

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



**Université Saad Dahleb Blida -1-**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

LABORATOIRE DE RECHERCHE : BIOTHECHNOLOGIES  
ENVIRONNEMENT ET SANTE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : Ecosystème Aquatique

**Thème :**

Contribution à l'étude de la qualité hygiénique et évaluation  
des métaux lourds des eaux de la STEP de Baraki avant et  
après traitement

• **Réalisé et présenté par :**

**HAOUARI Marwa**

**ZAHRA Selma**

**Soutenu le : 22/09/2020**

• **Devant le jury:**

|                 |                     |                       |               |
|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Mr BOURIACH M.  | MCB                 | Université de Blida 1 | Président     |
| Mme OUAHCHIA C. | Docteur en biologie | Université de Blida 1 | Examinatrice  |
| Mme HAMAIDI F.  | Professeur          | Université de Blida 1 | Promotrice    |
| Mme DEMIAI A.   | Doctorante          | Université de Blida 1 | Co-promotrice |

**Année Universitaire : 2019-2020**

## ***Remerciement***

*Ce mémoire aujourd'hui nous permet de remercier plusieurs personnes, commençant par les membres de jury.*

*Tout d'abord, C'est avec un grand plaisir que nous remercions Mr BOURIACH M. de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous désirons aussi remercier sincèrement Mme OUAHCHIA C. pour le plaisir qu'elle nous fait en acceptant d'être membre de ce jury pour examiner ce travail et améliorer sa qualité.*

*Ce travail n'a pu être réalisé sans l'encadrement de Mme HAMAIDI F., que nous remercions d'avoir accepté de nous encadrer, pour son aide durant la période de la réalisation de ce travail, pour sa patience, et pour tous ses conseils précieux.*

*On exprime également nos vifs remerciements à Mme DEMIAI A. pour son soutien, et sa disponibilité pour répondre à nos questions tout au long de la rédaction de ce mémoire.*

*Nous remercions aussi Monsieur HIRAOUI S. le chef du centre de la station d'épuration de Baraki et Mme BENNOUAR B. chef de service d'étude pour leur simplicité et les efforts fournis afin de nous permettre d'acquérir toutes les informations nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions également Mr TAHRI T. ingénieur dans la STEP de Baraki qui nous a soutenu dans ces moments difficiles pour réaliser un bon travail.*

*A Mr LOUAHAB A. que nous remercions de nous avoir beaucoup aidé à trouver ce lieu de stage.*

*Nous voudrions remercier aussi Mme ARRACHI S. du laboratoire de projet des travaux d'aménagement d'oued El Harrach DAEWOOE pour sa simplicité et sa sincérité pour réaliser ce travail.*

*Un grand Merci pour tous nos professeurs de nous avoir transmis leurs connaissances en toute sincérité durant notre parcours académique, et arriver à ce stade aujourd'hui.*

*Merci à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*



## Dédicace

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH*

*S'est réalisé ce travail*

*Je dédie ce travail à mes chers parents*

*Ma douce MAMA, mon espoir dans la vie qui ma*

*Toujours apporté son amour et sa tendresse. Que*

*Dieu te préserve santé et longue vie*

*Mon cher PAPA, l'homme de ma vie qui est toujours*

*Là pour moi par son soutient et ses conseils précieux,*

*Merci à toi d'avoir était pour moi le meilleur des pères*

*Des parents merveilleux, affectueux et si respectueux*

*Ma chère sœur ASMAA*

*Mes chères frères SIFEEDIN REDHWAN et IMAD*

*Mes meilleures cousines IMEN LEILA SOUMIA MARWA*

*MALIKA*

*A toute ma famille HAOUARI et MOGHRAOUI et cousins*

*Ma Moitié, ma source d'énergie SELMA*

*Mes chères amies ASSIA RYM MERIEM KHADIDJA*

*SARA IKRAM SARA ZOLA Merci pour les bons*

*Moments qu'on a passés durant ces années inoubliables*

*A toute ma promo ECOSYSTEME AQUATIOQUE 2020*

*MARWA*

## *Dédicace*

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH*

*S'est réalisé ce travail*

*Je dédie ce travail à mes chers parents*

*Mon cher père, ma chère mère*

*Veillez trouver en l'aboutissement de ce travail, un soulagement, du réconfort, du plaisir et de la joie. Le chemin est long, mais je l'ai parcouru jusqu'au bout par la grâce de Dieu. Vous avez été au cours de ces années remplies de joies et de péripéties, et continuez à être pour moi d'un soutien infaillible. Votre amour, votre attention soutenue, vos sacrifices et vos prières constituent pour moi, une énorme force. Force qui sous-tend ma patience, ma persévérance et ma détermination. Merci*

*Que Dieu vous protège et vous comble d'avantage.*

*Ma chère sœur SOUAD mon printemps, qui était toujours là pour pouvoir m'assurer le soutien l'amour et l'encouragement*

*Mon cher frère MUSTAPHA qui m'a appris beaucoup de son expérience, qu'il était la cause de ma résistance de mon courage et ma patience que le bon DIEU te garde mon frère*

*A mes chers frères MOHAMED et ISHAK*

*A ma belle sœur et mon beau frère MOUFIDA et MOUNIR*

*A toute la grande famille : oncles et tantes maternelles et paternelles*

*A ma plus grande source de bonheur qui a été toujours à mes cotés, mon partenaire afin de réaliser ce mémoire, je te tire tout mon respect et ma profonde amour ma chère binôme*

*MARWA*

*Je dédie aussi à mon cher futur mari pour son encouragement et sa compréhension*

*Je tiens à remercier mes chères copines SARRA, KHADIDJA, RYM, IKRAM, ASSIA, ASMAA TINA, SARA et ZOLA qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire plein des moments inoubliables*

*A toute la promotion ECOSYSTEME AQUATIQUE*

*SELMA*

## RESUME

Cette étude rétrospective et prospective a été faite dans le but d'évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de BARAKI à boues activées, durant une période de cinq mois allant de Mars 2020 à Juillet 2020. Les échantillons sont prélevés à partir de trois points: à l'entrée, au niveau du clarificateur et à la sortie de station.

Dans une première partie, nous avons essayé d'apprécier le degré de pollution de l'eau en analysant les paramètres physico-chimiques tels que pH, MES, CE, DBO<sub>5</sub>, DCO, Nitrates, Azote global, Ammonium et Phosphore total. Parallèlement nous avons procédé à un dosage des métaux lourds pour les eaux usées brutes et épurées de la STEP.

Les résultats révèlent que les eaux usées présentent un caractère alcalin (pH=7.79), une minéralisation élevée et des rendements épuratoires satisfaisants pour les MES, la DBO<sub>5</sub> et la DCO. Le taux d'abattement était respectivement de 98,68%, 97,24% et 91,1%, ceci montre qu'il ya une conformité entre les valeurs des paramètres physico-chimique analysés et celles recommandés par les normes nationales et internationales sauf pour la conductivité sa valeur moyenne dépasse la norme internationale. Selon le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, on en déduit que l'effluent est biodégradable.

Au final, ces taux expliquent le bon fonctionnement de la STEP en ajoutant la bonne qualité des eaux traitées pour leur possible réutilisation.

**Mots clés:** STEP Baraki, eaux usées, eaux clarifiées, eaux traitées, paramètres physico-chimiques, métaux lourds, rendement.

# ABSTRACT

This retrospective and prospective study was carried out to evaluate the efficiency of the wastewater treatment of the BARAKI activated sludge treatment plant during a five month period from March 2020 to July 2020. Samples are taken from three points: at the inlet, at the clarifier and at the outlet of the plant.

In the first part, we tried to assess the degree of water pollution by analyzing physicochemical parameters such as pH, TSS, EC, BOD<sub>5</sub>, COD, Nitrates, Global Nitrogen, Ammonium and Total Phosphorus. At the same time we carried out a heavy metal determination for the raw and treated wastewater from the WWTP.

The results indicate that the wastewater has an alkaline character (ph=7.79), high mineralization, and satisfactory purification yields for TSS, BOD<sub>5</sub> and COD. The abatement rate was 98.68%, 97.24% and 91.1% respectively, indicating that there is conformity between the values of the physic-chemical parameters analyzed and those recommended by national and international standard. According to the DCO/DBO<sub>5</sub>, the effluent is biodegradable

Ultimately, these rates explain the proper functioning of WWTP by adding the good quality of treated water for possible reuse.

**Key words:** Baraki WWTP, Wastewater, Clarified water, Treated water, physic-chemical parameters, Heavy metals, Yield.

## المخلص

تم إجراء هذه الدراسة بأثر رجعي بهدف تقييم فعالية معالجة مياه الصرف الصحي في محطة المعالجة بالحماة المنشطة في براقى، خلال فترة خمسة أشهر من مارس 2020 إلى يوليو 2020. يتم أخذ العينات من ثلاث نقاط عند المدخل على مستوى المصفي وفي منفذ المحطة.

في الجزء الأول ، حاولنا تقييم درجة تلوث المياه من خلال تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية مثل الأس الهيدروجيني و MES و EC و BOD<sub>5</sub> و COD والنترات والنيتروجين والأمونيوم والفسفور الكلي. في الوقت نفسه ، قمنا بإجراء جرة من المعادن الثقيلة لمياه الصرف الصحي الخام والمنقاة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي

أظهرت النتائج أن المياه العادمة لها صفة قاعدية (pH = 7.79) ، وتمعدن عالي وعوائد تنقية مرضية لـ SS و BOD<sub>5</sub> و COD. كان معدل التخفيض 98.68% و 97.24% و 91.1% على التوالي ، وهذا يدل على وجود تطابق بين قيم المتغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها وتلك التي أوصت بها المعايير الوطنية والدولية باستثناء بالنسبة للتوصيلية ، فإن متوسط قيمتها يتجاوز المعيار الدولي. وفقاً لنسبة COD / BOD<sub>5</sub> ، يُستنتج أن النفايات السائلة قابلة للتحلل.

في النهاية ، تشرح هذه المعدلات الأداء السليم لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي من خلال إضافة نوعية جيدة من المياه المعالجة لإعادة استخدامها المحتمل.

**الكلمات المفتاحية:** محطة تطهير المياه ببراقي ، مياه الصرف الصحي ، المياه المصفاة ، المياه المعالجة ، المعايير الفيزيائية والكيميائية ، المعادن الثقيلة ، المحصول.

