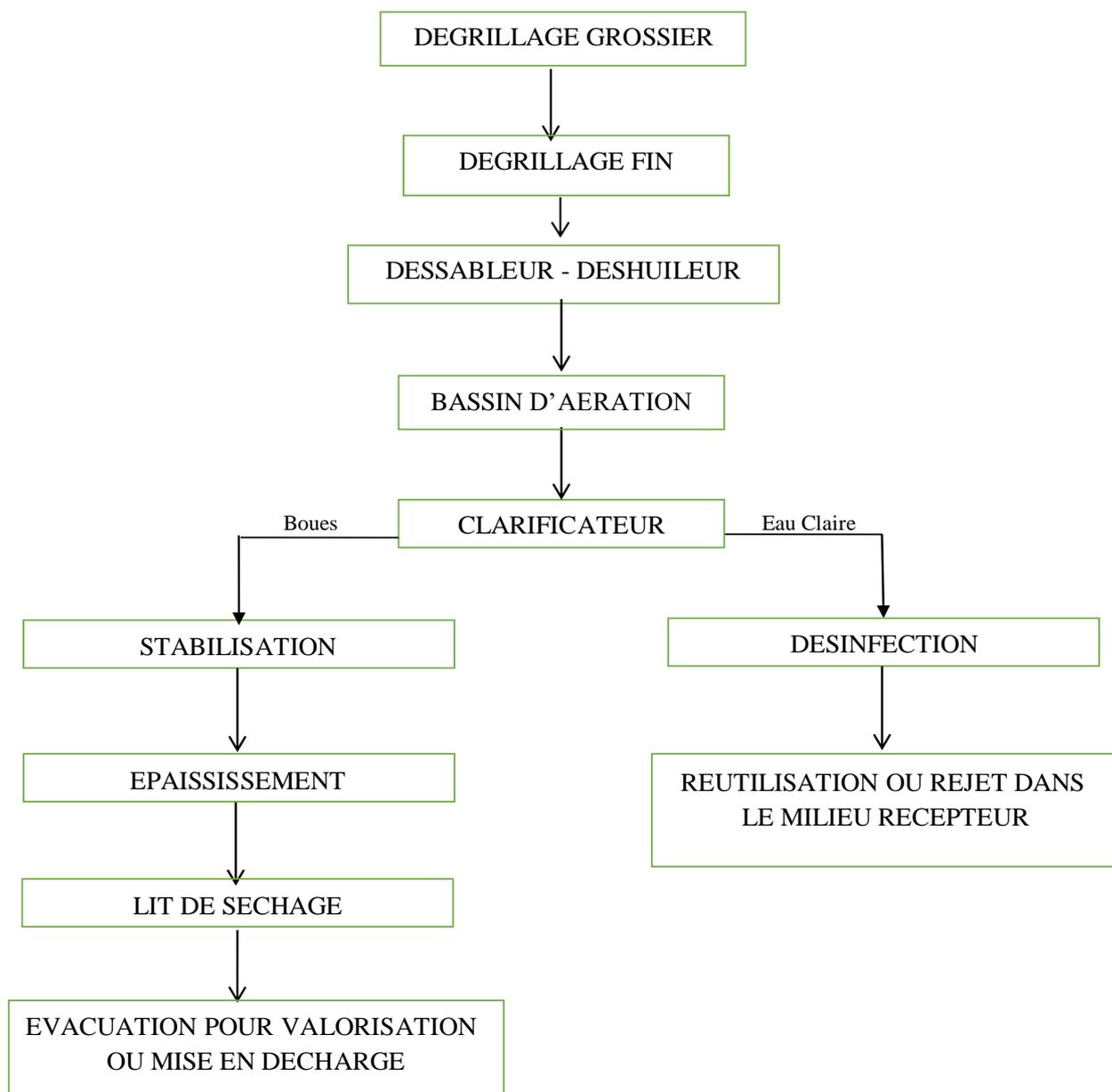
- La population aux horizons d'étude, soit : l'an 2005, 2015 et 2020
- Les réseaux d'assainissement achevés avec un taux de raccordement de la population équivalent à 100 %.
- La consommation future en eau potable, sera fixée à une dotation de 150 l/hab/j
- Le taux de réduction des eaux usées égale à 80 % de la consommation.

Données de base de la STEP de Relizane :

#### IV.5. Objectif du traitement de la STEP

*Tableau IV.4 - Les Caractéristiques de conception pour les eaux entrantes dans la station d'épuration*

Paramètres de Dimensionnement	Valeur	Unité
Equivalent habitant	180 000	Habitants
Année considérée	2022	
DBO <sub>5</sub>	450	mg/L
DCO	708	mg/L
MES	583	mg/L
N total	83	mg/L
P total	20.8	mg/L

**IV.6. Les procédés d'épuration de la STEP de la ville de Relizane**

*Figure IV.27 - Schéma du procédé de Traitement retenu*

- Les procédés et ouvrages de la station

La station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes :

- Les prétraitements
  - Bassin d'aération
  - Le traitement secondaire (clarificateur)
  - Le traitement complémentaire (bassin de chloration)
  - Le traitement des boues résiduaires comprend :
    - Un stabilisateur des boues
    - Un épaisseur
    - Un lit de séchage
- Description technique des équipements de la STEP de Relizane

#### **IV.6.1. Le traitement préliminaire (prétraitement) dégrillage**

Les eaux usées sont acheminées jusqu'à la station d'épuration par des réseaux d'assainissement, elles passent alors à travers un dégrilleur, une sorte de tamis, qui les débarrasse des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,).

L'opération de dégrillage permet de protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages au niveau de différentes unités de l'installation et d'éliminer les matières volumineuses charriées Par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs.

##### **a) Dégrillage fin**

Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères.

Le tamisage, qui utilise des grilles avec de plus faibles espacements, peut compléter cette phase du prétraitement



*Figure IV.28 - Dégrilleur de la STEP de la Ville de Relizane*

### **b) Dessablage – Déshuilage**

- Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "Dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage

- Le déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite



*Figure IV.29 - Dessableur - Deshuileur de la Station d'épuration de la Ville de Relizane*

#### **IV.6.2. Le traitement secondaire:**

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer. Dans les cas étudiés, le principe général est de favoriser la croissance de communautés de bactéries aérobies, c'est-à-dire qui prélève l'O<sub>2</sub> pour leur métabolisme.



*Figure IV.30 - Bassin d'aération de la Station d'épuration de la Ville de Relizane*

### IV.6.3. Clarificateur

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". Les boues se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées.

L'eau débarrassée de 80 à 90% de ses impuretés subit alors des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel



*Figure 31 - Clarificateur de la Station d'épuration de la Ville de Relizane*

### IV.6.4. Traitement tertiaire

Après traitement biologique, il peut être encore nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet. C'est le cas de certaines eaux que l'on peut soupçonner de contenir des microbes pathogènes en grandes quantités telles que les rejets hospitaliers...

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires pour l'arrosage au moyen de dispositifs qui créent des aérosols. Une désinfection chimique peut également être envisagée. Le réactif le plus fréquemment utilisé est l'eau de Javel, qui nécessite, pour être efficace, le maintien d'une teneur résiduelle suffisante (0,1 mg/l) et un temps de contact minimal de 20 mn. L'effet désinfectant du chlore est d'autant plus efficace que la qualité de l'épuration qui précède son injection est meilleure.

## La désinfection

Afin de pouvoir réutiliser les effluents de la STEP en agriculture, l'eau clarifiée doit être correctement désinfectée et une chloration est prévue en sortie de station.

### IV.6.5. Le traitements boues

#### a) L'épaississement

Il s'agit de la première étape de traitement des boues, qui s'opère en général avant le mélange des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux usées (boues primaires, secondaires, et éventuellement tertiaires) Cette étape peut être précédée de l'ajout de flocculants organiques de synthèse (polyélectrolytes) ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium), afin de faciliter la séparation des phases solide et liquide des boues.

L'épaississement consiste à laisser s'écouler les boues par gravitation à travers un silo place au-dessus d'une table d'égouttage ou d'une toile semi-perméable. Autre technique de concentration : la flottation, basée sur l'injection de gaz dans les boues, ce qui sépare les phases liquides et solides par différence de densité. En sortie, les boues sont encore liquides avec une siccité de 4 à 6%

#### b) Stabilisation des boues

Une stabilisation n'est évidente mise en œuvre que sur des boues dont la teneur en matières rapidement biodégradables est importante, c'est à dire :

- Boues de simple décantation d'eaux résiduaires urbaines ou « boues primaires
- Boues de traitement biologique aérobie à moyenne et forte charge (boues activées en excès) appelées souvent de façon générale « boues biologiques ».

L'appellation de boues fraîches est en général donnée à des boues avant stabilisation, celle de boues stabilisées, ou de boues digérées, à des boues après stabilisation. L'usage veut que le terme digéré soit le plus réservé aux boues stabilisées par voie anaérobie. La stabilisation a pour but de détruire les matières organiques fermentescibles ou de ralentir leur évolution biologique (éviter les dégagements de mauvaises odeurs lors de stockage).

### c) Les lits de séchage

Le séchage des boues sur des lits de sables est une technique de déshydratation naturelle.

Elle n'est à retenir que sur des boues bien stabilisées (digérées anaérobiquement ou éventuellement d'aération prolongée). Le lit de séchage comprend deux couches :

- ❖ Une première couche support de graviers où sont aménagés des drains.
- ❖ Une deuxième couche filtrante de sable.

Cette technique est basée sur une première phase de drainage et une deuxième de séchage atmosphérique. Cette dernière demeure tributaire des conditions climatiques. La siccité peut atteindre 40 à 60 % en cas de l'ensoleillement optimal (Metahri, 2012).



*Figure IV.32 - Lits de séchages de la Station d'épuration de la Ville de Relizane*

**d) La Déshydratation**

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie. La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée.

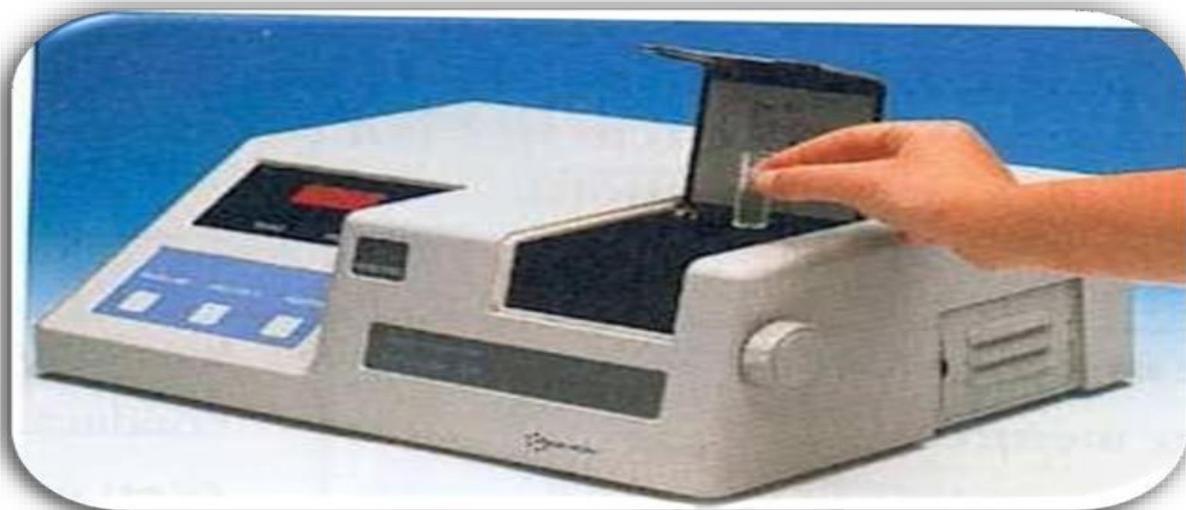
## ***PARTIE I : METHODES ET MATERIELS***

Au cours de cette partie, on va présenter les différentes méthodes et matériels utilisés pour le traitement des eaux usées au niveau de laboratoire de la STEP de Bouira et celui de Relizane.

