



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة زيان عاشور-الجلفة  
Université Ziane Achour –Djelfa  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
قسم العلوم الفلاحية والبيطرية  
Département Sciences Agronomiques et Vétérinaires  
Mémoire de fin d'étude

En Vue De l'Obtention Du Diplôme De Master En

Spécialité : Eau et Environnement

Thème :

**Application des indices de qualité de l'eau et l'approche statistique à l'évaluation qualitative des eaux usées épurées de la station d'épuration de la wilaya de Djelfa**

Présenté par : AISSAOUI Asma

FARA Laila

DEVANT LE JURY :

Président : M <sup>r</sup> ELAHCENE Omar	Pr	Université de Djelfa
Promoteur : M <sup>r</sup> BOUTELDJAOUI Fatah	MCB	Université de Djelfa
Co-Promoteur : M <sup>r</sup> SBA Cherif	Directeur	ONA de Djelfa
Examineur : M <sup>r</sup> MEBARKI Abdelouaheb	MAA	Université de Djelfa

Année Universitaire 2022/2023



## *DÉDICACES*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes très chers parents*

*À mes frères*

*À mes sœurs*

*À toute ma famille*

*À tous qui me sont chers*

*AISSAOUI Asma*

## *DÉDICACES*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes très chers parents*

*À mes frères*

*À mes sœurs*

*À toute ma famille*

*A tous qui me sont chers*

*FARA Laïla*

## REMERCIEMENTS

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier vivement notre promoteur **Dr BOUTELDJAOUI Fatah** d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ses précieux conseils pertinentes, ses critiques constructives et ses encouragements durant le déroulement de ce travail de fin d'études.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont accepté de lire et de juger ce travail :*

*Monsieur **ELAHCENE Omar** Professeur à l'Université de Djelfa pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Monsieur **Mr MEBARKI Abdelouaheb, M.A.A** à l'Université de Djelfa de bien vouloir accepter d'examiner notre travail et apporter son avis et ses critiques constructives. Nos vifs remerciements à tous les enseignants des départements des Sciences Agronomiques-Vétérinaires et Biologiques qui ont participé à notre formation*

*Nos remerciements s'adressent également aux cadres et personnels des services ONA et la STEP de Djelfa en particulier **Mr SBA Cherif, le directeur de l'ONA de Djelfa, Mr. FATMI Mohamed**, le chef de la STEP, **Mme Younsi Amina**, responsable du Laboratoire, pour leur accueil, disponibilité et leur contribution, par les données et les documents nécessaires.*

*En fin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail*

## **Résumé**

L'objectif de la présente étude est l'évaluation de l'efficacité d'épuration des eaux usées domestiques de la station d'épuration à boue activée de la ville de Djelfa. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (valeur moyenne =1,9) souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées. Les valeurs élevées des ratios MES/DBO<sub>5</sub> (0,52-4,82), traduisant ainsi une pollution à caractère particulaire. Les résultats ont montré que le rendement épuratoire des matières en suspension (MES) était satisfaisant (91,3%). Les taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO), de la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO<sub>5</sub>) et de phosphore total (PT) sont respectivement de 76,5%, 91,4%, et de 48,7%. Ces résultats montrent un bon fonctionnement des installations de la STEP. La détermination de l'indice de qualité de l'eau (IQE) a indiqué que la qualité des eaux usées épurées varie d'excellente à eau non potable. Les eaux de bonne qualité ne représentent que 25% (File existante) et 33% (Nouvelle file) de l'ensemble des eaux étudiées. Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) ont permis de discriminer quatre axes qui cumulent 68,33 % de l'information. En outre l'ACP des données physicochimiques nous a permis de faire ressortir la corrélation existante entre les différents paramètres de pollution.

**Mots clés :** station d'épuration, Djelfa, boues activées, indicateurs de performance, indice de qualité de l'eau (IQE), Analyse en Composantes Principales (ACP)

## **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the treatment efficiency of the activated sludge wastewater treatment plant (WWTP) in the city of Djelfa. The COD/BOD<sub>5</sub> ratio (mean value =1.9) clearly underlines the biodegradable nature of the wastewater. The high values of the MES/DBO<sub>5</sub> ratios (0.52-4.82) reflect the particulate nature of the pollution. The results showed that the purification efficiency of suspended solids (SS) was satisfactory (91,3%). Abatement rates for chemical oxygen demand (COD), 5-day biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) and total phosphorus (TP) were 76,5%, 91,4%, and 48,7% respectively. These results show that the WWTP's facilities are operating smoothly. Determination of the water quality index (WQI) showed that the quality of treated wastewater varies from excellent to non-potable. Good quality water accounts for only 25% (Existing line) and 33% (New line) of the total water studied. The results of the Principal Component Analysis (PCA) were used to discriminate four axes, accounting for 68,33% of the information. In addition, the PCA of physicochemical data enabled us to highlight the correlation between the various pollution parameters.

**Key words:** wastewater treatment plant, Djelfa, activated sludge, performance indicators, water quality index (WQI), Principal Component Analysis (PCA)

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم كفاءة معالجة المياه العادمة المنزلية لمحطة معالجة الحمأة المنشطة في مدينة الجلفة. نسبة COD / BOD<sub>5</sub> (متوسط القيمة = 1.9) يسלט الضوء على الطبيعة القابلة للتحلل لمياه الصرف الصحي. القيم العالية لنسب TSS / BOD<sub>5</sub> (0,52-4,82) ، مما يعكس تلوث الطبيعة الجسيمية. أظهرت النتائج أن كفاءة تنقية المواد الصلبة العالقة (TSS) كانت مرضية (91,3%). معدلات التخفيض للطلب الكيميائي للأكسجين (COD) ، والطلب البيولوجي على الأكسجين لمدة 5 أيام (BOD<sub>5</sub>) والفسفور الكلي (TP) هي على التوالي 76,5% و 91,4% و 48,7%. تظهر هذه الأداء الفعال لمرافق محطة معالجة مياه الصرف الصحي. أشار تحديد مؤشر جودة المياه (WQI) إلى أن جودة المياه العادمة المعالجة تختلف من مياه ممتازة إلى مياه غير صالحة للشرب. تمثل المياه ذات النوعية الجيدة 25% (الخط الحالي) و 33% (الخط الجديد) من جميع المياه المدروسة. جعلت نتائج تحليل المكونات الرئيسية (PCA) من الممكن التمييز بين أربعة محاور والتي تجمع 68,33% من المعلومات. بالإضافة إلى ذلك ، سمح لنا PCA للبيانات الفيزيائية والكيميائية بتسليط الضوء على العلاقة القائمة بين معايير التلوث المختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، الجلفة ، الحمأة المنشطة ، مؤشرات الأداء ، مؤشر جودة المياه (IQE) ، تحليل المكونات الرئيسية (PCA)

## Table des matières

<b>Dédicaces</b>	
<b>Remerciements</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Table de matières</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I: origine et composition des eaux usées</b>	
I.1.Introduction	<b>4</b>
I.2. Origine des eaux usées	<b>4</b>
I.2.1. Les eaux usées domestiques	<b>4</b>
I.2.2 Les eaux de ruissellement	<b>4</b>
I.2.3. Les eaux usées industrielles	<b>5</b>
I.2.4. Les eaux agricoles	<b>5</b>
I.3. Composition des eaux usées	<b>5</b>
I.3.1. Les matières en suspension (MES)	<b>5</b>
I.3.2. Les matières volatiles en suspension (MVS)	<b>5</b>
I.3.3. Les matières minérales sèches (MMS)	<b>5</b>
I.3.4. La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) :	<b>5</b>
I.3.5. La demande chimique en oxygène (DCO)	<b>6</b>
I.3.6. La biodégradabilité	<b>6</b>
I.3.7. Les matières azotées	<b>6</b>
I.3.6.1. L'azote ammoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<b>6</b>
I.3.6.2.L'azote nitreux (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>6</b>
I.3.6.3.L'azote nitrique (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>6</b>
I.3.6.4.L'azote kjeldahl (NTK)	<b>6</b>
I.3.7. Les matières phosphorées	<b>7</b>
I.3.8. Les métaux lourds	<b>7</b>
I.3.9. Les micro-organismes pathogènes	<b>8</b>
I.3.9.1. Les virus	<b>8</b>
I.3.9.2. Les protozoaires	<b>8</b>
I.3.9.3. Les bactéries	<b>8</b>
I.3.9.4 Helminthes	<b>8</b>
I.4 Normes de rejet	<b>8</b>
I.4.1. Normes de l'OMS	<b>9</b>
I.4.2. Normes Algériennes	<b>11</b>
I.5 Conclusion	<b>12</b>
<b>Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées</b>	
II.1.Introduction	<b>13</b>
II.2. Les Procédés de traitement des eaux usées :	<b>13</b>
II.2.1. Les prétraitements	<b>14</b>
II.2.1.1. Dégrillage	<b>14</b>
II.2.1.2. Dessablage	<b>15</b>
II.2.1.3. Dégraissage – Déshuilage	<b>16</b>
II.2.2.Traitement primaire	<b>16</b>
II.2.2.1. Décantation primaire	<b>16</b>

II.2.3. Traitement biologique	18
II.2.3.1. Procédés intensifs	18
II.2.3.1.1 Boues activées	18
II.2.3.1.1.1. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées	19
II.2.3.1.2. Lits bactériens	21
II.2.3.1.3. Disques biologiques ou bio-disques	21
II.2.3.2. Procédés extensifs	22
II.2.3.2.1. Lagunage naturel	22
II.2.3.2.2. Lagunage aéré	22
II.2.4. Clarification (décanteur secondaire)	23
II.3. Traitement des boues	24
II.3.1. L'épaississement	24
II.3.2. Déshydratation	24
II.4. Traitement tertiaire	26
II.4.1. La désinfection	26
II.5 Conclusion	26
<b>Partie 2 : Étude des performances épuratoires de la STEP de Djelfa par l'indice de qualité de l'eau (IQE) et l'approche statistique</b>	
<b>Chapitre III: Description et fonctionnement de la station d'épuration de Djelfa</b>	
III.1. Introduction	28
III.2. Situation géographique de la STEP de Djelfa	28
III.3. Description des procédés d'épuration de la STEP de Djelfa	30
III.3.1. L'épuration des eaux	31
III.3.1.1. Prétraitement	31
III.3.1.1.1. Dégrillage grossier	31
III.3.1.1.2. Chenal de comptage d'eau brute	32
III.3.1.1.3. Dégrillage fin automatique	32
III.3.1.1.4. Chenal d'échantillonnage d'eau brute	33
III.3.1.1.5 Dessablage –Déshuilage	33
III.3.1.1.6. Ouvrage de Répartition/ Ecrêtage	33
III.3.1.2. Première file (File existante)	34
III.3.1.2.1. Traitement primaire	34
III.3.1.2.2. Traitement biologique	35
III.3.1.2.2.1. Bassin d'aération	35
III.3.1.2.2.2. Décantation secondaire	36
III.3.1.2.2.3. Poste de recirculation des boues	38
III.3.1.2.2.3. Traitement tertiaire	39
III.3.1.3. Deuxième file (Nouvelle file)	40
III.3.1.3.1. Traitement primaire	40
III.3.1.3.2. Traitement biologique	40
III.3.1.3.2.1. Bassin d'aération	41
III.3.1.3.2.2. Poste de recirculation des boues	41
III.3.1.3.2.3. Décantation secondaire (clarificateur)	42
III.3.1.3.3. Désinfection et comptage de l'eau épurée	43
III.3.1.3.3.1. Canal de comptage et d'échantillonnage	43
III.3.1.3.3.2. Bassin de chloration	43
III.3.1.3.4. Ligne de traitement des boues	44
III.3.1.3.4.1. Épaississement des boues	44
III.3.1.3.4.2. Stabilisation des boues	45
III.3.1.3.4.3. Déshydratations	45
III.3.1.3.4.4. Préparation du Polymère	46

III.3.1.3.4.5. Évacuation et stockage des boues déshydratées	46
III.4. Conclusion	47
<b>Chapitre IV: Méthodologie de traitement des Données</b>	
IV.1. Introduction	48
IV.2. Les indicateurs de performance (ratios de diagnostic)	48
IV.2.1. Rapport DCO/DBO <sub>5</sub> (ratio de biodégradabilité)	48
IV.2.2. Rapport MES/DBO <sub>5</sub>	49
IV.2.3. Rapport DBO <sub>5</sub> / NTK	49
IV.2.4. Rapport DCO/NTK	49
IV.2.5. Rapport DCO/PT	49
IV.3. Les indices de la qualité de l'eau (IQE)	49
IV.3.1. Méthodes d'évaluation de l'indice de qualité de l'eau (IQE)	50
IV.3.1.1. Indice de qualité de l'eau arithmétique pondérée	50
IV.3.1.2. Indice de la Qualité de l'Eau (Méthode de pondération)	51
IV.4. Méthodes statistiques de traitement des données	53
V.4.1. Matrice de corrélation	53
IV.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	54
IV.4.2.1. Description de la méthode	54
IV.4.2.2. Objectifs de la méthode	54
IV.4.2.3. Étapes de l'ACP	54
IV.4.2.4. Choix du nombre de composantes principales	55
IV.5. Matériel et méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques	56
IV.6. Conclusion	57
<b>Chapitre V: Résultats et discussion</b>	
V.1 Introduction	58
VI.2. Étude des performances de la station d'épuration de Djelfa (2015)	59
V.2.1. Évolution temporelle des paramètres de pollution (file existante)	59
V.2.1.1. Température	59
V.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	59
V.2.1.3. Conductivité électrique (CE)	59
V.2.1.4. Matières en suspension (MES)	59
V.2.1.5. Oxygène dissous O <sub>2</sub>	61
V.2.1.6. Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	61
V.2.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	62
V.2.1.8. Matières azotées	63
V.2.1.8.1. L'azote global (NGL)	63
V.2.1.8.2. Azote kjeldahl total (NTK)	63
V.2.1.8.3. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	64
V.2.1.8.4. Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	64
V.2.1.9. Phosphore total (PT)	65
V.2.2. Évolution temporelle des paramètres de pollution (Nouvelle file)	66
V.2.2.1. Température	66
V.2.2.2. Potentiel d'hydrogène : pH	67
V.2.2.3. Conductivité électrique (CE)	67
V.2.2.4. Oxygène dissous O <sub>2</sub>	67
V.2.2.5. Matières en suspension (MES)	67
V.2.2.6. Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	67
V.2.2.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	69
V.2.2.8. Matières azotées	70
V.2.2.8.1. L'azote global (NGL)	70
V.2.2.8.2. Azote kjeldahl total (NTK)	70
V.2.2.8.3. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	71

V.2.2.8.4. Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	71
V.2.2.9. Phosphore total (PT)	71
V.2.3. Interprétation des ratios des paramètres de pollution	74
V.2.3.1. Ratio de biodégradabilité (DCO/DBO <sub>5</sub> )	74
V.2.3.2. Ratio MES/DBO <sub>5</sub>	74
V.2.3.3. Ratio DCO/NTK	75
V.2.3.4. Ratio DBO <sub>5</sub> /NTK	76
V.2.3.5. Ratio NTK/DBO <sub>5</sub>	76
V.2.3.6. Ratio DCO/PT	77
V.3. Évaluation de la qualité des eaux usées épurées par l'indice de qualité de l'eau (IQE)	78
V.3.1. Indice de qualité de l'eau IQE (file existante)	78
V.3.2. Indice de qualité de l'eau IQE (nouvelle file)	78
V.4. Étude statistique multivariée	80
V.4.1. Matrice de corrélation des variables	80
V.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	80
V.5. Conclusion	83
<b>Conclusions générales</b>	<b>85</b>
<b>Recommandations</b>	<b>87</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>88</b>
<b>Annexes</b>	<b>94</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b>	Normes de rejets internationales (OMS).	<b>10</b>
<b>Tableau I.2</b>	Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur	<b>11</b>
<b>Tableau III.1</b>	Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau à traiter	<b>29</b>
<b>Tableau III.2</b>	Débits et charges polluantes à l'entrée de la STEP Djelfa	<b>30</b>
<b>Tableau III.3</b>	Charges polluantes à la sortie de la STEP Djelfa	<b>30</b>
<b>Tableau III.4</b>	Caractéristiques du dessableur/ déshuileur	<b>34</b>
<b>Tableau III.5</b>	Débits entrée à file existante	<b>36</b>
<b>Tableau III.6</b>	Charge Entrante sur le Traitement Biologique file existante	<b>37</b>
<b>Tableau III.7</b>	Dimension de bassin d'aération file existant	<b>37</b>
<b>Tableau III.8</b>	Paramètres de bassin d'aération file existante	<b>37</b>
<b>Tableau III.9</b>	Dimensions de décanteur secondaire file existante	<b>38</b>
<b>Tableau III.10</b>	Paramètres entrée clarificateur file existante	<b>39</b>
<b>Tableau III.11</b>	Débit et vitesse entrée à décanteurs primaires	<b>41</b>
<b>Tableau III.12</b>	Les principaux paramètres du bassin d'aération nouvelle file	<b>42</b>
<b>Tableau III.13</b>	Débit et vitesse entrée clarificateurs nouvelle file	<b>43</b>
<b>Tableau IV.1</b>	Évaluation de la qualité de l'eau selon L'indice de qualité de l'eau arithmétique pondérée (IQE)	<b>52</b>
<b>Tableau IV.2</b>	Pondération des paramètres de qualité	<b>52</b>
<b>Tableau IV.3</b>	Classification des eaux basée sur les valeurs WQI	<b>53</b>
<b>Tableau IV.4</b>	Récapitulatif des appareils et méthodes d'analyse des paramètres de pollution (Laboratoire STEP de Djelfa)	<b>56</b>
<b>Tableau V.1</b>	Statistique descriptive des rendements épuratoires de la STEP de Djelfa (file existante) (2015)	<b>63</b>
<b>Tableau V.2</b>	Statistique descriptive des rendements d'élimination des paramètres de pollution STEP DJELFA (Nouvelle file) (2015)	<b>70</b>
<b>Tableau V.3</b>	Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques	<b>80</b>

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b>	Les différentes formes de l'azote et les indicateurs liés	<b>7</b>
<b>Figure I.2 :</b>	Vue microscopique des virus	<b>9</b>
<b>Figure I.3</b>	Vue microscopique des protozoaires	<b>9</b>
<b>Figure I.4</b>	Vue microscopique des bactéries	<b>10</b>
<b>Figure I.5</b>	Vue microscopique des helminthes	<b>10</b>
<b>Figure II.1</b>	Filières de traitement des eaux usées	<b>13</b>
<b>Figure II.2</b>	Schéma de principe d'une grille droite	<b>15</b>
<b>Figure : II.3</b>	Schéma d'une grille automatique courbe	<b>15</b>
<b>Figure II.4</b>	Schéma descriptif des étapes de prétraitement	<b>17</b>
<b>Figure II.5</b>	dessablage-déshuilage combinés	<b>17</b>
<b>Figure II.6</b>	Décanteur circulaire raclé, a entraînement périphérique	<b>17</b>
<b>Figure II.7</b>	Décanteur longitudinal a pont raclé	<b>18</b>
<b>Figure II.8</b>	Schéma d'une station d'épuration par boues activées moyenne charge	<b>21</b>
<b>Figure II.9</b>	Principe de fonctionnement d'une station à lit bactérien	<b>22</b>
<b>Figure II.10</b>	Principe de fonctionnement d'une station à disque biologique	<b>22</b>
<b>Figure II.11</b>	Principe de fonctionnement d'une station à lagunage naturel	<b>23</b>
<b>Figure II.12</b>	Principe de fonctionnement d'une station à lagunage aéré	<b>23</b>
<b>Figure II.13</b>	Schéma du décanteur secondaire à fond raclé	<b>24</b>
<b>Figure II.14</b>	Coupe longitudinal d'un épaisseur gravitaire	<b>25</b>
<b>Figure II.15</b>	Coupe schématique d'un flottateur	<b>25</b>
<b>Figure II.16</b>	Filtre à bandes presseuses	<b>25</b>
<b>Figure II.17</b>	Centrifugeuse	<b>26</b>
<b>Figure III.1</b>	Vue en plan du projet STEP Djelfa	<b>29</b>
<b>Figure III.2</b>	Schéma général représentatif de la STEP de Djelfa	<b>31</b>
<b>Figure III.3</b>	Dégrilleur grossier automatique	<b>32</b>
<b>Figure III.4</b>	Dégrillage fin automatique	<b>33</b>
<b>Figure III.5</b>	Préleveur d'échantillons automatique	<b>34</b>
<b>Figure III.6</b>	Dessableur/Déshuileur	<b>35</b>
<b>Figure III.7</b>	Répartiteur	<b>35</b>
<b>Figure III.8</b>	Décanteur primaire file existant	<b>36</b>
<b>Figure III.9</b>	Bassin d'aération file existant	<b>38</b>
<b>Figure III.10</b>	Décanteur secondaire (clarificateur) file existante	<b>39</b>
<b>Figure III.11</b>	Station de chloration (file existante)	<b>40</b>
<b>Figure III.12</b>	Décanteur primaire (nouvelle file)	<b>41</b>
<b>Figure III.13</b>	Bassin d'aération (nouvelle file)	<b>42</b>
<b>Figure III.14</b>	Décanteur secondaire (nouvelle file)	<b>43</b>
<b>Figure III.15</b>	Station de chloration nouvelle file	<b>44</b>
<b>Figure III.16</b>	Traitement des boues	<b>45</b>
<b>Figure III.17</b>	Épaisseur des boues	<b>45</b>
<b>Figure III.18</b>	Tables et presses à bandes	<b>46</b>
<b>Figure V.1</b>	Évolution de la température mensuelle moyenne	<b>60</b>
<b>Figure V.2</b>	Variation des valeurs moyennes mensuelles du pH	<b>60</b>
<b>Figure V.3</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de la conductivité électrique (CE)	<b>60</b>
<b>Figure V.4</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de matières en suspension (MES)	<b>61</b>
<b>Figure V.5</b>	Évolution moyenne mensuelle de la teneur en oxygène dissous (O <sub>2</sub> )	<b>62</b>
<b>Figure V.6</b>	Évolution moyenne mensuelle de DBO <sub>5</sub> en mg d'O <sub>2</sub> /l	<b>62</b>
<b>Figure V.7</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de la DCO en mg d'O <sub>2</sub> /l	<b>63</b>
<b>Figure V.8</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NGL	<b>64</b>
<b>Figure V.9</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NTK	<b>65</b>
<b>Figure V.10</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de (NO <sub>2</sub> )	<b>65</b>

<b>Figure V.11</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>66</b>
<b>Figure V.12</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de PT	<b>66</b>
<b>Figure V.13</b>	Évolution de la température mensuelle moyenne (Nouvelle file)	<b>68</b>
<b>Figure V.14</b>	Variation des valeurs moyennes mensuelles du pH (Nouvelle file)	<b>68</b>
<b>Figure V.15</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de la conductivité électrique (CE)	<b>68</b>
<b>Figure V.16</b>	Évolution moyenne mensuelle de la teneur en oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) (Nouvelle file)	<b>69</b>
<b>Figure V.17</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de matières en suspension (MES) (Nouvelle file)	<b>69</b>
<b>Figure V.18:</b>	Évolution moyenne mensuelle de DBO <sub>5</sub> en mg d'O <sub>2</sub> /l (Nouvelle file)	<b>70</b>
<b>Figure V.19</b>	Évolution de la moyenne mensuelle de la DCO en mg d'O <sub>2</sub> /l (Nouvelle file)	<b>71</b>
<b>Figure V.20</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NGL (Nouvelle file)	<b>72</b>
<b>Figure VI.21</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NTK (Nouvelle file)	<b>72</b>
<b>Figure V.22</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (Nouvelle file)	<b>73</b>
<b>Figure V.23</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (Nouvelle file)	<b>73</b>
<b>Figure V.24</b>	Évolution des valeurs moyennes mensuelles de PT (Nouvelle file)	<b>74</b>
<b>Figure V.25</b>	Variation de ratio DCO/DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>75</b>
<b>Figure V.26</b>	Variation de ratio MES/DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>75</b>
<b>Figure V.27</b>	Variation de ratio DCO/NTK à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>76</b>
<b>Figure V.28</b>	Variation de ratio DBO <sub>5</sub> /NTK à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>76</b>
<b>Figure V.29</b>	Variation de ratio NTK/DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>77</b>
<b>Figure V.30</b>	Variation de ratio DCO/PT à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)	<b>77</b>
<b>Figure V.31</b>	Évolution de l'indice de qualité de l'eau (IQE) dans le temps	<b>79</b>
<b>Figure V.32</b>	Pourcentage des différentes classes de qualité des eaux épurées	<b>79</b>
<b>Figure V.33</b>	Représentation graphique des valeurs propres calculées (eigenvalue en anglais)	<b>81</b>
<b>Figure V.34</b>	Projections des variables dans le plan factoriel (F1 x F2)	<b>82</b>
<b>Figure V.35</b>	Projections des variables dans le plan factoriel (F1 x F3)	<b>82</b>
<b>Figure V.36</b>	Projections des variables dans le plan factoriel (F2 x F3)	<b>83</b>

## Liste des abréviations

<b>ACP</b>	Analyse en composantes principales
<b>Cm</b>	Charge massique
<b>Cv</b>	Charge volumique
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours
<b>DCO</b>	Demande Chimique en Oxygène
<b>EH</b>	Equivalent habitant
<b>IM</b>	Indice de Molhman
<b>IQE</b>	Indice de qualité de l'eau
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>MVS</b>	Matière volatile en suspension
<b>NGL</b>	Azote global
<b>NTK</b>	Azote total Kjeldahl
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Azote ammoniacal
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrites
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrates
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONA</b>	Office National de l'Assainissement
<b>PT</b>	Phosphore Total
<b>STEP</b>	Station d'épuration
<b>μS</b>	Micro siemens

*INTRODUCTION*

*GÉNÉRALE*

### Introduction générale

#### I. Contexte et problématique

Le rejet des eaux usées ménagères et industrielles sans traitement dans le milieu naturel constituent une menace grave pour le milieu récepteur et ceci par une dégradation du cadre de vie, une eutrophisation des cours d'eau, une pollution des ressources hydriques et une détérioration de la faune et de la flore. Traiter les eaux usées avant rejet est un impératif qui présente un double défi, celui de limiter la pollution de l'environnement et celui de préserver la santé publique. Les stations d'épuration jouent un rôle important pour atteindre ces objectifs. La bonne gestion des stations d'épuration (STEP) est un facteur essentiel pour assurer la bonne qualité de l'eau épurée avec un minimum de dépense.

Depuis les années 1980, l'Algérie a engagé un large programme de réalisation de stations d'épuration (STEP). Le volume des eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 900 millions de m<sup>3</sup>/an et dépassera 1,5 milliards de m<sup>3</sup>/an, au courant de la décennie qui suit (MRE, 2010). Différents programmes de réalisation et de réhabilitation des stations d'épurations ont été mis en place, aboutissant à l'accroissement du parc des STEP; qui n'en comptait que 12 unités en service en 2000, avec une capacité d'épuration qui ne dépassait pas 90 millions de m<sup>3</sup>/an. Un nombre de 177 systèmes épuratoires en fonctionnement avec une capacité de 6 millions équivalent-habitant (EH) en 2016 pour atteindre, à l'horizon 2020, 270 unités épuratoires avec une capacité de près de 1300 millions de m<sup>3</sup> par an (ONA, 2019).

**La région d'étude :** La Wilaya de Djelfa se caractérise par un climat semi-aride à aride avec de très faibles précipitations et un fort pouvoir évaporant de l'air. Il s'agit d'une région à vocation pastorale mais où l'agriculture est néanmoins omniprésente (OUANOUKI B, 2012).

Tous les projets de développement qu'a connus la wilaya de Djelfa, se sont toujours heurtés à la disponibilité de l'eau (OUANOUKI B, 2012). L'eau n'étant pas une ressource illimitée, il faudra impérativement inverser la tendance d'une stratégie d'ajustement de l'offre sur la demande de façon à ce que cette dernière dépende de l'offre tout en veillant à assurer le succès d'autres formes d'utilisation de ressources non conventionnelles telles l'utilisation des eaux usées traitées (OUANOUKI B, 2014).

Dans la wilaya de Djelfa, les eaux usées sont principalement d'origine domestique, collectées et acheminées vers la station d'épuration de Djelfa pour être traitées, dans le but de réduire les

charges polluantes. Une fois traitées, ces eaux sont rejetées dans l'oued Mellah (HAOUATI, 2005).

### II. Objectifs de de l'étude

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration de Djelfa, en analysant les paramètres suivants : la température, le pH, la conductivité électrique (CE), DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>), les matières azotées (NTK, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et le phosphore total (PT).

### III. Approche Méthodologique

- ✓ Calcul et interprétation des rendements épuratoires des paramètres de pollution de la STEP (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, PT, NTK).
- ✓ Calcul et interprétation des ratios de diagnostic (DCO/DBO<sub>5</sub>, MES/DBO<sub>5</sub>, DCO/PT, DCO/NTK, NTK/DBO<sub>5</sub>). Ces ratios nous donnent des informations sur la nature de la pollution engendrée par les eaux usées à l'entrée de la station ou pour les eaux épurées à la sortie de la station.
- ✓ Évaluation de la qualité des eaux usées épurées de la STEP de Djelfa en appliquant la méthode des indices de qualité de l'eau (IQE), afin savoir si la qualité de ces eaux permet leur utilisation en irrigation, industrie...etc.
- ✓ Application de l'analyse en composantes principales(ACP) sur les données physico-chimiques pour l'évaluation de la qualité des eaux usées brutes. Cette méthode permet d'analyser les corrélations existantes entre les différentes variables à travers leurs structurations et leurs orientations, d'identifier les principaux facteurs responsables de la qualité des eaux usées brutes.

### IV. Structure du mémoire

Ce travail est structuré comme suit :

#### Introduction générale

**Partie I:** Synthèse bibliographique, comporte deux chapitres :

**Le premier chapitre:** traite les généralités sur les eaux usées, a pour objectif de donner une idée sur les origines et la pollution des eaux usées, leurs caractéristiques, et les normes de rejet.

**Le deuxième chapitre:** traite les différents procédés d'épuration des eaux usées que doivent subir avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

## Introduction générale

---

---

**Partie II** : Comporte trois chapitres

Le **premier chapitre** est consacré à la description et au fonctionnement de la STEP de Djelfa.

Le **deuxième chapitre** est consacré à la présentation des méthodes utilisées pour le traitement des données.

Le **troisième chapitre** présente des principaux résultats obtenus au cours de cette étude et leurs interprétations.

Enfin, une **conclusion générale**, complétée par des recommandations, afin d'améliorer l'efficacité de traitement de la STEP de Djelfa.

*PARTIE I*

*SYNTHÈSE*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

*ORIGINES ET  
CARACTÉRISTIQUES DES  
EAUX USÉES*

**I.1.Introduction :**

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine, industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel (**KAKOU, 2021**).

La composition ou qualité des eaux usées est déterminée par la nature et les propriétés originelles des eaux, les produits résiduaires des ménages, des industries et de l'agriculture introduits dans l'eau lors des divers usages ainsi que des matières entraînées à la surface du sol et dans les réseaux d'égout (**DEGRÉMONT, 2005**).

On distingue plusieurs catégories d'eaux usées dont les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux pluviales et les eaux usées agricoles (**DEGRÉMONT, 2005**). Leur caractère polluant demande un traitement préalable avant tout rejet dans un milieu récepteur afin d'éviter d'éventuelles conséquences désastreuses sur les hommes, l'environnement et l'écosystème aquatique.

**I.2. Origine des eaux usées :****I.2.1. Les eaux usées domestiques :**

Constituant généralement l'essentiel de la pollution, elles se composent (**RAHLAOUI; 2020**) :

- Des eaux vannes d'évacuation des toilettes.
- Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.

Ces eaux se caractérisent par leurs fortes teneurs en matière organique, en sels minéraux (azotes, phosphore), en détergent et en germes fécaux

**I.2.2 Les eaux de ruissellement**

Ce sont essentiellement les eaux de précipitation (pluie, neige, grêle...) et les eaux de lavage des chaussées. Les polluants sont en grande majorité des matières en suspension d'origine minérale, des débris végétaux et aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile. Elles sont caractérisées par une variation de débit saisonnière. Cette eau est très polluée en début de précipitation (**OUERD, 2010**).

### **I.2.3. Les eaux usées industrielles :**

Ces eaux proviennent des activités industrielles dont les caractéristiques varient d'une industrie à une autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds (mercure, cadmium, chrome...), des micropolluants organiques, des hydrocarbures (**ECKENFELDER, 1982**).

### **I.2.4. Les eaux agricoles :**

Ce sont les eaux de ruissellement dans les zones agricoles. Ces eaux contiennent des fertilisants, pesticides, herbicides et autres produits chimiques. Elle se caractérise par des fortes teneurs en composés azotés et phosphorés (azote, phosphore, nitrates, nitrites..) (**DÉGREMONT, 1978; ECKENFELDER, 1982**).

## **I.3. Composition des eaux usées :**

### **I.3.1. Les matières en suspension (MES) :**

Elle représente, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) et minérales (MMS) non dissoutes de la pollution (**ECKENFELDER, 1982**). Les MES s'expriment par la relation suivante (**METAHRI, 2012**):  $MES = 30\%MMS + 70\% MVS$

### **I.3.2. Les matières volatiles en suspension (MVS) :**

Elle représente la fraction organiques des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525 °C pendant 02 heures (**RODIER et al., 2009**). 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 (mg/l)

### **I.3.3. Les matières minérales sèches (MMS) :**

Les matières minérales sèches (MMS) : Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice (**RODIER et al., 2009**).

### **I.3.4. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

La DBO<sub>5</sub> mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique biodégradable par voie biologique (bactéries), cette analyse s'effectue à une température de 20°C pendant 5 jours à l'obscurité (**GAÏD, 2008**). Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> montrent la teneur des polluants biologiquement dégradables dans les milieux aquatiques. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/L (**ECKENFELDER, 1982**).