## *Liste des figures*

| <b>Figures</b>   | <b>Intitulés</b>  | <b>Pages</b>    |
|------------------|---|-----------------|
| <b>Figure 01</b> | Schéma représentatif de procédé de traitement des eaux .....            | <b>10</b>       |
| <b>Figure 02</b> | Schéma de base du procédé de boues activées.....                        | <b>12</b>       |
| <b>Figure 03</b> | Station d'épuration de BARAKI.....                                      | <b>14</b>       |
| <b>Figure 04</b> | Schéma général de fonctionnement de la STEP de BARAKI (filère eau)..... | <b>16</b>       |
| <b>Figure 05</b> | Préleveur automatique (photo originale).....                            | <b>17</b>       |
| <b>Figure 06</b> | Cellule électrochimique (photo originale).....                          | <b>24</b>       |
| <b>Figure 07</b> | Echantillon eau brute.....  | <b>25</b>       |
| <b>Figure 08</b> | EcoMon IOS.....   | <b>25</b>       |
| <b>Figure 09</b> | Ecran d'appareil de mesure des métaux lourds EcoMon IOS.....            | <b>25</b>       |
| <b>Figure 10</b> | Taux d'abattement des MES.....  | <b>30</b>       |
| <b>Figure 11</b> | Taux d'abattement de DBO <sub>5</sub> .....                             | <b>31</b>       |
| <b>Figure 12</b> | Taux d'abattement de DCO.....   | <b>33</b>       |
| <b>Figure 13</b> | Poste de relèvement PR1.....  | <b>Annexe I</b> |
| <b>Figure 14</b> | Poste de relèvement PR2.....  | <b>Annexe I</b> |
| <b>Figure 15</b> | Dégrilleur grossier.....  | <b>Annexe I</b> |

|                  |   |                   |
|------------------|---|-------------------|
| <b>Figure 16</b> | Dessableur – déshuileur.....                            | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 17</b> | Pont racleur.....                                       | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 18</b> | Décanteur primaire.....                                 | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 19</b> | Bassin biologique.....                                  | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 20</b> | Dégazeur.....   | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 21</b> | Clarificateur.....                                      | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 22</b> | Poste de recirculation des boues.....                   | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 23</b> | Filtre à sable .....                                    | <b>Annexe I</b>   |
| <b>Figure 24</b> | Balance de précision.....                               | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 25</b> | Thermostat.....   | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 26</b> | Spectrophotomètre.....                                  | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 27</b> | pH mètre.....   | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 28</b> | Equipement de filtration .....                          | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 29</b> | Dessiccateur.....                                       | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 30</b> | DBO mètre.....  | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 31</b> | Verreries.....  | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 32</b> | La haute.....   | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 33</b> | Exemple de boîte hach LCK avec protocole.....           | <b>Annexe III</b> |
| <b>Figure 34</b> | Réactifs (R-355, R-396 et solution de calibration)..... | <b>Annexe III</b> |

## *Liste des tableaux*

| <b>Tableaux</b>      | <b>Intitulés</b>   | <b>Pages</b>     |
|----------------------|--|------------------|
| <b>Tableau I</b>     | Effets des polluants sur la santé humaine.....   | <b>3</b>         |
| <b>Tableau II</b>    | Mode de traitement à adopter en fonction du rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....           | <b>7</b>         |
| <b>Tableau III</b>   | Débit entrant de l'eau brute.....  | <b>15</b>        |
| <b>Tableau IV</b>    | Intervalles de mesure de la DBO <sub>5</sub> .....                                       | <b>20</b>        |
| <b>Tableau V</b>     | Résultats des analyses physicochimiques.....   | <b>Annexe II</b> |
| <b>Tableau VI</b>    | Normes physico-chimiques des rejets selon OMS(2006) et JORA (2009).                      | <b>Annexe II</b> |
| <b>Tableau VII</b>   | Valeurs limites minimales des rejets d'effluents liquides industriels selon JORA (2006). | <b>Annexe II</b> |
| <b>Tableau VIII</b>  | Valeurs limites maximales des rejets selon JORA (2006).....                              | <b>Annexe II</b> |
| <b>Tableau IX</b>    | Normes internationales des rejets OMS (2006).....  | <b>Annexe II</b> |
| <b>Tableau X</b>     | Résultats de mesure de pH. ....  | <b>28</b>        |
| <b>Tableau XI</b>    | Résultats de mesure de conductivité électrique.....                                      | <b>29</b>        |
| <b>Tableau XII</b>   | Résultats de mesure des matières en suspension.....                                      | <b>30</b>        |
| <b>Tableau XIII</b>  | Résultats de mesures de DBO <sub>5</sub> et DCO.....                                     | <b>32</b>        |
| <b>Tableau XIV</b>   | Résultats de mesures d'Azote Globale.....  | <b>34</b>        |
| <b>Tableau XV</b>    | Résultats des mesures des nitrates.....  | <b>34</b>        |
| <b>Tableau XVI</b>   | Résultats des mesures d'Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....                    | <b>35</b>        |
| <b>Tableau XVII</b>  | Résultats de mesures de Phosphore Total.....   | <b>36</b>        |
| <b>Tableau XVIII</b> | Variation de concentration des métaux lourds.....  | <b>37</b>        |

## *Liste des abréviations*

| <b>Abréviations</b>    | <b>Désignations</b>                            |
|------------------------|--|
| <b>ASEF</b>            | L'Association Santé Environnement France       |
| <b>CE</b>              | Conductivité électrique                        |
| <b>DBO<sub>5</sub></b> | Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours |
| <b>DCO</b>             | Demande Chimique en oxygène                    |
| <b>EB</b>              | Eau brute                                      |
| <b>EE</b>              | Eau épurée                                     |
| <b>EUT</b>             | Eaux Usées Traitées                            |
| <b>INRS</b>            | Institut national de recherche et de sécurité  |
| <b>JORA</b>            | Journal Officiel de la République Algérienne   |
| <b>MES</b>             | Matières En Suspension                         |
| <b>MO</b>              | Matière Organique                              |
| <b>MVS</b>             | Matières volatiles Sèches                      |
| <b>NGL</b>             | Azote Globale                                  |
| <b>OMS</b>             | Organisation Mondiale de la Santé              |
| <b>OIE</b>             | Office International de l'Eau                  |
| <b>PR1</b>             | Poste de relèvement 1                          |
| <b>PR2</b>             | Poste de relèvement 2                          |
| <b>PT</b>              | Phosphore Totale                               |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>PCB</b>    | Les polychlorobiphényles   |
| <b>SAMBBA</b> | La Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan |
| <b>SEAAL</b>  | Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger                        |
| <b>SEBA</b>   | Le Syndicat des Eaux du Bassin de l'Ardèche                            |
| <b>STEP</b>   | Station d'épuration  |

# *Table des matières*

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Remerciements             |           |
| Dédicaces                 |           |
| Résumé                    |           |
| Liste des figures         |           |
| Liste des tableaux        |           |
| Liste des abréviations    |           |
| <b>INTRODUCTION</b> ..... | <b>01</b> |

## ***PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE***

### **Chapitre I : Généralités sur la pollution des eaux usées**

|   |    |
|---|----|
| I-1 Pollution de l'eau .....                        | 02 |
| I-2 Effet de la pollution sur la santé public ..... | 02 |
| I-3 Eaux usées .....                                | 03 |
| I-4 Origine des eaux usées .....                    | 03 |
| → Eaux Industrielles.....                           | 03 |
| → Eaux Domestiques .....                            | 04 |
| → Eaux Agricoles.....                               | 04 |
| → Eaux Pluviales.....                               | 04 |

### **Chapitre II : Paramètres de mesure de la pollution**

|  |           |
|--|-----------|
| II-1 paramètres physicochimique.....     | 05        |
| <b>II-1-1 Paramètres Physiques</b> ..... | <b>05</b> |
| → Température.....                       | 05        |
| → pH.....                                | 05        |
| → Turbidité.....                         | 05        |
| → Matières en suspension (MES).....      | 05        |
| → Matières Volatiles Sèches (MVS).....   | 05        |

|   |    |
|---|----|
| → Conductivité électriques (CE).....        | 06 |
| <b>II-1-2 Paramètres chimiques</b> .....    | 06 |
| → Demande Biochimique en oxygène (DBO)..... | 06 |
| → Demande chimique en oxygène DCO.....      | 06 |
| → Notion de la biodégradabilité .....       | 06 |
| → Composés Azotés .....                     | 07 |
| → Nitrate.....                              | 07 |
| → Nitrite.....                              | 07 |
| → Ammonium.....                             | 07 |
| → Phosphore Total.....                      | 08 |
| → Oxygène Dissous .....                     | 08 |
| → L'azote kjeldahl.....                     | 08 |
| <b>II-1-3 Métaux lourds</b> .....           | 08 |
| → Cadmium.....                              | 09 |
| → Cuivre.....                               | 09 |
| → Plomb.....                                | 09 |
| → Zinc .....                                | 09 |

### **Chapitre III : Epuration de l'eau**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| III-1 Procéder de traitement..... | 10 |
| <b>Filière Eau</b> .....          | 11 |
| A-Prétraitement .....             | 11 |
| → Dégrillage.....                 | 11 |
| → Dessablage/ Déshuilage.....     | 11 |
| B- Traitement Primaire.....       | 11 |
| C-Traitement Biologique .....     | 11 |
| → Boues Activés.....              | 12 |
| → Clarification .....             | 12 |
| D-Traitement Tertiaire.....       | 13 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| → Filtration Sur Sable ..... | 13 |
| <b>Filière Boue</b> .....    | 13 |

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **Chapitre I : Matériels et Méthodes**

|   |    |
|---|----|
| I-1 Présentation générale de la zone d'étude .....                | 14 |
| I-2 Principe de fonctionnement de la STEP de Baraki .....         | 15 |
| I-3 Matériel utilisé.....   | 17 |
| → Matériel Biologique .....                                       | 17 |
| → Matériel Non biologique.....                                    | 17 |
| I-4 Méthodes d'analyses.....                                      | 17 |
| → Echantillonnage.....  | 17 |
| → Mode de prélèvements.....                                       | 17 |
| → Paramètre Physico-chimique .....                                | 18 |
| ✓ <b>Paramètre Physique</b>                                       |    |
| a- Détermination du Ph. ....                                      | 18 |
| b- Détermination de la matière en suspension (MES) .....          | 18 |
| c- Détermination de la conductivité électrique (CE).....          | 19 |
| ✓ <b>Paramètre chimique</b>                                       |    |
| a- Détermination de la demande biochimique on oxygène (DBO) ..... | 20 |
| b- Détermination de la demande chimique en oxygène .....          | 21 |
| c- Détermination de l'azote total.....                            | 21 |
| d- Détermination des nitrates.....                                | 22 |

|  |    |
|--|----|
| e- Détermination d'ammonium.....               | 22 |
| f- Détermination de phosphore total (PT).....  | 22 |
| ✓ <b>Métaux lourds</b> .....                   | 23 |
| Détermination du rendement de l'épuration..... | 25 |