### **V.1. Les paramètres physico-chimiques**

#### **V.1.1. La turbidité**

L'utilisation d'un spectrophotomètre consiste à vérifier la turbidité d'une eau usée, la DCO, DBO5 (méthode spectrophotométrie).



*Figure V.33 – Spectrophotomètre*

#### **V.1.2. Potentille d'hydrogène (PH)**

Mesure de pH et T (°C)

- Objectif

On utilise le pH mètre pour déterminer l'acidité, neutralité ou la basicité de l'eau à traiter

- Matériel
  - Ph mètre avec sonde
  - Pissette eau distillée
  - Agitateur magnétique
  - béchers



*Figure V.34 - pH mètre*

- Mode Opérateur

**Note :** obligation de port des gants avant chaque manipulation.

- Dans un bécher on prend une quantité d'eau à analyser (eau brute ou eau épurée)
- Allumer le pH mètre.
- Rincez la sonde avec l'eau distille.
- Introduire la sonde du pH mètre dans l'échantillon à analyser.
- Une fois l'icône du pH arrête de clignoter on prend la valeur indiquée de notre pH.
- On rince bien la sonde après chaque usage et on conserve l'électrode toujours dans de l'eau déminéralisée.

Du point de vue législatif les rejets doivent avoir un PH compris entre 5.5 et 8.5

### **V.1.3. Conductivité**

- Objectif

La conductivité d'une eau est mesurée par l'utilisation d'un dispositif (conductimètre figure 35) afin de déterminer la salinité et la température de l'eau.

- Matériel utilisée
  - Conductimètre et accessoires (Agitateur magnétique, béchers...)

- Pissette eau distillée.



*Figure V.35 - conductimètre*

- Mode opératoire

**Note :** Le port des gants avant chaque manipulation est obligatoire

- Dans un bécher on prend une quantité d'eau à analyser (eau brute ou eau épurée)
- Mettre le conductimètre en marche.
- Rincez la sonde avec l'eau distillée. Essuyez les traces d'humidité
- Introduire la sonde du conductimètre dans l'échantillon à analyser.
- On lit la valeur affichée dès la stabilité de celle-ci.
- On rince bien la sonde après chaque usage.

#### **V.1.4. La quantité de MES, MVS, MMS, IB, V30**

Pour déterminer la quantité des paramètres (MES, MVS, MMS, IB, V30), on a eu le recours au matériels disponible au niveau de laboratoires des STEPS représentés sur les figures 36, 37, 38, 39 et 40.

- Mode opératoire de la détermination du V30, MES, MVS, IB

#### **Le V30**

- On verse 1 litre de notre échantillon dans une éprouvette d'un volume 1 litre à l'abri de la lumière
- On la laisse décanter pendant 30 min

### Les MES, MVS

- Méthode par filtration



*Figure V.36 - pompe à vide*

- On sèche les filtres (fibre de verre) dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant, et On pèse les filtres (P0)
- On filtre par l'intermédiaire d'une pompe à vide un volume V (100 ml) de chaque échantillon.
- Puis on sèche à l'étuve à 105°C pendant 02 h
- Ensuite on pèse les filtres (P1)



*Figure V.37 - Etuve*

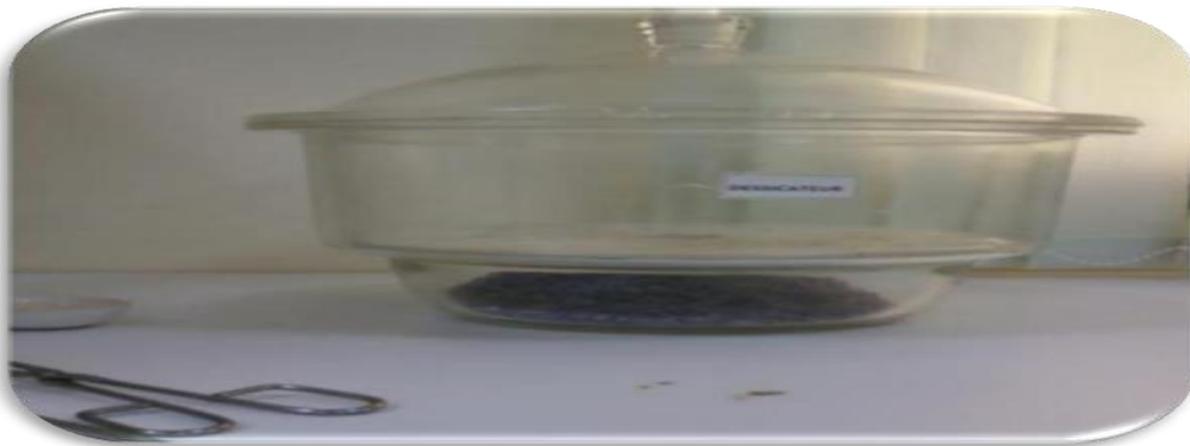
$$MES = (p1 - p0) * 1000/V \quad (1)$$

- On met les filtres au four pendant 02h à 525 °C



*Figure V.38 - four*

- On laisse refroidir dans un dessiccateur et enfin on pèse les filtres (P2)



*Figure V.39 - dessiccateur*

$$MVS = (p1 - p2) * 1000/V \quad (2)$$

- Méthode par centrifugation



*Figure V.40 - centrifugeuse*

- On prend un volume d'échantillon Puis l'introduire dans la centrifugeuse pendant 20 min à 3000 tr/min.
- On Recueil le culot de centrifugation dans une capsule en porcelaine séchée préalablement à 105°C et pesée (**P0**).

- On Rince le godet de la centrifugeuse deux fois avec 20 ml d'eau distillée et recueillir les eaux de rinçage dans la capsule.
- Ensuite on Sèche la capsule dans l'étuve à 105°C jusqu'à ce que le poids se stabilise (02h).
- On Laisse refroidir dans le dessiccateur et on pèse la capsule (**P1**).

$$MES = (p1 - p0) * 1000/V$$

- On met la capsule au four pendant une durée de 02 h à 525°C ± 5°C.
- On le refroidit dans un dessiccateur et on pèse la capsule (**P2**).

$$MVS = (p1 - p2) * 1000/V$$

### Indice de boue (IB)

- Objectif

Pour l'appréciation de l'aptitude de la boue à la décantation

$$IB = V30 /MES$$

V30 : volume de boue décantée en 30 min (ml/l)

MES : concentration des matières en suspension de la boue décantée dans les éprouvettes en (g/l)

L'indice de boue est valide lorsque le volume décanté est compris entre 100 et 300 ml dans le cas contraire une dilution est nécessaire. Donc, le calcul de l'indice de boue et le suivant :

$$IB = \frac{V_{30}}{MES \text{ de la boue décantées apres dilution}}$$

### Interprétation des résultats :

Si :

IB < 100 correspondent à des boues qui sédimentent facilement

100 < IB < 200 décantation difficile (quelques filaments)

IB > 200 mauvaise décantation (boue riche en filament)

## V.2. Les paramètres chimiques

### V.2.1. La DCO

- Méthode par spectrophotomètre

#### ➤ Objectif

Décrit les besoins en oxygène des matières oxydables présentes dans l'eau d'un effluent. Il s'agit en grande partie de matières organiques qui seront oxydées lors de réactions enzymatiques, ou d'ions oxydables (fer ferreux, chlorures, sulfures, nitrites...)

Appliquées aux effluents traités par une station d'épuration, la mesure de la DCO permet d'apprécier l'efficacité du traitement appliqué et d'évaluer l'impact des rejets sur l'environnement quant au risque d'asphyxie par une trop grande consommation d'oxygène lors des réactions de dégradation et d'oxydation.

La mesure de la DCO des eaux épurées nous renseignant sur l'efficacité des bassins biologiques et nous permettant d'estimer la DBO (demande biologique en oxygène).

#### ➤ Matériels utilisés

- Spectrophotomètre.
- Pipette volumétrique (2 ml)
- Thermo réacteur 148°C
- Chronomètre
- Kit de DCO 21258\_51
- Gants
- Lunette de protection

#### ➤ Mode opératoire

**Remarque :** Ports des EPI (lunettes, masques de protection, combinaison, blouses et les gants) avant la manipulation sont strictement obligatoire

- Homogénéiser 100 ml de l'échantillon pendant une durée de 30 secondes et 2 min pour les échantillons contenant de grandes quantités de matière solide
- Mettre le thermo réacteur en marche et le préchauffer à 150°C.
- Puis on Retire les bouchons des deux tubes de réactif (blanc, échantillon).

- On Maintient les tubes et on les fixe à 45° et pipeter 2ml de l'eau distillée (blanc) et 2 ml de l'échantillon.
- Fermer hermétiquement les tubes
- Mélanger le contenu des tubes en les tenants par bouchon (réaction exothermique).
- On Échauffe les tubes pendant 2 heures à 150 °C dans le thermo réacteur préchauffé.
- Laisser les tubes refroidir pendant 20 min.
- Retirer les 2 tubes du thermo réacteur, agiter les tubes encore chauds puis les met dans un support afin qu'ils refroidissent jusqu'à température ambiante.
- En fin on introduit le blanc dans le spectrophotomètre ensuite l'échantillon pour faire la lecture.

### V.2.2. La DBO5

#### ➤ Objectif

Décrit également une demande en oxygène d'un effluent, mais dans ce cas-là il ne s'agit que des besoins des micro-organismes présents dans l'effluent, qui vont consommer l'oxygène pour leurs réactions métaboliques. Par définition, la DBO5 est incluse dans la DCO (et son taux devrait nécessairement lui être inférieur). Elle est représentative de la capacité d'un milieu à s'auto-épurer.

#### ➤ Mode opératoire de la DBO5

- Activer l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20°C ±1°C
- On rince le flacon de DBO avec l'échantillon puis remplir soigneusement à l'aide des fioles jaugées appropriés (dans notre cas l'eau brute 164 ml et l'eau épurée 432 ml).
- On introduit un barreau magnétique dans chaque flacon.
- On insère le godet à soude dans le goulot du flacon, et on met 02 à 03 pastilles de soude dans le godet avec une pince (Attention : les pastilles de soude ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon).
- On Ferme hermétiquement le flacon avec l'OxiTop, et on le met dans l'incubateur pendant 05 jours (Pendant 05 jours l'échantillon est agité en continu, L'OxiTop enregistre automatiquement une valeur toutes les 24h)
- Après 05 jours On lit les valeurs mémorisées en pressant la touche S.