### I.3.5. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire Pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) à 150°C (GAÏD, 2008). Elle est exprimée en mg  $O_2$  /l (METAHRI, 2012).

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la  $DBO_5$  et la DCO est donnée par l'équation suivante :  $MO = (2DBO_5 + DCO) / 3$  (I.1)

### I.3.6. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à et microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique est exprimée par un coefficient K, avec  $K = DCO / DBO_5$  (GAÏD, 2008; METAHRI, 2012) . :

- ✓ Si  $DCO / DBO_5 < \text{ou} = 2$  : Le traitement se fait biologiquement.
- ✓ Si  $2 < DCO / DBO_5 < 3$  : Traitement biologique avec adaptation de souches.
- ✓ Si  $DCO / DBO_5 > 3$  : Traitement physico-chimique.

### I.3.7. Les matières azotées :

Les principaux composés azotés rencontrés dans les eaux usées sont : l'ammonium ( $NH_4^+$ ), les nitrites ( $NO_2^-$ ), les nitrates ( $NO_3^-$ ), et l'azote Kjeldahl qui est un indicateur qui mesure les formes organiques et ammoniacales de l'azote (Figure I.1) (RODIER et al., 2009; METAHRI, 2012).

**I.3.6.1. L'azote ammoniacal ( $N-NH_4^+$ )**, il traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes (RODIER et al., 2009).

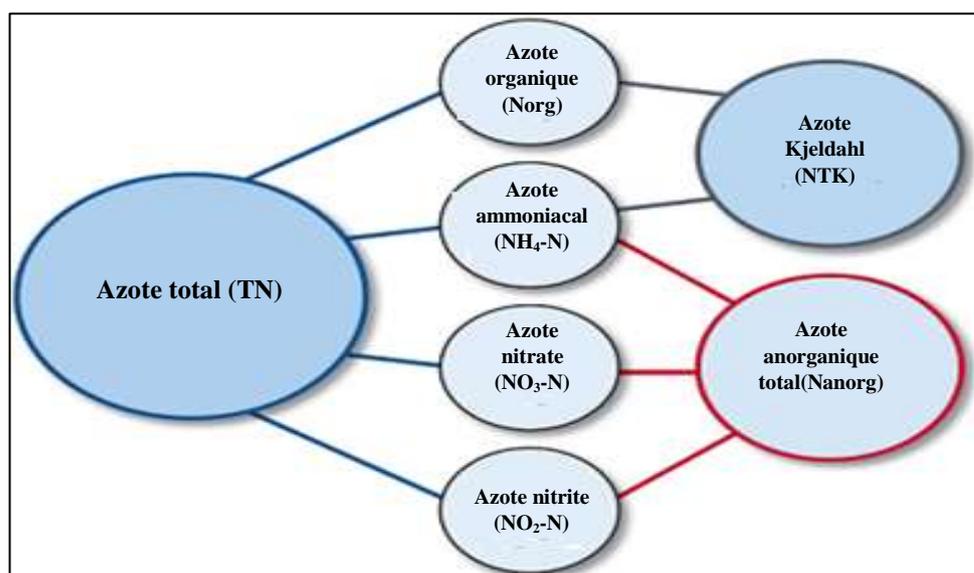
**I.3.6.2.L'azote nitreux ( $N-NO_2^-$ )**, ils proviennent d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates (RODIER et al., 2009).

**I.3.6.3.L'azote nitrique ( $N-NO_3^-$ )**, sont produits par nitrification de l'azote ammoniacal. Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles (RODIER et al., 2009).

**I.3.6.4.L'azote kjeldahl (NTK)**, représente la somme de l'azote ammoniacal et l'azote organique.

L'azote global (NGL) ou total (Ntotal) et défini par :

$$\text{NGL} = \text{Ntotal} = \text{Norganique} + \text{Nminéral} = \text{Norg} + \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$$



**Figure I.1 :** Les différentes formes de l'azote et les indicateurs liés (ASANO et al., 2007)

### I.3.7. Les matières phosphorées (RODIER et al., 2009; METAHRI, 2012):

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes :

- ✓ Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ );
- ✓ Les polyphosphates (après hydrolyse acide);
- ✓ Les organophosphates (après hydrolyse acide avec oxydation).

L'ensemble de phosphore sous toutes ses formes était souvent appelé le phosphore total (PT).

### I.3.8. Les métaux lourds :

Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Cependant leur précipitation engendrerait leur mélange avec les boues décantées. Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn) (BENKADDOUR, 2018). Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (VILAGINES, R., 2003).

- ✓ Le chrome indique l'existence de rejets provenant d'une tannerie.
- ✓ Le plomb est lié à des pollutions diffusées.

- ✓ Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et d'industries chimiques, de textiles ou de teintures.

### **I.3.9. Les micro-organismes pathogènes :**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes (MEZIANE, 2014). L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (GAID, 1984).

#### **I.3.9.1. Les virus :**

Les virus sont des parasites intracellulaires de très petite taille (10 à 350 nm) qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte (Figure I.2) (CARRÉ, 2017). On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre (MEZIANE, 2014).

#### **I.3.9.2. Les protozoaires :**

Les protozoaires sont des organismes monocellulaires. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites (Figure I.3) (GAID, 1984). Les deux principaux genres pathogènes pour l'homme sont les genres *Cryptosporidium* et *Giardia* (CARRÉ, 2017).

#### **I.3.9.3. Les bactéries :**

Les bactéries sont des organismes microscopiques dont la taille varie entre 0,2 et 10  $\mu\text{m}$  (Figure I.4) (CARRÉ, 2017). Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100ml. Parmi les plus détectées sont retrouvés, les salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux (MEZIANE, 2014).

#### **I.3.9.4 Helminthes :**

Les helminthes sont des vers multicellulaires fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires (Figure I.5) (CARRÉ, 2017). Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de  $10$  à  $10^3$  œufs / l (GAID, 1984).

### **I.4 Normes de rejet**

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter (MALEK, 2014). Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi.

#### I.4.1. Normes de l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle les modifie pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement (MALEK, 2014).

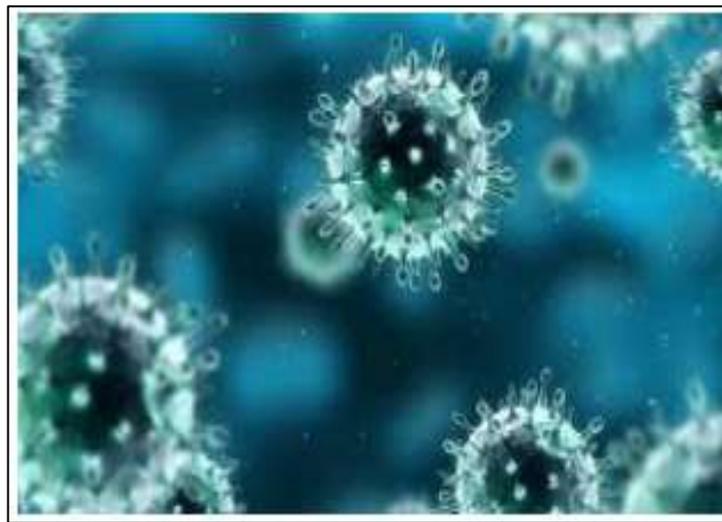


Figure I.2 : Vue microscopique des virus (Meziane, 2014).

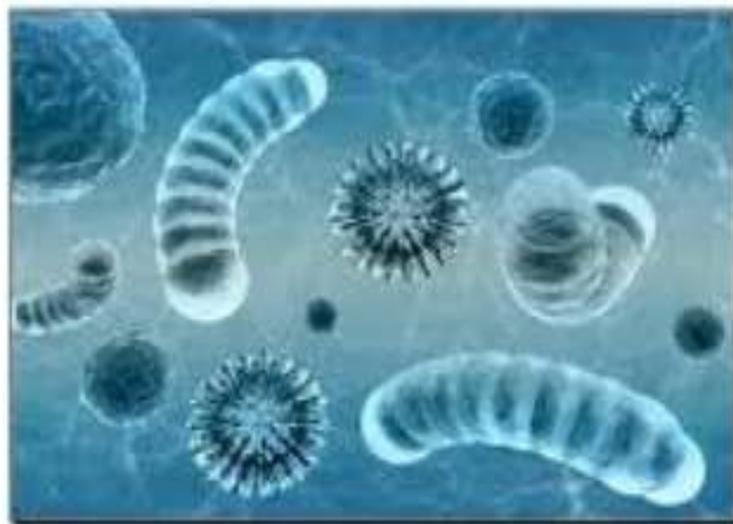
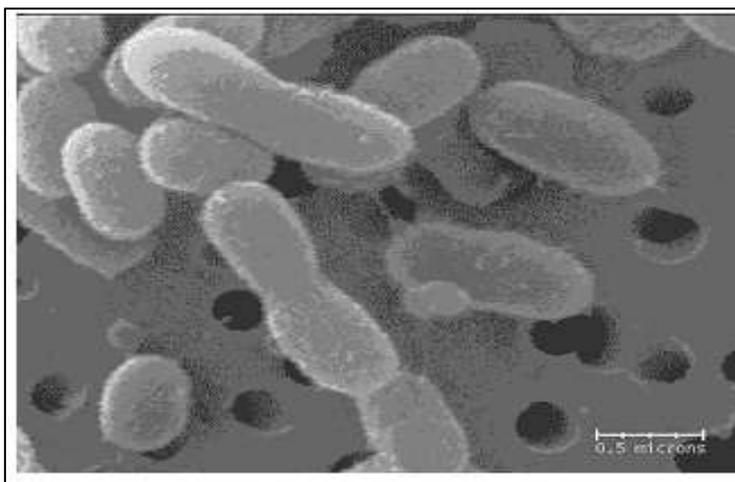


Figure I.3 : Vue microscopique des protozoaires (Meziane, 2014).



**Figure I.4 :** Vue microscopique des bactéries (Meziane, 2014).



**Figure I.5 :** Vue microscopique des helminthes (Meziane, 2014).

**Tableau I.1 :** Normes de rejets internationales (OMS).

Paramètres	Unités	Normes (OMS)
pH	-	6.5-8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	<0,5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

## I.4.2. Normes Algériennes

En matière de réglementation, il existe 2 décrets exécutifs :

- 1- Décret exécutif du 23 Avril 2006, relatif aux rejets d'effluents industriels dans le milieu naturel, des différentes catégories d'activités industrielles.
- 2- Décret exécutif du 21 juin 2009, relatif à la procédure d'autorisation de déversement des eaux résiduaires dans un réseau d'assainissement publique ainsi que les dispositions de contrôle. Les valeurs limites maximales des substances nocives sont indiquées également dans le tableau suivant.

**Tableau I.2 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne N°26, 23 Avril 2006).**

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Température	C°	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg /l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldal	mg/l	30
Phosphates	mg/l	2
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	3
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	3
Manganèse	mg/l	1
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	3
Huiles et graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg /l	10

<b>Indice phénols</b>	mg/l	0,3
<b>Fluor et composés</b>	mg/l	15
<b>Etain total</b>	mg/l	2
<b>Composés organiques chlorés</b>	mg/l	5
<b>Chrome total</b>	mg/l	0.5
<b>(*)Chrome III+</b>	mg/l	03
<b>(*)Chrome VI+</b>	mg/l	0,1
<b>(*)Solvants organiques</b>	mg/l	20
<b>(*)Chlore actif</b>	mg/l	1,0
<b>(*)PCB</b>	mg/l	0,001
<b>(*)Détergents</b>	mg/l	2
<b>(*)Tensioactifs anioniques</b>	mg/l	10

### I.5 Conclusion :

La plupart des effluents pollués sont des mélanges très complexes dont la composition varie suivant leur provenance industrielle, agricole ou urbaine. Dans ce chapitre, nous avons abordé plusieurs points concernant les eaux usées à savoir :

- Leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.
- Les normes de rejet dans le milieu naturel des effluents liquides urbaines ou industrielles.

*CHAPITRE II*  
*PROCÉDÉS D'ÉPURATION*  
*DES EAUX USÉES*

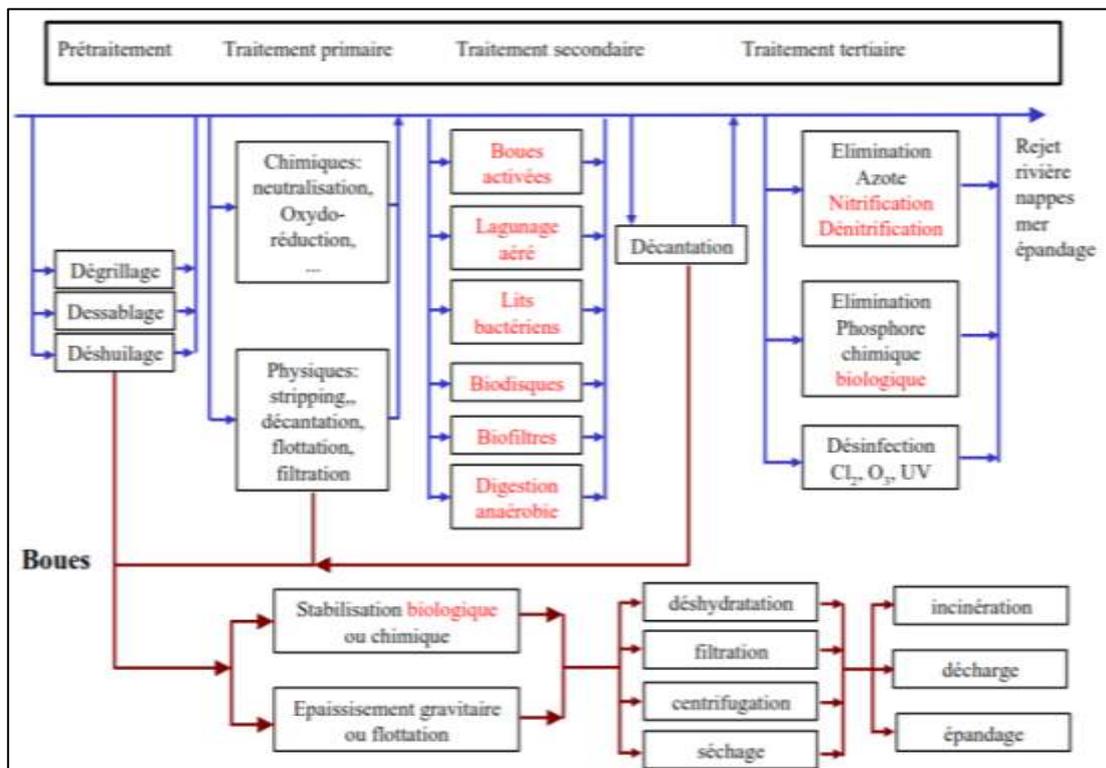
**II.1.Introduction :**

L'épuration des eaux usées a pour objectif d'améliorer la qualité des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel et de protéger ainsi l'environnement. La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Nombreux sont les procédés physiques, chimiques et biologiques qui sont utilisés pour épurer l'eau usée ; devant cette diversité, le choix d'une technique ou l'autre reste tributaire d'une multitude de considérations socio-économiques, techniques et climatiques.

**II.2. Les Procédés de traitement des eaux usées :**

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physiques, chimiques et biologiques. Généralement, une station d'épuration des eaux usées comprend quatre étapes essentielles sont :

- ✓ Prétraitements ;
- ✓ Traitement primaire ;
- ✓ Traitement secondaire ;
- ✓ Traitement tertiaire.



**Figure II.1 :** Filières de traitement des eaux usées (RATSIMBAZAFY,2016).

### II.2.1. Les prétraitements

Ils sont destinés à l'élimination des éléments qui risquent de perturber le fonctionnement des ouvrages de traitement ultérieurs. Donc on retrouve à ce stade :

- le dégrillage
- le dessablage
- le déshuilage (dégraissage)

#### II.2.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, on faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé (GACEM, 2020). Le dégrillage est classé en 03 catégories selon l'écartement entre barreaux de grille (GAÏD, 1984; DEGRÉMONT, 2005) :

- Le pré-dégrillage, pour un écartement  $e = 30-100 \text{ mm}$  ;
- Le dégrillage moyen pour un écartement de  $e = 10 \text{ à } 30 \text{ mm}$  ;
- Le dégrillage fin pour un écartement inférieur à  $10 \text{ mm}$ .

#### ➤ Grilles manuelle :

Composées de barreaux inclinés de  $60 \text{ à } 80^\circ$  sur l'horizontal. Le nettoyage se fait à l'aide d'un râteau et se fait quotidiennement (GACEM, 2020). L'espacement entre les barreaux peut varier entre 20 et 60 mm. Elles sont généralement réservées aux petites stations.

#### ➤ Grilles mécanique (automatique) :

Réservées aux stations plus importantes plus de 2000 équivalent habitants.

#### ✓ Grilles droite

Ce type de Grille est caractérisé par une inclinaison de  $90^\circ$ , l'écartement entre les barreaux est de 4 à 6 cm. Elles sont conçus avec de dispositifs de nettoyage tels (râteaux, brosses, grappins,...) (DEGRÉMONT, 2005). Les vitesses de passage entre barreaux communément admises sont de l'ordre de  $0,60 \text{ à } 1,0 \text{ m.s}^{-1}$  en moyenne, avec des valeurs de  $1,20 \text{ à } 1,40 \text{ m.s}^{-1}$  au débit maximal (GAÏD, 1984).

#### ✓ Grilles courbes :

Constituées de barreaux en fer plat formé en quart de cercle, le nettoyage se fait par un double râteau tournant (GACEM, 2020).

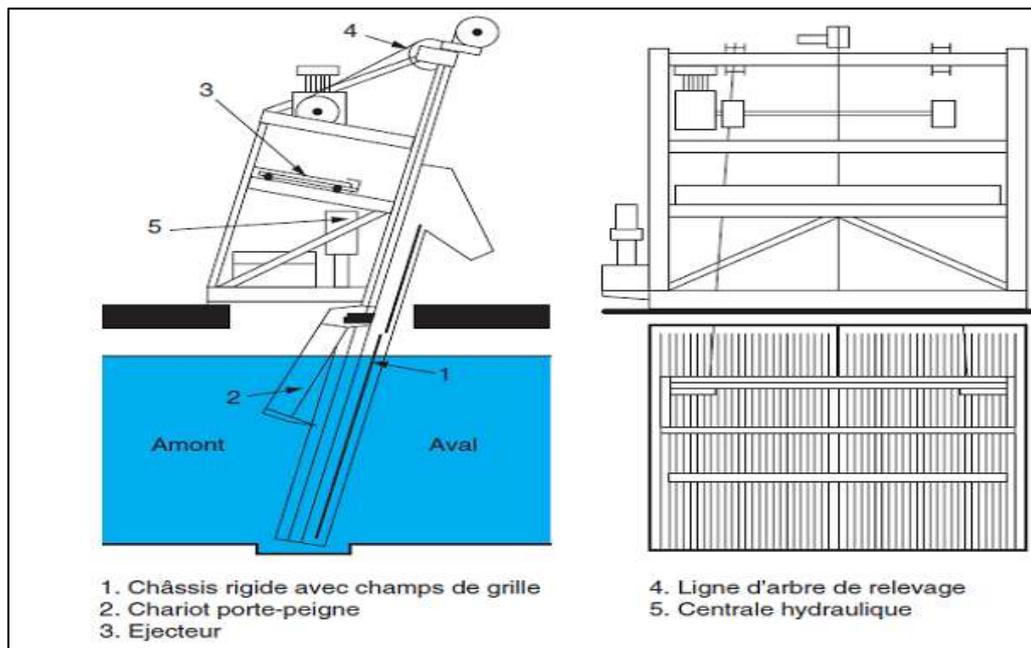


Figure II.2: Schéma de principe d'une grille droite (MEMENTO DÉGRÈMENT de SUEZ, s.d.)

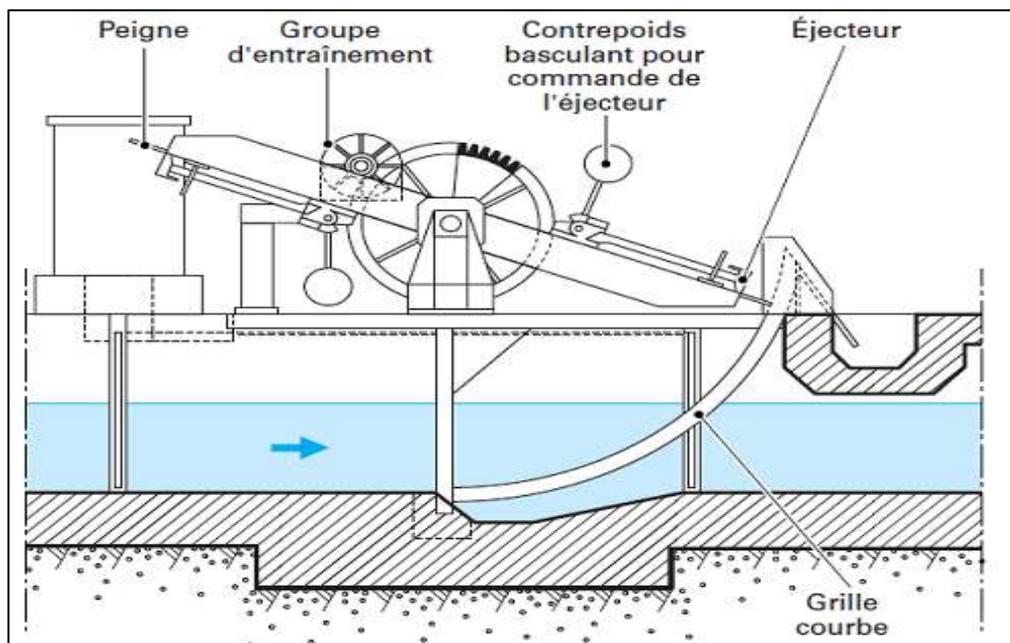


Figure : II.3: Schéma d'une grille automatique courbe (BENELMOUAZ ,2015).

### II.2.1.2. Dessablage :

Le dessablage (Figure II.5) consiste à extraire des eaux, par sédimentation, les graviers, les sables et les particules minérales, afin d'éviter les dépôts dans les ouvrages et les conduites, et afin de protéger les pompes et les autres équipements électromécaniques contre l'abrasion. Il existe divers types de dessaleurs dont (GAÏD, 2008; BECHAC et al., 1984):

- **Dessableurs à couloirs** : ce sont des canaux, à section généralement rectangulaire, dans lesquels on ralentit la vitesse de l'eau à moins de 0.3 m/s. les s ables déposés sont périodiquement évacués.
- **Dessableurs rectangulaire à insufflation d'air** : Une insufflation d'air à la base du chenal provoque une rotation du liquide et évite le dépôt des matières fermentescibles, malgré le ralentissement de la vitesse d'écoulement.
- **Dessableurs circulaire** : Une alimentation tangentielle, un brassage mécanique ou une insufflation d'air crée une vitesse de balayage dans le fond qui va permettre de plaquer les particules denses sur les parois et de les recueillir dans le fond conique de l'appareil.

### II.2.1.3. Dégraissage – Déshuilage :

Le dégraisseur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle ou accélérée par injection de fines bulles (**Figure II.5**). Ces matières grasses sont susceptibles de nuire à la phase biologique du traitement (mousses, ...) (**MAREF, 2020**). Le déshuilage consiste à éliminer les huiles fibres et émulsionnées présentes dans l'effluent. Les procédés Dégraissage–Déshuilage ont pour but (**TANSAOUT, 2021**) :

- De protéger les canalisations et les pompes.
- D'assurer un bon rendement du traitement qui arrive après.
- D'éviter l'envahissement des décanteurs.

### II.2.2. Traitement primaire :

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension (**MAREF, 2020**). Les procédés de traitement primaire sont physiques, comme la décantation, ou physico-chimique. Ces traitements éliminent 50 à 60% des matières en suspension (**MAREF, 2020**).

#### II.2.2.1. Décantation primaire

La décantation est l'élimination, sous l'action de la gravite, des particules (20 à 200  $\mu\text{m}$ ) susceptibles de se déposer qui sont contenues dans l'eau (**TOUHARI FADHILA, 2018**). Elle s'effectue dans des bassins, appelés décanteurs, qui peuvent être rectangulaires, carrés ou circulaires (**ECKENFELDER, 1982 ; BECHAC ET AL., 1984**).

Les types les plus courants sont les décanteurs rectangulaires et les circulaires (à alimentation centrale) (Figures II.6 et II.7).

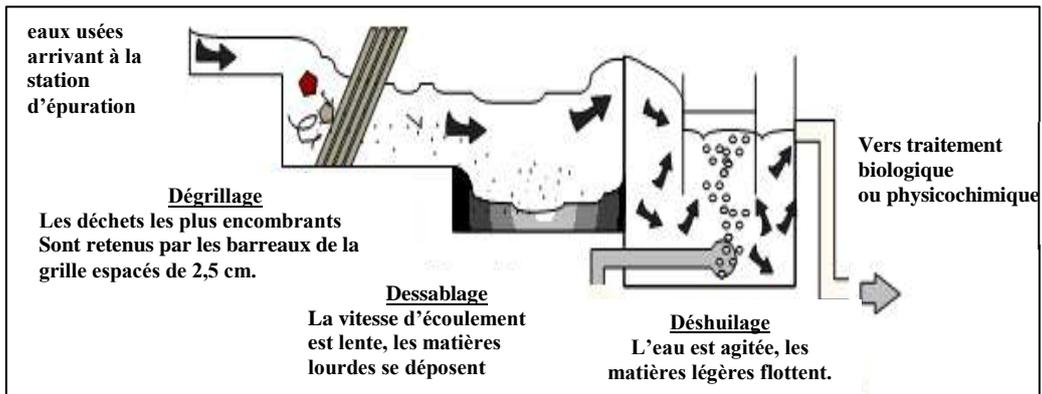


Figure II.4: Schéma descriptif des étapes de prétraitement (BOUANANE et BOULHART ,2020).

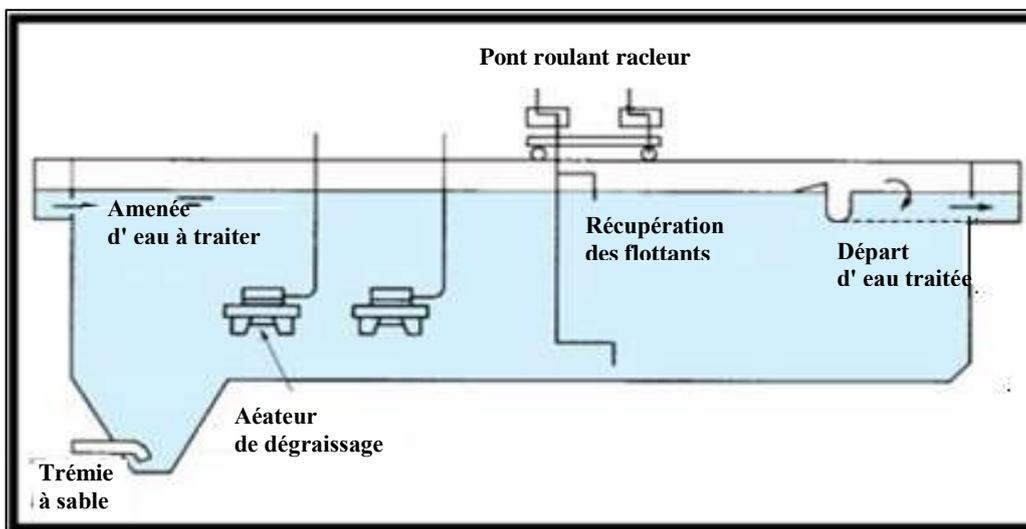


Figure II.5 : dessablage-déshuilage combinés (GAÏD A, 2008)

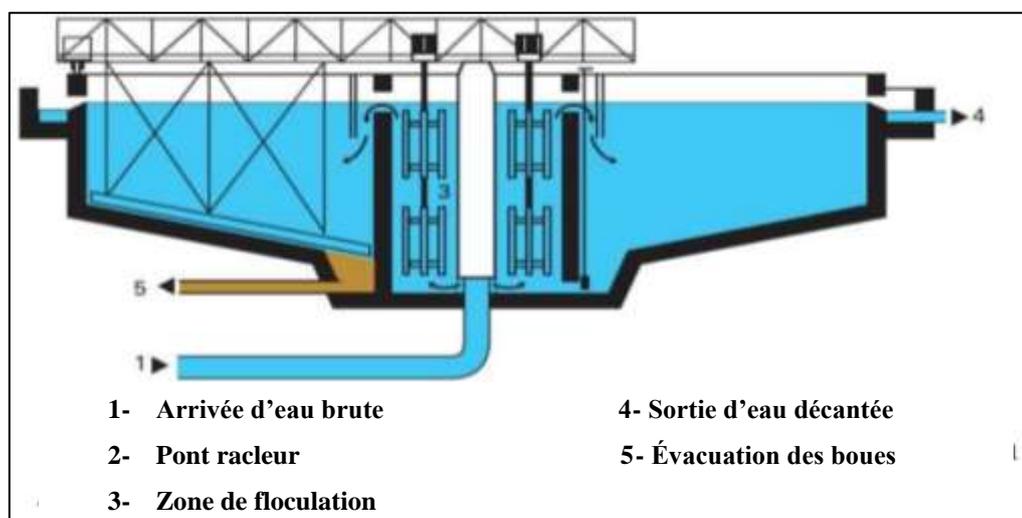
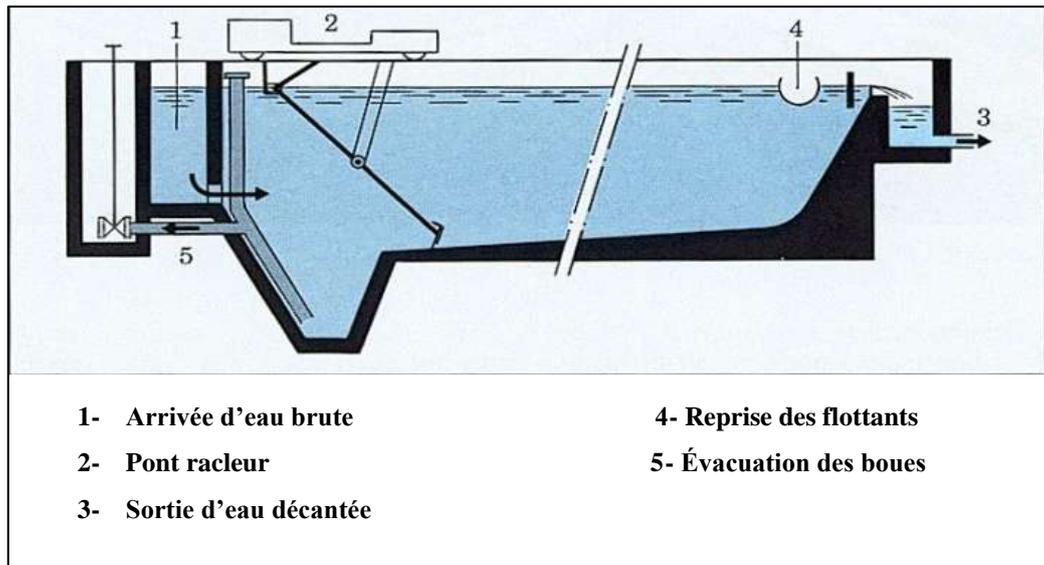


Figure II.6 : Décanteur circulaire raclé, a entraînement périphérique (DEGREMONT, 2005)



**Figure II.7 :** Décanteur longitudinal a pont racleur (DEGREMONT, 2005)

### II.2.3. Traitement biologique :

#### II.2.3.1. Procédés intensifs :

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- les boues activées
- les lits bactériens,
- les disques biologiques,

##### II.2.3.1.1 Boues activées:

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu .Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme deflocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. 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. Une station d'épuration par boues activées se compose toujours (**Figure II.8**) (AMIRI K, 2020; DHAOUADI, 2008; GAÏD, 2008):

- D'un bassin d'aération dans lequel l'eau à traiter est mise en contact avec la biomasse épuratrice maintenue agitée par aération associée ou non à un agitateur.
- D'un dispositif de fourniture d'oxygène à la biomasse présente dans ce réacteur.
- D'un dispositif de brassage du bassin d'aération
- D'un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne formée.

- D'une recirculation des boues récupérées en fond du clarificateur vers le bassin d'aération. Elle permet de maintenir dans le bassin d'aération la quantité nécessaire de microorganismes pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- D'un dispositif d'extraction, de traitement (diminution des volumes) puis d'évacuation de l'excès de boues produites.

### II.2.3.1.1.1. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

#### a) Charge massique

Elle est définie comme étant le rapport entre la charge journalière de DBO<sub>5</sub> (kg/j) entrant dans le bassin d'aération et rapportée à la charge des matières volatiles (MVS) présentés dans le bassin d'aération (SATIN et al., 2010 ; ECKENFELDER, 1982).

Elle s'exprime donc comme suit :

$$C_m = \frac{Q \times [DBO_5]}{V(\text{ba}) \times [MVS](\text{ba})} \quad (\text{II.1})$$

$C_m$  : La charge massique en **Kg DBO<sub>5</sub>/ (m<sup>3</sup>.j)** ;

$Q$  : débit journalier d'eau usée à épurer en **m<sup>3</sup>/j** ;

$[DBO_5]$  : Concentration en **DBO<sub>5</sub>** de l'eau à traiter en **Kg/m<sup>3</sup>** ;

$V(\text{ba})$  : Volume du bassin d'aération en **m<sup>3</sup>**.