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

|  |    |
|--|----|
| <b>II.1. Paramètres physico-chimiques</b> .....            | 27 |
| → Potentiel d'hydrogène (pH).....                          | 27 |
| → Conductivité électrique (CE) .....                       | 28 |
| → Matières en suspension (MES).....                        | 29 |
| → Rendement d'élimination des MES.....                     | 30 |
| → Demande biochimiques en oxygène (DBO <sub>5</sub> )..... | 31 |
| → Demande chimique en oxygène (DCO).....                   | 32 |
| → Azote globale.....                                       | 33 |
| → Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....             | 34 |
| → Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....    | 35 |
| → Phosphore total .....                                    | 35 |
| <b>II.2. Métaux lourds</b> .....                           | 36 |
| <b>Conclusion et perspectives</b> .....                    | 38 |

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

## INTRODUCTION

L'eau doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée et défendue (**BELKACEM, 2018**). Elle est une ressource vitale pour l'homme, pour sa survie, sa santé et son alimentation, et également pour ses activités agricoles et économiques (**BOUALLA *et al.*, 2011**).

Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (**METAHRI, 2012**). La pollution est directement liée aux activités anthropiques industrielles et agricoles. Les eaux résiduaires transportent en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés (**MEKHALIF, 2009**).

Des quantités de plus en plus importantes d'eaux usées sont rejetées dans les écosystèmes aquatiques du monde entier. Elles véhiculent des polluants dépassant certains seuils, conduisant à un déséquilibre du fonctionnement naturel des écosystèmes aquatiques. Pour faire face à cette situation les eaux usées doivent subir une épuration avant d'être rejetées dans le milieu récepteur. L'épuration des eaux usées domestiques fait appel à des techniques physico-chimiques et biologiques (**FAGROUCH *et al.*, 2010**)

L'Algérie a connu ces dernières décennies une forte croissance démographique, une urbanisation massive et un développement des activités industrielles qui ont généré une production importante d'eaux usées, surtout dans les centres urbains qui sont évacuées vers les réseaux d'assainissements (**BEDOUEH, 2014**). A l'instar des autres pays à fortes activités urbaines et industrielles, notre pays a développé sa politique en matière de qualité des eaux. Le but de cette politique est de préserver, d'entretenir et de valoriser les ressources naturelles en eau (**OUANOUKI, 2014**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude. Nous nous proposons une étude rétrospective sur l'évaluation de la qualité hygiénique et une étude prospective sur la caractérisation des métaux lourds des eaux brutes de la station d'épuration de Baraki avant et après le traitement afin de déterminer et évaluer l'efficacité du traitement par les boues activées au niveau de cette STEP.

***ETUDE***  
***BIBLIOGRAPHIQUE***

## I.GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX USEES

L'eau est la plus importante source vitale de l'être vivant, une eau est dite polluée lorsqu'elle perd son équilibre d'une façon durable d'origine naturelle ou issue d'activités humaines (SARI, 2014).

### I.1. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau s'entend comme une modification nocive des propriétés des eaux, produite par les activités humaines, soit par évacuation, rejet ou injection de tous les effluents urbain et industriel qui perturbent la vie aquatique et rendent l'eau impropre et non utilisable dans le domaine public (HANNACHI *et al.*, 2014).

### I.2. Effet de la pollution sur la sante public

La pollution de l'eau est devenue l'une des préoccupations majeures au sein de notre société mais aussi à travers le monde. Les principales sources de pollutions de l'eau sont :

- l'agriculture : pesticides, nitrates, phosphore.
- l'industrie : métaux lourds, hydrocarbures, PCB.
- la médecine : résidus médicamenteux (ASEF, 2010).

D'après le tableau ci-dessous, on distinguera les dangers des substances toxiques sur l'homme :

**Tableau I : Effets des polluants sur la santé humaine**

| POLLUANTS                         | EFFETS SUR LA SANTE  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Matiere en suspension</b>      | Transportent des polluants donc augmente le risque de contamination de l'homme   |
| <b>Pollution organique</b>        | Favorise le développement d'organismes pathogènes  |
| <b>Azote (nitrate ,phosphore)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maladie bleue chez les enfants</li> <li>• Risque de cancers</li> </ul>  |
| <b>Métaux</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés</li> <li>• Arsenic, nickel et chrome également considérés comme cancérigènes</li> </ul> |
| <b>Pesticides</b>                 | Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction ), mutagènes et cancérogènes   |

(ASEF, 2010)

### I.3. Eaux usées

Ce sont des liquides hétérogènes utilisés et rejetés par l'homme chargés en matières minérales ou organiques et polluants, pouvant être en suspensions ou en solutions (KOLLER, 2009) .

Les eaux usées sont collectées par le réseau d'assainissement dans une zone urbaine, puis envoyées en traitement dans une station (HOFFMANN *et al*, 2014) .

### I.4. Origine des eaux usées

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

#### → Eaux industrielles

La nature de polluants varie d'une industrie à l'autre ,les eaux sont chargées en différentes substances chimiques et métalliques plus des matières organiques ,azotés et phosphorés ainsi elles peuvent contenir des graisses , hydrocarbures , les métaux et les acides...etc (METAHRI, 2012).

### → **Eaux domestiques**

Elles sont constituées des eaux de l'activité humaine qui sont de deux sortes :

- ❖ **Eaux de vannes** : issues des eaux de toilettes qui représentent une grande charge organique des eaux urbaines et aussi une charge bactérienne (germes fécaux ) qui nuit la qualité de l'eau .
- ❖ **Eaux ménagères** : sont les eaux de cuisine et lavage , moins chargées de pollution organique, sont généralement chargées de détergents , de graisses et de solvants **(VILAGINES, 2010)**.

### → **Eaux agricoles**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole provient souvent des engrais et fertilisants, des produits phytosanitaires (herbicides et pesticides ), sans compter les déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs , ou encore les accumulations de métaux lourds provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevages **(METAHRI, 2012)** .

### → **Eaux pluviales**

Ce sont les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulées toutes sortes de polluants **(BOUNOU, MEZITI et SALHI, 2017)**.

Au contact de l'air, elles se chargent d'impuretés et toutes sortes de déchets minéraux et organiques (fumées industrielles ,résidus de pesticides ...etc) , puis en ruisselant, des résidus et des micropolluants se déposent sur les toits, les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants ,résidus de pneus, métaux lourds...etc) **(BELAHMADI, 2011)**.

## II . PARAMETRES DE MESURE DE POLLUTION

### II.1. Paramètres physico-chimiques

Ils résultent à des modifications des caractéristiques physicochimique du milieu récepteur .ces analyses se fait au niveau des rejets à l'entrées et à la sorties des stations de traitement (METAHRI, 2012).

#### II.1.1. Paramètres physiques

##### → **Temperature**

La température de l'eau est un facteur écologique qui joue un role sur la densité et la solubilité des sels et des gazs dans l'eau, aussi sur les réactions chimiques et le développement des organismes vivants dans l'eau (MAKHOUKH *et al*, 2011).

##### → **pH (potentiel d'hydrogène)**

Permet d'indiquer l'alcalinité des eaux usées à partir de la concentration des ions  $H^+$  d'une eau (BETTACH, 2013).

##### → **Turbidité**

La turbidité des eaux polluées est très élevée, la turbidité est représente la transparence d'une eau par la présence des particules non dissoutes et des matières colloïdales (argiles, limons ...etc.) (DEKHIL, 2012).

##### → **Matière en suspension (MES)**

Est un paramètre qui indique la pollution par la teneur et la composition organique et minérale des particules trouvés dans l'eau, la teneur élevé des MES diminue l'oxygène dissous et crée un déséquilibre du milieu (AQUA WEB, 2016).

##### → **Matières volatiles sèches (MVS)**

La matière sèche c'est l'ensemble de matières organiques et matières minérales qui sont appelées matières volatiles sèches. Ce paramètre est mesuré dans le domaine de l'auto surveillance des boues issues de l'épuration ; ainsi la concentration des MVS signifie le taux qui permet de connaitre la stabilité des boues (AZZOUZI et AIT YOUNS, 2012).

La recherche et l'obtention des **MVS** est pratiquée par calcination à 550°C des matières en suspension obtenues après centrifugation puis séchage à 105°C (**OIE, 2020**).

### → **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité permet de mesurer la capacité de l'eau à passer le courant entre deux électrodes. Les particules dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement, permet donc d'apprécier la quantité des sels dissoutes dans l'eau. La température de l'eau influe sur la mesure de la conductivité (**EDDABRA, 2011**).

### **II.1.2. Paramètres chimiques**

#### → **Demande biochimique en oxygène (DBO)**

Exprime la quantité d'oxygène consommée par la bactérie pour dégrader la matière organique biodégradable trouvée dans l'eau. Cette mesure représente le processus de dégradation naturelle (**AZZOUZI; AIT YOUNS, 2012**).

#### → **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Correspond la concentration en matière organique ou minérale dissoutes dans l'eau, exprime aussi la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation totale (**EL KHARRIM et al, 2014**).

#### → **Notion de la biodégradabilité**

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons).

Un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... etc. La valeur du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (**METAHRI, 2012**) (Voir **Tableau II**).