- A la fin de l'expérience, on va convertir les valeurs affichées (digits) en valeurs DBO avec la table ci-dessous :

Digits \* facteur = DBO5 (mg /L)

**Tableau V.5 - les valeurs affichées (digits) en valeur DBO**

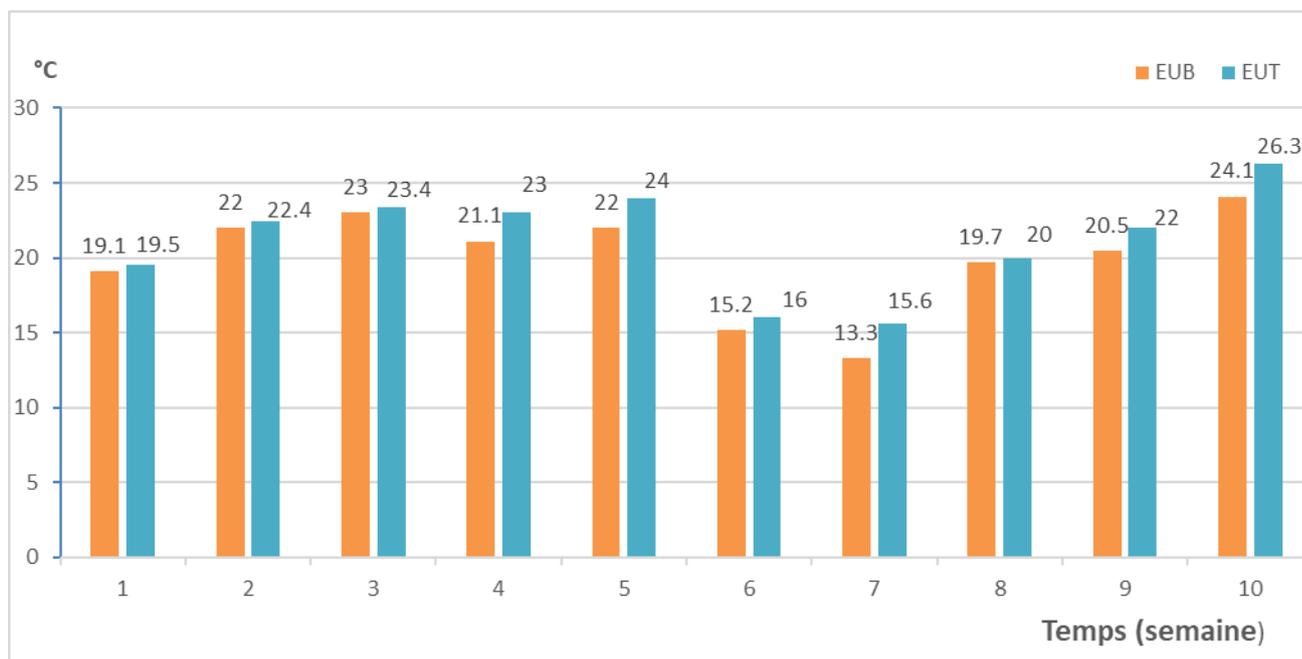
Volume de l'échantillon(ml)	Plage de mesure (mg/L)	Facteur
432	0-----40	1
365	0-----80	2
250	0-----200	5
164	0-----400	10
97	0-----800	20
43.5	0-----2000	50
22.7	0-----4000	100

## ***PARTIE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS***

Dans cette partie, on donne les résultats des mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et l'eau épurée, des deux stations d'épuration (Bouira / Relizane) et nous allons faire une comparaison entre ces deux dernières à propos de l'efficacité de traitement des eaux usées durant les jours de stage pratique. Voir l'annexe (tableaux 6/7).

### **V.3. La température et la conductivité**

#### **V.3.1. Température (STEP Relizane) (tableau 6)**

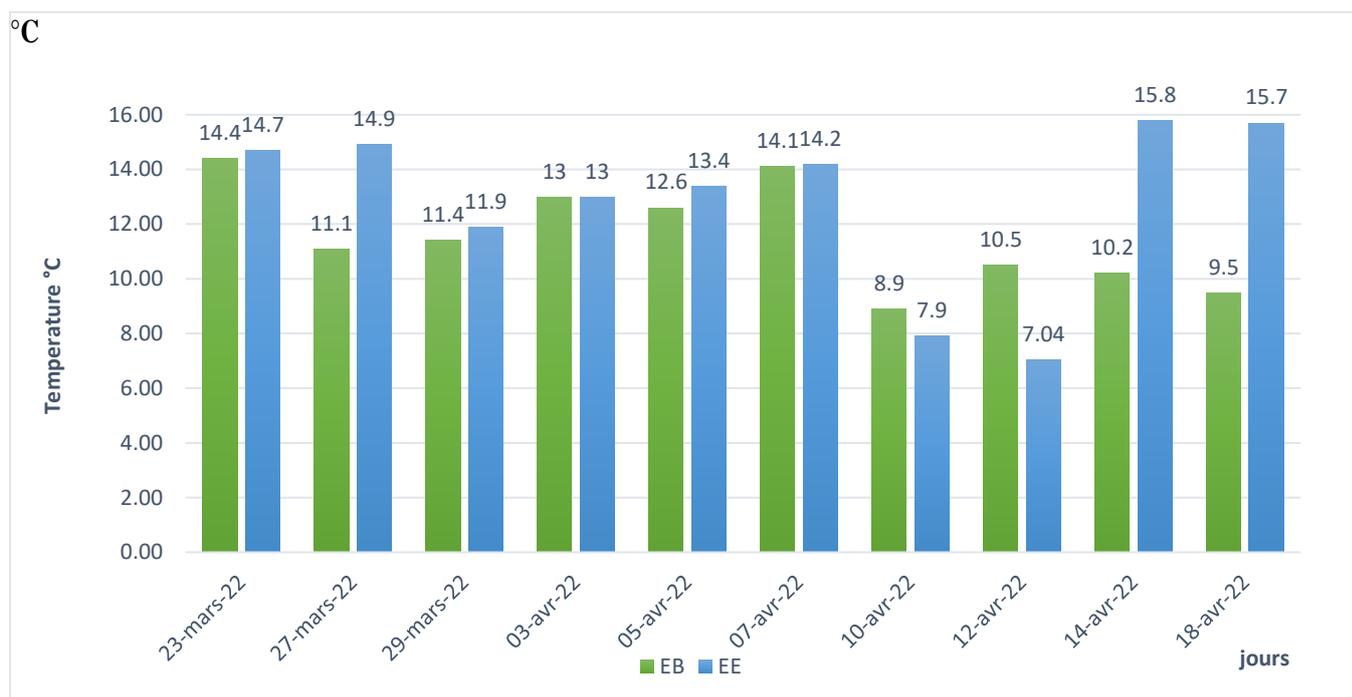


***Figure V.41 - Evolution de la température en fonction du temps***

Selon l'histogramme, on remarque que les résultats obtenus de la température sont proches. Ces valeurs oscillent entre un min de 13.3 °C et un max de 24.1 °C à l'entrée, et entre 15.6 °C et 26.3°C pour les eaux épurées.

Les normes de rejets des eaux usées admises dans le milieu récepteur concernant la température en Algérie est fixé à 30 °C selon (**JORA, 2006**), on a 26.3°C < 30°C. donc les résultats sont bons.

### V.3.2. Température (STEP Bouira) (voir tableau 7)



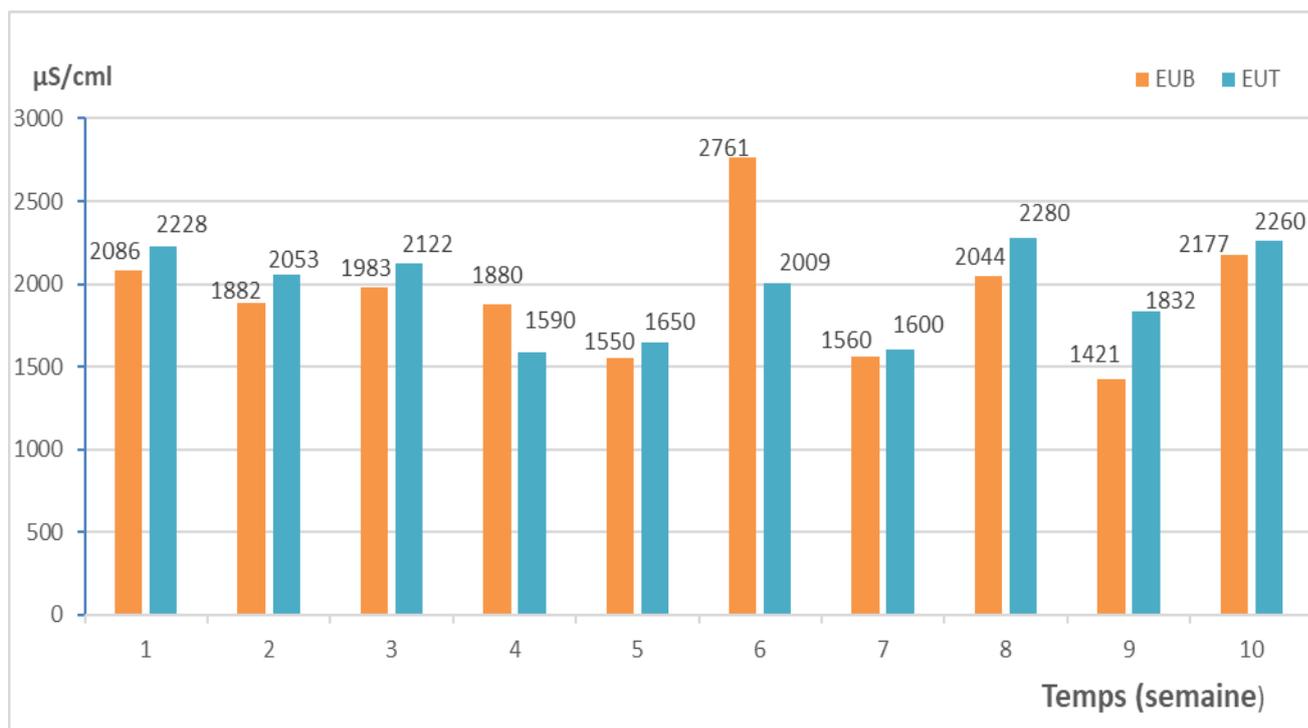
*Figure V.42 - Evolution de la température en fonction du temps*

D'après les résultats obtenus, On constate que la valeur de la température de l'eau brute et l'eau épurée varie approximativement entre 7 et 15, donc on résulte que la température varie de jour à l'autre en relation avec la température atmosphérique.

Selon les normes contractuelles de la station, on trouve que ces résultats sont bons (12°C et 20°C).

Mais en ce qui concerne le processus de nitrification qui est optimale pour des températures de 28 à 32°C et qui diminue à partir de 12 à 15 °C, on déduit que ces valeurs ne permettent pas la nitrification.