$[MVS](\text{ba})$  : Concentration en MVS des boues dans le bassin d'aération en **Kg/m<sup>3</sup>**

Selon la valeur de  $C_m$ , on définit le type de la charge massique :

- Forte charge :  $C_m > 0.5$
- Moyenne charge :  $0.2 < C_m < 0.5$
- Faible charge :  $0.1 < C_m < 0.2$

#### b) Charge volumique:

C'est un élément qui permet d'estimer la capacité du bassin d'aération, elle est définie comme rapport de la charge de DBO<sub>5</sub>(en Kg DBO<sub>5</sub>/j) entrant et rapportée au volume  $V$  (m<sup>3</sup>) du bassin d'aération (SATIN et al., 2010 ; ECKENFELDER, 1982).

$$C_v = \frac{Q \times [DBO_5]}{V(\text{ba})} \quad (\text{II.2})$$

$C_v$  : La charge volumique en **Kg DBO<sub>5</sub>/ (m<sup>3</sup>.j)** ;

**Q** : débit journalier d'eau usée à épurer en  $\text{m}^3/\text{j}$  ;

**[DBO<sub>5</sub>]** : Concentration en DBO<sub>5</sub> de l'eau à traiter en  $\text{Kg}/\text{m}^3$  ;

**V (ba)** : Volume du bassin d'aération en  $\text{m}^3$ .

c) **Age des boues (A<sub>b</sub>)**: L'âge des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération. C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans l'aérateur et la quantité de boues extraites (donc produites) par jour (SATIN et al., 2010).

$$A_b = \frac{\text{Masse des boues dans le réacteur}}{\text{Masse des boues extraite par jour}} = \frac{C_{MVS} \times V}{\Delta X} \quad (\text{II.3})$$

avec,

**A<sub>b</sub>** : âge de boue (j)

**C<sub>MVS</sub>** : concentration en MVS ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

**V** : volume du bassin biologique

**ΔX** : masse des boues extraites par jour ( $\text{Kg}/\text{j}$ ).

d) **L'indice de Mohlman (IM)**: Cet indice se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèche. L'indice de MOHLMAN est calculé par la formule suivante :

$$IM = \frac{\text{boues decantées en ml/l}}{\text{masse de la matière sèche mg/l}} \quad (\text{II.4})$$

- **IM ≤ 50** : mauvaise décantation, la boue à un aspect granuleux et risque de former des dépôts (DEGREMONT, 1989) ;
- **50 < IM ≤ 150** : bonne décantation (DEGREMONT, 1989);
- **IM > 150** : développement des boues filamenteuses (DEGREMONT, 1989).

Selon SATIN et al. (2010) les boues sont bien décantables pour un **Im > 80**.

e) **Besoin en oxygène**

Selon SATIN et al. (2010) ; DEGREMONT (2005), le besoin en oxygène est donnée par la relation suivante :

$$q_{O_2} = a' L_{DBO_5e} + b' Xa + 4,57 * N_{nit} - 2,85 * N_{dénit} \quad (\text{II.5})$$

avec,

**L<sub>DBO<sub>5e</sub></sub>** : charge de DBO<sub>5</sub> éliminée dans le bassin d'aération par jour ( $\text{Kg}/\text{j}$ )

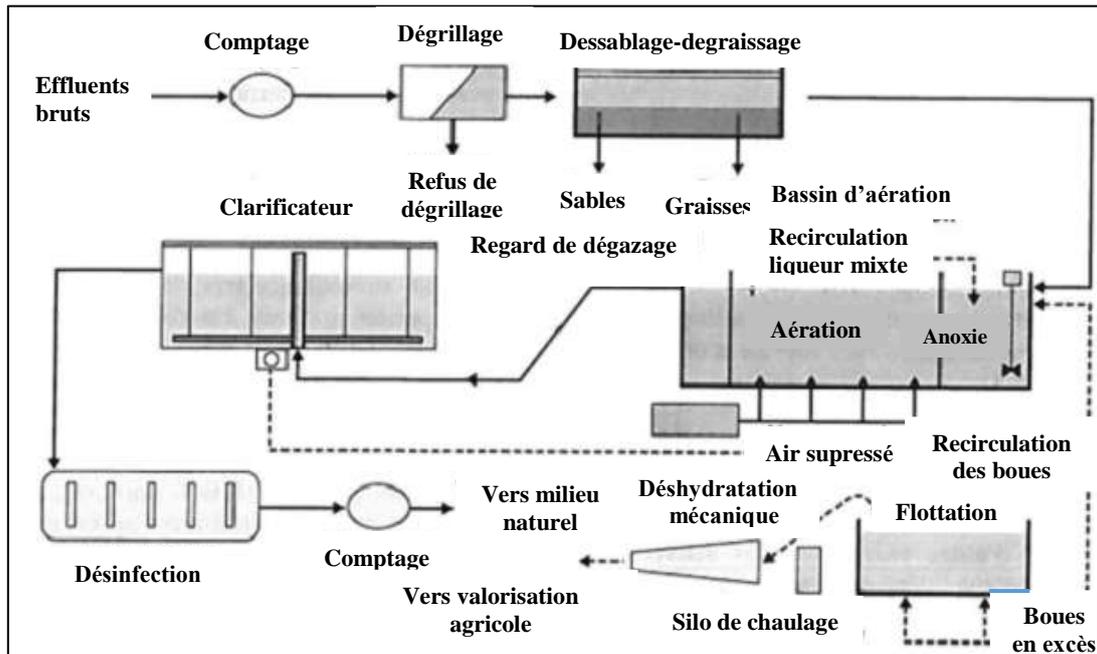
**Xa** : quantité de boues (MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération ( $\text{Kg}$ )

$a'$  : fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration et  $c'$  est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution

$b'$  : coefficient cinétique de respiration endogène

$N_{nit}$  : quantité d'azote à nitrifier (Kg/j)

$N_{dénit}$  : quantité d'azote à dénitrifier (Kg/j)



**Figure II.8:** Schéma d'une station d'épuration par boues activées moyenne charge (BENNACEUR, 2019)

**II.2.3.1.2. Lits bactériens :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien (Figure II.9), quelquefois appelé « filtre bactérien » ou « filtre percolateur », consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux (scories, pouzzolanes, cokes, mâchefers...etc.) qui sert de support aux micro-organismes bactéries épurateurs (BECHAC et al, 1984; BOUANANI, 2021).

**II.2.3.1.3. Disques biologiques ou bio-disques**

La particularité de ce procédé est que le support de microorganismes est mobile, ce qui permet une circulation automatique de l'air insufflé (Figure II.10). Des disques parallèles contenant un biofilm à la surface sont semi-immergés dans l'eau et effectuent une rotation à faible vitesse (BECHAC et al, 1984; BOUANANI H, 2021).

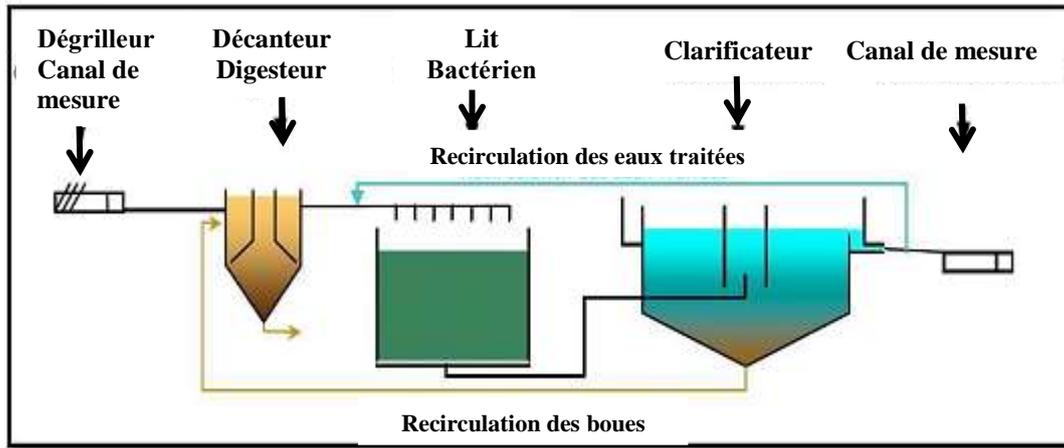


Figure II.9: Principe de fonctionnement d'une station à lit bactérien (DEGREMONT, 2005)

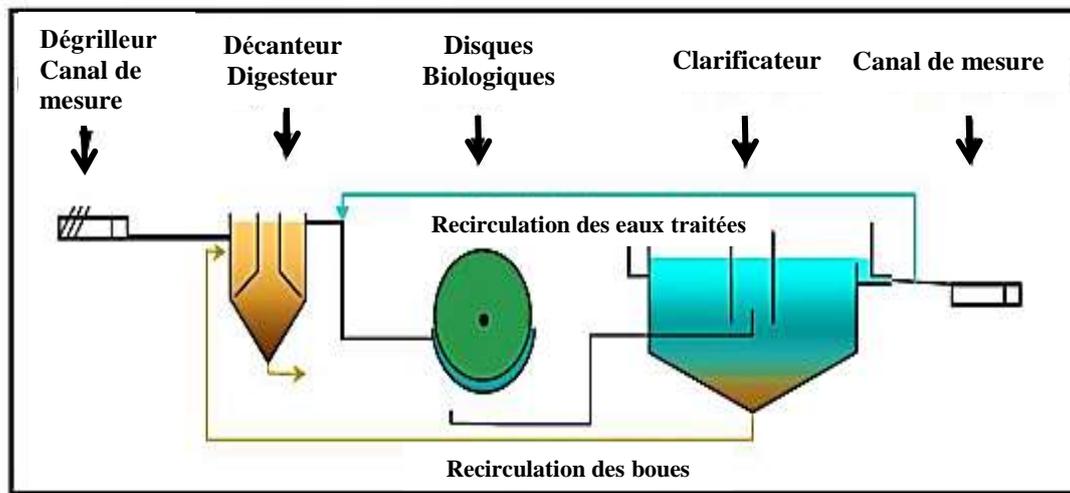


Figure II.10: : Principe de fonctionnement d'une station à disque biologique (DEGREMONT, 2005)

### II.2.3.2. Procédés extensifs :

**II.2.3.2.1. Lagunage naturel :** Le principe de fonctionnement repose sur une dégradation aérobie biologique de la phase dissoute par les bactéries libres, l'oxygène étant fourni via l'activité photosynthétique des algues vertes, le temps de séjour étant de plusieurs semaines voire plusieurs mois (Figure II.11) (BOUANANI, 2021). Le lagunage naturel est généralement réalisé dans plusieurs bassins en série dans lesquels les effluents à traiter sont soumis aux processus biochimiques naturels de l'autoépuration (KETTAB et al, 2017; BERLAND et al, 2001). Le lagunage naturel demande beaucoup de surface de terrain mais a le coût de construction le plus faible.

**II.2.3.2.2. Lagunage aéré:** C'est une technique d'épuration biologique des eaux usées par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène.

Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments (Figure II.12) (KHALDI H, 2017). Le principe de base de ce procédé ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu (KHALDI H, 2017). L'oxygénation est assurée par des aérateurs à turbines ou quelque fois des diffuseurs d'air (BOUANANI, 2021). Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées) (KETTAB et al, 2017; BERLAND et al, 2001).

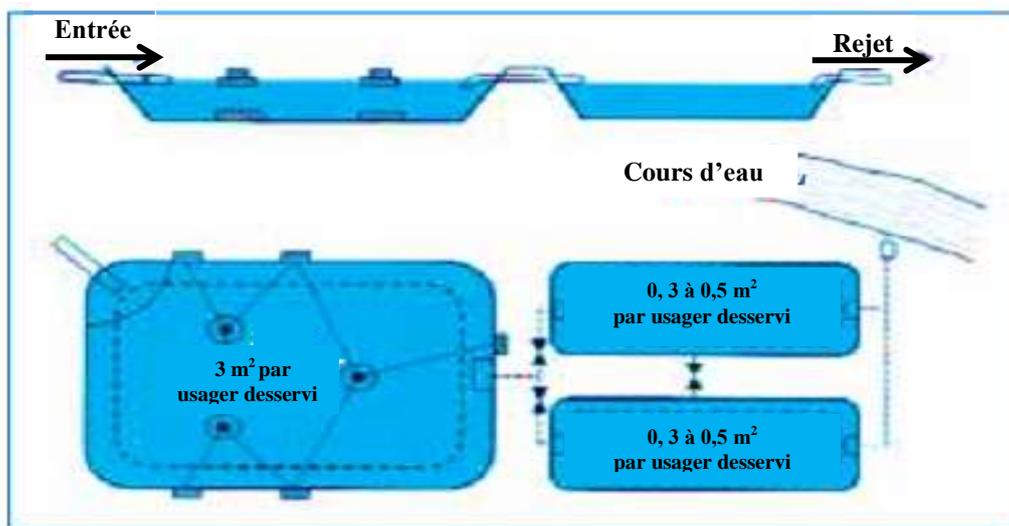


Figure II.11: Principe de fonctionnement d'une station à lagunage naturel (CHEVALIER, 2015).

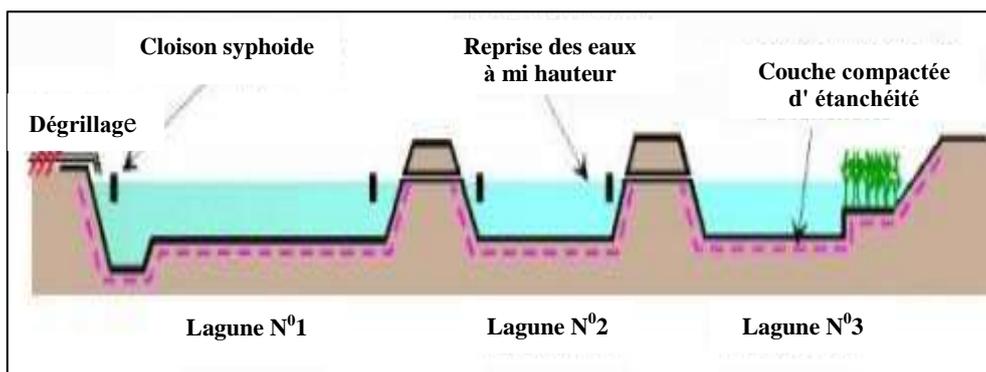


Figure II.12: Principe de fonctionnement d'une station à lagunage aéré (ALEM, 2016)

#### II.2.4. Clarification (décanteur secondaire)

Cette phase vise à séparer la liqueur décantée en bas de l'eau épurée et représente une décantation secondaire de l'effluent (GAID, 1984).

Les boues décantées dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices (GAID, 1984) (Figure II.13).

### II.3. Traitement des boues

#### II.3.1. L'épaississement:

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants (TALHI et TALBI, 2019). Le taux de siccité (teneur en matière sèche) obtenu peut atteindre jusqu'à 10% de matière sèche (MS) (TALHI et TALBI, 2019).

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- Épaississement statique (Figure II.14) : par décantation ou sédimentation ;
- Épaississement dynamique (Figure II.15): par flottation, centrifugation ou système de drainage (gilles et table d'égouttage) (ECKENFELDER, 1982).

#### II.3.2. Déshydratation

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, afin d'obtenir une aridité des boues plus poussée (TALHI et TALBI, 2019). La déshydratation présente plusieurs avantages. Elle facilite le stockage, réduit donc le coût du transport, améliore la stabilisation et favorise l'usage agricole (TALHI et TALBI, 2019). Plusieurs techniques sont utilisées, les filtres presses (Figure II.16), centrifugeuses (Figure II.17) (BECHAC, 1984).

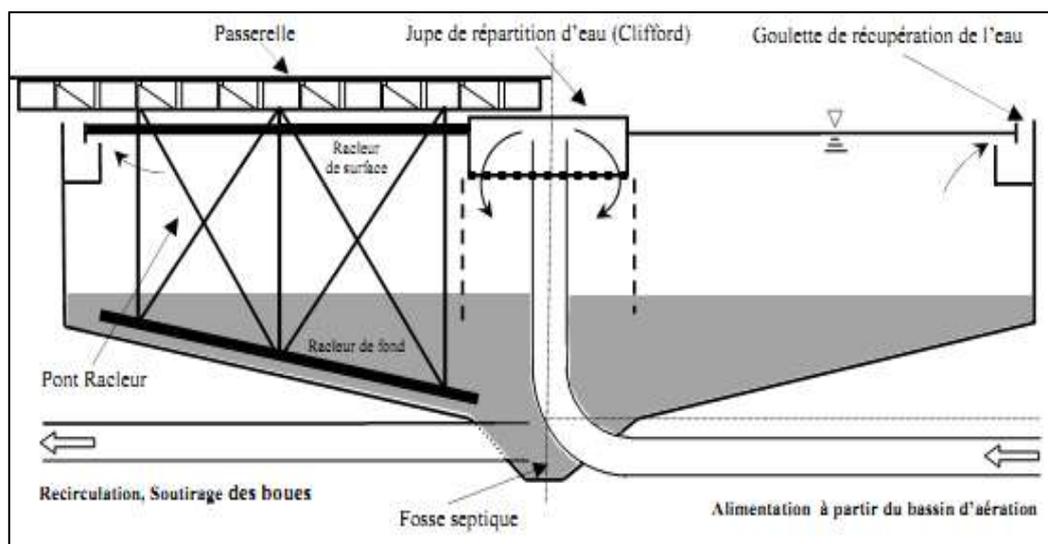


Figure II.13: Schéma du décanteur secondaire à fond raclé (BAKIRI, 2014.)

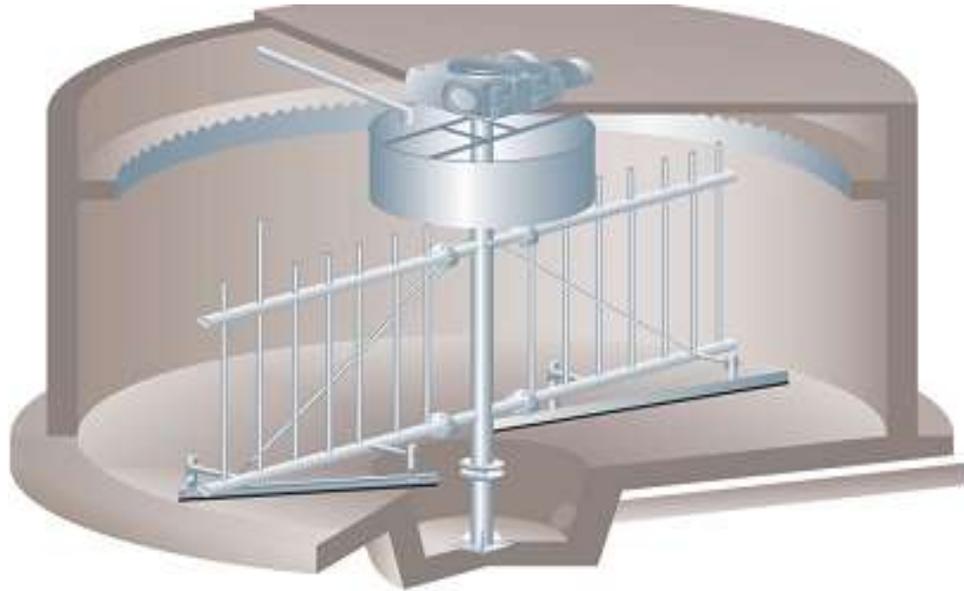


Figure II.14: Coupe longitudinale d'un épaisseur gravitaire (DJEBALI, 2008)

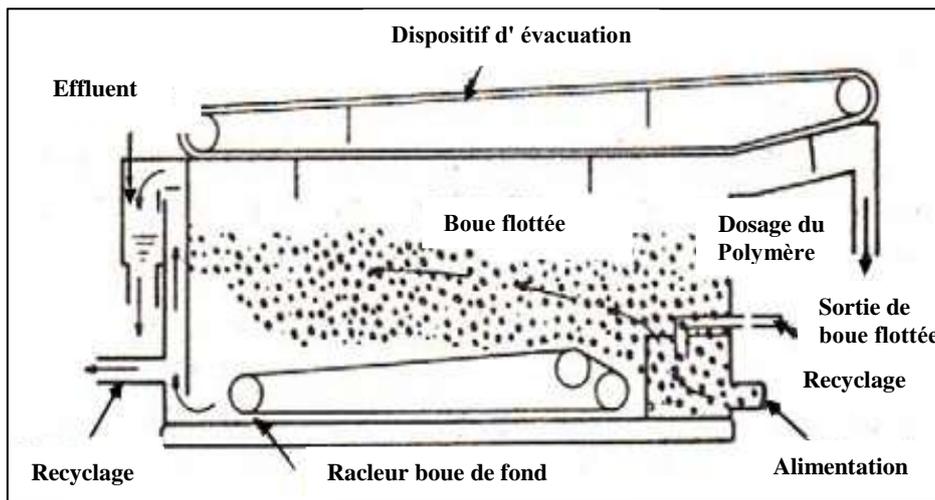


Figure II.15: Coupe schématique d'un flottateur (BECHAC, 1984)

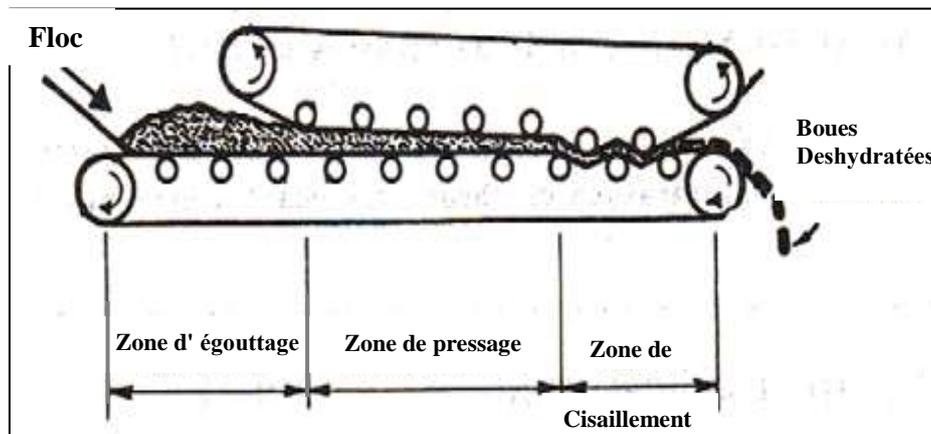


Figure II.16: Filtre à bandes presseuses (BECHAC, 1984)

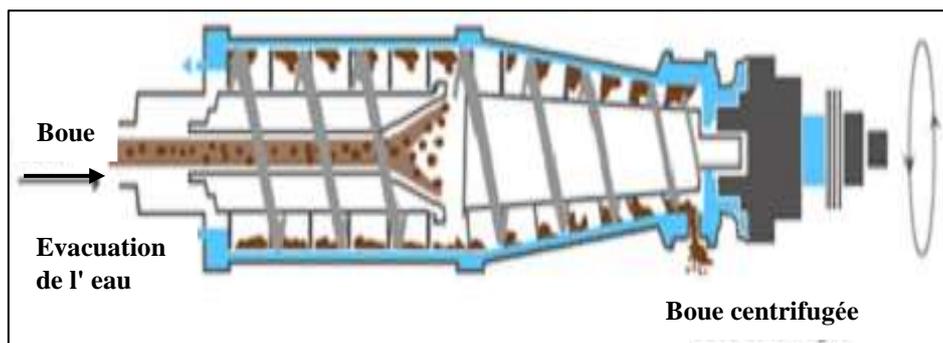


Figure II.17: Centrifugeuse (BECHAC, 1984)

## II.4. Traitement tertiaire :

### II.4.1. La désinfection :

Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent :

- **Le chlore** (à l'état gazeux ou sous forme d'hypochlorite de sodium : eau de Javel). Ce moyen de désinfection et de stérilisation est le plus utilisé et le mieux maîtrisé (SAHNOUN, 2019);
- **Le bioxyde de chlore (ClO<sub>2</sub>)** qui est un réactif très performant mais dont la mise en œuvre est délicate et nécessite une surveillance importante (SAHNOUN, 2019) ;
- **L'ozonation** : Le principe de l'ozone est d'oxyder les microorganismes de l'eau. C'est un désinfectant très puissant qui va agir sur les bactéries, virus et autres coliformes contenus dans l'eau (BOUANANI, 2021).
- **Les rayons ultraviolets (UV)**. Le principe de base est la fonction germicide des rayons ultra-violets (100-400 nm) dont la longueur d'onde optimale est de 270 nm (BOUANANI, 2021). Les avantages à la désinfection par les UV sont :
  - ✓ Les UV constituent un procédé dépourvu de produits chimiques, qui n'ajoute rien à l'eau sauf la lumière UV ;
  - ✓ Les UV inactivent de manière très efficace une large gamme de microorganismes, notamment les agents pathogènes résistants au chlore comme les espèces de Cryptosporidium et de Giardia (DEGREMONT, 2005).

## II.5 Conclusion :

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Avant que les eaux usées ne soient déversées dans le milieu naturel, elles doivent passer par plusieurs étapes d'épuration selon les normes établies et ce, dans le but de protéger le milieu récepteur des effets néfastes

de la pollution. Afin de montrer l'intérêt de l'épuration des eaux usées, nous avons présenté dans ce chapitre, les différents procédés biologiques utilisés pour l'épuration de ces eaux. Nous avons conclu que les processus d'épuration passent par quatre étapes successive : le prétraitement, le traitement primaire, biologique et enfin le traitement tertiaire. Le choix d'un procédé d'épuration optimal est une opération délicate nécessitant une étude technico-économique.

*PARTIE 2 : ÉTUDE DES  
PERFORMANCES ÉPURATOIRES  
DE LA STEP DE DJELFA PAR  
L'INDICE DE QUALITÉ DE L'EAU  
(IQE) ET L'APPROCHE  
STATISTIQUE*

*CHAPITRE III*

*DESCRIPTION ET*

*FONCTIONNEMENT DE LA*

*STATION D'ÉPURATION DE*

*DJELFA*

### III.1. Introduction :

Dans la wilaya de Djelfa il existe une seule station d'épuration à boues activées qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique de la ville de Djelfa. La réalisation de cette STEP s'inscrit dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, la protection de l'environnement. La station d'épuration de Djelfa a été construite en 1984, seulement en 1986 qu'a été mise en exploitation par les services de l'APC, par manque de main d'œuvre spécialisée, elle a été soumise aux arrêts jusqu'à son inauguration après réhabilitation et extension en 2014 (**DIF ET KAMEL ; 2017**). Les travaux de réhabilitation et extension ainsi que les équipements de la station d'épuration ont été réalisés par BUTEC en Joint-Venture avec OTV, Veolia par supervision des services de l'ONA (**SAHARA et HARICHE ; 2019**).

Dans ce chapitre, nous allons exposer le principe de fonctionnement de la STEP de Djelfa en décrivant les différents procédés de traitement de l'eau usée et des boues au sein de la station.

### III.2. Situation géographique de la STEP de Djelfa :

Le site de la station d'épuration est défini par l'étude d'assainissement, qui le mit en aval dans le côté nord de la ville de Djelfa dans le lieu dite Kaf Haouas, à une distance de 3 km du centre de ville Djelfa, en côtoyant oued Mellah (**SAHARA ET HARICHE, 2019**). Ainsi limité :

- au Nord : par l'ancienne route nationale N°1 et oued Mellah.
- au Sud : par une butte.
- à l'est : par un abattoir communal.
- à l'ouest : par un terrain nu.

Les rejets de la ville de Djelfa sont unifiés, et aboutissent à la STEP par gravité à l'aide d'un seul collecteur de diamètre 1500mm muni à l'aval d'un déversoir d'orage qui sert à limiter le débit d'eau à traiter à 4500 m<sup>3</sup>/h. La STEP de la ville de Djelfa a été dimensionnée selon les caractéristiques de l'eau brute, données dans le tableau **III.1**.

Les références de garanties données par l'OTV selon le cahier de charge et étude (**Tableau III.2 et Tableau III.3**)

Le niveau de rejet à respecter sur la bactériologie pour station d'épuration de Djelfa est le suivant :

- Coliformes totaux : 50 000 unités /100 ml.

- Coliformes fécaux : 20 000 unités/100 ml.
- Streptocoques fécaux : 10 000 unités/100 ml.

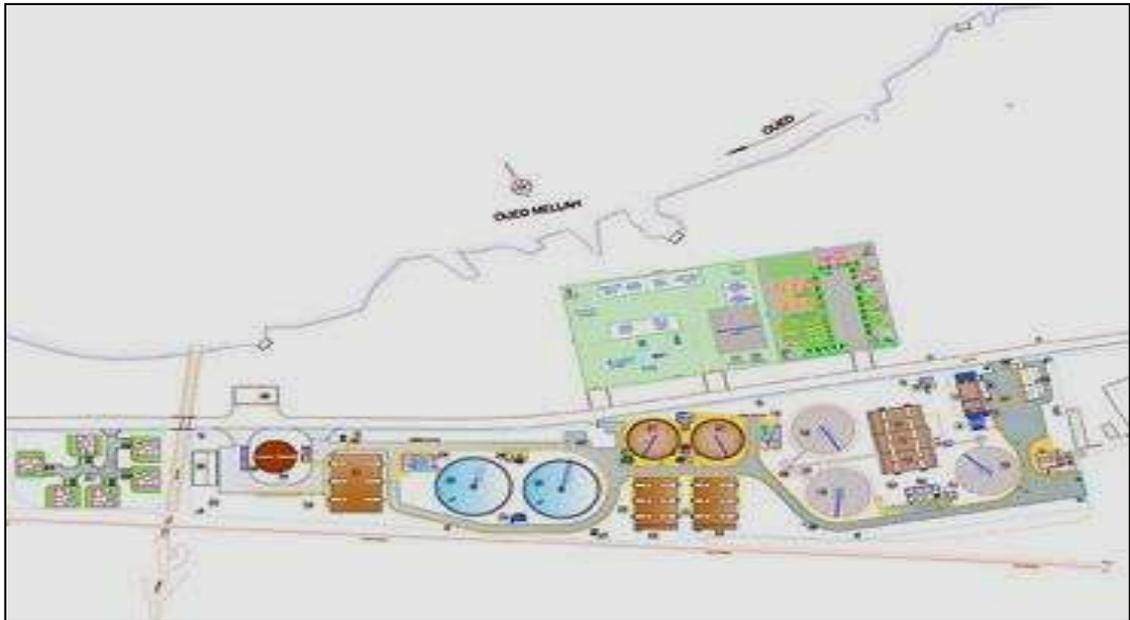


Figure III.1 : Vue en plan du projet STEP Djelfa (Source : ONA Djelfa)

Tableau III.1 : Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau à traiter

Paramètre	Unités	Valeur
Capacité de traitement	EH	270000
Débit journalier	m3/j	27800
Débit horaire moyenne	m3/h	1158
Débit horaire pointe temps sec	m3/h	2360
DBO5	Kg/j	9090
DCO	Kg/j	23005
MES	Kg/j	9944
N-Kjehldal	Kg/j	1698
Pt	Kg/j	365

Source: OTV France STEP Djelfa 2014

Les références de garanties données par l'OTV selon le cahier de charge et étude (Tableau III.2 et Tableau III.3)

Le niveau de rejet à respecter sur la bactériologie pour station d'épuration de Djelfa est le suivant :

- Coliformes totaux : 50 000 unités /100 ml.
- Coliformes fécaux : 20 000 unités/100 ml.

- Streptocoques fécaux : 10 000 unités/100 ml.

**Tableau III.2 :** Débits et charges polluantes à l'entrée de la STEP Djelfa.

Données	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Capacité de traitement	EH	270 000	270 000
Débit journalier	m <sup>3</sup> /j	25 700	36 300
Débit horaire moyen	m <sup>3</sup> /h	1 070	1 512
Coefficient de pointe	-	2,2	1
Débit de pointe	m <sup>3</sup> /h	2 360	2 360
Données	Unité	Charge journalière	Charge journalière
Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	kg/j	8 930	14 850
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	kg/j	22 500	37 125
Matière En Suspension (MES)	kg/j	9 760	17 820
Azote (NTK)	kg/j	1 690	2 700
Phosphore (P)	kg/j	360	536

Source: OTV France STEP Djelfa 2014

**Tableau III.3 :** Charges polluantes à la sortie de la STEP Djelfa.

Paramètre	Effluents traités	effluents bruts/traités
	Concentration (mg/l) Moyenne 24h Temps sec	Rendement %
DBO <sub>5</sub>	25	80
DCO	125	75
MES	35	90

Source: OTV France step Djelfa 2014

### II.3. Description des procédés d'épuration de la STEP de Djelfa :

La station d'épuration fonctionne à moyenne charge massique (**Figure III.1**). Par ce procédé, nous obtenons une bonne efficacité d'élimination de la DBO. La stabilisation (minéralisation) des boues s'effectue dans le bassin d'aération. La station d'épuration de la ville de Djelfa est composée de deux files : une file existante et une nouvelle file, comme le montre le schéma dans la (**Figure III.2**). Les deux files partagent une seule entrée de l'eau brute. Tout en sachant que le processus de l'épuration comprend deux lignes de traitement, une ligne d'eau et une ligne de boue (**SAHARA ET HARICHE ; 2019**).