**Tableau II** : Mode de traitement à adopter en fonction du rapport DCO/DBO5.

| Rapport DCO/DBO                          | Effluents et modes de traitements   |
|--|---|
| <b>DCO/DBO<sub>5</sub> &lt; 3</b>        | Effluent facilement biodégradable (traitement biologique)                                 |
| <b>3 &lt; DCO/DBO<sub>5</sub> &lt; 5</b> | Effluent moyennement biodégradable (traitement biologique)                                |
| <b>DCO/DBO<sub>5</sub> &gt; 5</b>        | Effluent difficilement biodégradable, voir non biodégradable (traitement physicochimique) |

(RODIER *et al.*, 2009)

### → Composés azotés

Dans les milieux aquatiques l'azote existe sous différentes formes :

Forme moléculaire (NH<sub>2</sub>) , forme ionisée: Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ainsi que sous forme organique dissoute ou particulière ( acide aminée, protéine ...etc.) ces différentes formes s'évoent selon des processus biochimique et physico-chimique (BELGHITI *et al.*, 2013).

Azoth global = Azote Kjeldahl (NTK) + Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) + Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (METAHRI, 2012).

### → Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux, la teneur élevée de nitrate indique la présence d'une pollution ; agricole, industrielle ou urbaine (BENZIANE, 2016).

Les nitrates ont un risque sur la santé humaine due à leur transformation dans le corps en nitrite (nitrification) qui provoque le grand risque. Les nitrates jouent un rôle secondaire dans l'eutrophisation des cours d'eau, le facteur principal étant le phosphore qui diminue la quantité l'oxygène dissous (CHOUTI, 2006).

### → Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Considéré comme un élément toxique, le NO<sub>2</sub> est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote, il résulte de la réduction d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), l'origine des nitrites et liée à l'agriculture et les rejets urbain et industriels (AOUISSI et HOUHAMDI , 2009).

### → Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'ammoniac provient principalement de la dégradation des matières organiques azotées, la présence d'ammonium dans les eaux est liée à la réduction des nitrates. La présence

d'ammonium assure la présence d'une contamination causée par la réduction des nitrates alors l'ammonium est un indice de pollution organique et pollution microbiologique (**AL-QAWATI M et al, 2015**).

### → Phosphore totale (PT)

La présence du phosphore dans les eaux usées due aux rejets industriels et agricoles car est un élément essentiel pour l'industrie et l'agriculture, le P est considéré comme un élément nocif à traiter dans les eaux usées pour limiter les problèmes d'eutrophisation dans le milieu (**DELGARD, 2018**).

### → Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau est l'un d'indicateur de sa qualité. C'est un paramètre très sensible à la pollution sa valeur joue un rôle sur le degré de pollution et d'autoépuration de l'eau ; même sur le plan écologique car il conditionné la vie de tous peuplement hétérotrophes dans les biotopes aquatiques (**MAKHOUKH et al, 2011**).

### → Azote kjeldahl (NTK)

L'azote Kjeldahl, exprimé en gramme d'azote ammoniacal, correspond à la somme de l'azote contenu dans la matière organique et de l'azote présent sous forme ammoniacale. L'azote global correspond à la somme de l'azote Kjeldahl, des nitrates et des nitrites (**DIALLO, 2013**).

### → Métaux lourds

Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse  $5 \text{ g/cm}^3$  avec un nombre atomique supérieur à 50, se trouvent sous forme de trace dans l'air, le sol et l'eau. Les métaux lourds les plus trouvés dans les eaux usées sont le plomb, le zinc, cuivre et le cadmium ...etc. (**SLIMANI, 2012**).

Les métaux contenus dans les eaux domestiques ont pour origine, d'une part, la corrosion des canalisations d'eau potable et, d'autre part, de l'usage des métaux dans les activités domestiques et dans des produits ménagers. (**BELAID, 2010**).

### ❖ Cadmium (cd)

Le cadmium est un élément métallique présent de façon naturelle dans la croûte terrestre considéré comme un métal toxique

Le cadmium utilisé dans différents usages industriels, la fabrication et l'utilisation des produits contenant cet élément provoque la pollution de l'environnement. Les activités agricoles ont aussi des apports indirects de contamination de sol et de l'eau par le cadmium **(MARY, 2011)**.

### ❖ Cuivre (Cu)

Est un élément chimique métallique de couleur rouge-brun, de symbole Cu, le cuivre est l'un des métaux les plus utilisés à cause de leur caractéristiques physiques et sa conductibilité électrique et thermique **(BELABED, 2010)**.

La présence de cuivre dans les eaux provient de l'érosion des sols par les cours d'eaux ou de l'activité industrielle **(HASSAINE et BOULENOUAR, 2018)**.

### ❖ Plomb (Pb)

Le plomb est un métal toxique naturellement présent dans l'écorce terrestre. Ce métal est utilisé dans des nombreux produits par exemple : (peintures, soudure, vitraux ...etc) on peut le trouver aussi sous forme de trace dans l'eau quand elle est acheminée dans des canalisations en plomb. Les activités de fabrication de recyclage et l'exploitation minière ainsi l'utilisation des peintures sont des sources de pollution de l'environnement **(OMS, 2019)**.

### ❖ Zinc (Zn)

C'est un métal de transition de faible dureté, le zinc est présent sous forme ionique et se lie facilement aux matériaux terrestres **(ROBIDAS, 2011)**.

Le zinc utilisés dans différent secteur industriels, n'est pas très stable thermodynamiquement, Les émissions de zinc et de ses composés dans l'environnement peuvent être d'origine naturelle **(BRIGNON, 2015)**.

### III. EPURATION DE L'EAU

Epurer signifie « rendre pur » tandis que la définition de purifier est « débarrasser des impuretés ». Quand on parle d'épuration des eaux résiduaires, il n'est pourtant pas question de les rendre pures, mais plutôt d'en retirer le plus de déchets possible avant de les évacuer (BAKIRI, 2007).

#### III.1. Procèdes de traitement

Les stations de traitement des eaux usées sont soumises à un ou plusieurs traitements visant à retirer les polluants et nettoyer les eaux pour éliminer les contaminants avant leur évacuation ce qui signifie que la qualité des eaux usées et la quantité des polluants rejetés dans l'environnement varient d'un endroit à l'autre (SAMBBA, 2016) (figure 01).

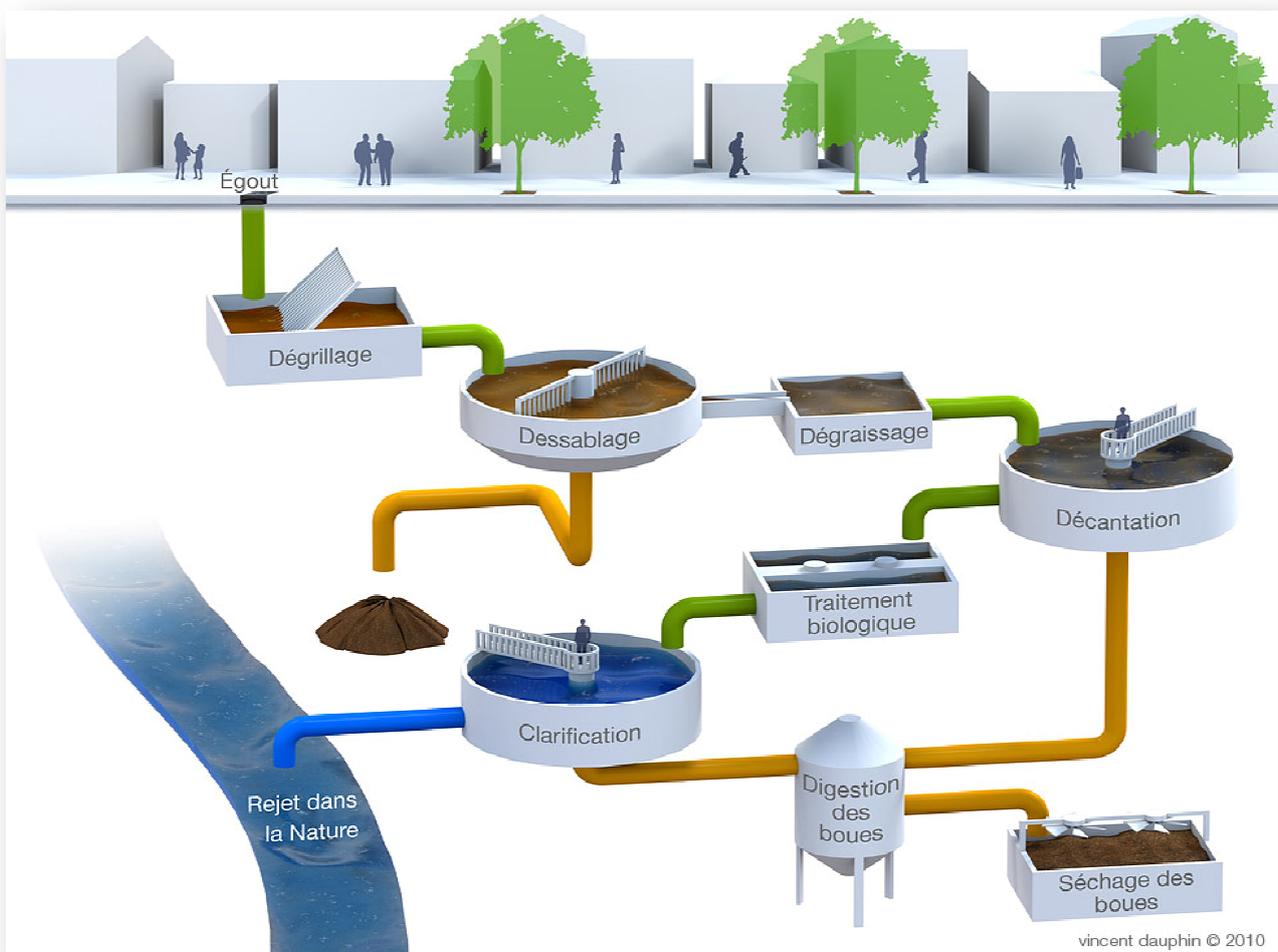


Figure 01 : schéma représentatif de procédé de traitement des eaux (DAUPHIN, 2010).

## FILIERE EAU

Le traitement des eaux usées se fait selon quatre étapes essentielles

### A. Prétraitement

#### • Dégrillage

Le dégrillage des eaux brutes est la première étape des prétraitements. Elle a pour but d'arrêter les plus grosses matières en suspension présentes dans l'effluent et d'ôter les déchets solides volumineux qui sont ensuite déversés dans une benne. Il existe 2 types de dégrilleur : grossier et fin (SEBA, 2015).

#### • Dessablage /désuilage

Les étapes suivantes permettent de débarrasser l'eau des matières qui n'ont pas été arrêtées par le dégrillage. Grâce à la réduction de vitesse de l'écoulement, il est possible de récupérer les sables par pompage et les graisses qui sont raclées en surface.