### V.3.1. La conductivité (STEP Relizane) (voir tableau 6)

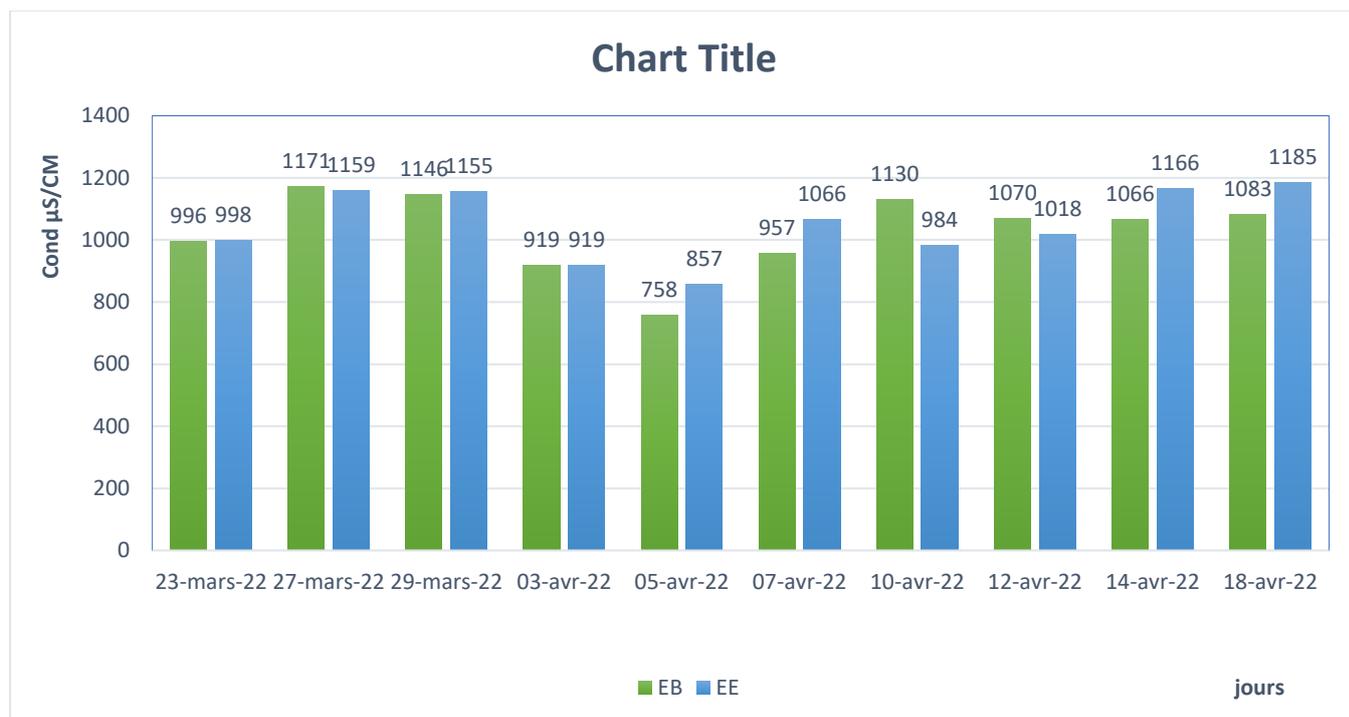


*Figure V.43 - Les variation de la conductivité électrique*

Suivant l'histogramme, on remarque que la valeur minimale est de 1421  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la valeur maximale est de l'ordre 2761  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'eau brute et l'eau épurée.

Les valeurs enregistrées durant les dates indiquées montrent que la conductivité électrique très élevée due probablement aux charges polluantes. Selon **Franck (2002)**, tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité.

### V.3.2. La conductivité (STEP Bouira) (voir tableau 7)



**Figure V.44 - Evolution de la conductivité en fonction du temps**

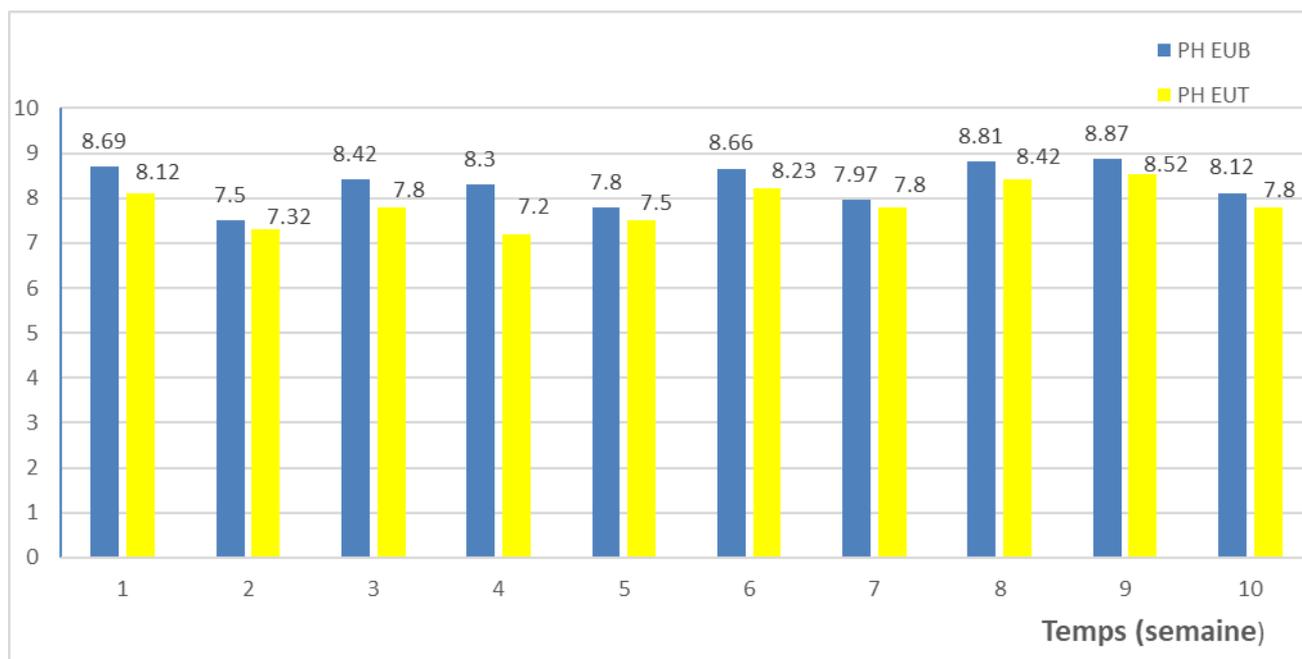
Dans le tableau 7 (voir l'Annex) on constate que la valeur minimale est de 758  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la valeur maximale est de 1185  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'eau brute et l'eau épurée.

On remarque que la conductivité est en fonction de la température, si la température augmente alors la conductivité augmente et même dans le cas contraire.

On sait qu'au-delà de la valeur limite de la salinité qui correspond à une conductivité de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , l'accroissement de microorganismes peut être réduit d'où une baisse du rendement épuratoire. On a  $1185 < 2500$  donc le milieu est optimal.

## V.4. PH

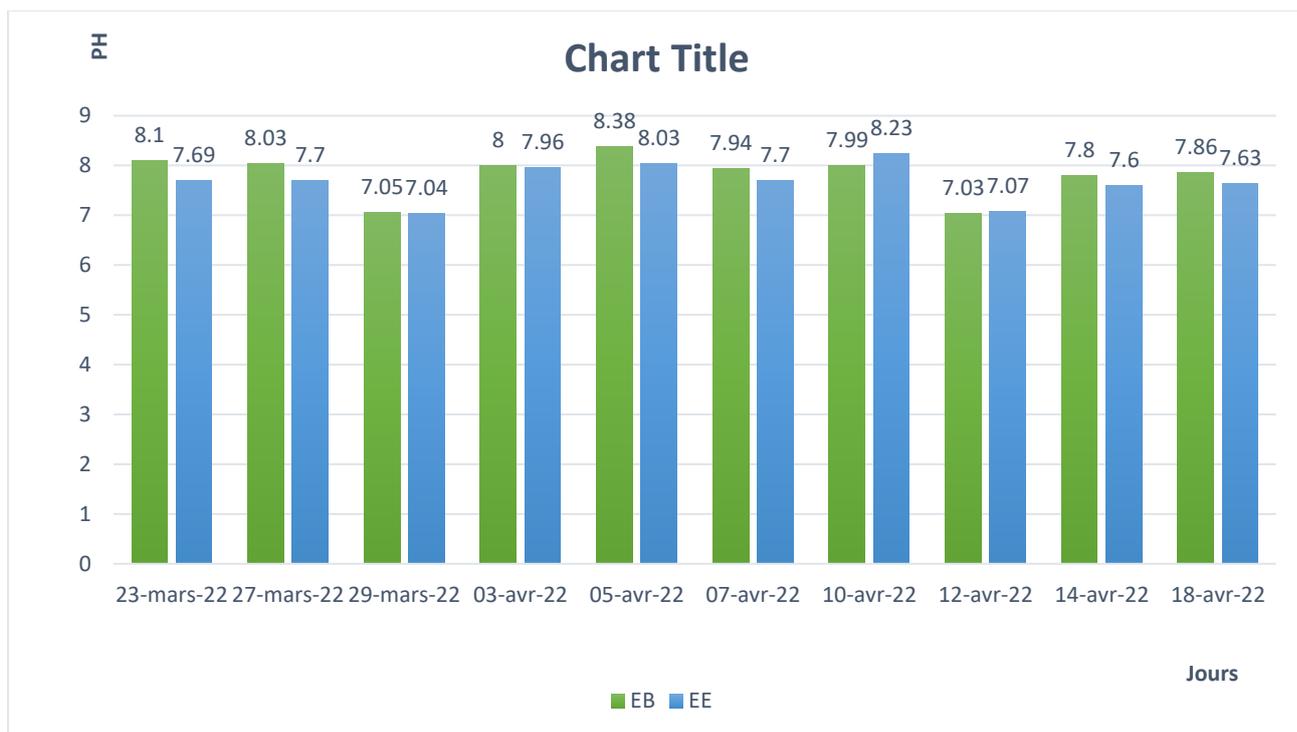
### V.4.1. PH (STEP Relizane) voir tableau 6



*Figure V.45 - Les variations de pH des eaux usées brutes et traitées*

Les valeurs de pH de l'eau brute situent entre 7.5 et 8.87. D'après [24] **Sevrin Reysac et al. (1995)** un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau. On a ainsi pour les eaux épurées les valeurs sont comprises entre 7.2 et 8.52. Alors ces dernières correspondent aux valeurs limites de rejets (6.5 – 8.5) selon (**JORA 2006**).

#### **V.4.2. PH (STEP Bouira) voir tableau 7**



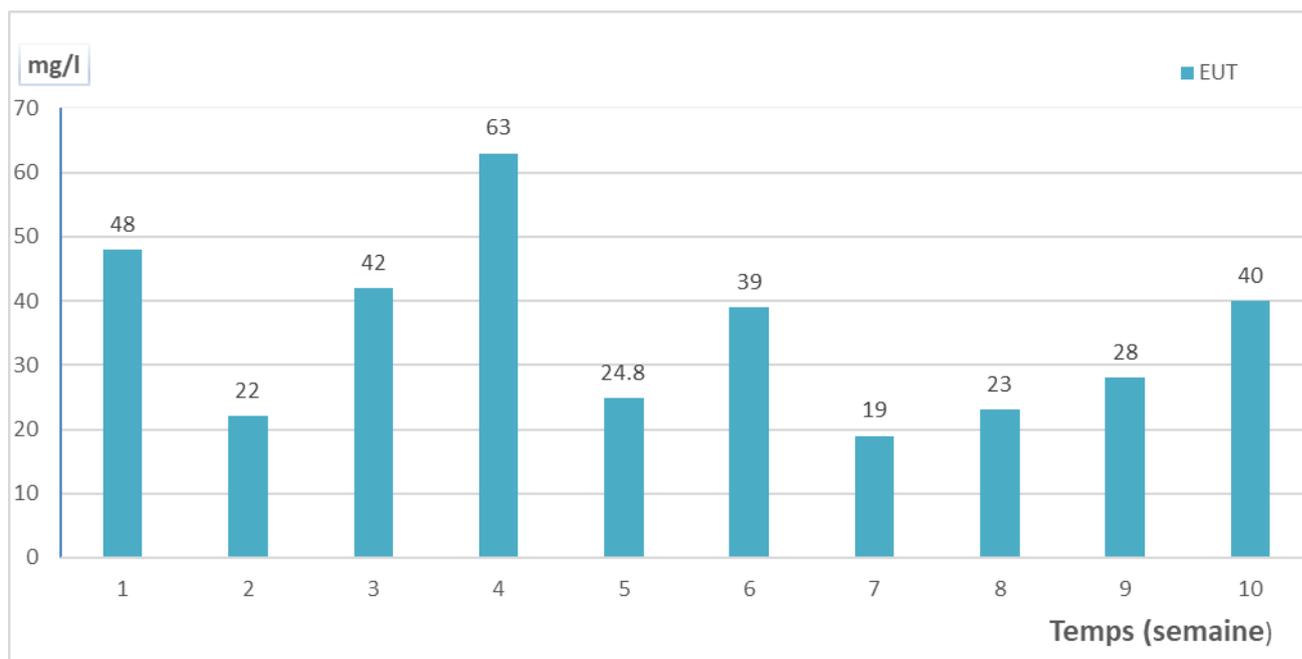
*Figure V.46 - Evolution du pH en fonction du temps*

Selon l’histogramme, le pH à l’entrée de la STEP se situe entre 7.03 et 8.38, on peut dire qu’il est presque neutre. Dans ce cas-là on n’a pas besoin de le neutraliser.