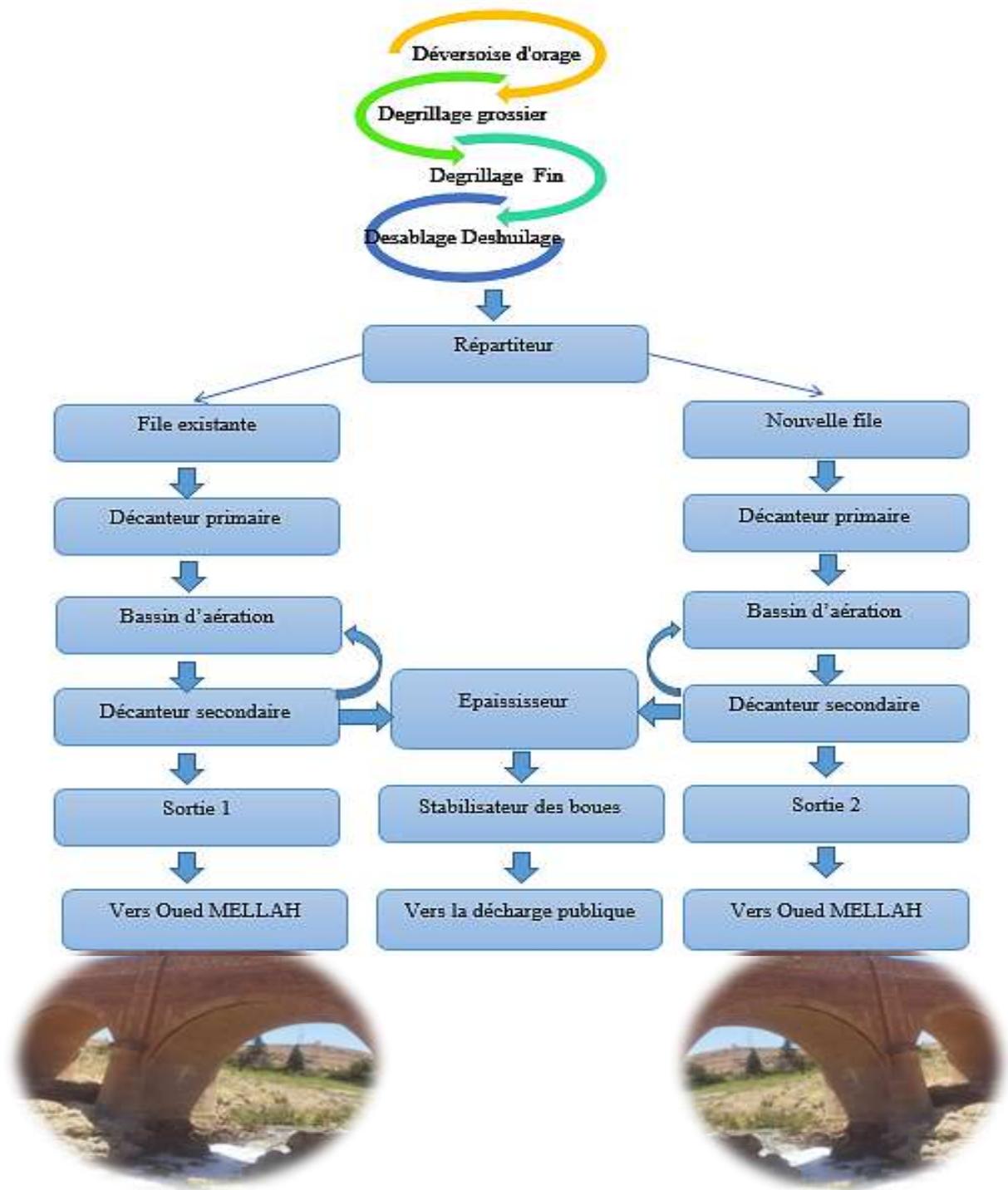


Figure III.2 : Schéma général représentatif de la STEP de Djelfa

### III.3.1. L'épuration des eaux

#### III.3.1.1. Prétraitement

##### III.3.1.1.1. Dégrillage grossier :

Composés de deux dégrilleurs (Figure III.3), le débit que peut supporter chaque dégrilleur est de 3400 m<sup>3</sup>/h ; Ce traitement a pour but de séparer et d'évacuer les macro-déchets > 70 mm,

les matières grossières la déverse dans une benne (Ragaa et Haouati, 2014). Cet atelier combine les fonctions suivantes :

- Dégrillage mécanique ;
- Transport des refus ;
- Stockage des déchets.



**Figure III.3 :** Dégrilleur grossier automatique

#### **III.3.1.1.2. Canal de comptage d'eau brute :**

Le canal de sortie de dégrilleur grossier continue par un canal de mesure de débit de la STEP, le débit d'eau est mesuré par un débitmètre électromagnétique. Le champ magnétique avec une puissance constante est généré par deux bobines magnétiques situées des deux côtés du tube de mesure Perpendiculairement à cela, deux électrodes montées sur la paroi interne de la conduite mesurent la tension produite lors du passage du fluide. La tension induite est proportionnelle à la vitesse d'écoulement et de ce fait au débit volumique (**SAHARA ET HARICHE ; 2019**).

#### **III.3.1.1.3. Dégrillage fin automatique :**

La station d'épuration est équipée par trois dégrilleurs fin chaque dégrilleur d'une capacité de 1700 m<sup>3</sup>/h, a pour fonctionnalité le traitement des effluents par la séparation et l'évacuation la macro-déchets > 10 mm, ainsi les matières grossières le dévers dans une benne (**RAGAA et HAOUATI, 2014**). Cet atelier combine les fonctions suivantes :

- Dégrillage mécanique ;

- Transport des refus ;
- Compactage des refus

#### III.3.1.1.4. Chenal d'échantillonnage d'eau brute :

Les échantillons d'eau sont prélevés par un préleveur automatique (**Figure III.5**) situé entre le dégrillage fin et le bassin de dessablage-déshuilage (**SAHARA et HARICHE ; 2019**).

#### III.3.1.1.5 Dessablage –Déshuilage :

Le dessablage et le déshuilage se réalisent dans un même ouvrage : les sables décantent au fond de celui-ci tandis que les graisses remontent en surface. Par un débit par ouvrage de 1700 m<sup>3</sup>/h, les eaux dégrillées alimentent gravitairement les deux dessaleurs-déshuileurs (**Figure III.4**), les dimensions des bassins sont données dans le **Tableau III.4**.



**Figure III.4** : Dégrillage fin automatique

#### III.3.1.1.6. Ouvrage de Répartition/ Ecrêtage :

Après prétraitements les effluents sont admis dans un ouvrage de répartition (**Figure III.7**) permettant d'orienter les flux suivants (**RAGAA et HAOUATI, 2014; HAOUATI, E.H. 2020**) :

- 2360 m<sup>3</sup>/h vers le traitement biologique répartis pour 42% vers la chaîne de traitement existante (991 m<sup>3</sup>/h), et 58 % vers les deux nouvelles chaînes de traitement (1369 m<sup>3</sup>/h),
- 1040 m<sup>3</sup>/h en by pass.

**Tableau III.4 : Caractéristiques du dessableur/ déshuileur**

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	28
Largeur	m	6
Hauteur	m	10.12
Nombre de bassins	/	2
Volume	m <sup>3</sup>	3400

Source: OTV France STEP Djelfa

**Figure III.5 : Préleveur d'échantillons automatique**

### III.3.1.2. Première file (File existante)

#### III.3.1.2.1. Traitement primaire :

Les effluents prétraités sont orientés via un répartiteur, vers le décanteur primaire existant (.

Les rendements de la décantation primaire pour la file existante sont (ONA de Djelfa) :

- Un abattement de 30% des charges entrantes de DCO
- Un abattement de 55 % des charges entrantes des MES



**Figure III.6 :** Dessableur/Déshuileur



**Figure III.7 :** Répartiteur

Les eaux décantées, récupérées par surverse, sont ensuite orientées vers le traitement biologique. Les matières décantées, appelées boues primaires, sont extraites régulièrement pour être envoyées vers l'étape d'épaississement des boues.

### **III.3.1.2.2. Traitement biologique :**

#### **III.3.1.2.2.1. Bassin d'aération :**

En provenance du traitement primaire, les eaux arrivent au bassin d'aération. Le volume total disponible (3 bassins) pour le traitement biologique est de  $4461 \text{ m}^3$  car le bassin de stabilisation est réhabilité en bassin d'aération (**Figure III.9**). Avec un effluent aéré, les

bactéries trouvent des conditions favorables pour leur développement : elles disposent d'oxygène et d'un substrat carboné (RAGAA et HAOUATI, 2014; HAOUATI, E.H. 2020). Dans les bassins, une aération efficace est nécessaire à la bonne dégradation de la pollution et à une parfaite maîtrise des coûts de fonctionnement. Aussi, l'aération est réalisée par des turbines de surface. Dans les bassins, il se déroule les réactions biologiques suivantes :

- Dégradation du substrat organique,
- Synthèse cellulaire

Les bases de dimensionnement du bassin d'aération pour la première file 42 % de la pollution entrante, sont les suivantes : (Tableaux III.5 et III.6).



**Figure III.8 :** Décanteur primaire file existant

#### III.3.1.2.2.2. Décantation secondaire :

La liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée sur les ouvrages de décantation secondaire, après passage dans un ouvrage de répartition. La clarification est réalisée dans les deux ouvrages existants avec les caractéristiques suivantes (Tableau III.9).

**Tableau III.5 :** Débits entrée à file existante.

Données	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Débit journalier	m <sup>3</sup> /j	11 676	15 246
Débit horaire moyen	m <sup>3</sup> /h	486.4	635,0
Débit de pointe	m <sup>3</sup> /h	991,2	991,2

**Tableau III.6 :** Charge Entrante sur le Traitement Biologique file existante

Données	Unité	Charge journalière	Charge journalière
Demande Biologique en Oxygène (DBO5)	kg/j	3 817,8	6 237,0
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	kg/j	9 992,1	15 592,5
Matière En Suspension (MES)	kg/j	4176,5	7 484,4
Azote (NTK)	kg/j	713,2	1 134,0
Phosphore (P)	kg/j	153,3	226,8

Source: OTV France step Djelfa 2014

**Tableau III.7 :** Dimension de bassin d'aération file existant

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	41
Largeur	m	25
Hauteur	m	4
Volume	m <sup>3</sup>	4100
Nombre des bassins	/	1

Source: OTV France step Djelfa 2014.

Les principaux paramètres de fonctionnement du bassin d'aération, sont les suivantes :

**Tableau III.8:** Paramètres de bassin d'aération file existante.

Situation	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Volume biologique retenu total	m <sup>3</sup>	4461	4461
Flux de pollution entrante en DBO5	kg/j	2 672,5	4 365,9
Charge Massique	kg DBO5/kg MVS	0,24	0,40
Charge Volumique	kg DBO5/m <sup>3</sup>	0,60	0,98
Concentration en MEST	g/L	3,86	3,78
Concentration en MVS	g/L	2,47	2,47
Age des boues	Jours	6,47	3,41
Quantité totale de boues activées	kg MES	17 213	16 870
Production de boues	kg/j	2661	4947
Volume journalier	m <sup>3</sup>	472	1 289
Temps de séjour	H	6,11	4,68

Source: OTV France step Djelfa 2014.



**Figure III.9 :** Bassin d'aération file existant

#### III.3.1.2.2.3. Poste de recirculation des boues :

Le but de recirculation des boues est d'y maintenir une concentration constante de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considéré et qui permet de limiter le temps de séjour dans les décanteurs (clarificateurs) pour garantir une bonne qualité et âge de boue bien définie et éviter aussi l'accumulation et débordement du lit de boue dans le décanteur (**RAHLAOUI ;2020**). Il est nécessaire de contrôler la quantité de boues recirculées. Si la quantité de boues recirculées est trop importante, des problèmes d'ordre hydraulique risquent d'apparaître sur le clarificateur par imposition d'une charge au radier trop importante. Si elle est trop faible, cela entraîne un stockage des boues dans le clarificateur. Il y a alors risque d'anoxie prolongée des boues et donc d'une dénitrification dans le clarificateur, provoquant un entraînement des boues vers la surverse (**SAHARA et HARICHE ; 2019**).

Le débit des pompes de recirculation est contrôlé par l'installation d'une mesure de débit électromagnétique sur la canalisation de refoulement des boues (**RAGAA et HAOUATI, 2014; HAOUATI, E.H. 2020**).

**Tableau III.9 :** Dimensions de décanteur secondaire file existante

Dimension	Unité	File existant
Diamètre intérieur	m	30
Hauteur d'eau en périphérie	m	2.2
Surface de clarification	m <sup>2</sup>	706

Volume de bassin	m <sup>3</sup>	1837
Forme	/	Cylindro-conique

Source: OTV France STEP Djelfa 2014

**Tableau III.10 :** Paramètres entrée clarificateur file existante

Paramètre	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Débit entrant par ouvrage	m <sup>3</sup> /h	486,4	991,2
Vitesse ascensionnelle	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	0,34	0,70
Temps de passage	h	6,30	3,09

Source: OTV France STEP Djelfa 2014



**Figure III.10 :** Décanteur secondaire (clarificateur) file existante

#### III.3.1.2.2.3. Traitement tertiaire :

Ce traitement a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique par l'utilisation des procédés de désinfection (la chloration, l'ozonation et le rayonnement ultraviolet (UV)). Dans la STEP de Djelfa la désinfection est réalisé par injection d'eau de javel dans un bassin de contact équipé de chicanes qui permet un temps de contact de 15 mn par rapport au débit maximal. Le réactif stocké dans une cuve verticale de 30 m<sup>3</sup> est injecté par une pompe doseuse de débit 50 à 150 l/h avec un secours en atelier. Les caractéristiques de l'ouvrage sont :

- Cotés : 8,50 m
- Hauteur d'effluents : 3,70 m

- Volume utile : 250 m<sup>3</sup>
- Temps de passage : 15 mn



**Figure III.11 :** Station de chloration file existante

### **III.3.1.3. Deuxième file (Nouvelle file)**

#### **III.3.1.3.1. Traitement primaire :**

À la sortie de l'ouvrage de dessablage-déshuilage, Les effluents prétraités sont orientés via un répartiteur, vers deux décanteurs primaires. Chaque ouvrage est de 25m de diamètre, d'une hauteur d'eau cylindrique de 2,5 m et d'un volume utile de 1227 m<sup>3</sup> (**RAGAA et HAOUATI, 2014**). Les boues primaires sont raclées vers un puits central, d'où elles sont aspirées pour chaque ouvrage par une pompe et envoyées en stabilisation. Les rendements de la décantation primaire sont (**SAHARA et HARICHE ; 2019**):

- DCO : abattement de 30% des charges entrantes
- MES : abattement de 55 % des charges entrantes

#### **III.3.1.3.2. Traitement biologique :**

En aval de la décantation primaire, les effluents transitent par un nouvel ouvrage de répartition qui permet une équi-alimentation des chaînes biologiques, et éventuellement le by pass d'une chaîne de traitement. Dans ce cas l'ensemble des effluents est admis sur une seule chaîne de traitement (**SAHARA et HARICHE ; 2019**).



**Figure III.12 :** Décanteur primaire (nouvelle file)

**Tableau III.11 :** Débit et vitesse entrée à décanteurs primaires.

Situation	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Débit entrant par ligne	m <sup>3</sup> /h	372	684,0
Vitesse ascensionnelle	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	0,69	1,40
Temps de passage	h	3,65	1,79

Source: OTV France step Djelfa 2014.

#### III.3.1.3.2.1. Bassin d'aération :

Pour ces nouvelles lignes de traitement l'aération est effectuée dans deux bassins identiques de volume unitaire 3208 m<sup>3</sup>, soit un total de 6 416 m<sup>3</sup> (SAHARA et HARICHE ; 2019). Les principaux paramètres de fonctionnement du bassin d'aération, sont les suivantes : (Tableau 12) :

#### III.3.1.3.2.2. Poste de recirculation des boues :

La recirculation des boues recueillies dans les clarificateurs a pour objectif de maintenir la concentration en biomasse épuratrice dans les bassins d'aération (SAHARA et HARICHE ; 2019).



**Figure III.13 :** Bassin d'aération (nouvelle file)

**Tableau III.12 :** Les principaux paramètres du bassin d'aération nouvelle file.

Situation	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Volume biologique retenu total	m <sup>3</sup>	6 416	6 416
Flux de pollution entrante en DBO <sub>5</sub>	kg/j	3 690,6	6 029,1
Charge Massique	kg DBO <sub>5</sub> /kg MVS	0,24	0,40
Charge Volumique	kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup>	0,58	0,94
Concentration en MEST	g/L	3,71	3,63
Concentration en MVS	g/L	2,37	2,37
Age des boues	Jours	6,47	3,41
Quantité totale de boues activées	kg MES	23 785	23 314
Production de boues	kg/j	3 501	6 519
Temps de séjour	H	6,11	4,68

Source: OTV France STEP Djelfa 2014.

#### III.3.1.3.2.3. Décantation secondaire (clarificateur) :

La nouvelle file dispose de deux décanteurs secondaires de forme circulaire (Figure III.14). Chaque ouvrage, de forme cylindro-conique, a les dimensions suivantes:

- Diamètre = 36 m ;
- Hauteur cylindrique = 3,80 m ;
- Volume = 3868 m<sup>3</sup>.



**Figure III.14 :** Décanteur secondaire (nouvelle file)

**Tableau III.13 :** Débit et vitesse entrée clarificateurs nouvelle file.

Situation	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Débit entrant par ouvrage	m <sup>3</sup> /h	335,8	684,4
Vitesse ascensionnelle	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	0,33	0,43
Temps de passage	h	11,43	5,61

Source: OTV France step Djelfa 2014

### III.3.1.3.3. Désinfection et comptage de l'eau épurée :

#### III.3.1.3.3.1. Canal de comptage et d'échantillonnage :

La mesure de débit finale permet de connaître les flux traités rejetés dans le milieu naturel. Elle est effectuée pour chaque ligne de traitement par un canal ouvert équipé d'un canal venturi et d'une sonde de type ultrason qui permettent de connaître les flux instantanés transitant par cet ouvrage ainsi que leur totalisation (**RAGAA et HAOUATI, 2014**). À ce niveau est présent le préleveur automatique de contrôle des effluents de sortie sur la chaîne existante. Celui-ci est thermostaté à 4 °C, sous abri, ouvert en face avant et est isotherme (**RAGAA et HAOUATI, 2014**).

#### III.3.1.3.3.2. Bassin de chloration :

Les eaux épurées sont introduite, après une désinfection par l'injection d'eau de javel, dans le bassin de contact en béton de type chicanes, permettant d'assurer un bon mélange de la solution avec l'eau épurée. Le réactif stocké dans une cuve verticale de 30 m<sup>3</sup> est injecté par une pompe doseuse de débit 50 à 150 l/h avec un secours en atelier (**SAHARA et HARICHE ; 2019**). Les caractéristiques de ce bassin sont :

- Cotés: 10 m ;
- Hauteur: 3,7 m ;
- Volume utile: 350 m<sup>3</sup>.
- Temps de contact : 15 mn



**Figure III.15 :** Station de chloration nouvelle file

#### **III.3.1.3.4. Ligne de traitement des boues :**

Le traitement des boues issues de la décantation comporte deux étapes :

- un épaissement statique,
- une déshydratation mécanique : les boues épaissies sont d'abord floculées avant d'être envoyées sur une bande presseuse.

#### **III.3.1.1.4.1. Épaississement des boues :**

La concentration de la matière dans cet ouvrage après un temps de stockage d'une journée est comprise entre 30 et 40 g/l suivant les taux d'apports de boues primaires, et biologiques. Par sécurité nous retenons la valeur moyenne de 35 g/l.

L'ouvrage proposé a les caractéristiques suivantes :

- Diamètre intérieur : 20 m
- Hauteur d'eau en périphérie : 4,10 m
- Volume : 1 444 m<sup>3</sup>



**Figure III.16 :** Traitement des boues

#### **III.3.1.3.4.2. Stabilisation des boues :**

La stabilisation aérobie des boues a pour but la réduction de matières organiques dans la masse globale des matières à un taux inférieur ou égal à 60%. Les temps de traitement des boues lors d'une stabilisation aérobie sont de 14 jours (SAHARA et HARICHE, 2019). L'aération des boues est assurée par 6 turbines verticales dont le rendement d'oxygénation retenu est de 1,85 kg O<sub>2</sub>/kW en conditions standards (RAGAA et HAOUATI, 2014).



**Figure III.17 :** Épaisseur des boues

#### **III.3.1.3.4.3. Déshydrations :**

Avant que les boues épaissies ne soient envoyées vers une bande presseuse, elles sont d'abord floculées et afin d'améliorer la filtrabilité des boues, l'ajout de polymère en faible quantité est nécessaire.

Au niveau de la STEP de Djelfa la déshydrations des boues est réalisées par bande presseuse (**Figure III.17**). L'atelier de déshydratation a été dimensionné pour un fonctionnement de 16 heures par jour, 6 jours par semaine pour une concentration moyenne de 28,6 g/l (**SAHARA et HARICHE, 2019**).

#### III.3.1.3.4.4. Préparation du Polymère :

Le polymère livré en poudre et stocké dans le local de traitement des boues, il est dosé et dilué avec de l'eau potable. Afin d'assurer une bonne dilution, la préparation automatique est équipée de deux agitateurs pendulaires. Il y a deux pompes de dosage par file, dont une de secours.

#### III.3.1.3.4.5. Évacuation et stockage des boues déshydratées :

Une vis de convoyage reprend la totalité des boues en sortie des filtres et alimente une pompe gaveuse. Celle-ci envoie les boues déshydratées vers différents points de stockage à travers une canalisation en acier noir revêtu époxy :

- 4 bennes de 15 m<sup>3</sup> ;
- deux aires de stockage de 385 m<sup>3</sup> chacune ce qui permet un stockage d'une semaine.

Une tuyauterie équipée d'un joint tournant vient alimenter deux bennes. Lorsqu'une benne est vide, la rotation de la tuyauterie permet d'alimenter l'autre benne. Le volume maximum des boues déshydratées est de 43,8 m<sup>3</sup> par jour de travail à 20% de siccité. Des vannes guillotines manuelles permettent de choisir le lieu de refoulement des boues (**SAHARA et HARICHE ; 2019**).



**Figure III.18** : Tables et presses à bandes

**III.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la station d'épuration de DJELFA, à travers une description détaillée et illustrée de chaque étape de traitement. On a décrit d'une part les différents procédés de traitement des eaux usées, à savoir : les prétraitements, traitement biologique et décantation et d'autre part, le traitement des boues: l'épaississement, la stabilisation et la déshydratation.

*CHAPITRE IV*

*MÉTHODOLOGIE DE*

*TRAITEMENT DES DONNÉES*

## IV.1. Introduction

Dans ce chapitre seront présentées les différentes méthodes appliquées dans ce mémoire. Elles comprennent les méthodes de calcul des indicateurs de performance (ratios de diagnostic), et les différentes techniques statistiques multivariées (matrice de corrélation et l'Analyse en Composantes Principales (ACP)) employées pour le traitement des données d'auto-surveillance de la STEP. Les indicateurs de performance sont des outils d'aide à la décision et de suivi facile à utiliser et permettant de diagnostiquer le fonctionnement de la STEP afin de déceler d'éventuels dysfonctionnements. L'utilisation de l'ACP, pour l'interprétation des données physico-chimiques permet de visualiser et analyser les corrélations existantes entre les différentes variables, afin d'identifier les principaux facteurs responsables de la qualité chimique des eaux.

Ce chapitre comprend également l'utilisation de la méthode de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées de la STEP. L'indice de qualité de l'eau (IQE) est une technique de classification de l'eau qui repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes ou nationales ou internationale. L'IQE permet de résumer de nombreuses données relatives aux analyses physico-chimiques en une seule valeur numérique pour représenter la qualité globale de l'eau (excellente, bonne, mauvaise...etc.), c'est-à-dire compréhensible et utilisable par les gestionnaires et les décideurs, et même le public.

## IV.2. Les indicateurs de performance (ratios de diagnostic)

Les indicateurs de performance sont des paramètres qui permettent d'une part de suivre de manière détaillée dans le temps les différents résultats de la station d'épuration, apportant, d'autre part, une vision globale de son fonctionnement.

### IV.2.1. Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (ratio de biodégradabilité)

Le coefficient de biodégradabilité est calculé par le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> et dépend de la nature et de l'origine des eaux usées qui peuvent être domestiques ou industrielles, ce qui nécessite des traitements différents. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet de déduire si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO<sub>5</sub> inférieur à 3) (**RODIER, 2009**).

- DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 effluent facilement biodégradable
- 3 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 5 effluent moyennement biodégradable
- DCO/DBO<sub>5</sub> > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.

### IV.2.2. Rapport MES/DBO<sub>5</sub>

Le rapport MES/DBO<sub>5</sub> indique la répartition de la pollution particulaire représentée par la MES et la pollution dissoute représentée par la DBO<sub>5</sub> (BOUANANI, 2021). Les valeurs de ce ratio varient en fonction du phénomène de sédimentation-érosion au sein du réseau ainsi qu'au lessivage du sol (PARENT-RAOULT ET BOISSON, 2007). Des valeurs importantes pour ce rapport sont observées suite à des événements pluvieux importants. Pour un effluent urbain strict ce rapport varie entre 0,69 et 2,93.

- $\frac{MES}{DBO_5} > 1$  la pollution est dite particulaire
- $\frac{MES}{DBO_5} < 1$  la pollution est dite dissoute

### IV.2.3. Rapport DBO<sub>5</sub>/ NTK

Ce rapport est lié à la cinétique de dénitrification, une valeur faible de ce ratio désigne l'efficacité du procédé d'élimination de l'azote organique, induisant une nitrification importante (BOUANANI TEBBAL, 2013).

### IV.2.4. Rapport DCO/NTK

Le rapport DCO/NTK influence la cinétique de nitrification et donc le degré d'abattement de l'azote global. Plus ce rapport faible, plus la vitesse de nitrification est élevée (MALEK, 2014). Rappelons que pour un effluent urbain la valeur du ratio DCO/NTK est d'environ 4 à 5 (SADAWSKI, 2002; MEDARBEL et AMROUCHE, 2012).

### IV.2.5. Rapport DCO/PT

Le rapport DCO/PT indiquera la mixité relative de l'effluent ainsi que les possibilités et la faisabilité d'un traitement biologique du phosphore (BOUANANI TEBBAL, 2013). Quand DCO/PT > 40 à 45, cela indique une bonne aptitude au traitement biologique du phosphore (SADAWSKI, 2002; NAKIB, 2015).

## IV.3. Les indices de la qualité de l'eau (IQE)

Dans un premier temps, IQE a été développé par HORTON (1965) en États-Unis en sélectionnant les 10 variables de qualité de l'eau plus couramment utilisées comme l'oxygène dissous (DO), le pH, Coliformes, conductance spécifique, alcalinité et etc. chlorure et a été largement appliquée et acceptée dans les pays européens, africains et asiatiques. En outre, une nouvelle approche de l'IQE semblable à l'indice de Horton a également été mis au point par le groupe de BROWN en 1970 (BROWN et al. 1970), qui était basée sur des poids à des paramètres individuels. Un indice de qualité de l'eau (IQE) fournit une valeur unique qui

exprime la qualité globale de l'eau en fonction de plusieurs paramètres de qualité de l'eau. L'objectif de l'IQE est de transformer des données complexes sur la qualité de l'eau en information simple (par exemple, excellent, bon, mauvais...etc.), compréhensible et utilisable par le grand public.

### IV.3.1. Méthodes d'évaluation de l'indice de qualité de l'eau (IQE) :

#### IV.3.1.1. Indice de qualité de l'eau arithmétique pondérée :

La méthode de l'indice de qualité de l'eau arithmétique pondérée classe la qualité de l'eau en fonction du degré de pureté en utilisant des variables de qualité de l'eau les plus couramment mesurés. La méthode a été largement utilisée par plusieurs chercheurs (**BROWN et al., 1972; CHATTERJI and RAZIUDDIN, 2002; CHAUHAN & SINGH 2010; RAO et al. 2010; YIDANA et YIDANA, 2010; ABBASI & ABBASI, 2012**).

La méthode de l'indice de qualité des eaux usées reflète l'influence composite des différents paramètres de qualité de l'eau sur son irrigation.

L'indice est calculé en utilisant les équations suivantes :

$$w_i = \frac{k_i}{S_i} \quad (\text{IV.1})$$

$W_i$  : le poids de chaque paramètre selon son importance relative dans la qualité des eaux de boisson.

$K_i$  : constante de proportionnalité et peut également être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$k_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{S_i}\right)} \quad (\text{IV.2})$$

$n$ : nombre de paramètres

$S_i$  : valeur maximale de la norme standard de chaque paramètre en mg/l sauf pour le pH, la T°C et la conductivité électrique.

Ensuite, une échelle d'évaluation de la qualité ( $Q_i$ ) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme dudit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 comme dans la formule suivante :

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i}\right) \cdot 100 \quad (\text{IV.3})$$

$Q_i$  : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre.

$C_i$  : la concentration de chaque paramètre en mg/l.

Finalement l'indice global de la qualité de l'eau est calculé par l'équation suivante :

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{IV.4})$$

#### IV.3.1.2. Indice de la Qualité de l'Eau (Méthode de pondération)

Dans cette approche, Une valeur numérique appelée poids (wight), comprise entre 2 et 5, est attribuée à chaque paramètre, reflétant son degré d'influence sur la qualité de l'eau (VAROL et al., 2015). Le choix et la pondération des paramètres physico-chimiques impliqués dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Un poids ( $w_i$ ) est affecté à un paramètre en tenant compte de son importance relative dans l'évaluation de la qualité totale d'une eau. Dans l'exemple du Tableau 1, le poids maximal de 5 a été assigné aux nitrates en raison de leur importance majeure dans l'évaluation de la qualité de l'eau (RAMAKRISHNAIAH et al., 2009). De même, le poids 5 a été attribué aux métaux lourds comme le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), l'arsenic, etc.

En effet, du fait de leur caractère non-biodégradable, et de leur toxicité, les métaux lourds représentent un danger pour la santé humaine (GARBARINO et al., 1995 ; SHRESTHA et al., 2016). Cependant, le magnésium a été affecté du poids 1 car il ne présente pas de réels effets nuisibles à la santé humaine.

Le calcul du poids relatif ( $W_i$ ) de chaque paramètre est effectué en suivant l'équation suivante :

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (\text{IV.5})$$

Avec,

$W_i$  est le poids relatif,  $w_i$  est le poids de chaque paramètre et n est le nombre des paramètres.

Ensuite, une échelle d'évaluation de la qualité ( $q_i$ ) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme du dit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 comme dans la formule suivante :

$$q_i = \left( \frac{c_i}{s_i} \right) \cdot 100 \quad (\text{IV.6})$$

$q_i$ : échelle de notation de la qualité

$C_i$  : la concentration de chaque paramètre en  $\text{mg.L}^{-1}$

$S_i$  : la norme de l'OMS de chaque paramètre en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

-la détermination de l'indice de qualité de l'eau (WQI) est effectuée à partir des équations suivantes :

$$SI_i = w_i \times q_i \quad (\text{IV.7})$$

$$WQI = \sum SI_i \quad (\text{IV.8})$$

Le Tableau IV.1 donne la grille pour l'évaluation de la qualité de l'eau selon les valeurs de l'IQE.

**Tableau IV.1:** Évaluation de la qualité de l'eau selon L'indice de qualité de l'eau arithmétique pondérée (IQE) (CHATTERJI ET RAZIUDDIN, 2002).

Classe d'IQE	Type d'eau	Usage possible
0-25	Excellente qualité	Eau potable, irrigation et industrie
26-50	Bonne qualité	Eau potable, irrigation et industrie
51-75	Mauvaise qualité	Irrigation et industrie
76-100	Très Mauvaise qualité	Irrigation
>100	Eau non potable	Traitement approprié requis avant utilisation

**Tableau IV.2:** Pondération des paramètres de qualité

Paramètres chimiques	Poids ( $w_i$ )	Poids relatif ( $W_i$ )	Normes OMS
pH	4	0,083	6,5 – 9
Conductivité électrique ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	4	0,083	200 – 1100
Turbidité (UTN)	2	0,041	1
Nitrates ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	5	0,104	50
Chlorures ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3	0,062	250
Sulfates ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	4	0,083	250

Calcium (mg.L <sup>-1</sup> )	2	0,041	75
Magnésium (mg.L <sup>-1</sup> )	2	0,041	30
Sodium (mg.L <sup>-1</sup> )	2	0,041	200
Mercure (mg.L <sup>-1</sup> )	5	0,104	0,001
Plomb (mg.L <sup>-1</sup> )	5	0,104	0,01
Cyanure (mg.L <sup>-1</sup> )	5	0,104	0,05
Cadmium (mg.L <sup>-1</sup> )	5	0,104	0,005
Total	48	1	

Le regroupement des valeurs de WQI comme indiqué dans le Tableau IV.2 permet de classer les eaux étudiées. Les classes sont au nombre de 5 et vont de « eaux excellentes » à « eau impropres à la consommation humaine » au regard des paramètres retenus.

**Tableau IV.3:** Classification des eaux basée sur les valeurs WQI (**RAMAKRISHNAIAH et al., 2009**)

Valeurs QWI	Qualité des eaux
< 50	Excellente qualité
50 – 100	Bonne qualité
100 – 200	Qualité médiocre
200 – 300	Qualité mauvaise
> 300	Eau non potable

#### IV.4. Méthodes statistiques de traitement des données

##### V.4.1. Matrice de corrélation

Les différentes corrélations entre les variables deux à deux peuvent être déterminées sur la base du coefficient de corrélation significatif (critique) tiré de la table de **BRAVAIS-PEARSON** en fonction du nombre d'observations et de variables mis en jeu (**LEFEBVRE, 1988**). Un coefficient de corrélation élevé (**r**) près de **+1** ou **-1** reflète une bonne relation entre deux variables et sa valeur autour de zéro signifie aucune relation entre elles à un niveau significatif de **p < 0,05**.

Une corrélation  $r > 0,7$  correspond à des données fortement corrélées tandis qu'une corrélation  $r$  entre  $0,5$  et  $0,7$ , correspond à des données modérément corrélées (KUMAR and MUTTAN, 2006).

#### IV.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

##### IV.4.2.1. Description de la méthode

L'ACP est méthode d'analyse factorielle permettant de réduire le nombre de variables afin de projeter le nuage de points dans un sous-espace bidimensionnel engendré par des couples d'axes factoriels. Les données utilisées pour l'analyse en composantes principales sont centrées et réduites, c'est-à-dire que chaque variable a une moyenne nulle et une variance égale à 1. Cette méthode a été utilisée avec succès par plusieurs auteurs (DAVIS JC, 1986; ST-HILLAIRE et al., 2004; CLOUTIER et al., 2008; HAMZAOUI-AZAZA et al., 2010).