Les eaux s'écoulent d'abord dans un premier bassin appelé le « **dessaleur** » où les matières plus lourdes que l'eau (sables, graviers...etc.) se déposent au fond, Puis elles passent dans un deuxième bassin appelé **déshuileur** où les graisses seront récupérées en surface (Agence de l'eau, 2015) .

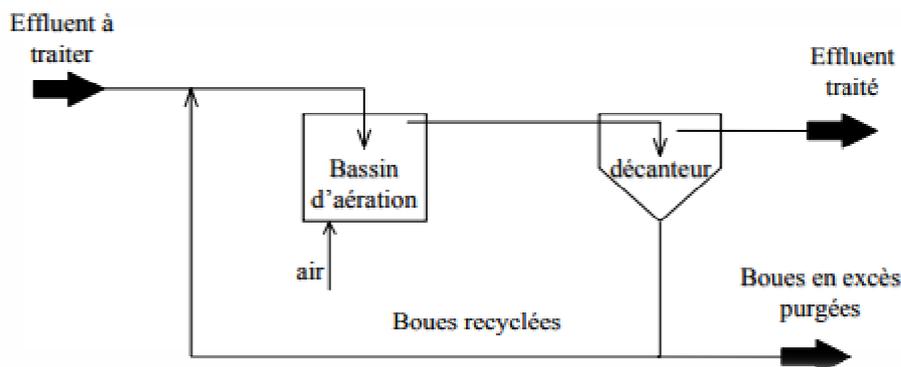
### B. Traitement primaire

D'après INRS (2004), la décantation primaire s'effectue dans un décanteur permet de retenir et d'éliminer 70% des matières minérales et organiques en suspension contenant dans les eaux usées qui se déposent au fond du bassin en forme de boues primaires qui étaient raclés puis envoyés vers des épaisseurs pour être traités.

### C. Traitement biologique

Le traitement secondaire ou biologique consiste à éliminer des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries (REJSEK, 2002) , et provoque sa prolifération plus ou moins contrôlée aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou absence d'oxygène. Il s'agit donc d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières dissoutes) en un élément manipulable (suspension de microorganismes). Cette épuration peut s'effectuer par voie aérobie ou l'énergie prélevée de la transformation du carbone organique devient une énergie disponible pour la synthèse mais en absence d'O<sub>2</sub>. Les traitements anaérobies sont habituellement destinés aux pollutions de forte charge pour lesquelles l'apport d'oxygène constitue un problème (OUANOUKI, 2014) (Figure 02).

Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocons. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. C'est dans le clarificateur que cette séparation entre la boue et l'eau clarifiée a lieu. Une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur (poste de recirculation) pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé donc l'objectif principal de l'épuration biologique (l'épuration secondaire) est d'éliminer le plus possible les polluants biodégradables et non décantables contenus dans l'eau usée (**DHAOUADI, 2008**).



**Figure 02 :** Schéma de base du procédé de boues activées (**DHAOUADI, 2008**).

### • Boues activés

Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène (**BAUMONT, 2005**).

Les bactéries minéralisent la matière organique alors que les autres organismes favorisent leur élimination, participant ainsi au maintien d'une biomasse bactérienne constante et à la clarification du liquide interstitiel. (**BESSEDIK, 2015**).

### • Clarification

La clarification ou décantation secondaire sépare les boues de l'eau qui dépolluée à plus de 90 %, est ensuite rejetée dans le milieu naturel. Les boues biologiques sont séparées et s'accumulent au fond du bassin (clarificateur), d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite décantée. Du résultat de l'épuration dépend le rendement de la décantation qui doit être voisin de 99 % (**CHOUBERT et DERONZIER, 2004**).

### **D .Traitement tertiaire (complémentaire)**

Après les traitements biologiques ou physico-chimiques classiques, il peut être nécessaire, voire indispensable de désinfecter les eaux résiduaires avant leur rejet (**SATIN, 2006**)

#### **✓ Filtration sur sable :**

L'utilisation des bassins de filtration à sable pour traiter des eaux usées domestiques est connue depuis très longtemps donc la filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent; il faut donc prévoir un nettoyage du filtre. (**PETITJEAN et BERNARD, 2011**).

L'efficacité de la filtration dépend de nombreux paramètres tels que l'épaisseur de la couche filtrante, forme et granulométrie du matériau, taille des particules en suspension dans l'eau, vitesse de filtration tous ça résulte une diminution de concentration des MES par rapport à celles enregistrés à l'entrés (**GHEDEMSI H *et al*, 2018**).

#### **FILIERE BOUE :**

Le traitement des boues consiste à concentrer la matière organique en filtrant les boues liquides pour obtenir des boues solides plus facilement transportable et stockable après des opérations d'épaississement, digestion et déshydratation (**SAWADOGO, 2018**).

***ETUDE***  
***EXPERIMENTALE***

## I. MATERIEL ET METHODES

Cette étude rétrospective consiste à effectuer des analyses physico-chimiques des eaux brutes et épurées de la station d'épuration (STEP) de BARAKI (wilaya d'Alger), durant une période de cinq mois s'étalant du mois de mars 2020 jusqu'au mois de juillet 2020, mais aussi évaluation des métaux lourds des eaux de la STEP, pendant la troisième semaine de mois d'août.

Les différentes analyses ont été réalisées au niveau de plusieurs laboratoires à savoir: le laboratoire de la STEP de BARAKI pour les analyses physico-chimiques, le laboratoire de projet des travaux d'aménagement d'oued El Harrach (DAEWOOE) pour les métaux lourds.

### I.1. Présentation générale de la zone d'étude

La station d'épuration de BARAKI est implantée dans la partie nord-est de BARAKI à 18 km au sud-est d'Alger juste près de la route menant vers El Harrach (chemin de wilaya N°8, Alger). Cette distinction demeure la première en son genre à l'échelle nationale et la 3<sup>ème</sup> en Afrique dans le domaine de la gestion et de l'exploitation du système d'assainissement (**figure 03**).



**Figure 03** : Station d'épuration de BARAKI (Google Earth, 2020)

La station est mise en service en 1989, cette station n'a plus fonctionné pendant une longue période, jusqu'à sa réhabilitation récente pour une capacité épuratoire de 180 00 000 eq /ha. Une extension est en cours de réalisation pour doubler sa capacité de traitement.

Cette dernière occupe une surface de 35 hectares, caractérisés par un système de collecte unitaire, composé de collecteur oued El Harrach et conduite Baba Ali avec un débit entrant de 298 000 m<sup>3</sup> /j, elle a été certifiée selon la norme internationale ISO 9001.

Les débits en entrée de la station sont détaillés dans le tableau suivant :

**Tableau III** : débit entrant de l'eau brute

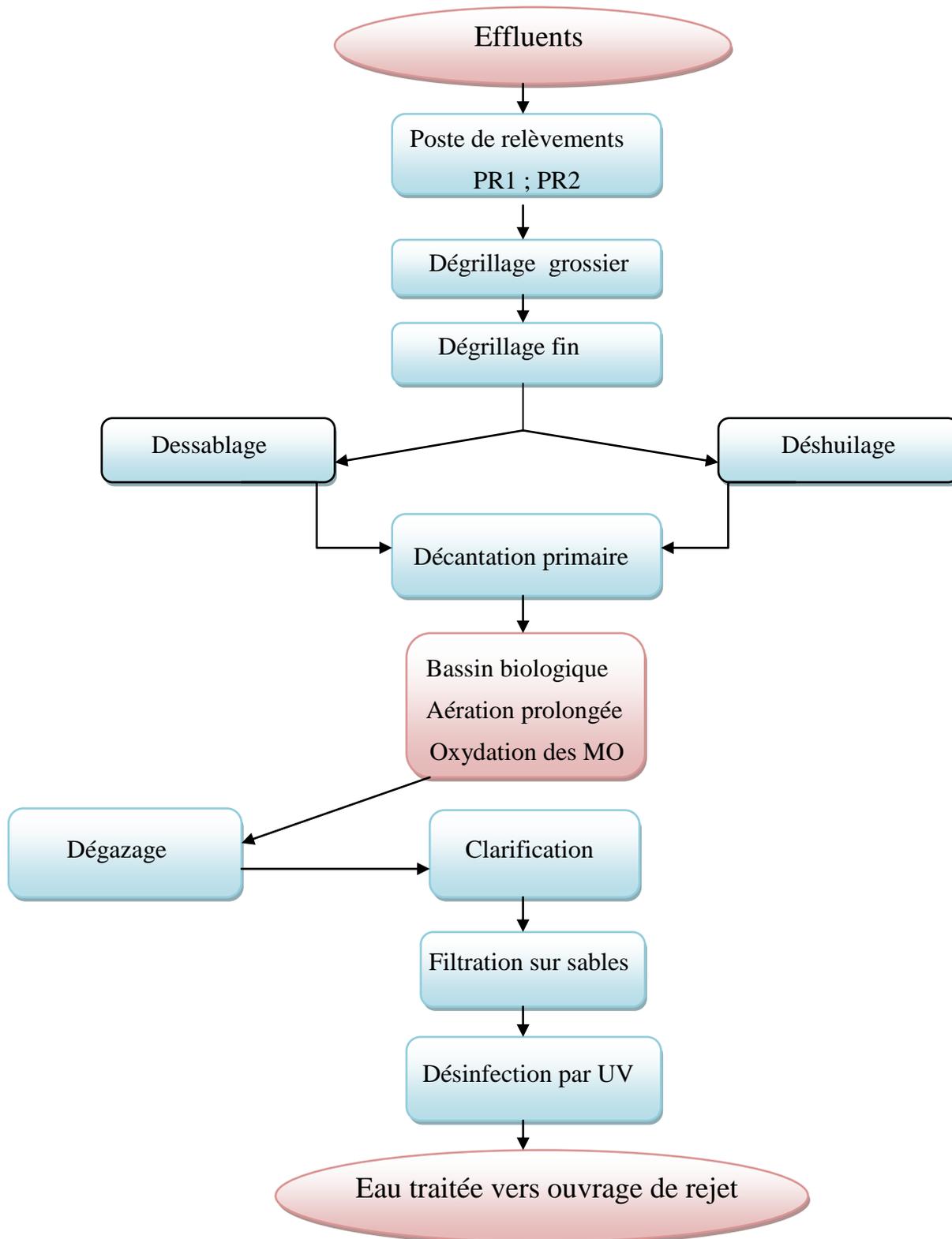
| Débit à traiter          | capacité | Unité             |
|--------------------------|----------|-------------------|
| Pointe en temps sec      | 9 600    | m <sup>3</sup> /h |
| Pointe en temps de pluie | 19 200   | m <sup>3</sup> /h |
| Moyen de design          | 6 225    | m <sup>3</sup> /h |
| Nominale journalier      | 298 000  | m <sup>3</sup> /j |

(SEAAL, 2016)

Les performances de traitement permettent de garantir une conformité du rejet supérieur à 99% et un rendement d'élimination de la pollution supérieur à 95%

## I.2. Principe du fonctionnement de la STEP de BARAKI

Le système épuratoire des eaux résiduaires de certaines zones d'Alger est constitué d'une station d'épuration à boues activées, à moyen charge. Le processus de traitement est composé de deux phases de traitement de la filière **Eau** et un traitement de la filière **Boue (figure 04)**.