Le pH à la sortie de la STEP varie entre 7.04 et 8.23 ; alors ces valeurs répondent aux normes de rejets (6.5 – 8.5) d’après (iso 6060).

## V.5. MES (matières en suspension)

### V.5.1. MES (STEP Relizane) voir tableau 6



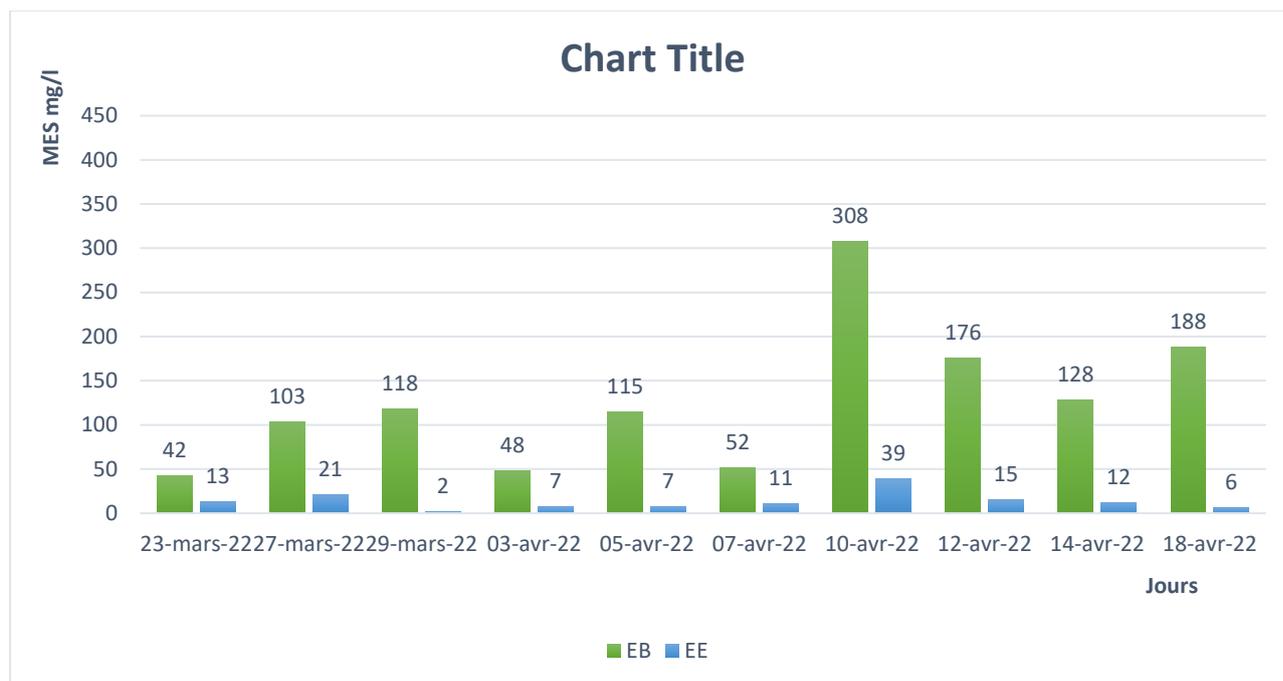
*Figure V.47 - Les variation des valeurs MES*

Selon les résultats obtenus de MES des eaux épurées, entre 19 mg/l min et 63mg/l max, avec une moyenne de MES moy = 34.9

Ces valeurs se diffèrent de jours à l'autre selon la décantation des matières decantables, mais la moyenne reste inférieure à la valeur limite de rejets qui est 35 mg/l selon le journal officiel algérien (JORA, 2006)

### **V.5.2. MES (STEP Bouira)**

Le tableau 8 (voir l'Annex) nous renseigne sur les concentrations de MES, MES moy, le rendement d'élimination de l'eau brute et l'eau épurée au cours de la période de stage.



*Figure V.48 - Evolution des MES en fonction du temps*

La concentration de MES a l'entrée de la station varie entre 42 mg/l et 308mg/l, et entre 2mg/l et 39mg/l (ces faibles valeurs sont dues principalement à la décantation des matières décantables) à la sortie de la STEP.

D'après les résultats obtenus on peut dire que le traitement est bien fait sauf dans la journée de (10-04-22) où on a trouvé les MES dans l'eau épurée est supérieur à **30 mg/l**. Cette surcharge due à la négligence de nettoyage de l'échantillonneur automatique.

Cependant ces valeurs demeurent inférieures à la norme contractuelle de la station (MES <= 30mg/L)

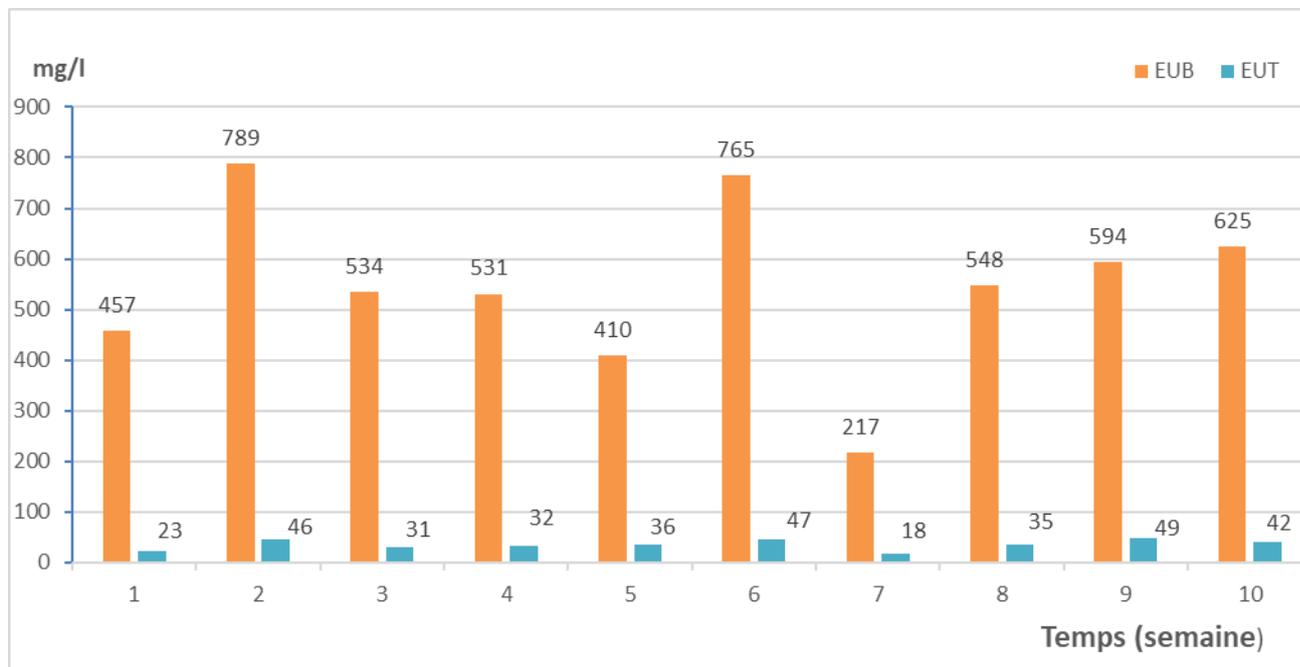
Selon **FAO 2003** (Food and agriculture organisation), les matières en suspension qui se trouvent dans les eaux usées ne constituent pas un obstacle à la réutilisation de ces eaux, sauf dans des circonstances très particulières. Au contraire, elles contribuent à la fertilité des zones agricoles.

En revanche, une présence excessive de MES peut être un facteur inhibiteur de transport et de distribution des effluents ainsi que le colmatage des systèmes d'irrigation.

## V.6. La DBO5, DCO et le rapport DCO/DBO5

Les tableaux 9 et 10 (voir l'annexe) nous montre les différentes valeurs de la DCO et la DBO5 et le rapport DCO/DBO5

### V.6.1. La DBO5 (STEP Relizane)

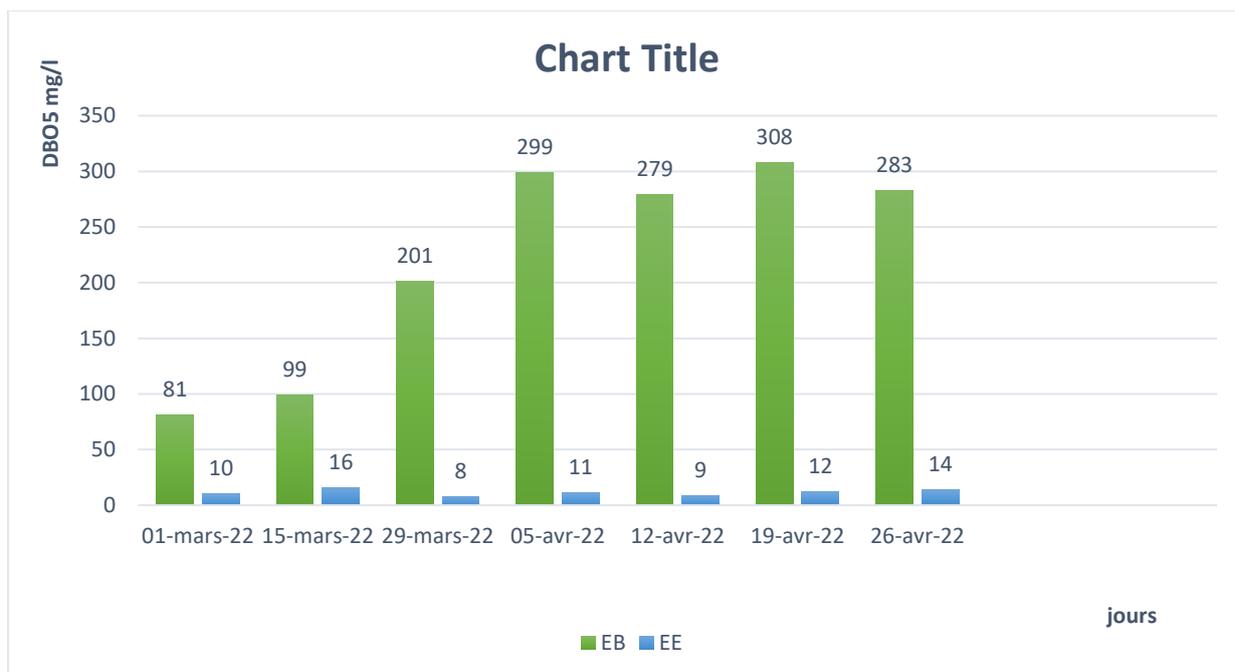


*Figure V.49 - Les variation des valeurs DBO5*

Les valeurs de la DBO5 reçues par la station varient de 217 mg(O<sub>2</sub>) /l à 789 mg(O<sub>2</sub>) /l. les eaux traitées se dégradent et montrent des teneurs en DBO5 qui se situent entre 18mg/l et 49mg/l avec une moyenne de DBO5 moy = 35.9 mg/l

D'après les résultats on constate que la valeur moyenne des eaux épurée est inférieure aux normes algériennes de rejet 40mg(O<sub>2</sub>) /l. elle reste néanmoins supérieure à celle de l'OMS (30mg/l)