##### IV.4.2.2. Objectifs de la méthode

L'Analyse en Composantes Principales a pour objectifs :

- Avoir une corrélation entre les variables grâce à une représentation des données brutes et fournir des outils simples et lisibles.
- Essayer d'examiner les liens existants entre les variables afin de faciliter leur interprétation.
- Essayer de réduire au maximum le nombre de dimensions étudiées tout en gardant l'ensemble original et en utilisant les relations détectées entre les variables.

##### IV.4.2.3. Étapes de l'ACP

- Formation de la matrice des données brutes [X] (composée par le croisement de N individus x P variables).
- Calcul des paramètres statistiques :(moyenne, écart type).
- Calcul des variables centrées réduites ( $X_{CR}$ ).

$$X_{CR} = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad \text{(IV.9)}$$

$X$ : variable aléatoire

$\bar{X}$ : Moyenne de la variable X

$\sigma$ : Écart type de la variable X

- Calcul des coefficients de corrélation.

$$Cor(X_j, X_k) = \frac{cov(X_j, X_k)}{S_j \times S_k} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j) \times (X_{ik} - \bar{X}_k)}{[\sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \times \sum_{i=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_k)^2]^{1/2}} \quad \text{(IV.10)}$$

Avec :

$S_j$  = Ecart type de la  $j^{\text{ieme}}$  variable.

$N$  : Nombre d'individus.

$$S_j = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{IV.11})$$

Le coefficient de covariance est calculé par la formule suivante :

$$\text{Cov}(X_j, X_k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j) \times (X_{ik} - \bar{X}_{ik}) \quad (\text{IV.12})$$

- Calcul des valeurs propres et des vecteurs propres de la matrice de corrélation obtenue.
- Calcul des composantes principales, avec :  
 $CP$  = matrice des variables centrées réduites ( $N \times P$ ) x matrice des vecteurs propres ( $N \times N$ ).
- Calcul des composantes principales centrées réduites : Avec  $VP_j$  : la valeur propre correspondant à l'individu  $j$ .

$$CP'(i, j) = \frac{CP(i, j)}{\sqrt{V_p(j)}}$$

Avec  $V_p(j)$  : la valeur propre correspondant à l'individu  $j$ .

- Calcul de la matrice de corrélation entre  $CP'$  et  $X_{CR}$  ( $\text{cor}(CP', X_{CR})$ ).
- Tracé des cercles de corrélation

#### IV.4.2.4. Choix du nombre de composantes principales

Le choix du nombre de composantes est exprimé en fonction des valeurs propres ou les pourcentages de variation expliqués par chaque composante principale.

- Une matrice de vecteurs propres qui contiennent des combinaisons linéaires des «**p**» variables initiales actives,
- Une matrice de valeurs propres qui représentent les variances des individus sur les axes principaux correspondants.

Le nombre de composantes principales à garder est fondé sur le critère de Kaiser (**KAISER, 1958**), pour lequel seules les composantes ayant des valeurs propres supérieures à 1 sont conservées.

Dans cette étude, l'analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin de mieux contraindre l'interprétation des données en utilisant le logiciel d'analyse statistique des données **STATISTICA 7.1 (STATSOFT)**.

#### IV.5. Matériel et méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques

Le Tableau IV.4 ci-après dressé, répertorie les principes, méthodes et matériels de mesure des différents paramètres étudiés.

- Les appareils d'analyses des paramètres physico-chimiques utilisés dans le laboratoire de la STEP de Djelfa sont cités dans l'annexe (**Annexe I**).
- Les protocoles d'analyses des physico-chimiques utilisés dans le laboratoire de la STEP de Djelfa sont cités dans l'annexe sont cités dans l'annexe (**Annexe II**).

**Tableau IV.4 :** Récapitulatif des appareils et méthodes d'analyse des paramètres de pollution (Laboratoire STEP de Djelfa) (**ONA de Djelfa**).

Paramètres	Appareils	Méthodes	Réactifs
<b>MES</b>	- Dispositif de filtration sous vide -Étuve	Filtration (AFNOR FT 90-105)	
<b>MVS</b>	Four à moufle	-Calcination des matières organiques dans un four à moufle à 550 °C.	
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Oxytopes et incubateur "WTW"	Méthode respirométrique à 20°C	-Pastilles Hydroxyde de potassium (KOH) -Inhibiteur de nitrification
<b>DCO</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Oxydation au dichromate de potassium à 148°C et dosage au spectrophotomètre à 600 et 620 nm.	KIT HACH LCK 514
<b>Nitrate</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Méthode colorimétrique	KIT HACH LCK 339
<b>Nitrite</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Méthode colorimétrique	KIT HACH LCK 341
<b>Ammonium</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Méthode colorimétrique	KIT HACH LCK 304
<b>Azote total</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Méthode colorimétrique	KIT HACH LCK 338
<b>Phosphore Total</b>	Thermostat Spectrophotomètre DR 3900	Méthode colorimétrique	KIT HACH LCK 350

**IV.6. Conclusion**

Ce chapitre présente la méthodologie appliquée dans cette étude. Il commence par une description détaillée de l'indicateur de performance. Ensuite, une description des méthodes de calcul de l'indice de qualité de l'eau (IQE) sont présentées. L'IQE est un outil très intéressant pour l'évaluation de la qualité des eaux usées épurée de la STEP, il permet aux gestionnaires et aux décideurs de comprendre la qualité de l'eau pour la protection des ressources en eau.

En outre, une description de la matrice de corrélation et l'analyse en Composantes Principales (ACP) comme outils de traitement statistiques des données ont été aussi détaillés dans ce chapitre. L'ACP est une technique très intéressante pour visualiser et résumer l'information contenue dans les différentes données afin d'avoir une représentation permettant plus facilement l'interprétation.

*CHAPITRE V.*

*RÉSULTATS ET DISCUSSION*

### V.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présentera la qualité de l'eau brute et celle épurée par la station d'épuration de Djelfa. On discutera notamment les performances épuratoires de cette station sur la base des analyses physico-chimiques suivantes: la température, le pH, la conductivité (CE), les matières en suspension (MES), oxygène dissous ( $O_2$ ), la demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote de Kjeldahl (NT), les nitrates ( $NO_3^-$ ), nitrites ( $NO_2^-$ ), phosphore totale (PT), effectuées sur l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP durant l'année 2015. Les résultats sont présentés sous forme de graphique. Les résultats seront confrontés aux normes de rejet des eaux usées recommandées par l'OMS (1989) et JORA (2006).

En outre, nous calculons aussi indicateurs de performance (Ratios de diagnostic) de la STEP afin d'évaluer ces performances épuratoires. Ces ratios nous donnent informations sur la nature de la pollution engendrée par les eaux usées à l'entrée de la station ou pour les eaux épurées à la sortie de la station.

D'autre part, on va évaluer la qualité des eaux usées épurées en appliquant la méthode de l'indice de qualité de l'eau (IQE), afin savoir si la qualité de ces eaux permet leur utilisation en irrigation, industrie...etc. Cette méthode a été initialement proposée par HORTON (1965) et BROWN et al. (1970). L'objectif de l'IQE est de transformer des données complexes sur la qualité de l'eau en information simple, compréhensible et utilisable par le grand public (par exemple, excellent, bon, mauvais...etc.). Cet indice est basé sur les paramètres physicochimiques (pH, MES,  $DBO_5$ , DCO,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , PT et NT).

Enfin, on va étudier les relations existantes entre les différents paramètres physico-chimiques, en utilisant l'analyse statistique multivariée (Matrice de corrélation, l'Analyse en Composantes Principales (ACP)) (GÜLER, C., et al. 2002; ST-HILLAIRE et al. 2004; YIDANA et al. 2008). En effet, cette méthode permet d'identifier les différentes corrélations entre les paramètres physico-chimiques et de regrouper celles qui présentent un comportement semblable afin d'avoir une idée sur l'origine et les processus caractérisant la composition chimique des eaux.

## VI.2. Étude des performances de la station d'épuration de Djelfa (2015)

### V.2.1. Évolution temporelle des paramètres de pollution (file existante)

#### V.2.1.1. Température

D'après les résultats obtenus (**Figure V.1**), les valeurs de la température des différents échantillons se situent dans un intervalle qui va d'un minimum de 9°C à un maximum de 18°C à l'entrée, et entre 10,4°C et 16°C pour les eaux épurées, avec une moyenne de 13,7°C. Ces valeurs sont inférieures aux normes de rejets ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ) des eaux usées admises dans la nature (**JORA, 2006**).

#### V.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du pH mesurées durant notre période d'étude varient pour les eaux brutes entre 7,4 et 8, avec une valeur moyenne de 7,9 (**Figure V.2**). Pour les eaux épurées, le pH varie entre 7,7 et 9, avec une valeur moyenne de 8,1. Les valeurs enregistrées du pH sont conformes à la norme de rejet (6,5- 8,5) (**JORA, 2006**).

#### V.2.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale de l'eau, elle nous renseigne sur le taux de salinité (**RODIER et al., 2005**). Les valeurs de la CE des eaux brutes varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 8  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au maximum de 418  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une moyenne de 305  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Pour les eaux épurées les valeurs de CE varient entre 207,5  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 403,7  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une moyenne de 289,6  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (**Figure V.3**).

#### V.2.1.4. Matières en suspension (MES)

D'après les résultats enregistrés au cours de notre étude, on remarque que les valeurs des MES à l'entrée de la STEP varient entre 272 mg/l et 603 mg/l avec une moyenne de 407 mg/l (**Figure V.4**). Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population des quartiers drainés par les collecteurs d'assainissement branchés avec la station. À la sortie de la STEP les valeurs des MES varient entre 22 mg/l et 44 mg/l avec une moyenne de 33,2 mg/l. Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées (**Figure V.4**). Les valeurs des MES à la sortie de la STEP sont inférieures à la norme de rejet à la norme de rejet ( $\leq 35$  mg/l) (**JORA, 2006**). Les rendements d'élimination des matières en suspension varient de 86,6 à 95,2 % avec une moyenne de 91,6 % (**Tableau V.1**).

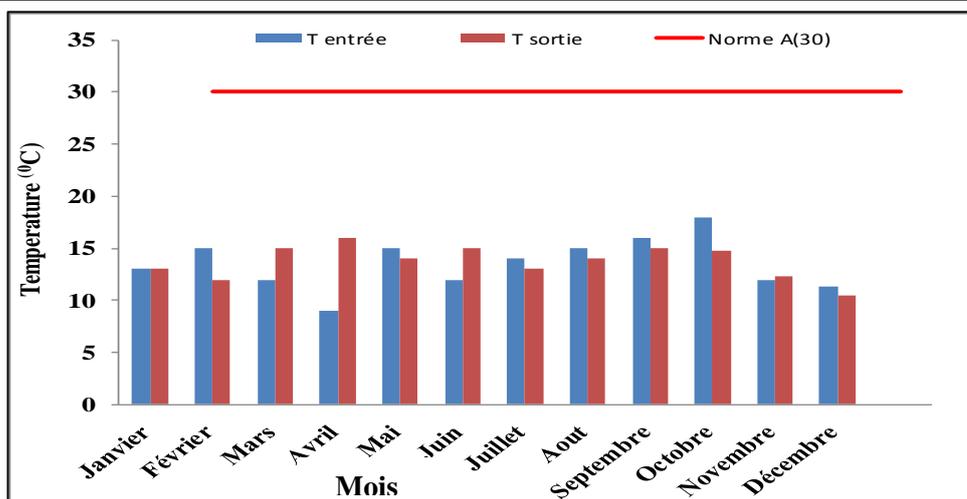


Figure V.1: Évolution de la température mensuelle moyenne (2015)

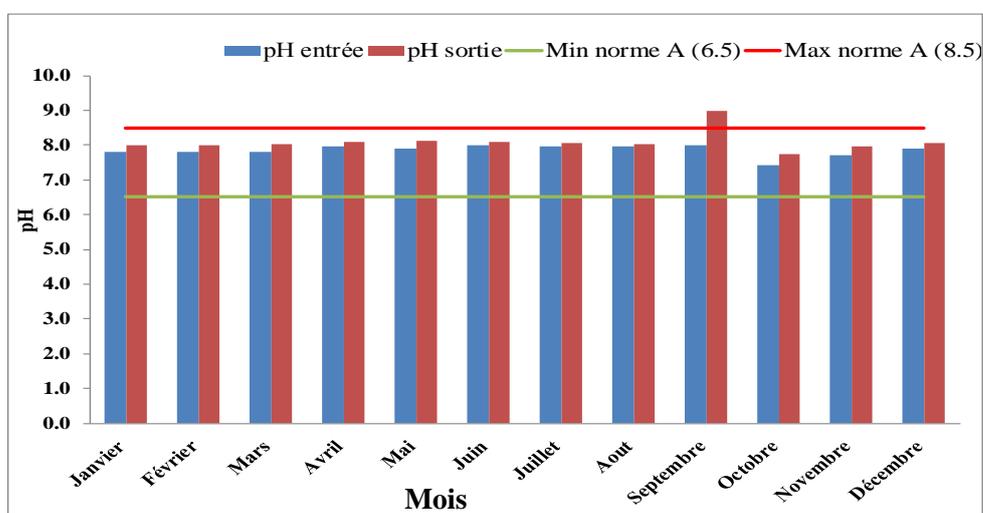


Figure V.2: Variation des valeurs moyennes mensuelles du pH (2015)

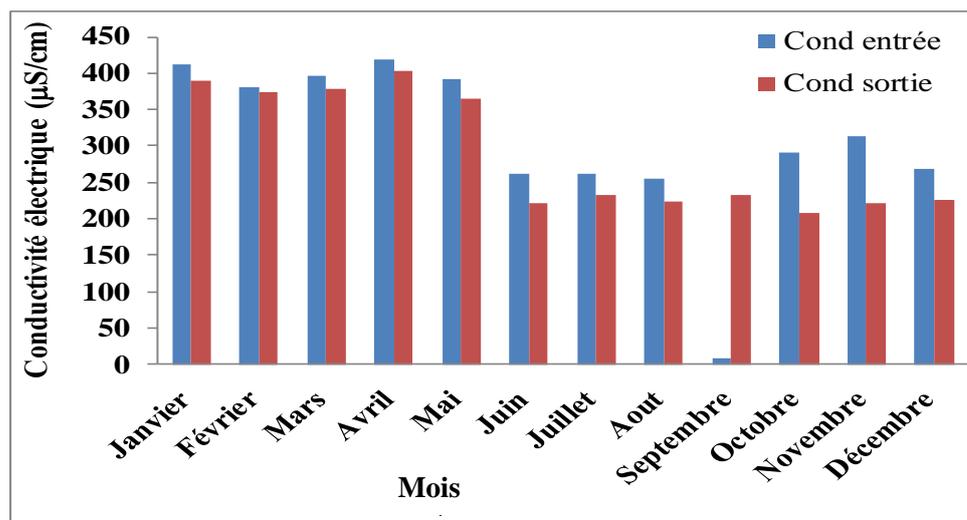
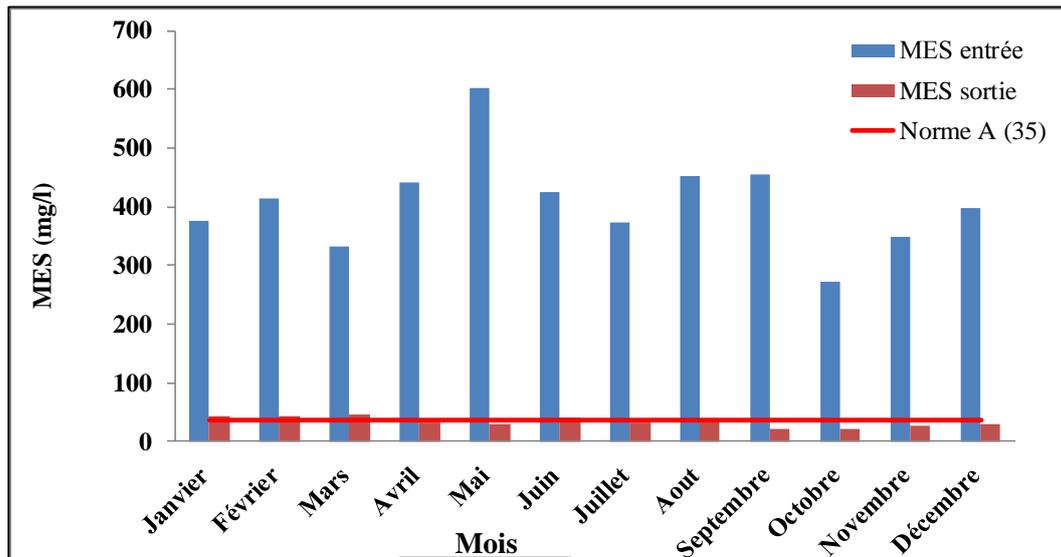


Figure V.3: Évolution de la moyenne mensuelle de la conductivité électrique (CE) (2015)



**Figure V.4:** Évolution de la moyenne mensuelle de matières en suspension (MES) (2015)

#### V.2.1.5. Oxygène dissous $O_2$

La présence d'oxygène dissous conditionne les réactions de dégradation -aérobie- de la matière organique et plus généralement l'équilibre biologique des milieux hydriques (IDRISSI et al., 2015). La teneur de saturation en oxygène dépend fortement de la température. Les teneurs en oxygène dissous à l'entrée de la STEP, oscillent entre 0,2 mg/l et 0,7 mg/l, soit une moyenne de 0,5 mg/l, et entre 4,3 mg/l et 8 mg/l avec une moyenne de 6,3 mg /l, à la sortie de la STEP (Figure V.5). La teneur en oxygène dissous ( $O_2$ ) enregistrée à la sortie de la STEP est nettement supérieur à celle de l'entrée. Cette augmentation est due à une bonne aération des eaux au niveau du bassin biologique (traitement secondaire).

#### V.2.1.6. Demande biologique en oxygène ( $DBO_5$ )

D'après les résultats obtenus, Les concentrations enregistrées de la  $DBO_5$  des eaux usées brutes oscillent entre 125 mg  $O_2$ /l et 520 mg  $O_2$ /l avec une moyenne de 312 mg  $O_2$ /l (Figure V.6). En revanche, pour les eaux épurées, les valeurs de la  $DBO_5$  oscillent entre 12 mg  $O_2$ /l et 58 mg  $O_2$ /l avec une moyenne de 21.8 mg  $O_2$ /l. Les valeurs de la  $DBO_5$  sont inférieures aux normes algériennes de rejet (35 mg  $O_2$ /l). Le degré d'abattement de la  $DBO_5$  varie entre 83,5 % et 97,7 % avec une moyenne de 91,8% (Tableau V.1). La diminution de la  $DBO_5$  pourrait être due à l'aération favorable et le bon développement des micro-organismes favorisés par un temps de séjour suffisant dans le bassin d'aération.

### V.2.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les valeurs de la DCO de l'eau brute oscillent entre 250 mg d'O<sub>2</sub>/l et 626 mg d'O<sub>2</sub>/l avec une moyenne de 503 mg d'O<sub>2</sub>/l (**Figure V.7**). Ces valeurs restent dans la gamme de référence pour les eaux usées d'origine domestiques (300 à 1000 mg d'O<sub>2</sub>/l) (**BREMOND et PERRODON, 1979**). Après épuration, les concentrations de la DCO enregistrent une diminution importante avec des valeurs comprises entre 72 et 135 mg/l avec une moyenne de 106,1 mg d'O<sub>2</sub>/l. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne de rejet (120 mg/l) (**JORA, 2006**), par contre, la valeur dépasse la norme fixée par l'OMS (< 90 mg/l). Les rendements épuratoires pour la DCO enregistrés sur la période de suivi varient entre 56% et 88,3% avec une moyenne de 77% (**Tableau V.1**).

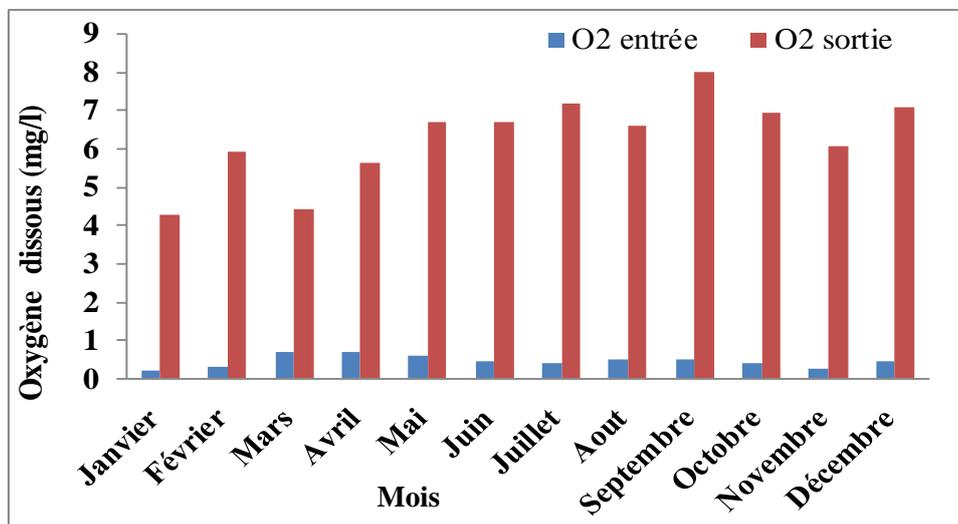


Figure V.5: Évolution moyenne mensuelle de la teneur en oxygène dissous (O<sub>2</sub>) (2015)

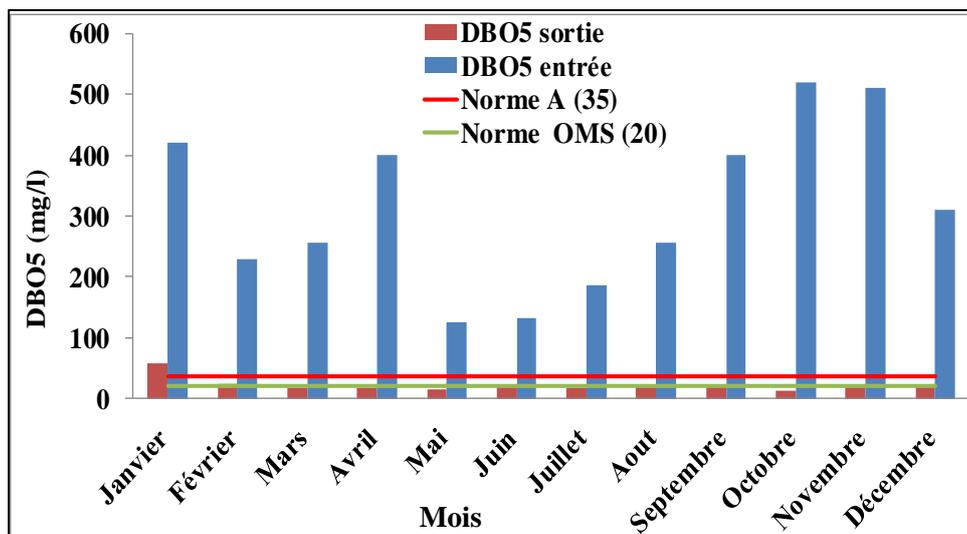


Figure V.6: Évolution moyenne mensuelle de DBO<sub>5</sub> en mg d'O<sub>2</sub>/l (2015)

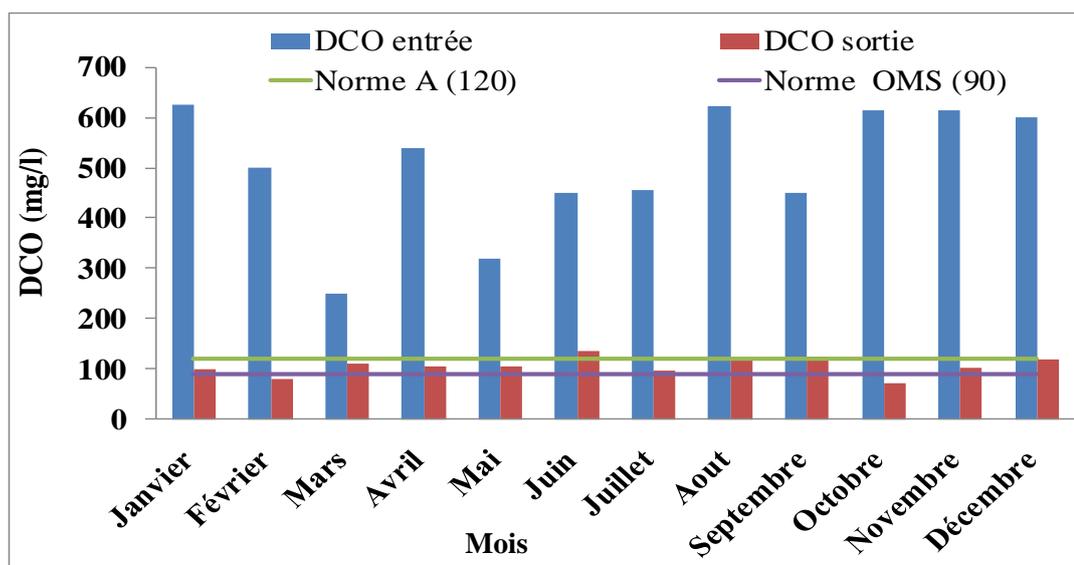


Figure V.7: Évolution de la moyenne mensuelle de la DCO en mg d'O<sub>2</sub>/l (2015)

Tableau V.1: Statistique descriptive des rendements épuratoires de la STEP de Djelfa (file existante) (2015)

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Variance	Écart type	Coefficient. Variation
MES	86.6	95.2	91.6	92.0	6.3	2.5	2.7
DBO5	83.5	97.7	91.8	92.6	18.9	4.3	4.7
DCO	56.0	88.3	77.0	80.4	83.6	9.1	11.9
PT	73.3	87.1	81.0	80.2	15.1	3.9	4.8

### V.2.1.8. Matières azotées

#### V.2.1.8.1. L'azote global (NGL)

D'après les résultats obtenus dans la Figure V.9, les teneurs en azote globale dans l'eau brute varient entre 93 et 112 mg/l, avec une moyenne de 102,7 mg/l (Figure V.8). Pour les eaux épurées, les valeurs sont comprises entre 42 mg/l et 86,6 mg/l (soit une moyenne de 71,7 mg/l).

#### V.2.1.8.2. Azote kjeldahl total (NTK)

Les résultats obtenus (Figure V.9) montrent que les teneurs en NTK dans l'eau brute varient de 91,5 à 111 mg/l avec une moyenne de 101 mg/l. Pour les eaux épurées, les valeurs sont comprises entre 39,9 mg/l et 86 mg/l avec une moyenne de 69,8 mg/l (Figure VI.9). Cette réduction résulte de l'élimination des différentes formes d'azote par le traitement biologique (nitrification et dénitrification).

Les teneurs de NTK restent supérieures aux normes algériennes de rejet ( $NT \leq 30$  mg/l) (JORA, 2006). À partir de ces résultats obtenus, il est clair qu'il n'y a pas un traitement fiable de l'azote total (NT) au niveau de la STEP.

#### V.2.1.8.3. Nitrites ( $NO_2^-$ )

Les résultats obtenus montrent que les concentrations de  $NO_2^-$  des eaux usées brutes oscillent entre 0 mg/l et 0,5 mg/l, avec une moyenne de 0,3 mg/l (Figure V.10). Par contre les valeurs de la concentration en  $NO_2^-$  des eaux épurées, se situent dans un intervalle de 0 mg/l à 2,6 mg/l, avec une moyenne de 1,1 mg/l. Les concentrations de nitrites de l'eau épurée dépasse les normes de rejet recommandées par l'OMS ( $< 1$  mg/l). Ces teneurs faibles en nitrites proviendraient probablement de l'oxydation complète de l'ammonium en nitrate.

#### V.2.1.8.4. Nitrate ( $NO_3^-$ )

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en nitrate qui varient entre 0,60 et 1,5 mg/l avec une moyenne de 1,1 mg/l. Dans les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0,2 et 2 mg/l avec une moyenne de 0,9 mg/l (Figure V.11). On observe une augmentation de la concentration en Nitrate due à la nitrification de l'ammonium résultat d'une aération intensive, et d'un manque de structure de dénitrification.

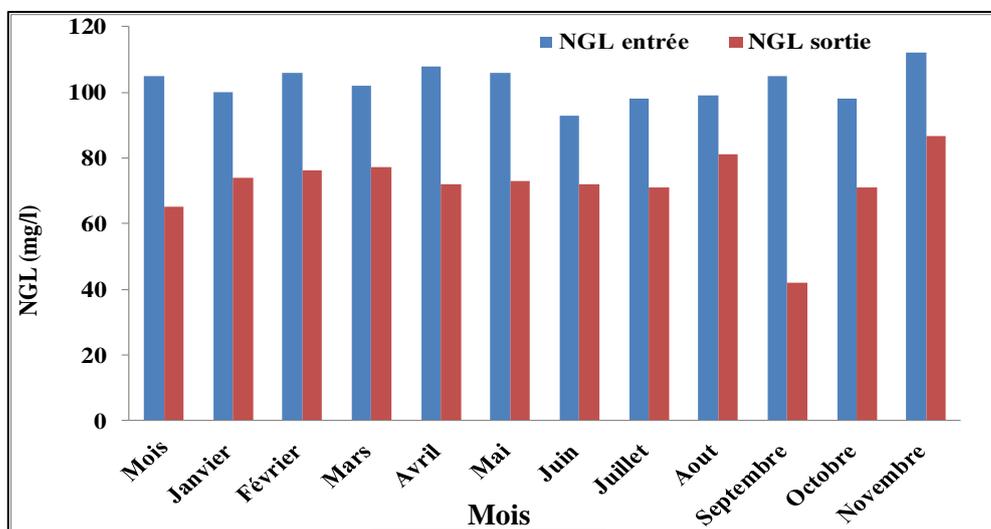
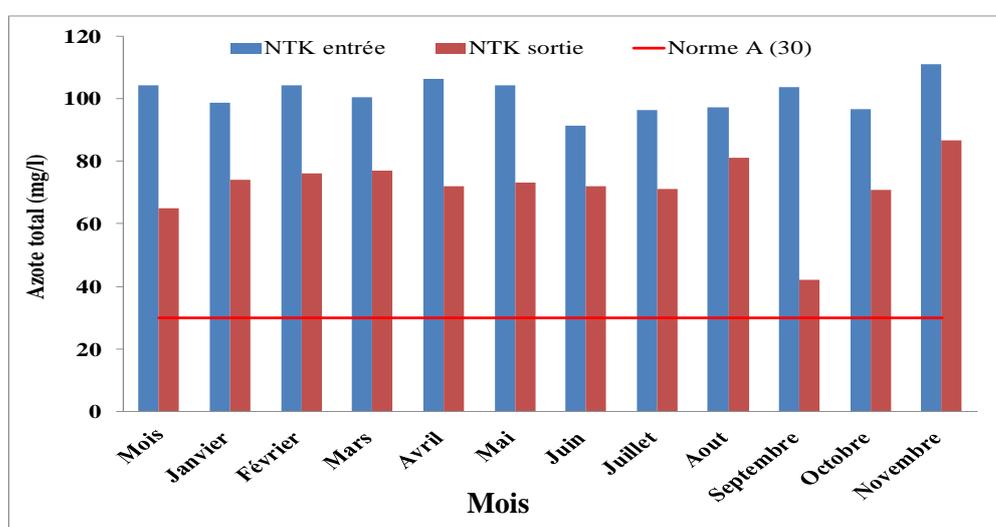


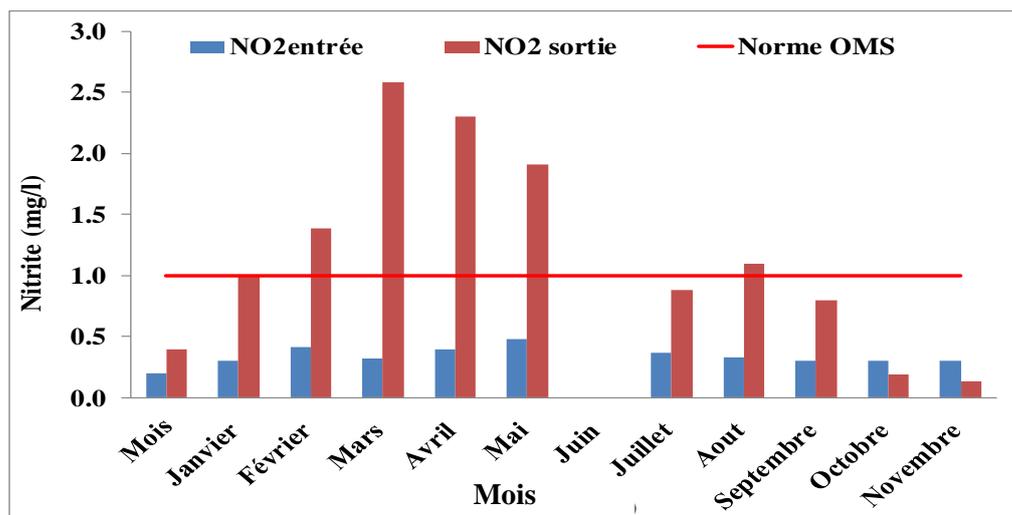
Figure V.8: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NGL (2015)

### V.2.1.9. Phosphore total (PT)

Les résultats obtenus montrent que la concentration en phosphore total des eaux brutes, se trouve dans un intervalle d'un minimum de 6,2 mg/l et d'un maximum de 10,1 mg/l avec une moyenne de 8 mg/l (**Figure V.12**). Pour les eaux épurées, les valeurs de la concentration de phosphore total de l'eau épurée, se situent dans un intervalle d'un minimum 1,2 mg/l et d'un maximum de 2 mg/l avec une moyenne de 1,5 mg/l. Ces teneurs sont inférieures à la norme préconisée par le JORA qui est de 10 mg/l (**JORA, 2006**). Les rendements d'élimination du phosphore total oscillent entre 73,3% et 87,1% avec une moyenne de 81%, ce qui explique une bonne déphosphatation (**Tableau VI.1**).