**Figure 04** : Schéma général de fonctionnement de la STEP de BARAKI (filère eau)

### I.3. Matériel utilisé

#### ✓ Matériel biologique

L'eau brute, l'eau clarifiée et l'eau traitée de la STEP.

#### ✓ Matériel non biologique

Le matériel est représenté par la verrerie comme les flacons de prélèvement en polyéthylène, les réactifs, les solutions et les différents appareillages mentionné dans (**Annexe III**).

### I.4. Méthodes d'analyse

#### ✓ Echantillonnage

Durant cette étude, nous avons choisi deux types d'échantillonnage en fonction des paramètres recherchés :

- ✚ L'échantillonnage automatique pour les paramètres physico-chimiques. Les prélèvements sont réalisés avec un échantillonneur pour un volume de 1L pendant 24h (**figure 05**).
- ✚ L'échantillonnage manuel instantané pour un volume de 2L afin de réaliser les analyses d'évaluation des métaux lourds, à l'aide d'une canne.

#### ✓ Mode de prélèvements

Pour évaluer l'efficacité du traitement effectuée dans la station d'épuration, trois points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- ✚ Un prélèvement d'eau brute sortant de dégrilleur (répartiteur).
- ✚ Un deuxième prélèvement pour l'eau clarifiée.
- ✚ Et le dernier prélèvement d'eau filtrée (épurée) à partir de la bache d'eau traitée (**SEAAL, 2017**).

Et concernant les métaux lourds on a effectué deux prélèvements. L'une de la sortie de dégrilleur et l'autre de la bache d'eaux traitées.

**Figure 05** : Préleveur automatique

(Photo originale)



✓ Paramètres physico-chimiques

✓ Paramètres physiques

#### a) Détermination de pH

- \* Appareil de mesure : pH-mètres sensION (Hach) doté d'une électrode au platine combiné avec une sonde de température.
- \* Le pH d'un échantillon doit être mesuré dans les 6h qui suivent le prélèvement.
- \* Introduire l'électrode du pH mètre déjà rincée avec l'eau distillée dans le bêcher qui contient l'échantillon à analyser.
- \* Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- \* Appuyer sur la touche (Read /Enter), la valeur du pH et de la température s'évoluent jusqu'à se stabiliser
- \* Un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter la valeur.
- \* La valeur du pH donnée directement par l'appareil correspond à une température de 25°C.
- \* Après la mesure, rincer l'électrode avec l'eau distillée et le placé dans la solution de conservation KCL (SEAAL, 2009).

#### b) Détermination de la matière en suspension (MES)

##### ✚ Principes

- \* Le dosage des MES se fait selon la norme ISO 11923 des eaux usées brutes, et les eaux traitées par filtration sur fibre de verre.
- \* La masse du résidu sec déposé sur le filtre doit être comprise entre 5 et 50 mg, le résultat obtenu doit être en moins de 2mg.
- \* Avant la filtration, un lavage de filtre doit être fait pendant en moins 4h puis laisser l'eau s'écouler après le laisse sécher pendant 1h à 105°.

##### ✚ La filtration se fait comme suit :

- \* Attendre jusqu'à ce que l'échantillon soit à température ambiante (s'ils ont été conservés au réfrigérateur).
- \* Placer le filtre dans le creuset et le peser à vide (balance analytique à 0.1mg près de résolution).
- \* Placer le filtre (partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.

- \* Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement le volume destiné à être filtrée dans l'éprouvette graduée pour le mesurer avant de procéder à la filtration.
- \* Verser le volume dans l'entonnoir puis rincer l'éprouvette graduée avec un peu d'eau distillé et verser également dans l'entonnoir.
- \* Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. Une fois l'échantillon filtré, rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- \* Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec ;
- \* Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates. Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 2h.
- \* Retirer le tout de l'étuve, passer au dessiccateur environ 30min puis peser (masse M1) (SEAAL, 2014).

#### **Ecart par rapport à la norme**

Le calcul de la teneur en matières en suspension est exprimé en mg/l et s'effectue selon la formule suivante :

$$[\text{MES}] = (M1 - M0) * 1000 / V$$

Ou :

[MES] : teneur en matière en suspension, en milligrammes par litre.

V : volume en millilitres de la prise d'essai

M0 : masse en milligrammes du creuset avec filtre avant filtration

M1 : masse en milligrammes ou creuset avec filtre après filtration et séchage à  $105^{\circ}\text{C}$  Refroidissement.

#### **c) Détermination de la Conductivité électrique (CE)**

La conductivité se mesure à l'aide d'un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 équipé d'une électrode de mesure, d'une sonde de température et d'un convertisseur fourni par le fabricant.

- \* Prélever l'échantillon dans une bouteille en verre complètement remplie et bien fermée.

- \* La conductivité doit être mesurée rapidement à des conditions de mesure 25°.
- \* Remplir le b cher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion d'électrode.
- \* Mettre l'électrode dans le b cher, puis appuyer sur la touche READ la valeur s'affiche sur l'écran de l'appareil avec unité de micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ou bien milli siemens ( $\text{mS} / \text{cm}$ ) (SEAAL, 2009).

✓ **Paramètres chimiques**

a) **Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO 5)**

La mesure de la DBO5 est par une méthode instrumentale OxiTop® IS12.

- \* **Technique de dosage**
- \* Choisir le volume de la prise d'essai selon les intervalles de mesure de la DBO5 dans le tableau suivant :

**Tableau IV:** intervalles de mesure de la DBO5

| Volume de la prise d'essai | Intervalle de mesure (mg/l) | Facteur |
|----------------------------|-----------------------------|---------|
| 432                        | 0-40                        | 1       |
| 365                        | 0-80                        | 2       |
| 250                        | 0-200                       | 5       |
| 164                        | 0-400                       | 10      |
| 97                         | 0-800                       | 20      |
| 43,5                       | 0-2000                      | 50      |
| 22,7                       | 0-4000                      | 100     |

(SEAAL, 2012)

- \* **Lancer la mesure**
- \* Pour démarrer la mesure appuyer sur les boutons S et M simultanément pendant 2 secondes jusqu'à l'apparition de (--) puis (00).
- \* Mettre le flacon dans l'incubateur réglé à une température de 20° pendant 05 jours.
- \* La lecture de la valeur en cours se fait en appuyant le bouton (S).
- \* Les valeurs lues 1F, 2F, 3F, 4F, ou 5F indique la mesure du jour indiqué en chiffre n'a pas encore été prise.

- \* La valeur de la DBO5 (en mg/l) est la valeur lue directement sur l'écran digital de l'OxiTop® multiplier par le facteur donné dans le tableau ci-dessus (SEAL, 2012), selon :

$$\text{Valeur lue} * \text{facteur} = \text{DBO5 en mg/l}$$

### b) Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La détermination de la DCO se fait par méthode kit Hach LCK 114/314 pour les deux gammes: 150 à 1000 mg O<sub>2</sub>/L (Haut gamme: LCK 114) et 15 à 150 mg O<sub>2</sub>/L (basse gamme: LCK314).

- \* Prendre une cuve de gamme indiquée et bien l'agiter: l'agitation de la cuve est obligatoire afin de mélanger les dépôts de substances décantés avec le reste de la solution dans la cuve DCO.
- \* Chauffer le tube pendant 2h à 148°C : le chauffage de la cuve dans le thermostat **LT200** est une étape essentielle, afin de permettre aux substances oxydables de réagir avec le bichromate de potassium sulfurique en présence du catalyseur le sulfate d'argent.
- \* Secouer énergiquement, laisser refroidir la cuve pendant un petit moment.
- \* Nettoyer la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié du **DR2800/ DR3800**.
- \* La valeur de la DCO s'affichera directement sur l'écran digital en mg/l (SEAL, 2012).

### c) Détermination de l'azote total

Ce mode opératoire décrit une méthode LCK 338 & LCK238 de détermination pour les deux gammes : 20-100mg/l (haut gamme) et 5-40mg/l (basse gamme).

- \* Pipeter l'échantillon et ajouter la solution A et une pastille B.
- \* Pour LCK 338 : pipeter 0,2 ml d'échantillon dans le tube à essai sec puis ajouter 2,3 ml de la solution A et une pastille B.
- \* Pour LCK 238 : pipeter 0,5ml d'échantillon dans le tube à essai sec puis ajouter 2ml de la solution A et une pastille B.
- \* Chauffer le tube à essai 60 minutes à 100°C : à l'aide du thermostat HACH LT200 (SEAL, 2012).

**d) Détermination des nitrates**

La méthode (kit Hach LCK339) d'analyse pour la détermination de la concentration des nitrates allant de 1-60 mg/l ou de 0,23 – 13,5 mg/l.

- \* Les échantillons sont prélevés dans des flacons de polyéthylène et les stocker dans le laboratoire.
- \* **Dosage du nitrate :**
- \* Pipeter 1ml d'échantillon dans la cuve à code barre puis ajouter 0,2 ml de la solution A (LCK339).
- \* Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- \* Laisser reposer la cuve pendant 15min.
- \* Insérer la cuve dans le DR2800 après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code à barre.
- \* Le spectrophotomètre (DR 2800) indique les résultats en mg/l (SEAAL, 2012).