### V.6.2. La DBO5 (STEP Bouira)

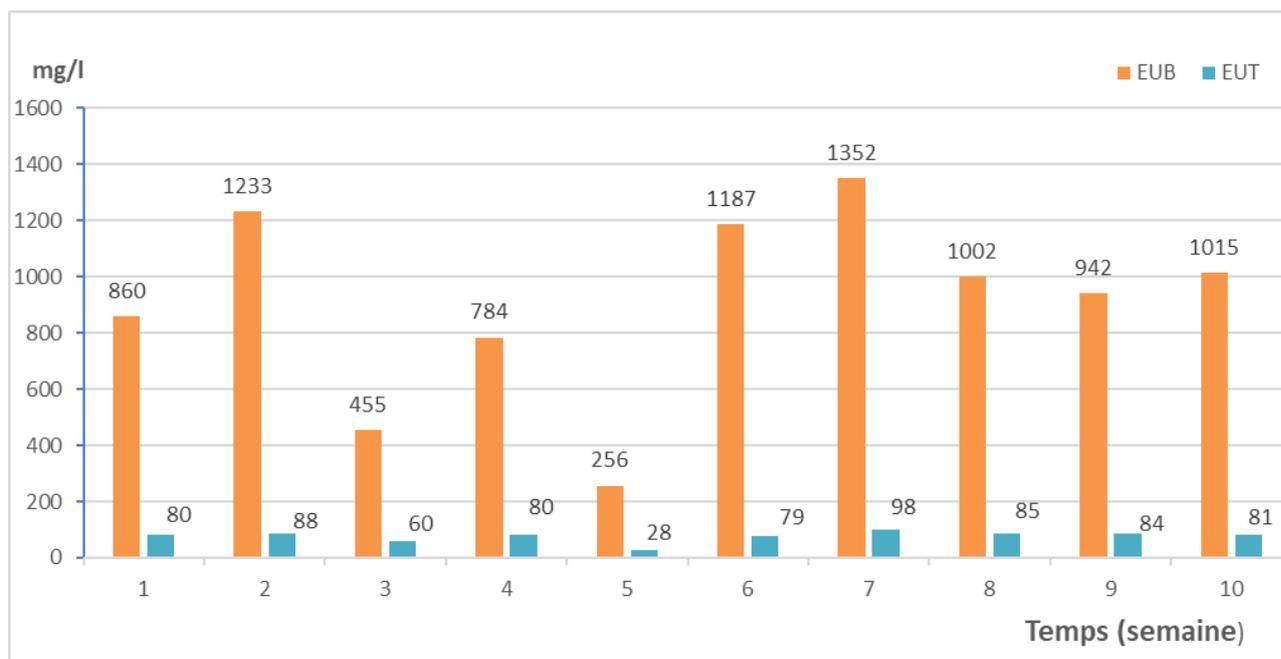


**Figure V.50 - Evolution de la DBO5 en fonction du temps**

Les valeurs de la concentration de DBO5 se situent entre **81 mg/l** et **308mg/l** à la rentrée de la station, et à la sortie de la station varient de **8mg/l** à **16mg/l**.

On remarque que la valeur maximale de la DBO5 de l'eau épurée ( $16\text{mg/l} < 20\text{mg/l}$ ), alors cette dernière correspond à la norme contractuelle de la station qui est ( $\text{DBO5} \leq 20 \text{ mg/l}$ ) ainsi celle de L'OMS (organisation mondiale de la santé) qui est ( $\text{DBO5} \leq 30\text{mg/l}$ ).

### V.6.1. La DCO (STEP Relizane)



*Figure V.51 - Les variation des valeurs DCO*

L'histogramme montre que les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables, elles varient entre 256mg/l et 1352mg/l. À la sortie de la station les valeurs enregistrées sont comprises entre 28mg/l et 98mg/l.

Les eaux épurées doivent présenter une DCO  $\leq 120$ mg/l d'après les normes algériennes de rejet, on a 98mg/l  $< 120$ mg/l alors les résultats sont bons.

### V.6.2. La DCO (STEP Bouira)

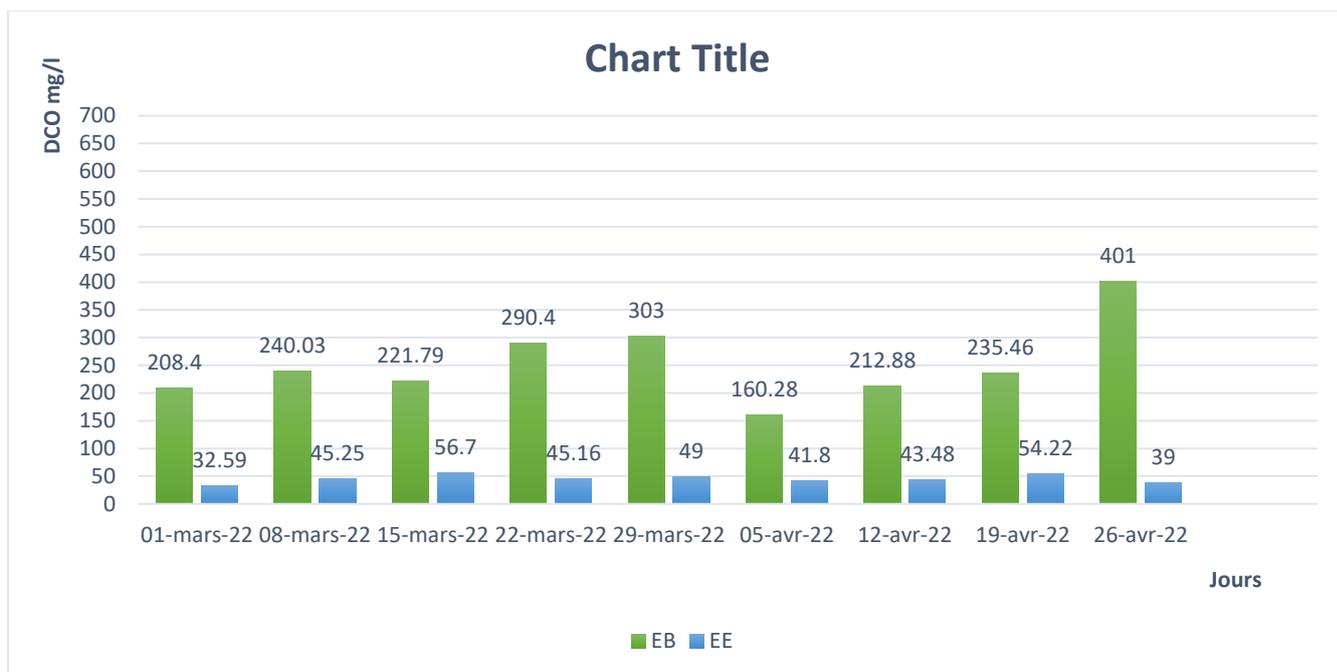


Figure V.52 - Evolution de la DCO en fonction du temps

Les valeurs enregistrées de la DCO de l’eau brute se diffèrent. Elles oscillent entre 160.28 mg/l et 401 mg/l

Concernant l’effluent traité, les valeurs enregistrées varient entre 32.59 mg/l et 56.7 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes contractuelles de rejet ( $DCO \leq 120$  mg/l) et celle de L’OMS (90mg/l). Donc on conclut que le traitement dans les bassins biologique est efficace.

**V.6.1. Le rapport DCO/DBO5 (STEP Relizane)**

Le tableau 9 (voir l’Annex) nous montre le rapport DCO/DBO5 durant les dates indiquées

On remarque que la moyenne de l’indice  $K = DCO/DBO5 = 1.91$

On a  $1.5 < K < 2.5$ , alors les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

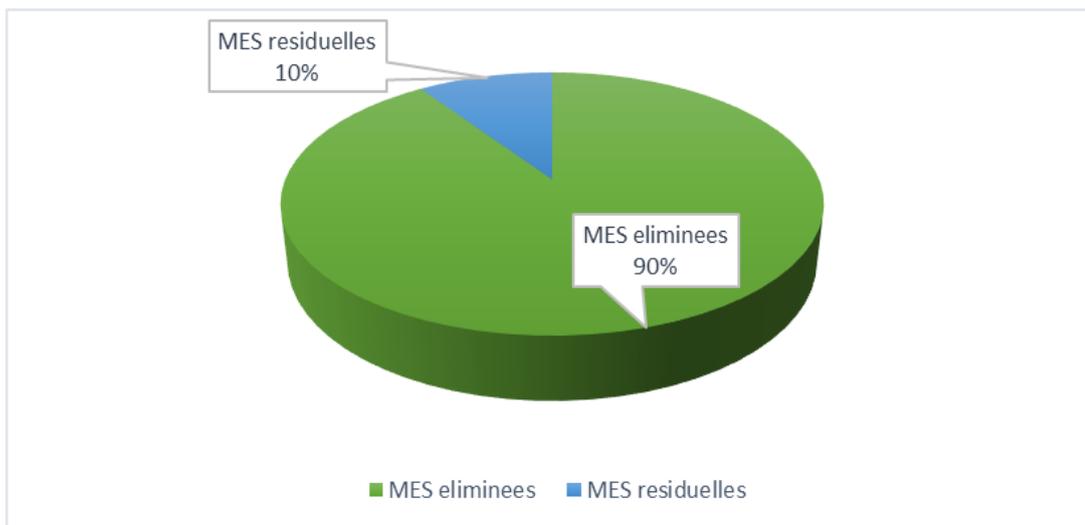
**V.6.2. Le rapport DCO/DBO5 (STEP Bouira)**

Le tableau 8 (voir l’Annex) nous donne l’indice de biodégradabilité K durant les dates indiquées. On constate que la moyenne de de rapport  $DCO/DBO5 = 1.39$

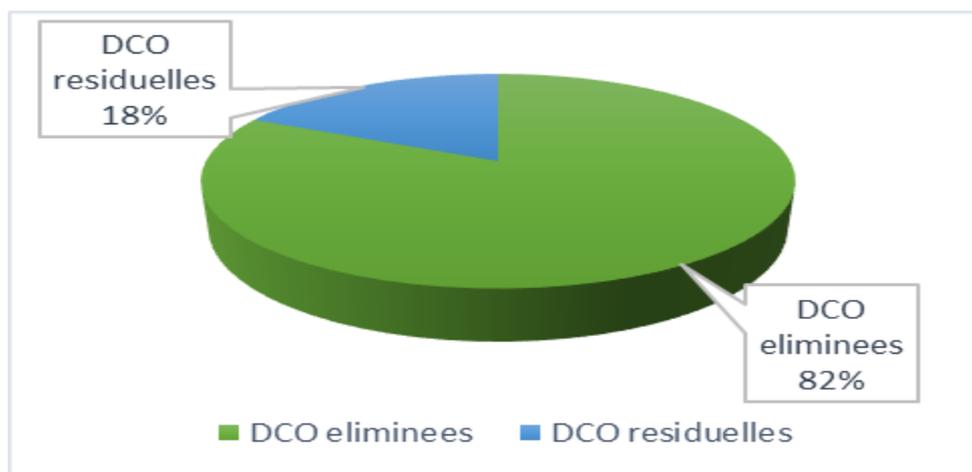
On a  $K < 1.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande parties de matières fortement biodégradables