**Figure V.9:** Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NTK (2015)



**Figure V.10:** Évolution des valeurs moyennes mensuelles de  $(NO_2^-)$  (2015)

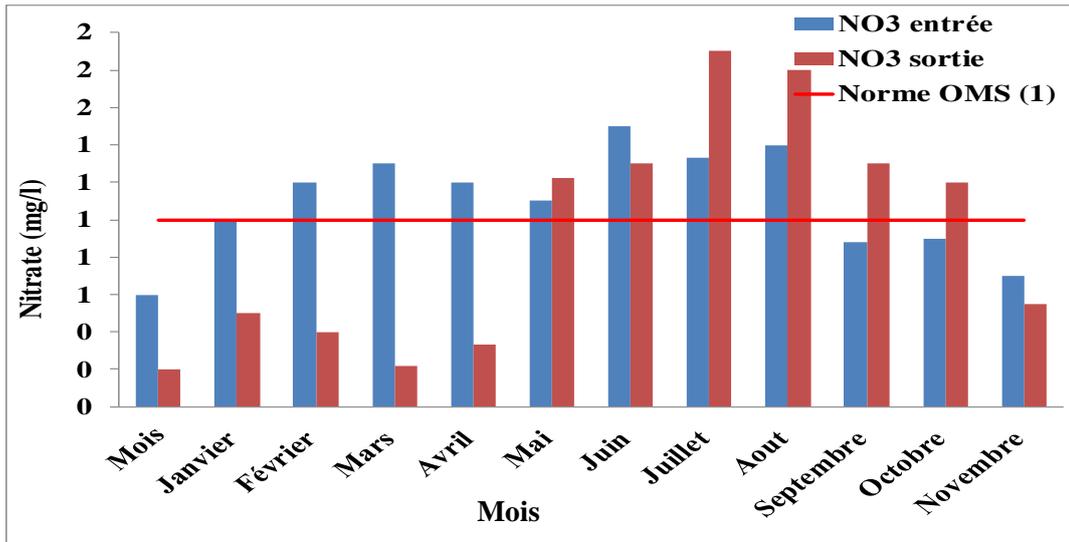


Figure V.11: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de  $(NO_3^-)$  (2015)

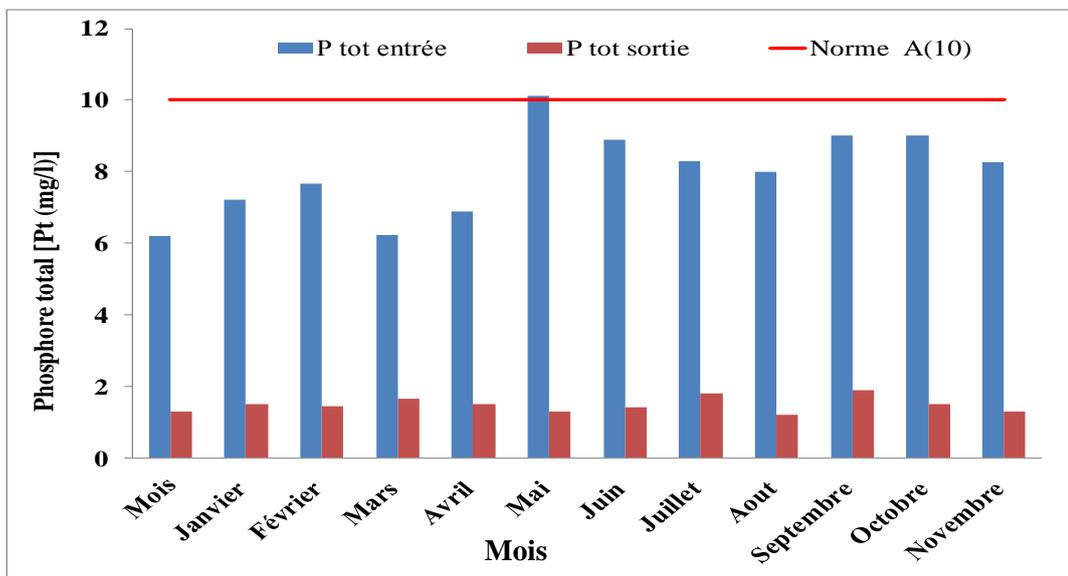


Figure V.12: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de PT (2015)

## V.2.2. Évolution temporelle des paramètres de pollution (Nouvelle file)

### V.2.2.1. Température

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la température des eaux épurées varient entre 8,8 °C et 16,2 °C avec une moyenne de 11,3°C (Figure V.13). Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de rejet ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ) (JORA, 2006) et à celle de l’OMS ( $\leq 30^\circ\text{C}$ ), ce qui permet aux bactéries de se développer. Les valeurs de la température obtenue favorisera la croissance des micro-organismes « forte activité microbienne », et nous permettra d’avoir des rendements appréciables lors des processus d’épuration biologiques.

#### V.2.2.2. Potentiel d'hydrogène : pH

D'après les résultats obtenus, les valeurs du pH de l'eau épurée varient d'un minimum de 7,8, à un maximum de 8,2, avec une moyenne de 8,1 (**Figure V.14**). Ces valeurs sont conformes aux normes de rejet Algériennes (6,5 à 8,5) (**JORA, 2006**) et à celle fixées par l'OMS (1989). Il est à noter que le faible pH favorise la croissance de champignons filamenteux et les autres organismes qui causent des boues flottantes (**ARCAND et al., 1989**).

#### V.2.2.3. Conductivité électrique (CE)

À la sortie de la STEP les valeurs de conductivité sont comprises entre 214  $\mu\text{s/cm}$  et 418,3  $\mu\text{s/cm}$  avec une moyenne de 294,1  $\mu\text{s/cm}$  (**Figure V.15**).

#### V.2.2.4. Oxygène dissous $\text{O}_2$

L'analyse des résultats obtenus de l'oxygène dissous (**Figure V.16**), montre que les valeurs extrêmes minimales et maximales enregistrées à la sortie de la station, sont de 6,2 mg/l et de 9,2 mg/l avec une concentration moyenne de 8,3 mg/l.

#### V.2.2.5. Matières en suspension (MES)

Les valeurs des MES enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées (**Figure V.17**). Elles se situent entre 24 et 55,1 mg/l avec une moyenne de 35,2 mg/l pour les eaux épurées. La majorité des valeurs sont en dessous de la norme algérienne de rejet (35 mg/l) (**JORA, 2006**). Les rendements d'élimination des matières en suspension varient de 85,2% à 95,9 % avec une moyenne de 90,1% (**Tableau V.2**).

#### V.2.2.6. Demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ )

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la  $\text{DBO}_5$  (eau épurée) enregistrées durant la période d'étude varient entre un minimum de 14,9 mg d' $\text{O}_2$  /l et un maximum de 58 mg d' $\text{O}_2$  /l avec une moyenne de 24,1 mg d' $\text{O}_2$ /l (**Figure V.18**). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet ( $\leq 35$  mg/l) (**JORA, 2006**). Les rendements épuratoires pour la  $\text{DBO}_5$  enregistrés sur la période de suivi varient de 84,2% à 97% avec une moyenne de 91 % (**Tableau V.2**). La réduction de la  $\text{DBO}_5$  est due à l'activité de ces micro-organismes épuratrices qui assurent la dégradation et la transformation de la matière organique en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{NH}_3$  permettant donc l'élimination de la pollution organique, ainsi que le bon fonctionnement du clarificateur qui assure une décantation efficace favorisant la sédimentation des boues responsables à l'élimination de la quasi-totalité de la  $\text{DBO}_5$  (**CARDOT, 1999**).

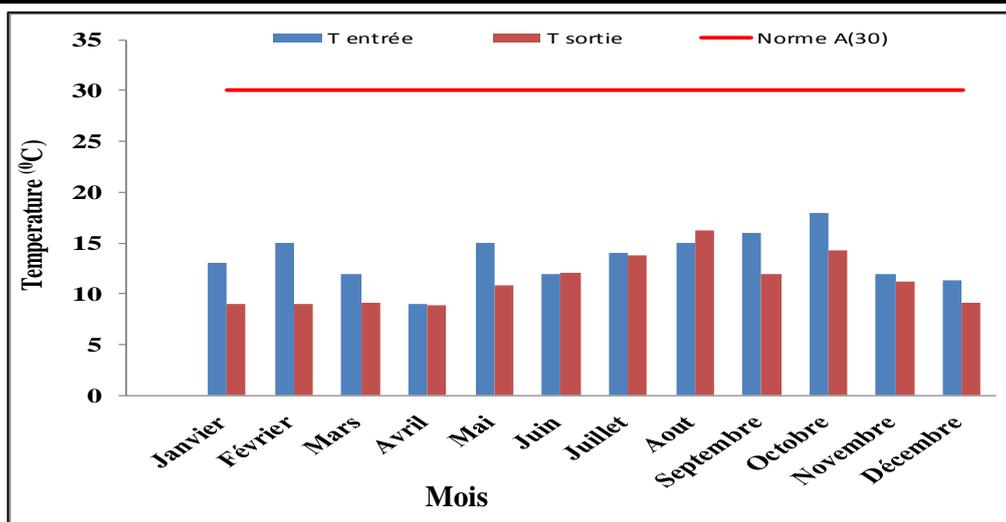


Figure V.13: Évolution de la température mensuelle moyenne (Nouvelle file) (2015)

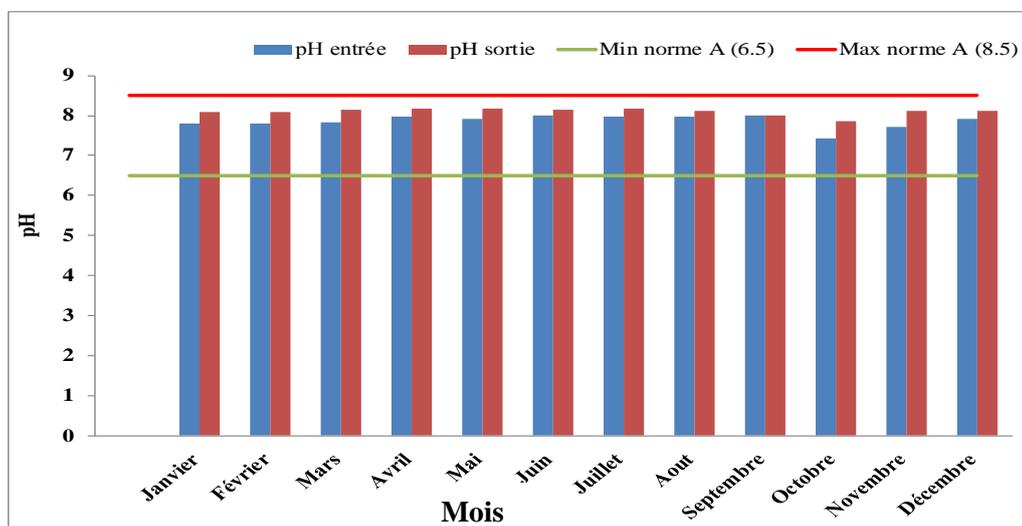


Figure V.14: Variation des valeurs moyennes mensuelles du pH (Nouvelle file) (2015)

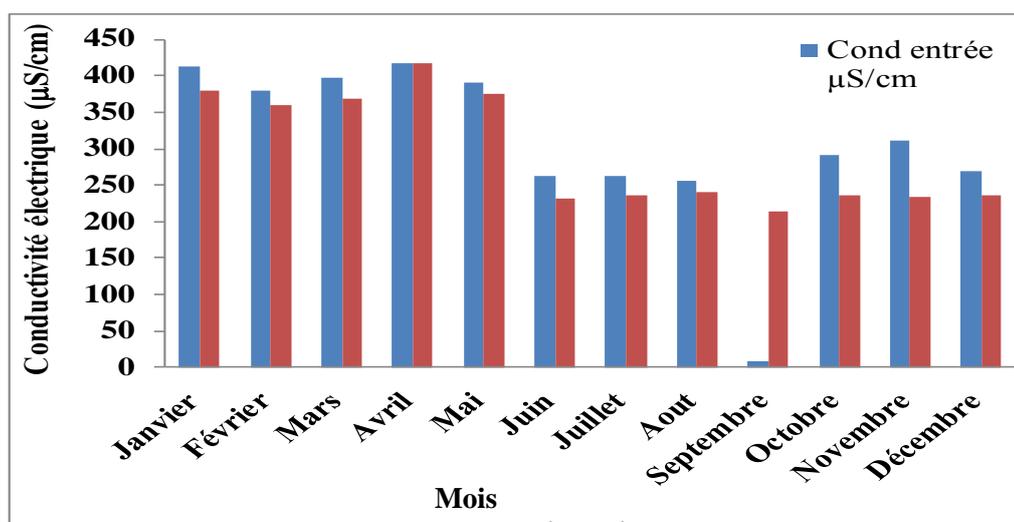


Figure V.15: Évolution de la moyenne mensuelle de la conductivité électrique (CE) (2015)

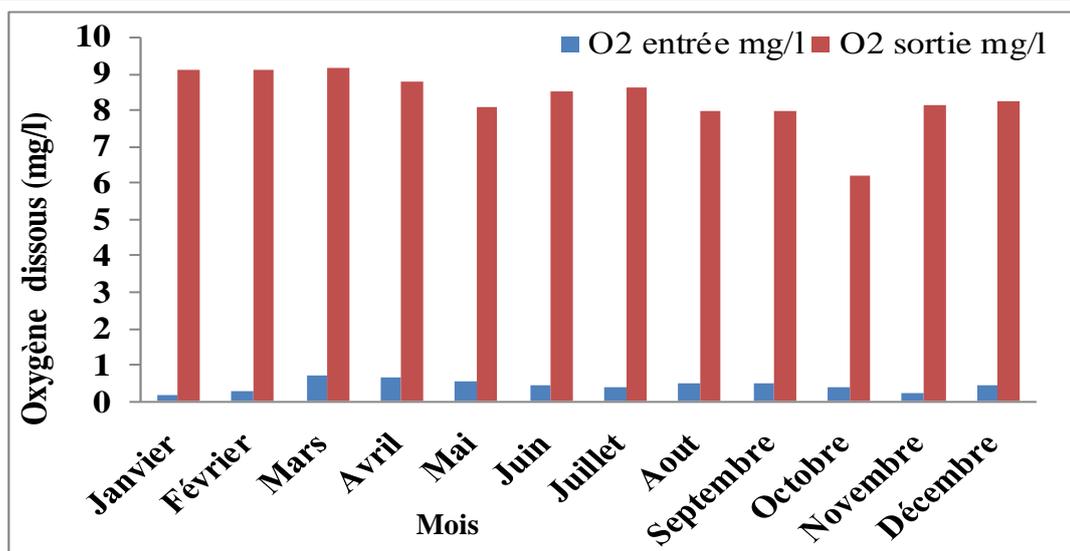


Figure V.16: Évolution moyenne mensuelle de la teneur en oxygène dissous ( $O_2$ ) (Nouvelle file) (2015)

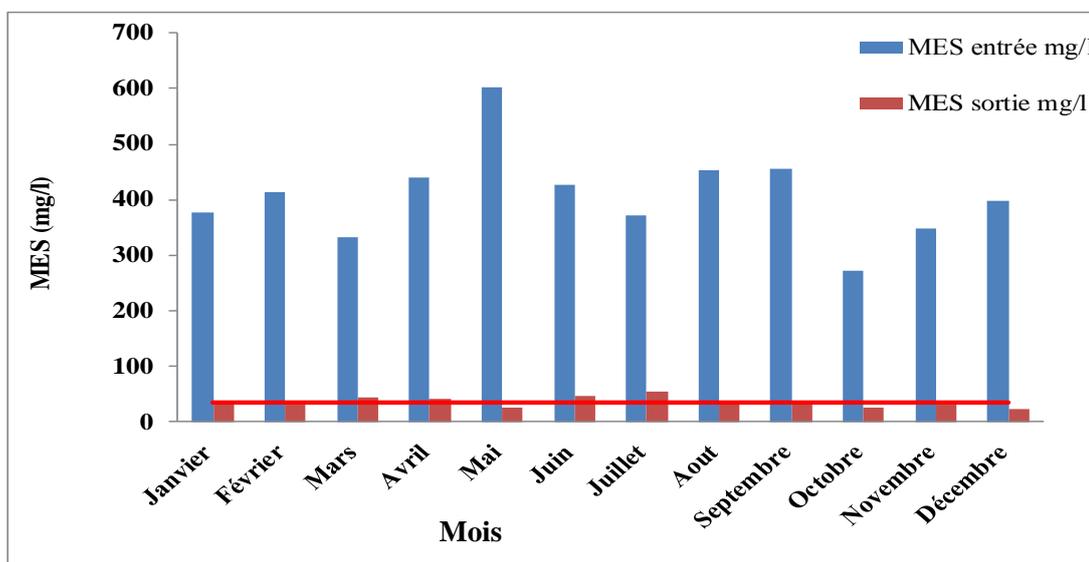


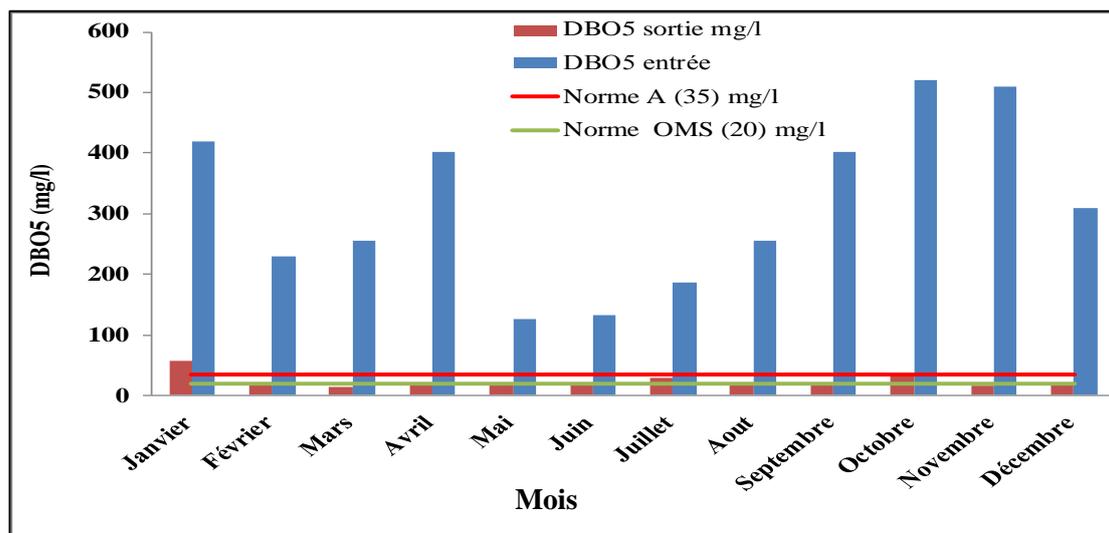
Figure V.17: Évolution de la moyenne mensuelle de matières en suspension (MES) (Nouvelle file) (2015)

#### V.2.2.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

L'analyse des résultats obtenus indique que les valeurs de la DCO des eaux épurées sont comprises entre 77 et 171 mg d' $O_2$  /l avec une valeur moyenne de 112,5 mg d' $O_2$  /l (Figure V.19). Ces valeurs sont, en général, conformes à la norme de rejet ( $\leq 120$  mg/l) préconisée par le (JORA, 2006), ainsi que celle de la communauté européenne ( $\leq 125$  mg  $O_2$ /l). Les rendements épuratoires pour la DCO enregistrés sur la période de suivi varient de 59,2 % à 86 % avec une moyenne de 76,1 % (Tableau V.2).

**Tableau V.2:** Statistique descriptive des rendements d'élimination des paramètres de pollution STEP DJELFA (Nouvelle file) (2015)

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Mediane	Variance	Ecart type	Coefficient. Variation
MES	85.2	95.9	91.1	91.2	8.4	2.9	3.2
DBO5	84.2	97.0	91.0	93.1	22.9	4.8	5.3
DCO	59.2	86.0	76.1	77.6	72.6	8.5	11.2
PT	6.2	37.2	16.4	16.1	75.8	8.7	53.2



**Figure V.18:** Évolution moyenne mensuelle de DBO<sub>5</sub> en mg d'O<sub>2</sub>/l (Nouvelle file) (2015)

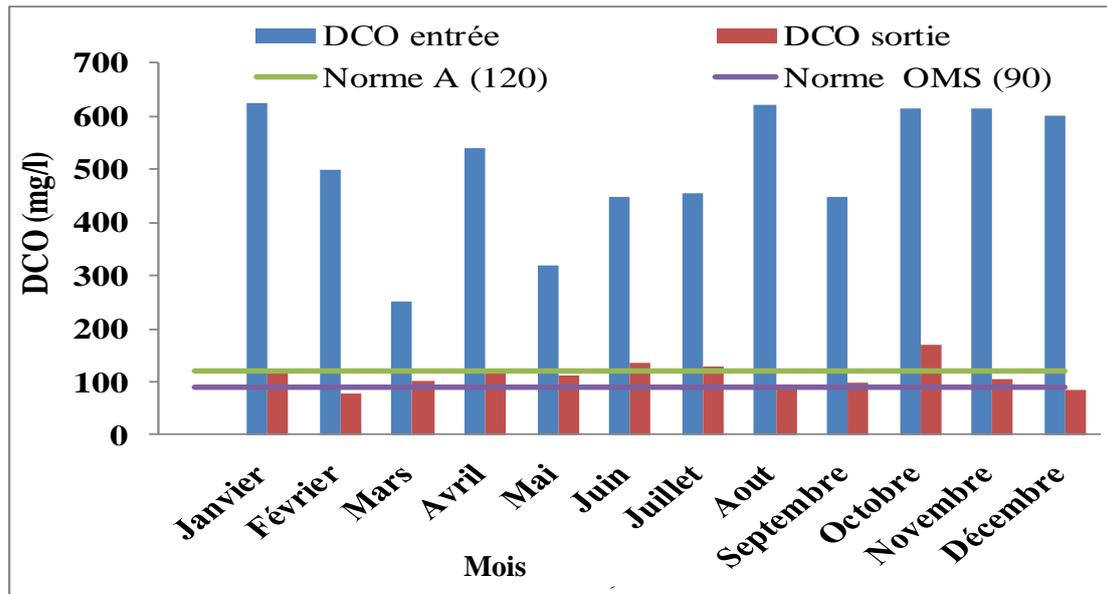
## V.2.2.8. Matières azotées

### V.2.2.8.1. L'azote global (NGL)

D'après la **Figure VI.20**, les concentrations en azote global (NGL) à la sortie de la STEP sont comprises entre 69 mg/l et 93,1 mg/l avec une moyenne de 75,6 mg/l.

### V.2.2.8.2. Azote kjeldahl total (NTK)

D'après la **Figure V.21**, les valeurs de l'azote total à la sortie sont comprises entre 64,8 mg/l et 90,5 mg/l, avec une moyenne de 71,1 mg/l. Ces valeurs sont largement supérieures à la norme de rejet ( $\leq 30$  mg/l) recommandée par le (**JORA, 2006**). Les rendements d'élimination de NTK ne dépassent pas les 29,9%. La diminution de la teneur en azote due au processus d'ammonification qui transforme l'azote organique en azote ammoniacal par hydrolyse enzymatique (**DERONZIER et al., 2001**).



**Figure V.19:** Évolution de la moyenne mensuelle de la DCO en mg d'O<sub>2</sub>/l (Nouvelle file)  
(2015)

#### V.2.2.8.3. Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Selon les résultats indiqués sur la **Figure V.22**, on note que les teneurs en NO<sub>2</sub><sup>-</sup> des eaux épurées varient entre 0 et 2,2 mg/l avec une valeur moyenne de 0,8 mg/l. Les teneurs de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> pour l'eau épurée sont inférieures à la limite fixée par l'OMS (1mg/l).

#### V.2.2.8.4. Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

D'après les résultats obtenus on constate que les valeurs des nitrates pour les eaux épurées varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 2,2 mg/l à un maximum de 5,4 mg/l avec une valeur moyenne de 3,7 mg/l (**Figure V.23**). Cette valeur dépasse la valeur de rejet direct fixée par l'OMS qui est de 10 mg/l (**GROMAIRE et al., 2001**). On observe une augmentation de la concentration en Nitrate après le traitement due à la nitrification de l'ammonium résultat d'une aération intensive, et d'un manque de structure de dénitrification.

#### V.2.2.9. Phosphore total (PT)

En examinant les résultats obtenus dans la **Figure V.24**, les valeurs des concentrations de phosphore total à la sortie de la STEP varient entre 1,7 mg/l et 5,4 mg/l avec une moyenne de 3,8 mg/l. Ces valeurs restent au-dessous de la norme ( $\leq 10$  mg/l) de (**JORA, 2006**). Néanmoins ces concentrations sont supérieures à la norme de rejet fixée par l'OMS qui est de 2mg/l. Le rendement d'abattement du phosphore total est environ 16,4, avec un minimum de 6,2% et un maximum de 37,2% (**Tableau V.2**). Cette une réduction peut être due à la présence des bactéries desphosphatantes dans le bassin d'aération.

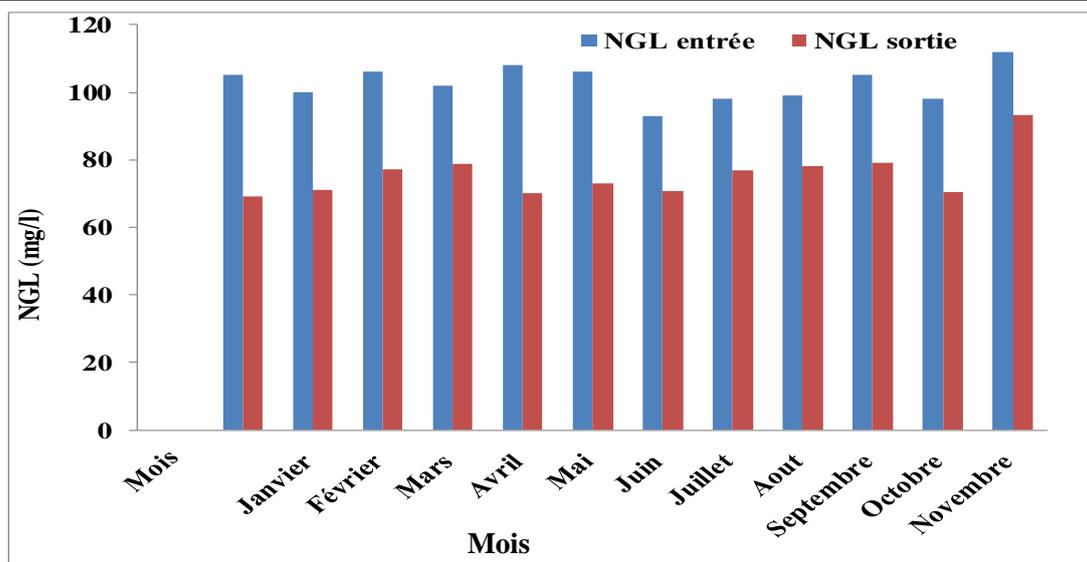


Figure V.20: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NGL (Nouvelle file) (2015)

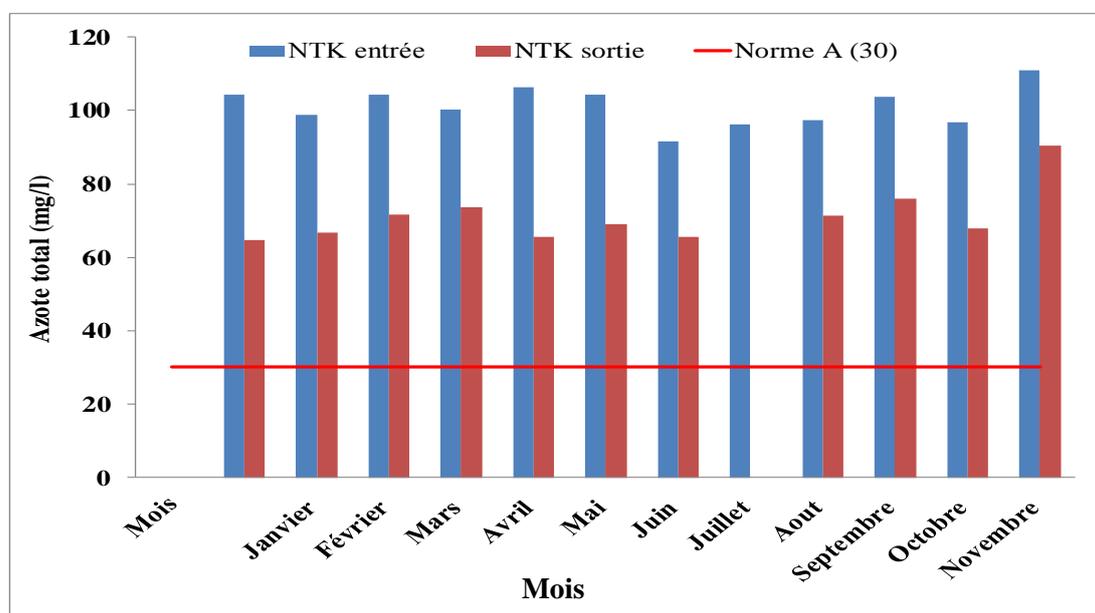


Figure VI.21: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de NTK (Nouvelle file) (2015)

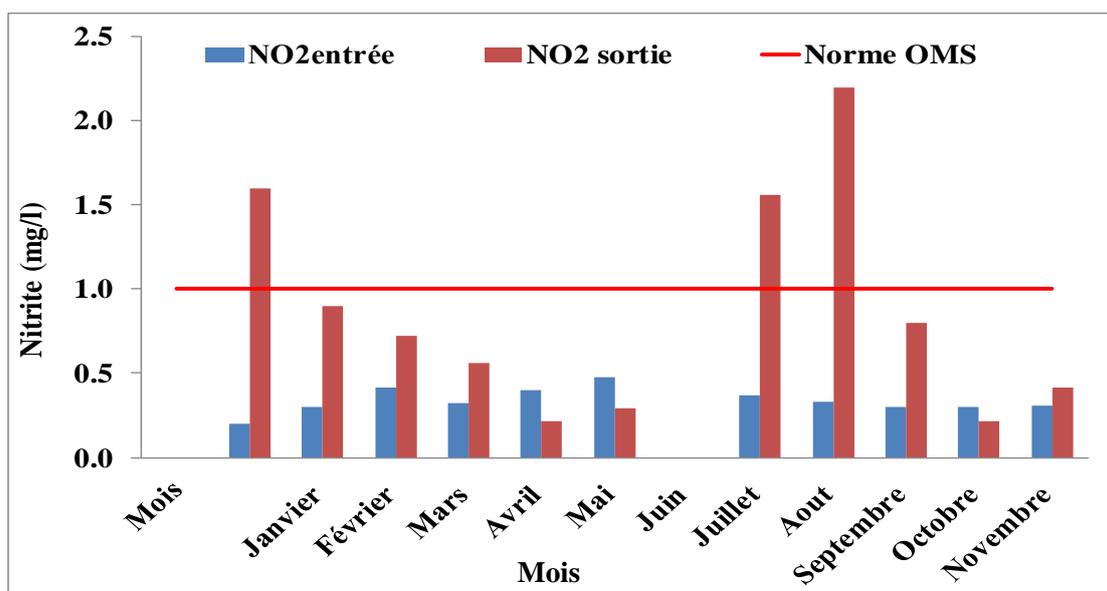


Figure V.22: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de ( $\text{NO}_2^-$ ) (Nouvelle file) (2015)

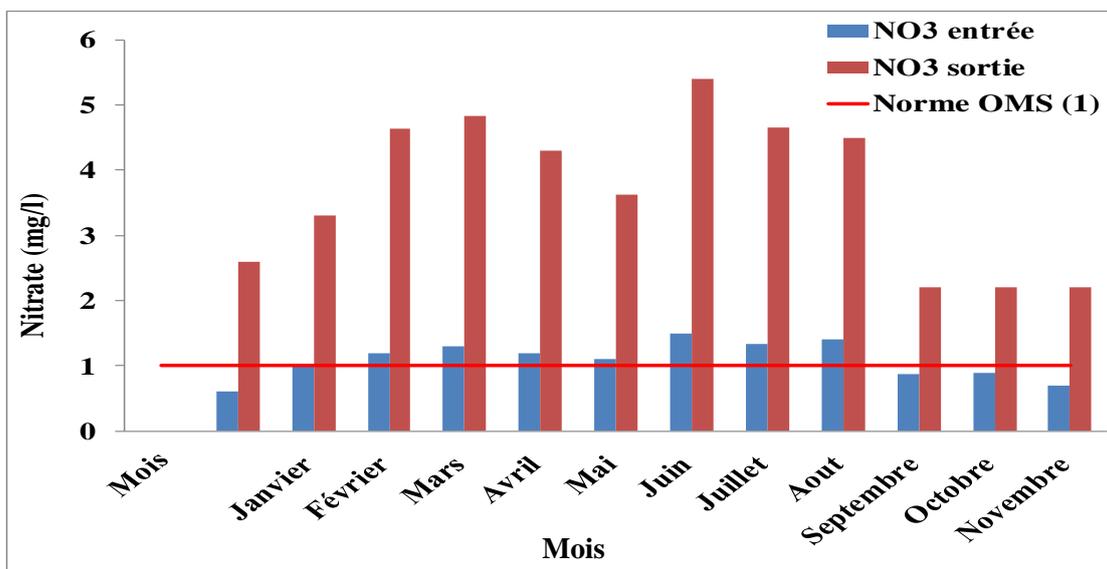
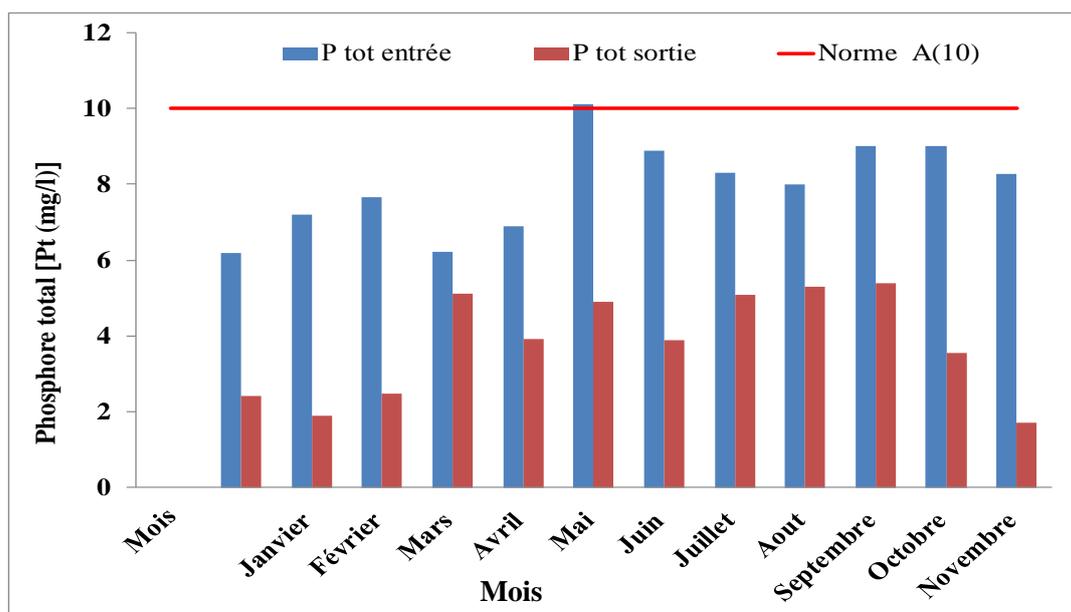


Figure V.23: Évolution des valeurs moyennes mensuelles de ( $\text{NO}_3^-$ ) (Nouvelle file) (2015)



**Figure V.24:** Évolution des valeurs moyennes mensuelles de PT (Nouvelle file) (2015)

### V.2.3. Interprétation des ratios des paramètres de pollution

#### V.2.3.1. Ratio de biodégradabilité (DCO/DBO<sub>5</sub>)

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> peut être utilisé comme indicateur de la biodégradabilité des composants organiques des eaux usées. En effet, des faibles valeurs du rapport (DCO/DBO<sub>5</sub><3) signifient qu'il y a une grande proportion de matériaux biodégradables permettant le traitement biologique (RODIER et al., 2005). A l'inverse, des valeurs élevées de ce ratio (DCO/DBO<sub>5</sub>>5) indiquent qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable (RODIER et al., 2005). A la station de Djelfa, les valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> des eaux des eaux usées brutes sont comprises entre 1 et 3,4 avec une moyenne de 1,9. Ce qui montre la présence d'une forte proportion des matières moyennement biodégradables (Figure V.25).