### V.7. Rendement épuratoire

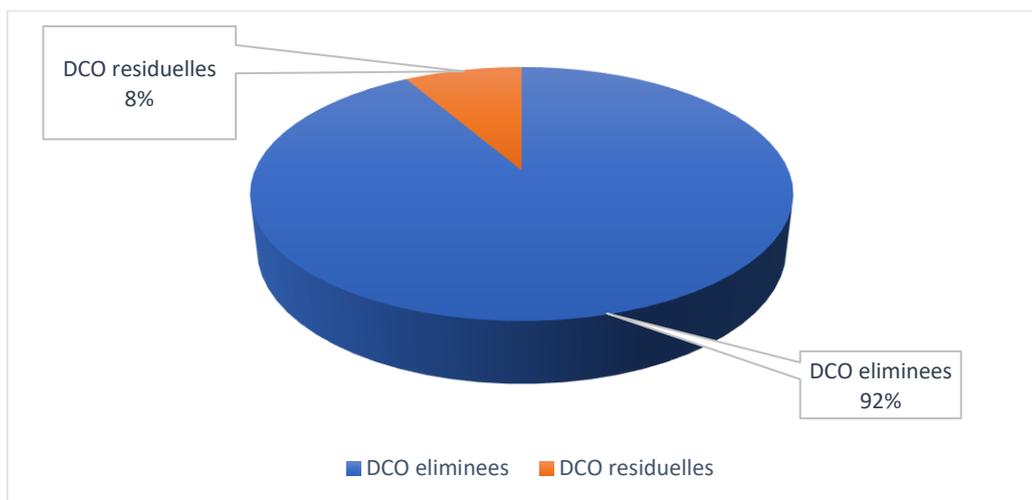
Les taux de réduction des différents paramètres analysés durant les jours de stage pratique sont représentés par les figures ci-après :



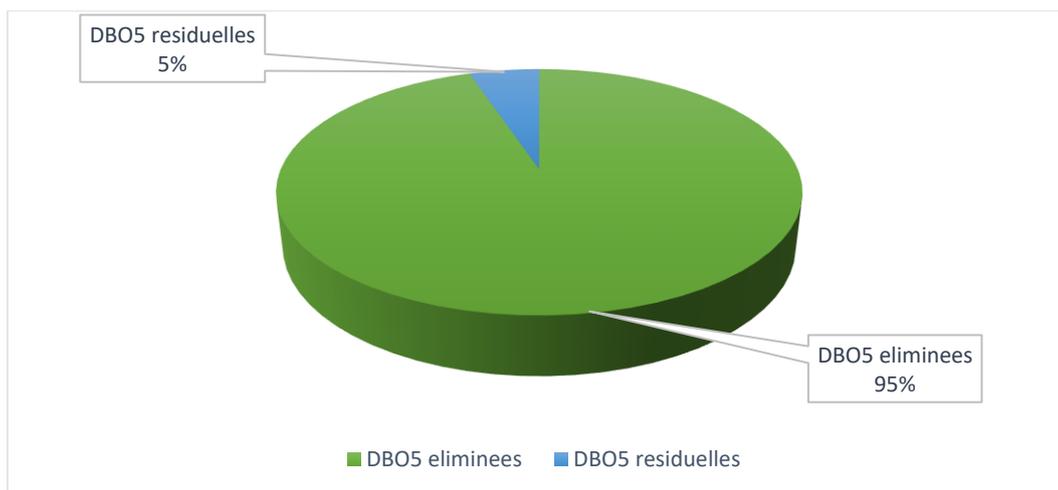
*Figure V.53 - Taux d'abattement de MES (STEP B)*



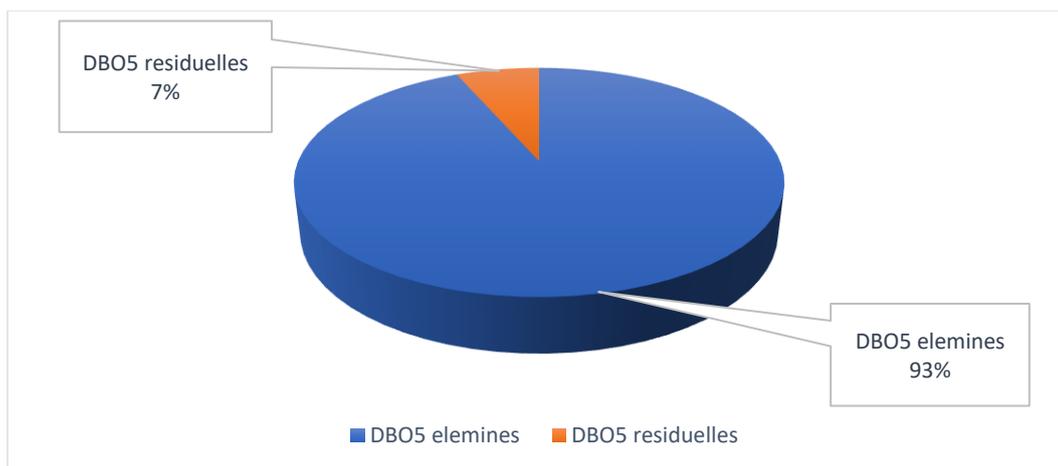
*Figure V.54 - Taux d'abattement de la DCO (STEP B)*



**Figure V.55 - Taux d'abattement de la DCO (STEP R)**



**Figure V.56 - Taux d'abattement de la DBO5 (STEP B)**



**Figure V.57 - Taux d'abattement de la DBO5 (STEP R)**

Les rendements moyens d'abattement de la pollution sont de :

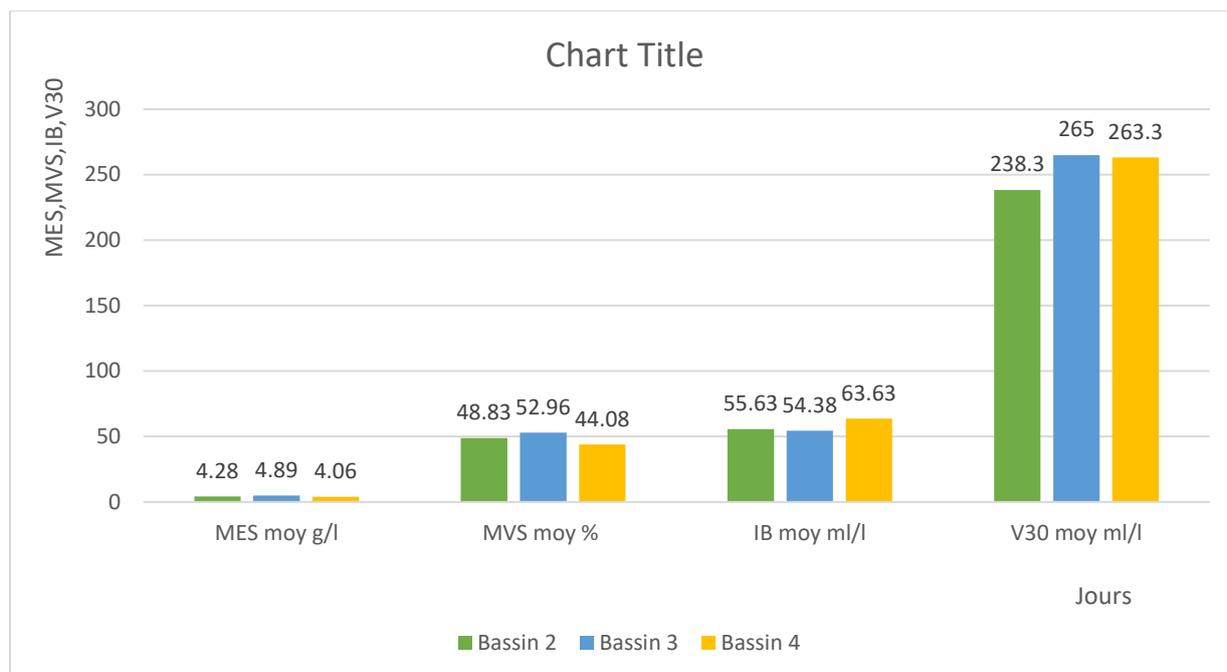
**STEP Bouira** : 90 % pour les MES, 82 % pour la DCO et 95 % pour la DBO5

**STEP Relizane** : 92 % pour la DCO et 93 % pour la DBO5

D'après les résultats de rendement épuratoire, on peut dire que l'applicabilité d'un procédé des boues activées pour traiter les eaux usées urbaines dans les deux STEPS (Bouira et Relizane) était efficace et satisfaisant.

### **V.8. Détermination de MES et MVS dans les bassins d'aération (STEP Bouira)**

Le tableau 11 (voir l'annexe) nous montre les moyennes de MES, MVS, IB et V30 des trois bassins biologiques



**Figure V.58 - Evolution des moyennes de MES, MVS, IB, V30**

Selon l'histogramme, on constate que les concentrations de MES **moy** des trois bassins varient de 4.06 g/l à 4.89 g/l

On observe que la teneur des MVS **moy** oscille entre 44.08 % et 52.96 %, ces valeurs représentent le pourcentage de solide dans un mélange (eau + boue). Alors on conclut que plus la teneur est élevée, plus le mélange est sec.

La moyenne de l'indice de boue situe entre 54.38 ml/l et 63.63 ml/l, ces valeurs sont inférieures à 100 ml/l. donc la boue est facilement decantable. Plus le volume occupé est élevé, plus on déduit que la boue est riche en germe filamenteux, la prolifération de ce genre de bactéries entraîne un foisonnement des boues pouvant provoquer des "accidents" de décantation.

Pour finir, on parle de la moyenne de V30 qui varient entre 238.3 ml/l et 265 ml/l

Au cas où  $V30 > 300\text{ml/l}$ , On va faire subir la boue à une dilution avec de l'eau épurée.

### *Conclusion générale*

Ce travail s'est réalisé dans le but de faire une comparaison entre la STEP de Relizane et celle de Bouira, et cela par l'observation des analyses de différents paramètres de traitement des eaux usées urbaines par les procédés à boues activées utilisées par ces deux STEPS.

Les analyses qui ont été faites étaient pour but le suivi de la qualité des eaux usées par différents paramètres physico-chimiques et chimiques.

Il y'a plusieurs conditions auxquelles les microorganismes ont besoins pour qu'ils exécutent suffisamment leur tâche :

- L'oxygène : qui est un élément primordial pour l'oxydation des matières organiques
- La température (de 12 à 20°C) pour l'effluent brute et eaux épurées, et de (20- 30°C) pour un processus de nitrification et dénitrification optimal
- Le pH entre 7-8 dans les bassins biologiques pour favoriser l'activité métabolique des microorganismes
- La DBO5 joue un rôle essentiel pour les microorganismes (notamment les bactéries) dans le procédé des boues activées.

Il est clair que le traitement des effluents urbains dans les deux STEPS (Bouira et Relizane) est suffisant pour permettre l'appauvrissement des charges polluantes et de prévenir le risque sanitaire et environnementale. Néanmoins, il est nécessaire pour améliorer leurs qualités de :

- Compléter les analyses physico-chimiques faites par leurs laboratoires par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée (notamment la STEP de Relizane).
- Suivre l'évolution des différents paramètres de l'eau rejetée par ces deux STEPS à travers leurs parcours afin d'estimer les conséquences de l'utilisation de ces eaux sur l'irrigation, la santé humaine et animale et sur l'environnement.

### *Bibliographie*

- [1] A. S. / S. Dalila, «Suivi de la qualité des eaux usées urbaines par la STEP de Bouira,» université akli mohand oulhadj, Bouira, 2016.
- [2] G. Grosclaude, l'eau - Milieu naturel et maîtrise, INRA (Institut national de la recherche agronomique), 1999.
- [3] ECKENFELDER, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles : caractérisations, techniques d'épuration, aspect économique, Paris: Editions TEC & Doc Lavoisier, 1982.
- [4] H. B. S. Moulla , «Suivi de la qualité des eaux et essais de traitement des boues de la station d'épuration des eaux de bouira,» Université m'hamed bouguerra, Boumerdès, 2014.
- [5] L. B. a. M. Rodier J, L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, paris: Dunod, 2005, p. 1384.
- [6] D. SA, Mémento technique de l'eau, 8e édition éd., Rueil-Malmaison: Edition technique et documentation lavoisier, 1978, p. 1200.
- [7] F. Rejsek, Analyse des eaux - Aspects réglementaires et techniques, C. -. C. d. Bordeaux, Éd., Bordeaux: Scéren (CRDP AQUITAINE), 2002, p. 360.
- [8] J. R. e. all, l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition éd., paris: DUNOD, 1996.
- [9] D. R, le traitement des eaux, Montréal : 2ème édition de l'école Polytechnique de Montréal, 1997.