#### V.2.3.2. Ratio MES/DBO<sub>5</sub>

Ce ratio, indique la répartition de la pollution particulaire représentée par la pollution dissoute représentée par la MES et la pollution dissoute représentée par la DBO<sub>5</sub> (SADAWSKI, 2002). Le rapport MES/DBO<sub>5</sub> des eaux usées brutes de la STEP de Djelfa varie entre 0,52 et 4,82 avec une moyenne de 1,71 (valeurs usuelles: 0,8-1,2) (Figure V.26). On constate que la pollution de ces eaux est plutôt particulaire que dissoute, ce qui caractérise un réseau essentiellement unitaire (SADAWSKI, 2002). Les valeurs élevées de ce rapport sont généralement dues à l'augmentation du flux des MES rejetés par temps de pluie dans les

milieux récepteurs à cause de la remise en suspension des dépôts accumulés dans le collecteur.

**V.2.3.3. Ratio DCO/NTK**

L'examen du rapport DCO/NTK indiquera les possibilités et la faisabilité de la réaction de nitrification et donne une idée globale sur le taux d'abattement de l'azote (SADAWSKI, 2002). Les valeurs du ratio DCO/NTK sont comprises entre 2,4 et 6,5 avec une moyenne de 5 (Figure V.27). Rappelons que pour un effluent urbain la valeur du ratio DCO/NTK est d'environ 4 à 5 pour permettre une nitrification dans des bonnes conditions (SADAWSKI, 2002; MEDARBEL et AMROUCHE, 2012).

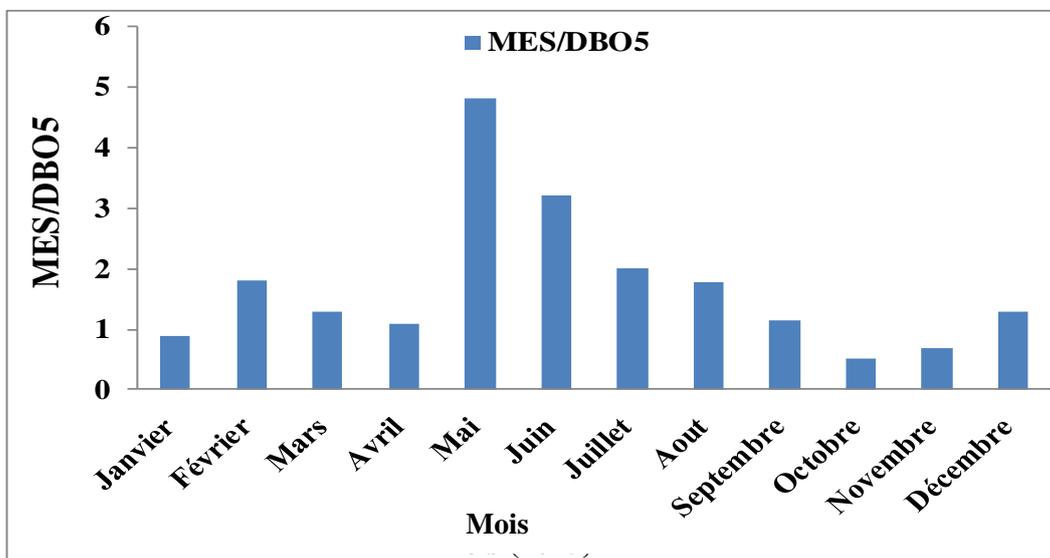


Figure V.25: Variation de ratio MES/DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

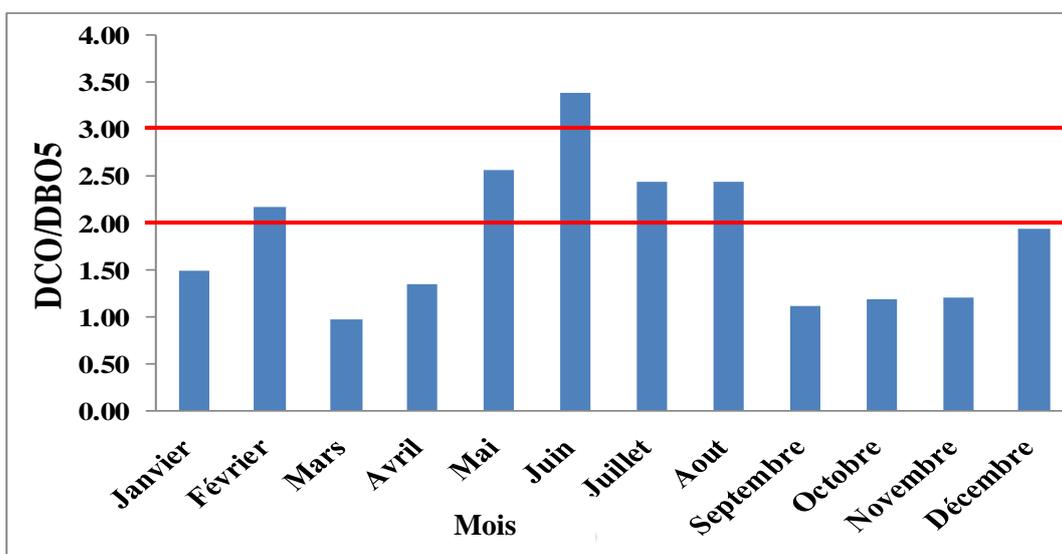


Figure V.26: Variation de ratio DCO/DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

#### V.2.3.4. Ratio DBO<sub>5</sub>/NTK

Les valeurs enregistrées concernant ce ratio varient entre 1,2 et 5,3 avec une moyenne de 3,1 (Figure V.28). Selon SADOWSKI (2002), pour un effluent urbain strict, ce ratio est compris entre 4 et 5, qui montre bien le taux d'abattement de l'azote.

**V.2.3.5. Ratio NTK/DBO<sub>5</sub> :** Les valeurs obtenues du ratio NTK/DBO<sub>5</sub> sont comprises entre 0,2 et 0,9 avec une valeur moyenne de 0,4 (Figure V.29). La cinétique de dénitrification dépend de ce ratio. Rappelons que pour une valeur du ratio NTK/DBO<sub>5</sub> <0,5, la cinétique de dénitrification est égale ( $k=1.7 \text{ mg N-NO}_3/\text{g MVS.h}$ ) (SADOWSKI, 2002).

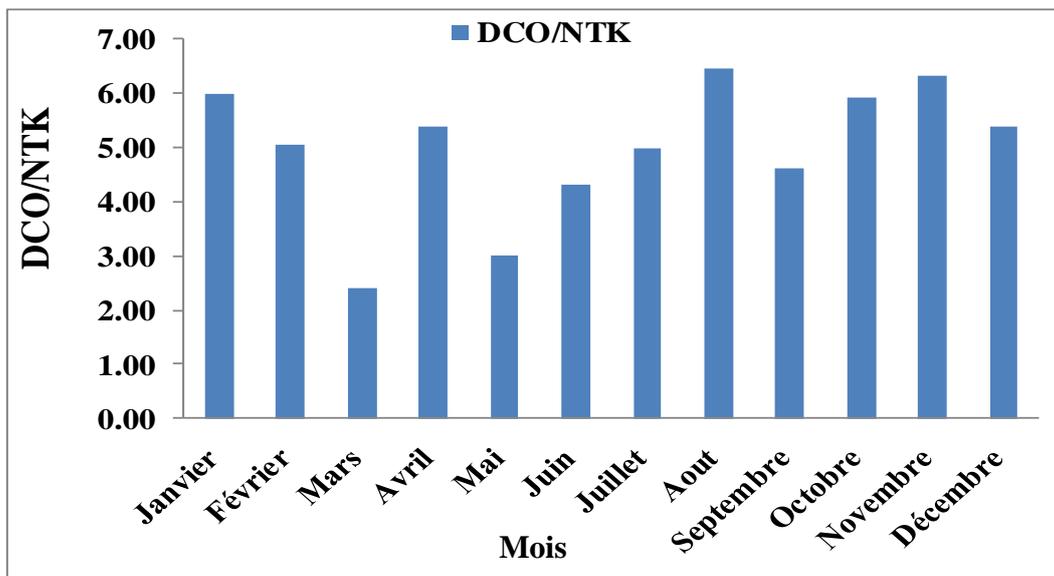


Figure V.27: Variation de ratio DCO/NTK à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

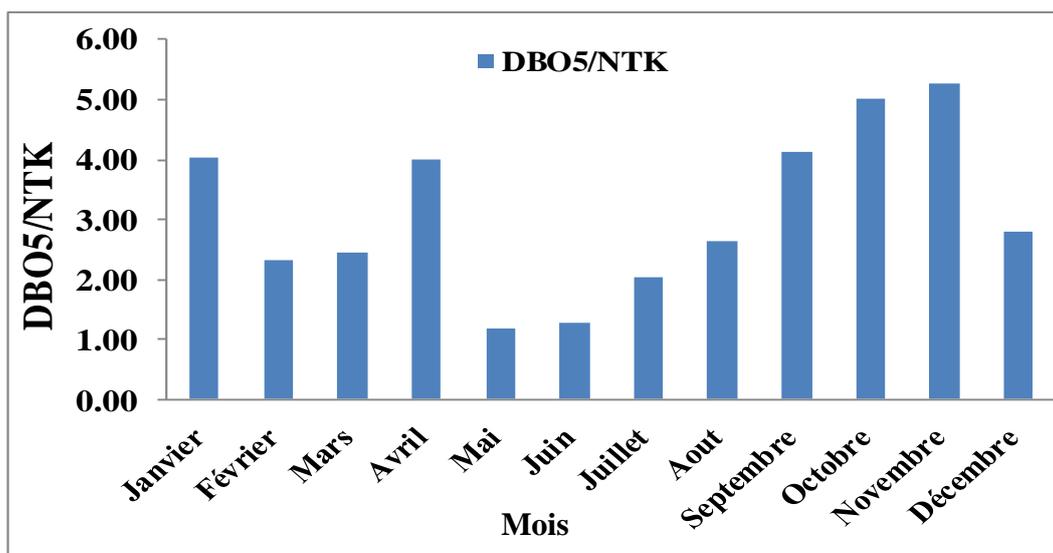


Figure V.28: Variation de ratio DBO<sub>5</sub>/NTK à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

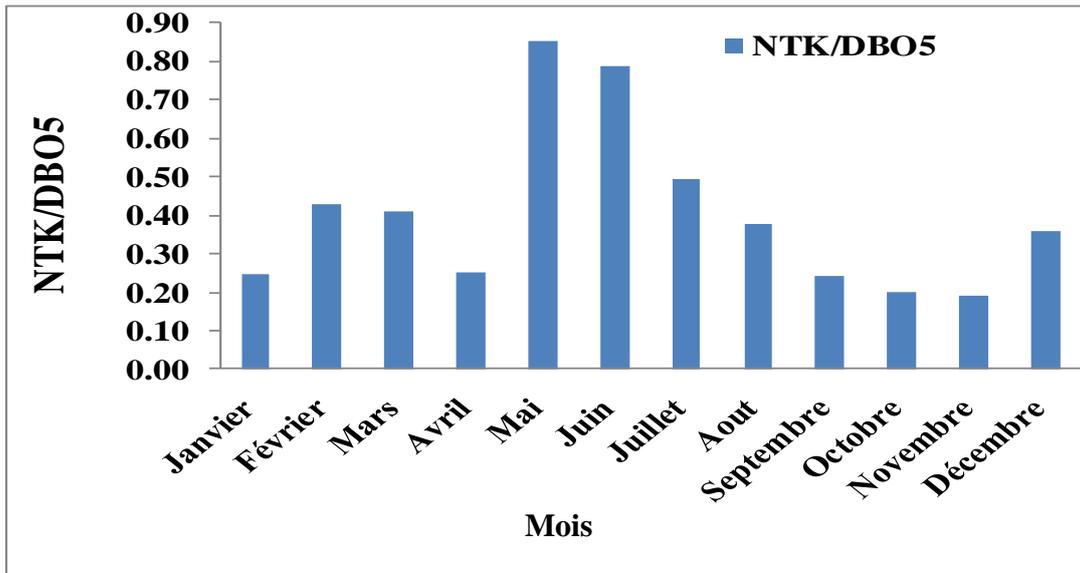


Figure V.29: Variation de ratio NTK/DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

#### V.2.3.6. Ratio DCO/PT

Le rapport DCO/PT indique la mixité relative de l'effluent ainsi que les possibilités et la faisabilité d'un traitement biologique du phosphore (SADAWSKI, 2002). Ainsi, à l'entrée de la STEP, les valeurs de ce ratio varient entre 32,6 et 101 avec une moyenne de 64,3 (Figure V.30). Par comparaison avec les observations faites par LE PEN et PRONOST (1998) sur les eaux usées, ce ratio supérieur à 50 indiquerait que les eaux sont favorables à la déphosphostation biologique.

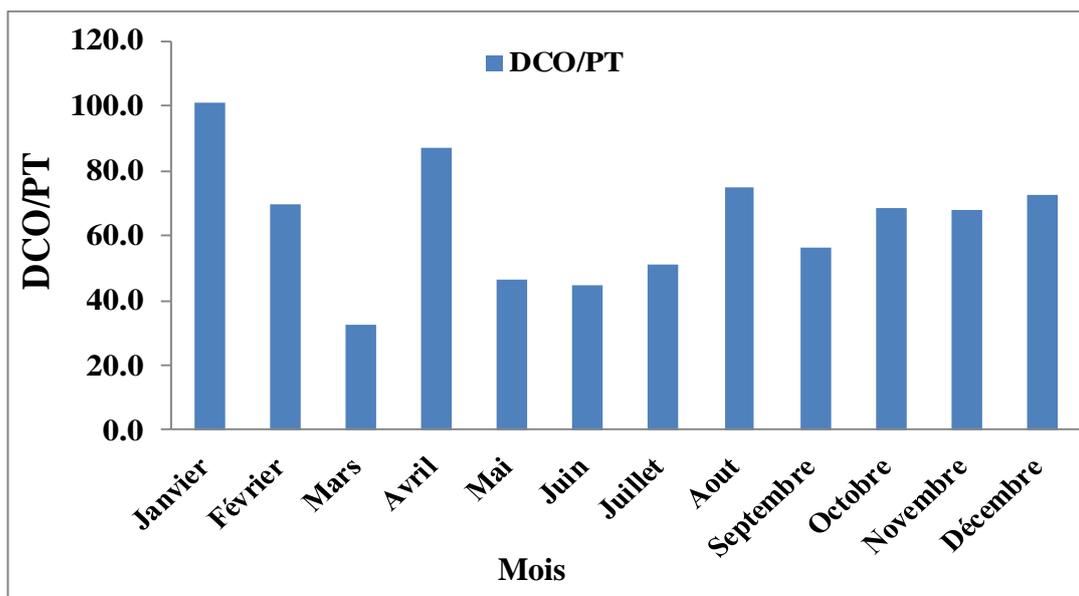


Figure V.30: Variation de ratio DCO/PT à l'entrée de la STEP de Djelfa (2015)

### V.3. Évaluation de la qualité des eaux usées épurées par l'indice de qualité de l'eau (IQE)

Dans cette étude, la qualité des eaux épurées a été évaluée par la méthode de l'IQE. En effet, 8 paramètres importants dans l'étude de la qualité des eaux (pH, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Phosphore total (PT), Azote total (NTK)) ont été sélectionnés pour calculer l'Indice de qualité de l'eau IQE.

#### V.3.1. Indice de qualité de l'eau IQE (file existante)

Les valeurs de l'indice IQE obtenues varient de 16,8 à 198,6 avec une moyenne de 91,7 (**Figure V.31**). La **Figure V.32** illustre la répartition des classes d'eau. Les résultats obtenus montrent que la qualité des eaux étudiées varie d'excellente à eau non potable (**Figure V.32**). Sur la base des résultats obtenus, les eaux d'excellente qualité ( $0 < IQE \leq 25$ ) représentent 8%, les eaux de bonne qualité ( $25 < IQE \leq 50$ ) correspondent à 25%, les eaux de mauvaise qualité ( $50 < IQE \leq 75$ ) représentent 8%, les eaux de très mauvaise qualité ( $75 < IQE \leq 100$ ) expriment 17% et les eaux non potable ( $IQE > 100$ ) correspondent à 42 % des eaux étudiées (Échantillons d'eau prélevés durant la période de Mars à Juin). Les valeurs élevées de l'indice (IQE) sont surtout dues à la DCO de ces eaux et de leurs fortes teneurs en Azote total.

#### V.3.2. Indice de qualité de l'eau IQE (nouvelle file)

L'Indice de la Qualité de l'Eau (IQE) des échantillons analysés, varie de 23,7 à 177 avec une moyenne de 76,6 (**Figure V.31**). La **Figure V.32** illustre la répartition des classes d'eau. Les résultats obtenus montrent que la qualité des eaux étudiées varie d'excellente à eau non potable (**Figure V.32**). Les eaux d'excellente qualité ( $0 < IQE \leq 25$ ) représentent 8%, les eaux de bonne qualité ( $25 < IQE \leq 50$ ) correspondent à 33%, les eaux de mauvaise qualité ( $50 < IQE \leq 75$ ) représentent 17%, les eaux de très mauvaise qualité ( $75 < IQE \leq 100$ ) expriment 17% et les eaux non potable ( $IQE > 100$ ) correspondent à 25 % des eaux étudiées (Échantillons d'eau prélevés en Janvier, Aout et Septembre). Les valeurs élevées de l'indice (IQE) sont surtout dues à la DCO de ces eaux et de leurs fortes teneurs en Azote total.

Il est à noter que les eaux de classes de qualité (Excellente, bonne et mauvaise) sont utilisables pour l'irrigation et l'industrie. Les eaux de très mauvaise qualité sont utilisables pour l'irrigation. Pour les eaux de qualité non potable un traitement approprié requis avant utilisation (**BROWN et al., 1972**).

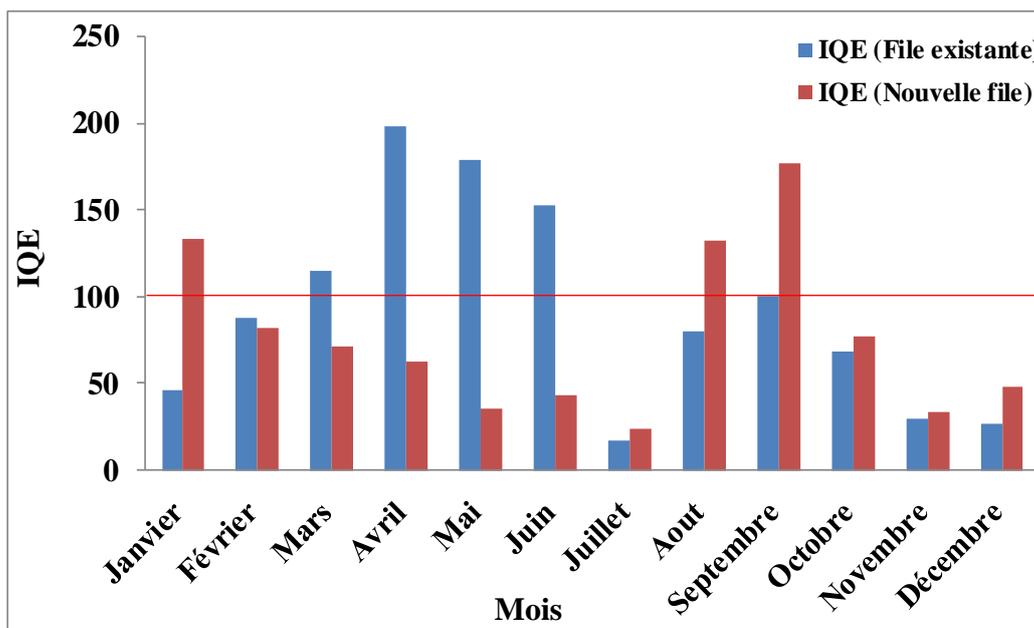


Figure V.31 : Évolution de l'indice de qualité de l'eau (IQE) dans le temps (2015).

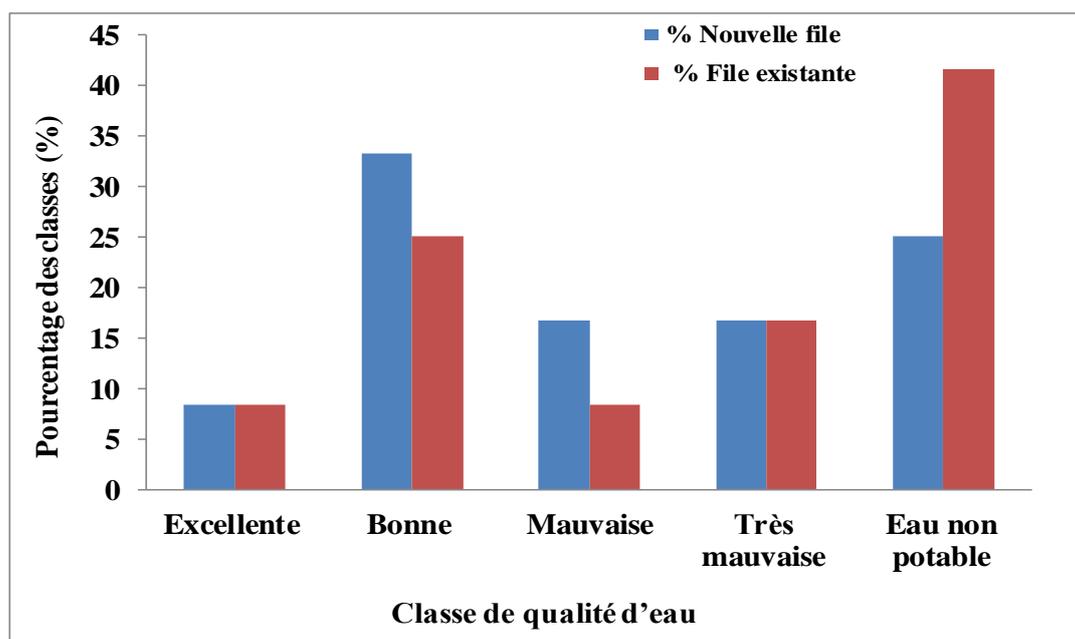


Figure V.32 : Pourcentage des différentes classes de qualité des eaux épurées

## V.4. Étude statistique multivariée

### V.4.1. Matrice de corrélation des variables

Les relations qui existent entre toutes les variables prises deux à deux ainsi que les coefficients de corrélation entre ces différentes variables sont donnés par la matrice de corrélation (**Tableau V.3**). Les variables montrant un coefficient  $r > 0,7$  sont considérées être fortement corrélées tandis que celles avec un coefficient  $r$  compris entre 0,5 et 0,7, et  $r < 0,5$  montrent des corrélations modérées et faibles respectivement (**ADAMS et al., 2001**). Le **Tableau V.3** montre que la DCO est fortement corrélée avec le phosphore total (Pt) ( $r=0,76$ ) et à un degré moindre avec l'azote total (NT) ( $r=0,55$ ). La DBO<sub>5</sub> est faiblement corrélée avec NT ( $r=0,35$ ). Le Pt est fortement corrélé avec NT ( $r=0,7$ ). Les MES sont faiblement corrélées avec O<sub>2</sub> ( $r=0,37$ ) et Pt ( $r=-0,33$ ). Le pH est corrélé avec O<sub>2</sub> ( $r=0,6$ ) et à un degré moindre avec NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $r=0,47$ ). Les ions NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont faiblement corrélés avec NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $r=-0,45$ ). La température est faiblement corrélée au pH ( $r=-0,32$ ).

**Tableau V.3:** Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques

Variabes	T	pH	CE	MES	O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub>	DCO	NT	Pt	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
T											
pH	<b>-0.32</b>	1.00									
CE	0.10	-0.09	1.00								
MES	-0.20	0.10	0.07	1.00							
O <sub>2</sub>	-0.18	<b>0.60</b>	-0.08	<b>0.37</b>	1.00						
DBO <sub>5</sub>	-0.09	0.30	-0.07	0.05	0.20	1.00					
DCO	-0.03	0.12	-0.22	-0.07	0.06	0.26	1.00				
NT	0.06	0.08	-0.08	-0.29	-0.08	<b>0.35</b>	<b>0.55</b>	1.00			
Pt	-0.01	0.06	-0.13	<b>-0.33</b>	-0.08	0.23	<b>0.76</b>	<b>0.70</b>	1.00		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.10	0.13	-0.01	-0.30	0.03	0.04	0.30	0.22	0.18	1.00	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.21	<b>-0.47</b>	-0.05	0.09	-0.22	-0.05	0.02	-0.19	0.04	<b>-0.45</b>	1.00

### V.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Le critère de **KAISER (KAISER, 1960)** a été appliqué pour déterminer le nombre total des facteurs qui pourraient résumer l'ensemble des données. Selon ce critère, seuls les facteurs avec des valeurs propres supérieures ou égales à 1 seront acceptés comme des sources possibles de la variance dans les données. Les 4 premiers axes factoriels expriment 68,33 % de la variance totale (**Figure V.33**).

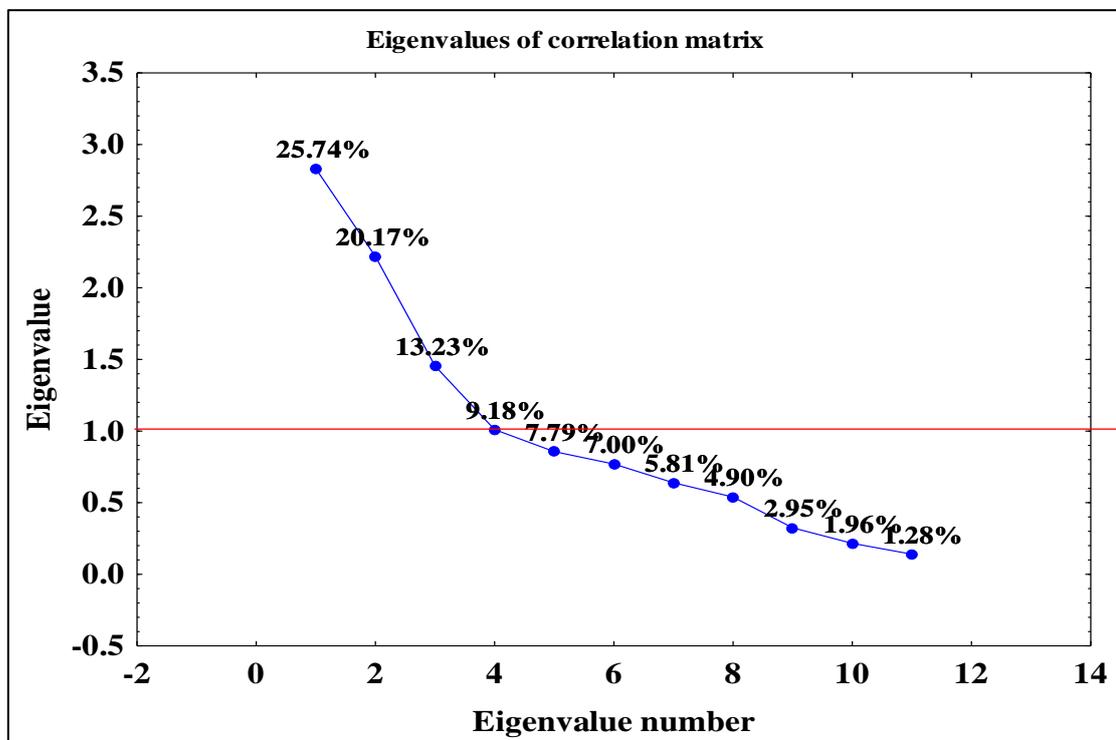
L'espace des variables du plan factoriel F1-F2 (**Figure V.34**) montre que ce plan exprime 45,92% de la variance totale. Le facteur F1 exprime la plus grande variance (25,95%) et est corrélé négativement par : DCO (-0,79), NT (-0,80), PT (-0,82) et à un degré moindre par

$\text{NO}_3^-$  (-0,49) et  $\text{DBO}_5$  (-0,47). L'axe F1 explique l'origine de la charge polluante de de l'eau brute due à la pollution organique ainsi que la pollution azotée et phosphatée. Traduisant la pollution provenant des rejets domestique ou urbain de l'effluent arrivant à la STEP.

Le facteur F2 exprime 20,17 % de la variance totale et montre une forte corrélation négative pour  $\text{O}_2$  (-0,77), pH (-0,77), et à un degré moindre pour MES (-0,50). Il est corrélé positivement par T (0,52) et  $\text{NO}_2^-$  (0,50). L'axe F2 peut être considéré comme un axe caractérisant le processus de nitrification.

Le facteur F3 qui présente 13,23% de cette variance est corrélé positivement au  $\text{NO}_3^-$  (0,63) et à un degré moindre à la CE (0,29) (**Figure V.35**). Il est corrélé négativement par  $\text{NO}_2^-$  (-0,65) et MES (-0,50). Ce facteur explique l'origine de la pollution nitrique liée aux activités anthropiques (rejet des eaux usées, lessivage des engrais épandus), ainsi que le cycle de l'azote.

Le facteur F4 contribue pour seulement 9,18% de la variance totale et est fortement corrélé négativement à la CE (-0,80) et à un degré moindre au T (-0,38) (**Figure V.36**). L'axe F4 explique la charge saline de l'eau brute arrivant à la STEP.