## Bibliographie

---

- [10] FRANCK.R, analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques, Bordeaux: Scérén CRDP AQUITAINE, 2002, pp. 165 - 239 .
- [11] B. -. L. J. F, *épuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation : état de l'art et études de cas.*, MONTPELLIER: LABORATOIRE D'HYDROLOGIE ET MODELISATION - UNIVERSITE MONTPELLIER II, 1993.
- [12] S. S, *étude synthétique du fonctionnement du lagunage naturel de Vauciennes (Oise) : Octobre 81 à juillet 91*, Paris: Agence de l'Eau Seine- Normandie, 1994.
- [13] B. M, *la pénurie aux maladies*, édition Ibn-khaldoun, 2000, p. P 260.
- [14] H. MEZIANI, «Qualité des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et possibilité de valorisation agricole,» Université Mouloud mammeri, Tizi-Ouzou, 2018.
- [15] D. A. -. B. Adem, «LAGUNAGE AERE EN ZONE ARIDE PERFORMANCE EPURATOIRES CAS DE (REGION D'OUARGLA),» Université kasdi Merbah Ouargla; faculté des science de technologie et science de la matière; département génie des procédés, Ouargla, 2013.
- [16] A. Gaid, «Épuration biologique des eaux usées urbaines,» Alger : Office des publications universitaires, Alger, 1984.
- [17] B. L. -. M. OURIDA, «Caractérisation des eaux usées De la station d'épuration de Bouira,» Institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle - KEBABI Mohamed Ouali , Bouira, 2015.
- [18] L. F, «exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02,» Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA, Boumerdes, 2006.
- [19] T. M, «épuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel,» Mém .ing. Genie rurale, BLIDA, 2001.

## **Bibliographie**

---

- [20] K. A. -. T. S, «qualité des eaux de sud Algerien. Pollution et impact sur le milieu,» Ed. Khyam, 2008.
- [21] C. H. Dr, *Sécurité Biologique, Chimique, Nucléaire et Radioactive (SBCNR)*, ORAN: universite Oran 2 ; institut de maintenance et de securite industriel (imsi) ; département : sécurité industrielle et environnement.
- [22] L. Groupe animé par, *Station d'épuration des eaux usées / Prévention des risques biologiques*, PARIS: Edition INRS ED 6152, 2013.
- [23] D. Blond, *Risques et prévention dans les stations d'épuration des eaux usées*, Limoges, France: L'université de Limoges, 1996.
- [24] S. R. e. al, 1995.

## ANNEXES

*Tableau V.6 - les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau épurée durant les jours de stage pratique (STEP R)*

Date	T°C		pH		Cond (µs/cm)		MES (mg/L)		DBO5 (mg/L)		DCO (mg/L)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
2022												
01/03	19.1	19.5	8.69	8.12	2086	2228	/	48	457	23	860	80
08/03	22	22.4	7.5	7.32	1882	2053	/	22	789	46	1233	88
15/03	23	23.4	8.42	7.8	1983	2122	/	42	534	31	455	60
22/03	21.1	23	8.3	7.2	1880	1590	/	63	531	32	784	80
29/03	22	24	7.8	7.75	1550	1650	/	24.8	410	36	256	28
01/04	15.2	16	8.66	8.23	2761	2009	/	39	765	47	1187	79
06/04	13.3	15.6	7.97	7.80	1560	1600	/	19	217	18	1352	98
15/04	19.7	20	8.81	8.42	2044	2280	/	23	548	35	1002	85
21/04	20.5	22	8.87	8.52	1421	1832	/	28	594	49	924	84
29/04	24.1	26.3	8.12	7.80	2177	2260	300	40	625	42	1015	81

## ANNEXES

**Tableau V.7 - les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau épurée durant les jours de stage pratique (STEP B)**

Date	T°C		pH		Cond (µS/cm)		MES (mg/L)		DBO5 (mg/L)		DCO (mg/L)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
2022	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
01/03	8.70	7.40	7,69	7,48	860	727	150	15	81	10	208.4	32.59
08/03	10	8.2	7,68	7,8	796	756	/	/	/	/	240.03	45.25
15/03	6.9	7.8	8.24	8.43	734	755	/	/	99	16	221.79	56.7
22/03	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	290.4	45.16
23/03	14.4	14.7	8.1	7.69	996	998	42	13	/	/	/	/
27/03	11.1	14.9	8.03	7.7	1171	1159	103	21	/	/	/	/
29/03	11.4	11.9	7.05	7.04	1146	1155	118	2	201	08	303	49
03/04	13	13	8	7.96	919	919	48	7	/	/	/	/
05/04	12.6	13.4	8.38	8.03	758	857	115	7	299	11	160.28	41.8
07/04	14.1	14.2	7.94	7.7	957	1066	52	11	/	/	/	/
10/04	8.9	7.9	7.99	8.23	1130	984	308	39	/	/	/	/
12/04	10.5	7.04	7.03	7.07	1070	1018	176	15	279	09	212.88	43.48
14/04	10.2	15.8	7.8	7.6	1066	1166	128	12	/	/	/	/
18/04	9.5	15,7	7.86	7.63	1083	1185	188	6	/	/	/	/
19/04	14,70	8,06	7.82	7.81	902	976	/	/	308	12	235.46	54.22
26/04	14,70	7,76	7.94	7.83	945	1122	79	24	283	14	401	39

## ANNEXES

**Tableau V.8 - Les concentrations de MES, MES moy, le rendement d'élimination de l'eau brute et l'eau épurée (STEP B)**

Date 2022		23/03	27/03	29/03	03/04	05/04	07/04	10/04	12/04	14/03	18/04	Moy (mg/L)	ρ %
MES	EB	42	103	118	48	115	52	308	176	128	188	127.8	89.6 %
(mg/L)	EE	13	21	2	7	7	11	39	15	12	6	13.3	10.4 %

**Tableau V.9 - Les différentes valeurs de la DCO et la DBO5 et le rapport DCO/DBO5(STEP B)**

Date	DBO5 (mg/l)		DCO (mg/l)		K=DCO/DBO(EB)
	EB	EE	EB	EE	
2022	EB	EE	EB	EE	
01/03	81	10	208.4	32.59	2.57
08/03	/	/	240.03	45.25	/
15/03	99	16	221.79	56.7	<b>2.24</b>
22/03	/	/	290.40	45.16	/
29/03	201	08	303	49	1.5
05/04	299	11	160.28	41.80	0.53
12/04	279	9	212.88	43.48	0.76
19/04	303	12	235.46	54.22	0.77
26/04	283	14	401	39	1.41

## ANNEXES

**Tableau V.10 - Les différentes valeurs de la DCO et la DBO5 et le rapport DCO/DBO5 (STEP R)**

Date	DBO5 (mg/l)		DCO (mg/l)		K=DCO/DBO(EB)
	EB	EE	EB	EE	
2022	EB	EE	EB	EE	
01/03	457	23	860	80	1.88
08/03	789	46	1233	88	1.56
15/03	534	31	455	60	0.85
22/03	531	32	784	80	1.47
29/03	410	36	256	28	0.62
06/04	217	18	1352	98	6.23
15/04	548	35	1002	85	1.82
21/04	594	49	924	84	1.55
29/04	625	42	1015	81	1.624

**Tableau V.11 - Les moyennes de MES, MVS, IB et V30 des trois bassins biologiques (STEP B)**

Moy	Bassin 02	Bassin 03	Bassin 04
MES (g/L)	4.28	4.89	4.06
MVS (%)	48.83	52,96	44.08
V30 (ml/L)	238.3	265	263.3
IB (ml/g)	55.63	54.38	63.63

### Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la problématique d'épuration des eaux usées urbaines, il vise à évaluer l'efficacité et l'applicabilité d'un procédé des boues activées, pour traiter les effluents urbains des deux villes Relizane et Bouira.

Pour atteindre cet objectif, nous avons fait une comparaison entre les analyses obtenues des différents paramètres physico-chimiques des deux stations d'épuration (Bouira et celle de Relizane).

Dans un premier lieu, nous avons décrit les eaux usées, ainsi les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Dans la deuxième partie, on a intéressé à l'étude de différents procédés physico-chimiques et biologiques qui interviennent dans le traitement des eaux, ainsi les différents risques rencontrés dans une STEP et leurs moyens de prévention.

Au cours de la troisième et la quatrième partie, nous avons présentés brièvement la STEP de Bouira et celle de Relizane.

Dans la partie pratique, nous avons traités les méthodes et matériels utilisés au sein de leurs laboratoires. Explication et discussion des différentes analyses réalisées.

**Mots clés :** STEP, les boues activées, les procédés biologiques et physico-chimiques, la désinfection, les paramètres physico-chimiques et chimiques.

### Abstract

The work presented in this thesis concerns the problem of urban wastewater treatment, it aims to evaluate the effectiveness and applicability of a process of activated sludge, to treat urban effluents of the two cities Relizane and Bouira.

To reach this objective, we made a comparison between the analyses obtained of the various physico-chemical parameters of the two wastewater treatment plants (Bouira and Relizane).

In the first place, we described the wastewater, as well as the physicochemical and bacteriological parameters.

## Resumé

---

In the second part, we were interested in the study of different physico-chemical and biological processes that intervene in the treatment of water, as well as the different risks encountered in a WWTP and their means of prevention.

During the third and fourth part, we briefly presented the WWTP of Bouira and that of Relizane.

In the practical part, we treated the methods and materials used in their laboratories. Explanation and discussion of the different analyses carried out.

**Keywords:** WWTP, activated sludge, biological and physicochemical processes, disinfection, physicochemical and chemical parameters.

### ملخص

وإمكانية فعالية تقييم إلى ويهدف ، الحضرية الصحي الصرف مياه معالجة بمشكلة الأطروحة هذه في المقدم العمل يتعلق والبويرة غليزان مدينتي من السائلة الحضرية النفايات لمعالجة ، النشطة الحمأة عملية تطبيق

المختلفة والكيميائية الفيزيائية للمعايير عليها الحصول تم التي التحليلات بين مقارنة بإجراء قمنا ، الهدف هذا لتحقيق وغليزان البويرة (المعالجة لمحطتي

والبكتريولوجية والكيميائية الفيزيائية المعايير وكذلك ، الصحي الصرف مياه وصفنا ، الأول المقام في

، المياه معالجة في تتدخل التي المختلفة والبيولوجية والكيميائية الفيزيائية العمليات بدراسة مهتمين كنا ، الثاني الجزء في منها الوقاية ووسائل الصحي الصرف مياه معالجة محطات تواجهها التي المختلفة المخاطر وكذلك

وغليزان البويرة (الصحي الصرف مياه لمعالجة المحطتين بإيجاز وصفنا ، والرابع الثالث الجزء خلال

تم التي المختلفة التحليلات ومناقشة شرح .مختبراتهم في المستخدمة والمواد الأساليب مع تعاملنا ، العملية الناحية من عليها الحصول

التطهير ، الكيميائية والفيزيائية البيولوجية العمليات ، المنشطة الحمأة ، الصحي الصرف مياه معالجة :الكلمات مفاتيح والكيميائية الفيزيائية المعايير