**Figure V.33:** Représentation graphique des valeurs propres calculées (eigenvalue en anglais)

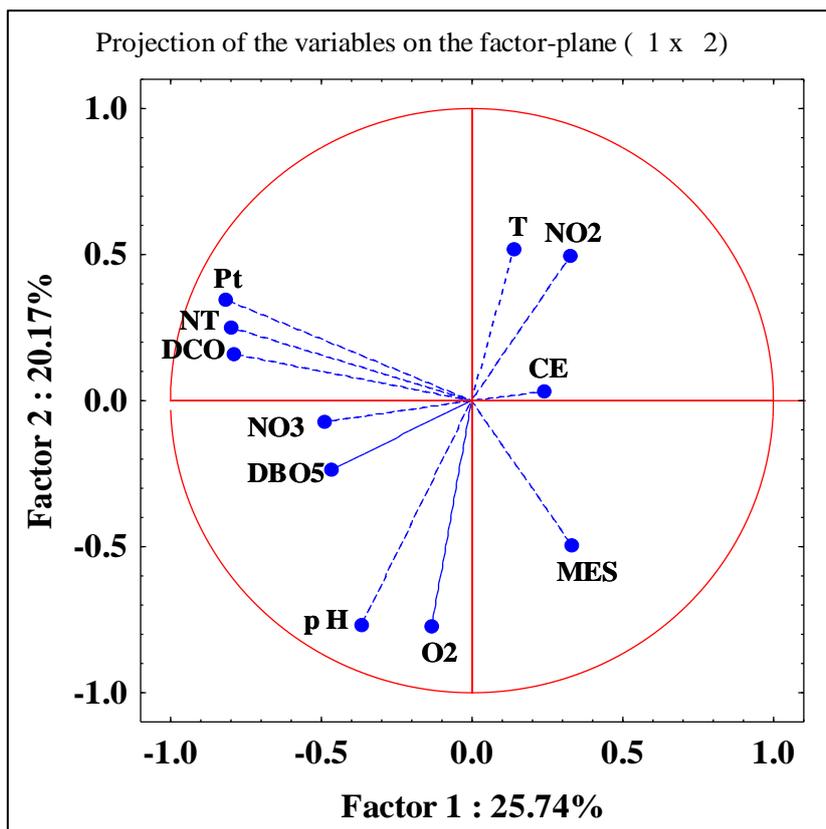


Figure V.34: Projections des variables dans le plan factoriel (F1 x F2)

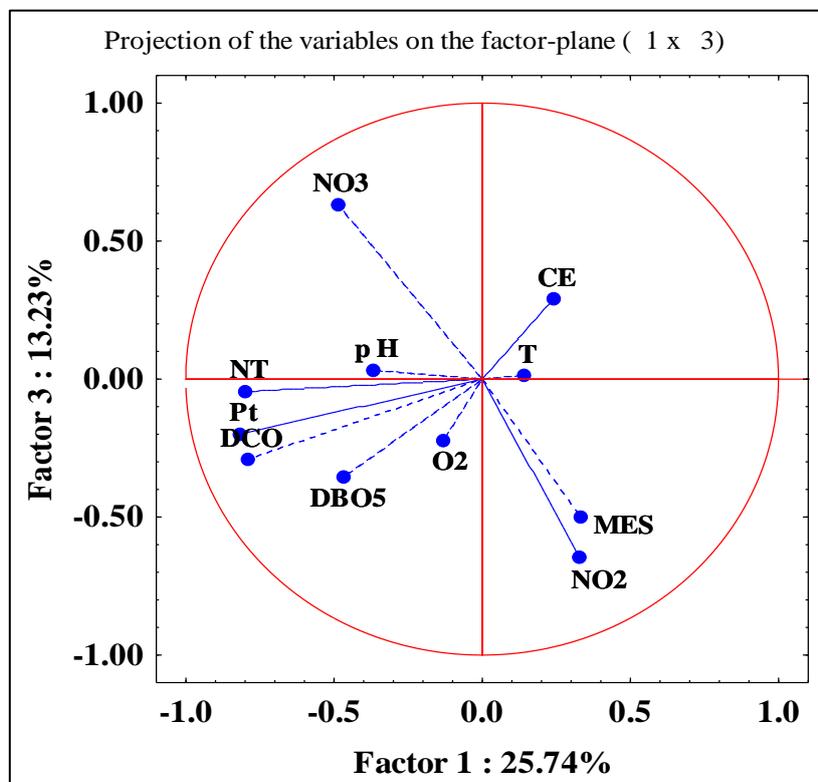


Figure V.35: Projections des variables dans le plan factoriel (F1 x F3)

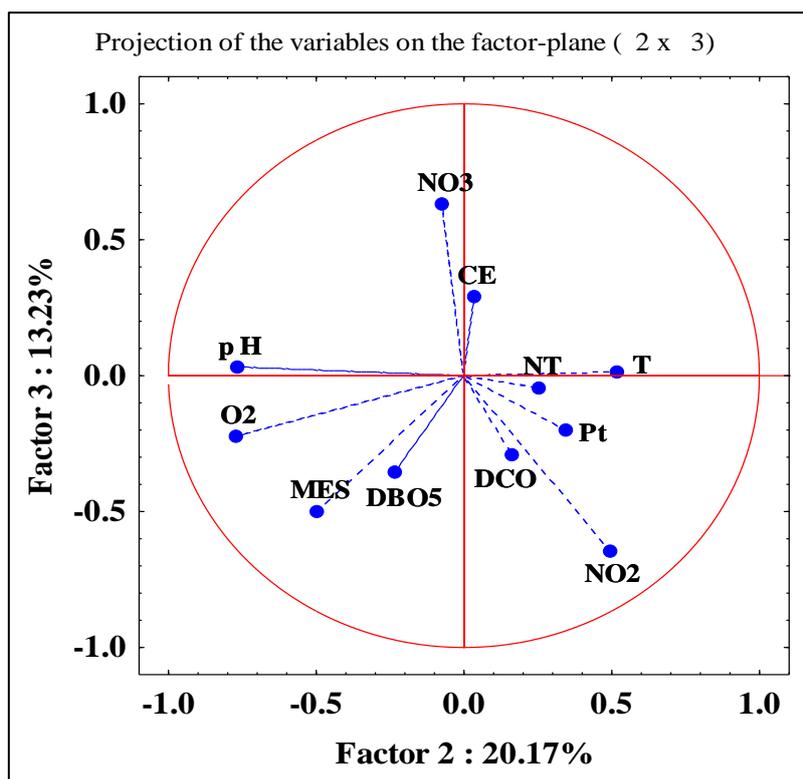


Figure V.36: Projections des variables dans le plan factoriel (F2 x F3)

## V.5. Conclusion

Le suivi des paramètres physico chimiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Djelfa (2015) été réalisé dans le but de déterminer le degré de pollution physico-chimique de l'eau brute d'une part et d'évaluer l'efficacité du traitement d'autre part. Les conclusions sont les suivantes :

- Les rendements épuratoires moyens de la STEP de Djelfa (file existante et nouvelle file) en terme de DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, et Pt sont respectivement de 76,5%, 91,4%, 91,3%, et de 48,7%.
- L'application de l'IQE est un outil très intéressant pour l'évaluation de la qualité de l'eau épurée de la STEP. La détermination des IQE des eaux usées épurée a indiqué que la qualité des eaux traitées par les deux files de la STEP varie d'excellente à eau non potable.
- L'ACP a permis de dégager quatre axes principaux qui résument l'essentiel de l'information (68,33%) de cette matrice : L'axe F1 qui peut être assimilé à un axe traduisant l'origine de la charge polluante (organique, azotée et phosphatée), l'axe F2

traduirait le processus de nitrification, l'axe F3 qui traduirait la pollution nitrique, l'axe F4 traduirait la charge saline de l'eau usée brute.

### Conclusions générales

La station d'épuration de Djelfa joue un rôle primordial dans la protection de l'environnement et préservation la qualité de l'eau. Cette STEP est gérée par l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA) de Djelfa. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à l'étude de la performance de la station d'épuration à boues activées de la wilaya Djelfa.

Notre étude nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

➤ *Les paramètres physico-chimiques*

- ✓ Le suivi de la performance de la STEP a permis de conclure que les valeurs de pH et de la température de l'eau épurée sont conformes aux normes de rejet direct et ne perturbent pas le traitement biologique.
- ✓ Les résultats d'analyse des paramètres de pollution (DBO<sub>5</sub>, MES, DCO, NTK, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PT) a montré que les valeurs trouvées à la sortie de la STEP sont conformes aux normes Algérienne en vigueur en matière de rejet dans le milieu récepteur, notamment le décret exécutif 06-141 définissant les valeurs limites des rejets dans un milieu récepteur (JORA, 2006).

➤ *Les rendements épuratoires*

- ✓ Les rendements épuratoires sont globalement satisfaisants et répondent aux objectifs de la STEP en termes de rejets. En effet, Les rendements de la STEP (file existante) en DBO<sub>5</sub>, DCO et MES sont respectivement : 91,8%, 77% et 91,6%; et des rendements épuratoires pouvant atteindre des valeurs de 91%, 76,1% et 91,1% respectivement pour la DBO<sub>5</sub>, DCO et MES (Nouvelle file).
- ✓ Le rendement moyen de l'abattement du phosphore total avoisine 16,4% (file existante) et 81% (Nouvelle file).

➤ *Les ratios calculés*

L'interprétation des ratios des paramètres de pollution a permis de tirer les conclusions suivantes:

- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> : Ce rapport souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées de la STEP de Djelfa (effluent mixte).
- ✓ DCO/PT : Dans notre cas, les valeurs moyennes sont supérieures à 45 permettant de prévoir un rendement d'élimination acceptable du phosphore.

- ✓ MES/DBO<sub>5</sub> : La STEP de Djelfa est caractérisée par une pollution d'origine particulière, cette pollution augmente pendant les événements pluvieux pouvant perturber l'efficacité de traitement.
- ✓ DCO/NTK : Il représente l'efficacité de la nitrification, d'après les résultats le ratio indique que la nitrification s'effectue dans des bonnes conditions
  - *L'indice de qualité de l'eau (IQE)*
- ✓ L'indice de la qualité globale de l'eau IQE est un outil très utile pour prendre la bonne décision et évaluer de façon comparative la qualité de l'eau épurée de la STEP dans le temps. La détermination des IQE des eaux usées épurées a indiqué que la qualité des eaux traitées par les deux STEP varie d'excellente à eau non potable. Les valeurs de l'IQE obtenues montrent que les eaux de bonne qualité ne représentent que 25% (File existante) et 33% (Nouvelle file) de l'ensemble des eaux étudiées.
- ✓ L'eau de bonne qualité et ne présente aucun risque sur l'irrigation des terres agricoles. Cependant il faut compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses bactériologiques et des éléments en traces.
  - *L'approche statistique*
- ✓ L'analyse en composante principale (ACP) a permis la discrimination de quatre axes qui cumulent 68,33 % de l'information. L'axe F1 (25,95%) est défini par la DCO, NT et PT et à un degré moindre par NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et DBO<sub>5</sub>. L'axe F2 (20,17 %) est défini par le pH et O<sub>2</sub> et à un degré moindre par MES, T et NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. L'axe F3 (13,23%) est défini par NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, et à un degré moindre à la CE et MES. Tandis que l'axe F4 (9,18%) est défini par CE et à un degré moindre par T.
- ✓ L'application de l'ACP montre que la composition chimique de la charge polluante de l'eau usée brute est dominée par la matière organique, matières azotées et phosphatées.

**Recommandations**

Ces résultats nous amènent à proposer certaines recommandations :

- ✓ La réalisation des stations d'épuration dans chaque agglomération pour assurer la protection de l'environnement et afin de réaliser des projets de valorisation des eaux usées épurées sur le territoire de la wilaya de Djelfa.
- ✓ Compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques et des éléments en traces, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.
- ✓ Compléter l'épuration biologique par des traitements tertiaires (désinfection par UV) poussés pour assurer une élimination totale des germes pathogènes et une réduction des risques sanitaires ;

*RÉFÉRENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ADAMS S. TITUS R. PIETERSEN K. TREDOUX G. and HARRIS C. (2001).** Hydrochemical characteristics of aquifers near Sutherland in the Western Karoo South Africa. *Journal of Hydrology*, Vol. 241, N°1-2, pp. 91-103.

**ALEM, S.L (2016).** Étude des eaux épurées de la station d'épuration de Beni Messous en vue de leur utilisation agricole. Mémoire d'ingénieur. École Nationale Polytechnique, Alger. 118 p.

**AMIRI K. (2020).** Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux usées dans le sud-est du Sahara Algérien. Application au sud de la région d'oued righ (Touggourt). Thèse de Doctorat en Sciences. Université Kasdi Merbah Ouargla, 186 p.

**ARCAND Y, PARIS J, ROULEAU D et MAYER R. (1989).** Effet de paramètres d'opération sur la décantation de boues biologiques d'une unité de traitement d'eaux usées de raffinerie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2: 43 – 69.

**ASANO, T., BURTON, F., LEVERENZ, H., TSUCHIHASHI, R., TCHOBANOGLIOUS, G. (2007).** Water reuse : issues, technologies, and applications. New York (US): Metcalf & Eddy.

**BAKIRI, Z. (2014).** Analyse et optimisation des eaux usées urbaines par boues activées: application au décanteur secondaire. Doctorat en Sciences. Université Ferhat Abbas Sétif -1, 169 P.

**BECHAC J. P., BOUTIN P., MERCIER B. et NUER P. (1984) :** Traitement des eaux usées, Éditions Eyrolles. Paris. 289 p.

**BENELMOUAZ, A (2015).** Performance épuratoire d'une station d'épuration de Maghnia. Mémoire de Master, Université de Abou Bekr bekaid-Telemcen, 134p.

**BENNACEUR, S (2019).** Optimisation de la consommation énergétique des aérateurs du processus d'épuration par boues activées par la Gradient Boosting Cas de la STEP Béni Messous, Mémoire d'ingénieur, École National polytechnique, Alger, 86p.

**BENKADDOUR, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de Doctorat en cotutelle. Université de Perpignan Via Domittia, et Université de Mostaganem, 193 p.

**BERLAND J.M., BOUTIN C., MOLLE P et COOPER P. (2001).** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, office international de l'eau OIEau. Office des publications des communautés européennes. 44p. ISBN 92-894-1690-4.

**BOUANANE, Y ET BOULHART, N (2020).** Étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de Sidi Merouane (Mila), Mémoire de Master, Université de Abdelhafid Boussouf-Mila, 136p.

**BOUANANI H. et TEBBAL S., 2013 –** Suivi et diagnostic de la STEP de Koléa et possibilité de valorisation des sous-produits en agriculture. Mémoire Ingénieur en hydraulique. École Nationale Polytechnique, El-Harrach, Alger, 195 p

**BOUANANI H. (2021).** Caractérisation et étude de la possibilité de réutilisation des eaux épurées dans l'irrigation. Thèse de Doctorat. École Nationale Polytechnique, Alger, 145p.

- BREMOND R. et C. PERRODON (1979).** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 2e édition, Paris, France, 259 p.
- BROWN, R. M., MCCLELLAND, N. I., DEININGER, R. A., TOZER, R. G. (1970).** A Water Quality Index- Do We Dare? Water and Sewage Works, 117, 339–343.
- BROWN R.M., MCCLELLAND N.I., DEININGER R.A., O'CONNOR M.F. (1972).** A Water Quality Index - Crashing the Psychological Barrier. In: Thomas W.A. (eds) Indicators of Environmental Quality. Environmental Science Research, vol 1, 173-182. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2856-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2856-8_15)
- CARDOT C.(1999).** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris : Ellipses. 247 p.
- CARRÉ E. (2017).** Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation. Thèse de Doctorat. Ecole des Mines de Saint-Etienne, Lyon, France, 359p .
- CHATERJEE, C. et RAZIUDDIN, M. (2002).** Determination of water quality index (WQI) of a degraded river in Asanol Industrial area, Burdwan, West Bengal", Nature, Environment and Pollution Technology, 1(2), 181–189.
- CHAUHAN A. and SINGH S. (2010).** Evaluation of Ganga water for drinking purpose by water quality index at Rishikesh, Uttarakhand, India. Report and Opinion 2(9), 53-61.
- CHEVALIER. G. (2015).** Conception d'une station de traitement des eaux usées dans une commune rurale. Projet GAE3. École polytechnique de l'université de Tours,77 p.
- CLOUTIER, V., et al. (2008).** Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydro-geochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system. Journal of Hydrology, 353, 294 – 313
- DAVIS JC (1986)** Statistics and data analysis in geology. Wiley, NewYork
- DEGRÉMONT (1978).** Mémento technique de l'eau. Technique et documentation, huitième édition, France, 1200 p.
- DEGREMONT, S. (1989).** Mémento technique de l'eau. Paris : Lavoisier, 1459 p. Techniques et documentation. ISBN2-74300-717-6.
- DEGRÉMONT SA. (2005).** Mémento technique de l'eau. 10è édition. Paris. 2 volumes. ISBN 2-7430-0717-6. LXI-LV11, 1718-[66] p. Tome 1. 585 p.
- DERONZIER G, SCHÉTRITE S, RACAULT Y, Pierre J, LIÉNARD A, HÉDUIT A, DUCHÈNE P. (2001).** Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités. p11.
- DHAOUADI, H (2008).** Traitement des Eaux Usées Urbaines. Université Virtuelle de Tunis, 34 p.
- DIF K ET KAMEL F (2017).** Evaluation de la charge polluante des eaux usées de la ville de Djelfa, Mémoire de Master, Université Ziane Achour Djelfa ,37 p.

## Références bibliographiques

---

- DJEBALI O ; 2008** – Contribution à la réhabilitation de la station d'épuration de Baraki. Mémoire Ingénieur en hydraulique. École Nationale Polytechnique, El-Harrach, Alger, 86 p.
- ECHENFELDER, W. (1982)**. Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Paris : Lavoisier, 503 p. Technique et documentation. ISBN 2-85206-129-5.
- GACEM, Y. (2020)**. Épuration des eaux usées. Polycopié de cours. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 77p.
- GAÏD A. (1984)**. Épuration biologique des eaux usées, Tome 1 et 2.
- GAÏD A. (2008)**. Traitement des eaux usées urbaines. Ingénieur Process. Direction technique. Omnium de Traitement et de Valorisation (OTV). Techniques de l'Ingénieur, traité Construction ref. C 5 220. 28p.
- GARBARINO, J.R., HAYES, H.C., ROTH, D.A., ANTWEILER, R.C., BRINTON, T.I. AND TAYLOR, H.E. (1995)** Heavy Metals in the Mississippi River. U. S. Geological Survey Circular 1133, Virginia.
- GROMAIRE et al. (2001)**. Impact des rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sur les milieux aquatiques. Revue des Sciences de l'eau/ Journal of Water Science. Volume 20, numéro 2, 2007, p 229 – 239. ISSN: 1718 - 8598 (numérique).
- GÜLER, C., et al. , 2002**. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. Hydrogeology Journal , 10, 455 –474.
- HAMZAOUI-AZAZA, F., et al. (2010)**. Hydrogeochemical characteristics and assessment of drinking water quality in Zeuss –Koutine aquifer, southeastern Tunisia. Environmental Monitoring and Assessment , 174, 283–298
- HAOUATI, E.H (2005)**. Eude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville de Djelfa. Mémoire d'Ingénieur d'État. École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, Abdallah Arbaoui, 109 p.
- HAOUATI, E.H. (2020)**. Station d'épuration de Djelfa ; analyse et diagnostic pour une gestion prometteuse. Mémoire master. Université Ziane Achour – Djelfa, 85 p.
- HORTON, R. K. (1965)**. An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation, 37(3), (pp.300-306).
- IDRISSI Y.A., DARWESH N., BELHAILI I., ACHHEB A.L., ALEMAD A., ELKHARRIM K., et BELGHYTI D. (2015)**. Étude des performances épuratoires de la technique de Lagunage naturel de la station d'épuration des eaux usées domestique de la ville d'Azilal –MAROC. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 13 No. 3 Nov. 2015, pp. 507-517.
- JORA., (2006)**. Journal officiel de la république Algérienne : Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur.
- KAISER, H.F. (1958)**. The Varimax criterion for analytical rotation in factor analysis.
- KAISER, H. F. (1960)**. The application of electronic computers to factor analysis.
- KAKOU K.E.S.L. (2021)**. Qualité physico-chimique des rejets de stations d'épuration de la ville d'Ouagadougou au Burkina Faso. Mémoire de Master, 78 p.
- Psychometrika 23b, 187-200.

**KETTAB A., CHABACA N.M., KAREF S, NAKIB M, BOUMALEK W., BOUANANI H., DJILLALI Y ; BENZIADA S., BENMAMAR S. (2017).** (Traitement des eaux usées urbaines et leurs réutilisations en Agriculture. EUE Editions (éditions universitaires européennes/ European University Editions). 172p. ISBN : 978-3-330-87310-0.

**KHALDI H. (2017).** Étude de possibilité d'épuration des eaux usées par un mélange Boues-micro-algues. Cas de la Station d'Épuration de Tiaret (Algérie).Thèse de Doctorat LMD. Université Ibn Khaldoune –Tiaret, 151 p.

**KUMAR S; MUTTAN S. (2006).** PCA-based image fusion. Proc. SPIE 6233, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XII, 62331T; Doi:10.1117/12.662373.

**LEFEBVRE J., (1988).** Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles avec exemples d'applications, 3ième édition, 273p.

**LE PEN A. ET PRONOST J. (1998).** Analyse, caractérisation et qualité des eaux usées. Office Internationale de l'Eau. Environnement et technique, Info-déchets-courants n° 181. 3 p.

**MALEK I ; 2014** – Les indicateurs de performance et de suivi de la station d'épuration de Réghaia. Mémoire Ingénieur en hydraulique. École Nationale Polytechnique, El-Harrach, Alger, 108 p.

**MAREF, N. (2020).** *Traitement et épuration des eaux.* Polycopie de cours. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, 56 p.

**MEDARBEL K; AMROUCHE S.(2012).** Étude des indicateurs de performance et optimisation du fonctionnement des STEP (Cas de la STEP de Réghaia). Mémoire Ingénieur d'État en Génie Chimique. École Nationale Polytechnique, El-Harrach, Alger, 180 p.

**METAHRI M.S. (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou, spécialité Agronomie, option Génie des procédés 148 p.

**MEZIANE, A. (2014).** Étude des performances du traitement biologique de la station d'épuration El Karma- Oran. Mémoire de Master. Université Abou Bekr Belkaid, 162 p.

**MRE, 2010.** Actualisation du plan national de l'eau, mission 2, volet 3, les ressources en eau non conventionnelles. Algérie. 84 P.

**NAKIB M. (2015).** Étude des possibilités d'utilisation des eaux épurées et des boues d'épuration dans l'agriculture. Thèse de doctorat en sciences, département d'hydraulique, École Nationale Polytechnique d'Alger. 151p.

**OMS. (1989).** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional pour l'Organisation Mondiale de la Santé, Copenhague, pp 168.

**ONA, 2019.** Document interne bilan annuel DEM ONA 2019. <http://ona-dz.org/>

**OUANOUKI B. (2012).** Modélisation de la demande en eau dans une région aride. Cas de la Wilaya de Djelfa. Revue « Nature & Technologie ». N° 06/Janvier, 93-105.

## Références bibliographiques

---

- OUANOUI B. (2014).** Demande en eau et Impact de la réutilisation des eaux usées traitées et des boues en agriculture et dans les techniques forestières. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. École Nationale Supérieure Agronomique, 255 p.
- OUERD, N. (2010).** Traitement d'effluents liquides d'industries agro-alimentaires par procédé biologique à boues activées (Cas des effluents synthétiques laitiers de l'unité GIPLAIT de Draa Ben Khedda). Mémoire de Magister. École Nationale Supérieure Agronomique Alger, 180 p.
- PARENT-RAOULT C et BOISSON. J.-C. (2007).** Impact des rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sur les milieux aquatiques. Revue des Sciences de l'eau. Journal of Water Science, Volume 20, numéro 2, p. 163-250.
- RAGAA, M ET HAOUATI, E.H. (2014).** Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées de la station d'épuration Djelfa et aptitude de leurs réutilisations dans quelques domaines d'activités. Mémoire de Master. Université Ziane Achour, Djelfa, 85 p.
- RAHLAOU, Y (2020).** Diagnostic et Évaluation des performances épuratoires la station d'épuration de Timgad (Wilaya de Batna), Mémoire de Master, Université de Mohamed khider-Biskra, 95p.
- RAMAKRISHNAIAH C.R., SADASHIVAIAH C., and RANGANNA G., (2009).** Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. E-Journal of Chemistry, 6(2), pp. 523-530.
- RAO C. S., RAO B. S., HARIHARAN A. and BHARATHI N. M. (2010).** Determination of water quality index of some areas in Guntur district Andhra Pradesh. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology 1(1), 79-86.
- RATSIMBAZAFY, N (2016).** Traitement d'épurations Agro-alimentaires par des procédés physico-chimique et Biologique par Chaîne : Cas de l'usine socolait, Mémoire de Master, Université de d'Antananrivo-Madagascar, 94p.
- RODIER J, (2005).** L'Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers ; 8<sup>ème</sup> édition, Dunod Paris, 1381 p.
- RODIER J., LEGUBE B. ET MERLET N. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition, entièrement mise à jour. Dunod, Paris ,2009.
- SADAWSKI A.G. (2002) :** Méthodes de calcul d'une filière de traitement. Boues activées très faible charge. Nitrification et dénitrification, traitement du phosphore. Laboratoire HSU ENGEES. 103p.
- SAHARA M ET HARICHE S (2019).** Impact des indicateurs de performance sur la gestion de la station d'épuration de la ville de Djelfa, Mémoire de Master, Université Ziane Achour Djelfa ,76 p.
- SAHNOUN, A.Y. (2019).** Contribution à la valorisation des boues des stations d'épuration des eaux usées. Doctorat en sciences. Université Sciences et Technologie Oran, 230 p.
- SATIN, M. SELMI, B & REGIS, B. (1999).** Guide technique de l'assainissement. Paris : Moniteur, 724 p. Référence technique. ISBN 978-2-281-11239-9

- SHRESTHA M.S., RIJAL K., POKHREL M.R. (2016).** Assessment of heavy metals in deep groundwater resources of the Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Environmental Protection* 7, pp. 516-531.
- STATSOFT INC. (2004).** STATISTICA (Data Analysis Software System), version 6. 2300 East, 14th St, Tulsa, OK 74104
- ST-HILLAIRE, A., et al. , 2004.** Multivariate analysis of water quality in the Richibucto drainage basin (New Brunswick, Canada). *Journal of the American Water Resources Association* , 40,691– 703.
- TALHI A et TALBI F.Z. (2019).** Conception et dimensionnement de la station d'épuration de Mehalma. Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique. École Nationale Polytechnique, Alger, 105p.
- TANSAOUT, A (2021).** Étude de la réalisation d'une station d'épuration pour la Commune Ait Chafaa wilaya de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, 138p.
- TOUHARI Fadhila. (2018).** Traitement et épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles. Polycopié de cours. Université Djillali Bounaama de khemis Miliana, 77 p.
- VAROL, S. and DAVRAZ, A. (2015).** *Environ Earth Sci* 73: 1725. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3531-z>
- VILAGINES, R., (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, 2è édition, Éditions Tec &Doc, 198p.
- YIDANA, S.M., OPHORI, D., AND ET BANOENG-YAKUBOB, B. (2008).** A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data — the Ankobra Basin, Ghana. *Journal of Environmental Management* , 86, 80– 87.
- YIDANA, S. M. & YIDANA, A. (2010).** Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis. *Environmental Earth Sciences*, 59(7) (pp.1461-1473). <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0132-3>.

**ANNEXES**

*ANNEXES*

# *ANNEXE I*

**ANNEXE I : Matériels et réactifs utilisés pour l'analyse des paramètres physico-chimiques**



**Filtres vides**

**Balance de precision**

**Dispositif de filtration sous vide**



**Centrifugeuse**



**L' étuve a 105 °C**

**Figure I.1. Matériels utilisés pour déterminer les MES**

## ANNEXES



**Armoire thermostaté**



**Flacon de DBO<sub>5</sub>**

**Figure I.2. DBO-Mètre OXITOP**



**Thermostat**



**Spectrophotomètre DR 3900**

**Figure 1.2. Appareils de mesure de la DCO**



**LCK 350 (phosphate)**



**LCK 339 (Nitrate)**



**LCK 341-342 (Nitrite)**

**Figure 1.3. Réactifs utilisés pour l'analyse du phosphore total, les Nitrates et les Nitrites**

*ANNEXE II*

### ANNEXE II : Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques

#### II.1. Matières en suspension (MES) (Méthode par filtration selon la norme AFNOR FT 90-105)

Les MES englobent les particules minérales et organiques présentes dans l'échantillon d'eau, alors que les MVS représentent uniquement la fraction organique des MES.

##### Matériel :

- ✓ Papier filtre (Whatman GF-C);
- ✓ Rampe de filtration sous vide ;
- ✓ Pompe à vide ;
- ✓ Etuve (105°C) ;
- ✓ Verrerie de laboratoire ;
- ✓ Balance (0.001 g de précision)

##### Mode opératoire :

- On nettoie des filtres de microfibre de verre à 1,20 µm (Whatman GF-C) et on les place à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures pour enlever l'humidité. Puis, on les place dans le dessiccateur et on les pèse avec leurs coupelles (masse  $M_0$ ).
- On filtre les échantillons prélevés sur chaque filtre.

Le volume (V) varie en fonction des teneurs de solides en suspension : 40 mL pour les eaux usées plus chargées et 100 mL pour celles moins concentrées.

- Après la filtration, on place l'ensemble filtre et coupelle dans l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- On pèse l'ensemble (masse  $M_1$ ), après l'avoir laissé refroidir dans le dessiccateur (environ 20 minutes).

##### Expression des résultats

La concentration en matière en suspension (MES) est calculée selon la formule suivante :

$$MES = \frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$

**MES** = concentration des matières en suspension (g/L)

## ANNEXES

---

$M_0$  = masse du papier filtre avant utilisation (g).

$M_1$  = masse du papier filtre après utilisation (g).

$V$  = volume d'eau utilisé (L).

### II.2. Matières volatiles en suspension (MVS) (norme AFNOR FT 90-029)

Ensuite pour la détermination des MVS, le filtre et les matières sèches sont mis dans un four à moufle réglé à 550°C. Deux heures plus tard, ils sont sortis et placés dans un dessiccateur pour les ramener à la température ambiante. Ils sont alors pesés et la masse  $M_2$  est obtenue. Le calcul des MVS se fait par l'intermédiaire de l'équation suivante :

$$MVS = \frac{M_1 - M_2}{V} \times 1000$$

Avec :

**MVS** = concentration des matières volatiles en suspension (g/L)

$M_1$  = masse du filtre après filtration et passage à l'étuve (g)

$M_2$  = masse du filtre après filtration et passage à l'étuve et au four (g)

### II.3. Mesure de la DCO :

La mesure de ce paramètre consiste à :

- Prendre un tube de LCK 514 ;
- Mettre 2 ml de chaque échantillon (eau brute et épurée) dans deux tubes ;
- Agiter et placer le tube fermé dans le thermostat (réacteur) puis chauffer l'échantillon jusqu'à 148 °C pendant 2 heures,
- Arrêter le thermostat et laisser les tubes refroidir à une température ambiante pendant 10 à 15 min ;
- Placer les tubes dans le spectrophotomètre et lire la teneur de la DCO en mg/l.

### II.4. Mesure de la DBO<sub>5</sub> :

La mesure de ce paramètre consiste à :

- Introduire un volume approprié de l'échantillon dans le flacon de BOD mètre

## ANNEXES

---

- Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles Hydroxyde de potassium (KOH) (Pour absorber le CO<sub>2</sub> dégagé par les microorganismes) et quelques gouttes de l'inhibiteur de nitrification.
- Visser la tête de mesure sur les bouteilles (bruns de 510 ml).
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à l'apparition du message (00)
- Mettre les bouteilles dans l'incubateur à une température constante de 20 °C pendant 5 jours
- La lecture se fait après 5 jours à la même heure en appuyant sur la touche M (la valeur s'affiche en mg d'O<sub>2</sub> /l).

### II.5. Mesure de nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :

Le protocole consiste à :

- Prendre deux tubes LCK 339 ;
- Ajouter un volume 1 ml de l'eau brute dans le 1<sup>er</sup> tube et 1 ml l'eau épurée dans le 2<sup>em</sup> tube (les réactifs sont fixés sur le bouchon des tubes);
- Mélanger les tubes ;
- Placer les tubes dans le thermostat à une température de 100 °C pendant 1 h;
- Arrêter le thermostat et laisser les tubes refroidir à une température ambiante pendant 10 à 15 min ;
- Mesurer avec le spectrophotomètre puis lire la valeur affichée.

### II.6. Mesure de nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

Le protocole consiste à :

- Prendre deux tubes LCK 341;
- Ajouter un volume 0,2 ml de l'eau brute dans le 1<sup>er</sup> tube et 2 ml l'eau épurée dans le 2<sup>em</sup> tube (les réactifs sont fixés sur le bouchon des tubes);
- Mélanger les tubes ;
- Placer les tubes dans le thermostat à une température de 100 °C pendant 1 h;
- Arrêter le thermostat et laisser les tubes refroidir à une température ambiante pendant 10 à 15 min ;
- Mesurer avec le spectrophotomètre puis lire la valeur affichée.

### II.7. Mesure de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Le protocole consiste à :

- Prendre deux tubes LCK 304;
- Ajouter un volume 0,2 ml de l'eau brute dans le 1er tube et 0,5 ml l'eau épurée dans le 2<sup>em</sup> tube (les réactifs sont fixés sur le bouchon des tubes);
- Mélanger les tubes ;
- Placer les tubes dans le thermostat à une température de 100 °C pendant 1 heure ;
- Arrêter le thermostat et laisser les tubes refroidir à une température ambiante pendant 10 à 15 min ;
- Mesurer avec le spectrophotomètre puis lire la valeur affichée.

### II.8. Mesure de l'azote total (NT)

Le protocole consiste à :

- Prendre deux tubes LCK 338;
- Ajouter un volume 0,2 ml de l'eau brute dans le 1er tube et 0,5ml l'eau épurée dans le 2em tube ;
- Mélanger les tubes puis ajouter 2.3 ml du réactif (hydroxyde de sodium) aussi le catalyseur ;
- Agiter les tubes ;
- Mettre les tubes dans le thermostat à 100 °C pendant une heure ;
- Arrêter le thermostat et laisser les tubes refroidir à une température ambiante pendant 10 à 15 min ;
- Mesurer à l'aide de spectrophotomètre ;
- Lire la valeur affichée sur le spectrophotomètre.

### II.9. Phosphore Total (PT) :

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosicape Zip.
- Dévisser le Dosicape ZIP.
- Pipeter 0,5 ml de l'échantillon.
- Visser le Dosicape ZIP en dirigeant le anelage ver le haut.
- Secouez énergiquement et faire chauffer dans le thermostat à 100 °C pendant 1 heure.
- Pipeter dans la cuve une fois refroidir 0,2 ml de réactif B (HACH LCK 350).

## ANNEXES

---

- Visser un Dosicape C gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite,
- laisser reposer la cuve pendant 10 minutes et mélanger à nouveau.
- Insérer la cuve dans le spectrophotomètre après avoir nettoyé son extérieure, en appuyant sur le menu code à barre, le spectrophotomètre affichera le résultat en mg/l de PT.