**e) Détermination d'ammonium**

La détermination se fait par la méthode kit Hach LCK 302/ LCK303/ LCK305 allant de 1-12mg/l, 2-47mg/l, 47-130mg/l N-NH<sub>4</sub>.

- \* **Dosage d'ammonium :**
- \* Enlever délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip puis dévisser le Dosi Cap Zip.
- \* Pipeter 0.2 ml de l'échantillon dans la cuve à code à barre pour LCK302/LCK303 et 0.5 ml de l'échantillon pour LCK305.
- \* Visser immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut et secouer énergiquement.
- \* Attendre 15min: bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre. Ensuite le DR2800 affiche les résultats en mg/l de N-NH<sub>4</sub> (SEAAL, 2012).

**f) Détermination du phosphore total (PT)**

Ce mode opératoire décrit une méthode Kit Hach LCK350 pour la détermination des ortho phosphates allant de 2-20mg/l P-PO<sub>4</sub>.

- \* Les échantillons sont prélevés dans des flacons en polyéthylène.

- \* L'ajoute de l'acide sulfurique juste après l'échantillonnage afin de ramener le pH.
- \* Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi Cape Zip.
- \* Dévisser le Dosi Cap Zip puis pipeter 0.4ml de l'échantillon.
- \* Visser le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- \* Secouer énergiquement .Chauffer dans le thermostat à 100°C pendant 60min.
- \* Visser un Dosi Cape Zip (LCK350) gris sur la cuve puis mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite.
- \* Laisser reposer la cuve pendant 10min puis mélanger de nouveau.
- \* Nettoyer bien l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
- \* Le spectrophotomètre (DR2800) indique les résultats en mg/l de P-PO-3(**SEAAL, 2012**).

#### ✓ Métaux lourds

Les échantillons sont prélevés de répartiteurs après dégrillage et le deuxième de la bêche d'eau traités, et conservés dans des flacons en polyéthylène préalablement lavés à l'eau distillée, et transportés à basse température (4°C) dans des glacières portatives jusqu'à le laboratoire d'analyse .

La méthode de dosage utilisée dans cette étude est La voltammétrie par dénudage anodique (anodic stripping voltammetry), de modèle HATOX\_2000 est un système de biomonitoring à pile microbienne utilisant des bactéries électro chimiquement actives afin de convertir des signaux électriques générés par une pile microbienne en toxicité. Cette méthode est une technique d'analyse électrochimique quantitative

La voltammétrie par dénudage anodique est une méthode très sensible pour démontrer la présence de plusieurs métaux dans l'eau. Cette méthode est généralement appliquée pour étudier la qualité de l'eau des eaux usées.

### Séquence de démarrage

Comprend 03 étapes :

- \* Remplir le système
- \* Activation de l'électrode suit
- \* Etalonnage

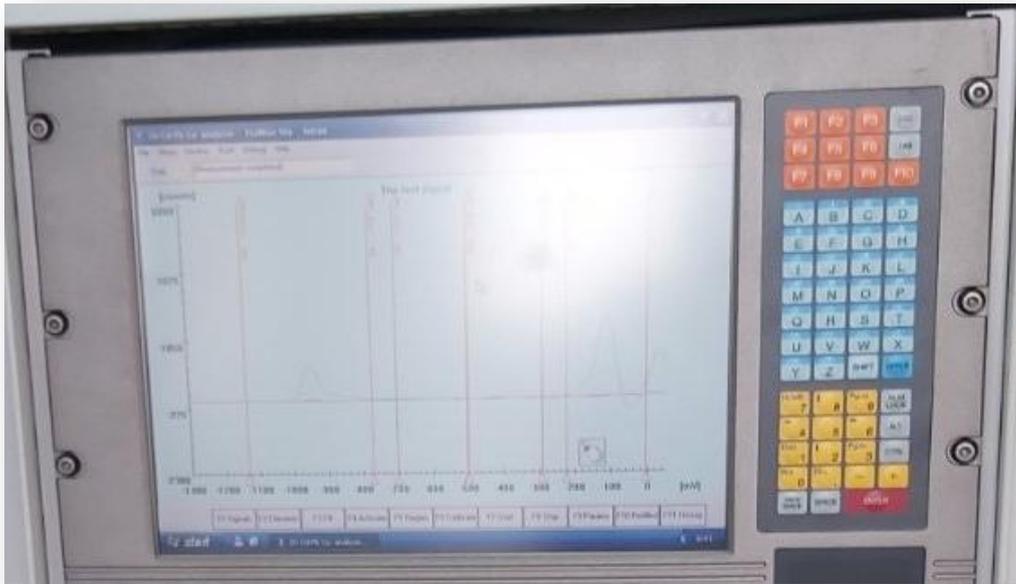
### Méthode de mesure :

- \* Le mode de surveillance est démarré en appuyant sur la touche F7.
- \* L'étape suivante est la mesure uniquement et une valeur par défaut mesurée.
- \* Le nombre mesure est affiché en bas de l'écran.
- \* Insérer les réactifs correspond à l'appareil : R\_355 (Isolation de métal pour faciliter la réaction) R\_369 (s'occupe d'éliminer la matière organique dans l'eau) et le 3ème réactif solution de calibration (étalonnage de l'appareil) par des tuyaux puis introduire l'échantillon dans le système.
- \* Après les différentes réactions qui se passent dans la cellule électrochimique (**figure 06**) et cela pendant 2h, les valeurs de taux des métaux lourds s'affichent sur l'écran.



**Figure 06 :** Cellule électrochimique (photo originale)

- \* le graphe de mesure s'affiche sur l'écran « couleur verte: solution de référence, couleur mauve: appartient à l'échantillon mesuré » (**figure 07**).



**Figure 07 :** Ecran d'appareil de mesure des métaux lourds EcoMon IOS (photo originale)



**Figure 08 :** Echantillon eau brute (photo originale)



**figure 09 :** EcoMon IOS (photo originale)

#### ✓ Détermination du rendement de l'épuration

Les performances sont exprimées en termes de rendement sur quelque paramètre physicochimique. Ce descripteur traduit le taux de réduction de la concentration en micropolluant entre l'entrée et la sortie de la station. (CHOUBERT *et al.*, 2011).

Chaque rendement est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{P_i - P_o}{P_i} \times 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné.

Pi : est le chiffre de paramètre donné à l'entrée.

Po : est le chiffre de paramètre donné à la sortie.

## II. RESULTATS ET DISCUSSION

### II.1. Paramètres physico-chimiques

Un ensemble d'analyses a été réalisé afin d'évaluer le rendement épuratoire du traitement des eaux usées par boues activées au niveau de la station d'épuration de BARAKI, déterminé à partir de prélèvements effectués entre Mars 2020 et juillet 2020 (étude rétrospective et prospective), est illustrée dans le **Tableau V (Annexe II)**.

Ces résultats sont comparés aux normes nationales et internationales des rejets, recommandées par le JORA (2009) et par l'OMS (2006) (**Tableaux VI, VII, VIII et IX (Annexe II)**).

#### ✓ Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats du pH des eaux usées obtenus durant la période d'étude sont classés dans le **tableau X**. Avant le traitement, les valeurs sont comprises entre 7 et 8 avec  $7,63 \pm 0,27$  comme étant la valeur moyenne.

C'est une caractéristique des eaux résiduaires dont le pH est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie (**HAMAIDI-CHERGUI et al., 2016**).

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

En général, les effets du pH se font surtout sentir par l'influence qu'exerce ce paramètre sur les équilibres entre les autres composés du milieu (azote ammoniacal, sulfure de sodium...etc.) lorsqu'ils ont une toxicité variable s'ils se trouvent ou non sous forme ionisée (**KOLLER, 2009**).

Selon le décret exécutif n°06-141 du 19Avril 2006 définissant la qualité requise de rejets d'effluents liquides industriels, le pH ne doit pas dépasser une valeur limite comprise entre 6,5 et 8,5 (**JORA, 2006**).

A la sortie, les valeurs des eaux épurées sont comprises entre un minimum de 7 et un maximum de 8 avec  $7,79 \pm 0,28$  comme valeur moyenne. Ces valeurs sont conformes à la norme **JORA** et **OMS** qui stipule une valeur  $<8,5$ .

**Tableau X** : Résultats de mesure de pH

| Variations<br>du pH | EAU BRUTE |      |      |               | EAU CLARIFIEE |      |      |               | EAU EPUREE |     |      |               | Norme<br>JORA | Norme<br>OMS |
|---------------------|-----------|------|------|---------------|---------------|------|------|---------------|------------|-----|------|---------------|---------------|--------------|
|                     | Min       | Max  | Moy  | Ecart<br>type | Min           | Max  | Moy  | Ecart<br>type | Min        | Max | Moy  | Ecart<br>type |               |              |
| <b>Mars</b>         | 7         | 8    | 7,45 | 0,36          | 7,07          | 8    | 7,71 | 0,44          | 7          | 8   | 7,63 | 0,38          | 6,5 à<br>8,5  | 6,5 à<br>8,5 |
| <b>Avril</b>        | 7,43      | 8    | 7,73 | 0,31          | 7,53          | 8    | 7,85 | 0,22          | 7,83       | 8   | 7,95 | 0,08          |               |              |
| <b>Mai</b>          | 7,73      | 7,83 | 7,74 | 0,1           | 7,81          | 7,86 | 7,82 | 0,02          | 7,75       | 7,9 | 7,84 | 0,07          |               |              |
| <b>Juin</b>         | 7,63      | 7,93 | 7,77 | 0,11          | 7,67          | 7,86 | 7,87 | 0,07          | 7,9        | 8   | 7,94 | 0,05          |               |              |
| <b>Juillet</b>      | 7,31      | 7,45 | 7,38 | 0,07          | 7,31          | 7,77 | 7,57 | 0,23          | 7,04       | 7,7 | 7,34 | 0,38          |               |              |

✓ **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique des eaux brutes entrant la STEP est mentionnée dans le **tableau XI** enregistrant une moyenne de  $1489 \pm 103 \mu\text{S/cm}$ , avec un maximum de  $1676 \mu\text{S/cm}$  et une valeur minimale de  $1317 \mu\text{S/cm}$ .

Paramètre non spécifique, la conductivité électrique d'une eau résiduaire (valeur) n'offre que peu d'intérêt, mais par contre, la variation de cette valeur dans une même agglomération et la comparaison avec celle de l'eau de consommation peut apporter des indications sur la charge polluante associée (**MOHAMED BEN ALI, 2014**).

Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Elle dépend de la température de l'eau (**ATINKPAHOUN, 2018**).

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au niveau des EUT de la station d'épuration de BARAKI oscillent entre  $1134 \mu\text{S/cm}$  à  $1544 \mu\text{S/cm}$  avec une moyenne de  $1331 \pm 108 \mu\text{S/cm}$ .

En général, au niveau des eaux épurées, la diminution de la CE peut être expliquée par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui sont concentrés dans les boues et donc les résultats obtenus à la fin de traitement ne sont pas conformes à la norme fixée par l'OMS ( $1250 \mu\text{S/cm}$ ).

**Tableau XI** : Résultats de mesure de conductivité électrique.

| Variations de CE (µs/cm) | EAU BRUTE |      |        |            | EAU CLARIFIEE |      |        |            | EAU EPUREE |      |      |            | Norme OMS |
|--------------------------|-----------|------|--------|------------|---------------|------|--------|------------|------------|------|------|------------|-----------|
|                          | Min       | Max  | Moy    | Ecart type | Min           | Max  | Moy    | Ecart type | Min        | Max  | Moy  | Ecart type |           |
| <b>Mars</b>              | 1410      | 1428 | 1418,8 | 9,01       | 1350          | 1466 | 1425,4 | 44,25      | 1399       | 1544 | 1439 | 59,81      | 1250      |
| <b>Avril</b>             | 1317      | 1420 | 1364,8 | 50,32      | 1222          | 1426 | 1328,3 | 83,42      | 1222       | 1419 | 1349 | 90,03      |           |
| <b>Mai</b>               | 1573      | 1666 | 1597,3 | 45,84      | 1121          | 1230 | 1175,3 | 58,76      | 1134       | 1369 | 1234 | 108,35     |           |
| <b>Juin</b>              | 1530      | 1676 | 1581   | 62,57      | 1390          | 1522 | 1468,6 | 54,64      | 1217       | 1483 | 1300 | 113,01     |           |
| <b>Juillet</b>           | 1418      | 1470 | 1476,7 | 62,26      | 1217          | 1381 | 1307   | 83,16      | 1260       | 1340 | 1311 | 44,3       |           |

✓ **Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension (MES) constituent un ensemble de particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée (BEDOUH, 2014). Pour apprécier la qualité d’une eau, il est toujours nécessaire d’évaluer quantitativement sa charge en matière dissoute et particulaire (MOHAMED BEN ALI, 2014 ).

La matière en suspension (MES) calculée pour les eaux résiduaires, présente des valeurs s’observant essentiellement à l’entrée de la STEP et oscillent entre 188 mg/l et 1600 mg/l avec une valeur moyenne de 498±282 mg/l.

La présence de ces MES dans les rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d’égouts. D’autre part, elle peut causer des nuisances et entre autres, les dépôts de boues et le colmatage des ouvrages. Les boues décantées sont néfastes au maintien des édifices biologiques naturels, tandis que le colmatage défavorise la biodégradation des micropolluants (DERRADJI, 2015).

Les résultats de dosage des matières en suspension montrent que les eaux usées épurées sont caractérisées par des teneurs comprises entre 2 et 10 mg/l avec une moyenne de 5,3±2,7 mg/l qui sont conformes à la norme fixée par les textes du JORA (35 mg/l) (tableau XII).

Tableau XII : Résultats de mesure des matières en suspension

| Variations des MES (mg/l) | EAU BRUTE |      |       |            | EAU CLARIFIEE |     |      |            | EAU EPUREE |     |      |            | Norme JORA | Norme OMS |
|---------------------------|-----------|------|-------|------------|---------------|-----|------|------------|------------|-----|------|------------|------------|-----------|
|                           | Min       | Max  | Moy   | Ecart type | Min           | Max | Moy  | Ecart type | Min        | Max | Moy  | Ecart type |            |           |
| Mars                      | 288       | 500  | 400   | 89,3       | 8             | 66  | 23,6 | 24         | 2          | 10  | 5,8  | 4,02       | 35mg/l     | <20mg/l   |
| Avril                     | 188       | 596  | 406   | 169,6      | 14            | 108 | 38,5 | 46,37      | 2          | 8   | 4,55 | 2,66       |            |           |
| Mai                       | 380       | 1600 | 795   | 555,9      | 19            | 95  | 45,5 | 35,37      | 4          | 7   | 5,25 | 1,5        |            |           |
| Juin                      | 340       | 694  | 466,6 | 142,8      | 9             | 26  | 19,8 | 6,97       | 3          | 9   | 6,2  | 2,94       |            |           |
| Juillet                   | 354       | 508  | 437,3 | 77,77      | 6             | 30  | 16   | 12,48      | 2          | 5   | 4    | 1,73       |            |           |

✓ Rendement d'élimination des MES

Le taux d'abattement des MES après traitement est illustré dans la **figure 10**. Il est de l'ordre de 98,68%. Ce taux est supérieur à celui de **REJESK (2002)** (>90%) ce qui caractérise une épuration efficace. Il est cependant important de signaler que l'élimination des MES se fait par sédimentation dans les décanteurs, les bassins d'aération et les clarificateurs.

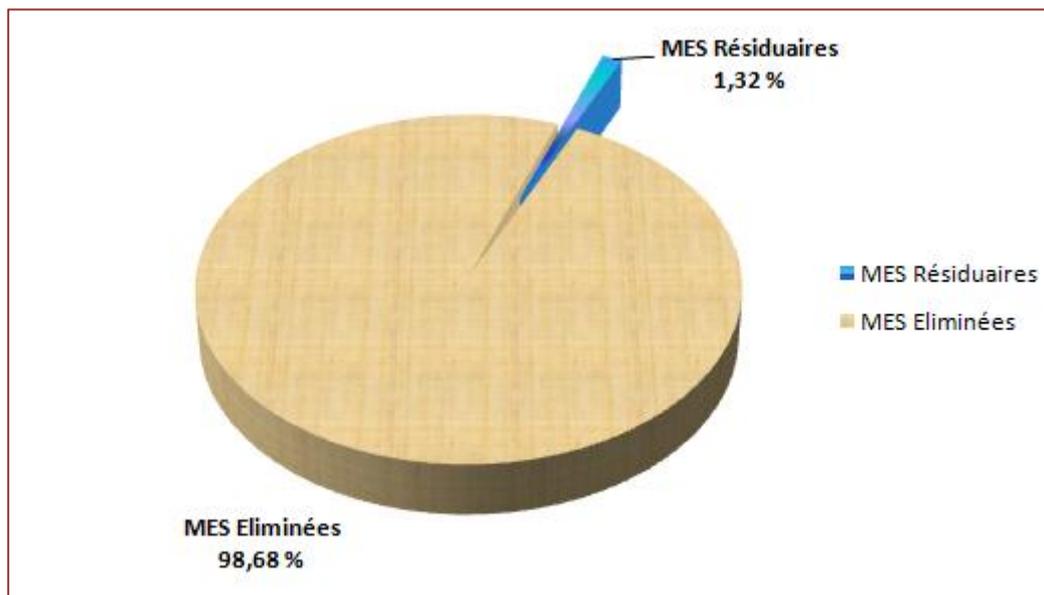


Figure 10 : Taux d'abattement des MES

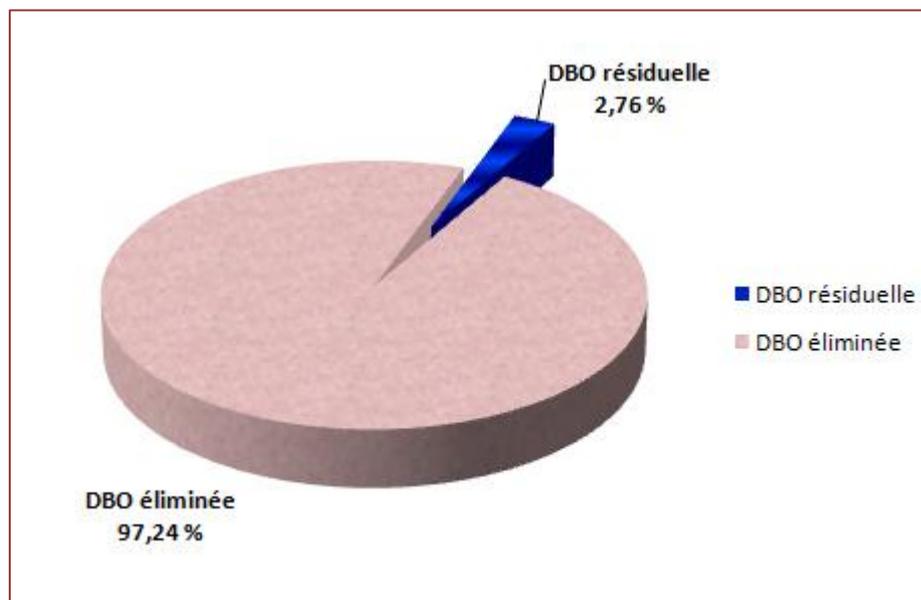
### ✓ Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La quantification de la quantité des matières organiques se fait essentiellement par la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et par la Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>). Les résultats expriment les quantités d'oxygène que les matières organiques sont susceptibles de consommer dans diverses conditions (CHAGUER, 2013).

Les valeurs de la charge polluante reçue par la station sont illustrées par le **tableau XIII** et varient entre 150 mg O<sub>2</sub>/L et 479 mg O<sub>2</sub>/L avec une valeur moyenne de 306 ±96,2 mgO<sub>2</sub>/L.

Les variations des concentrations en DBO<sub>5</sub> de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires. Cependant, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par la station. Les teneurs en DBO<sub>5</sub> sont entre 2 et 15 mg O<sub>2</sub>/L avec une valeur moyenne de 8,2 ± 4,3 mg O<sub>2</sub>/L, ce qui correspond à un taux d'abattement moyen de 97.24% (**figure 11**)

On note, que les valeurs après le traitement sont très satisfaisantes par rapport aux objectifs fixés par la station (norme en dessous de 30 mg O<sub>2</sub>/L).



**Figure 11** : Taux d'abattement de DBO<sub>5</sub>

✓ **Demande chimique en oxygène**

La DCO permet d’apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l’eau, au travers de la quantité d’oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. A l’entrée de la STEP, la DCO en moyenne est de 644 mg/l avec un intervalle de 225 mg/l et 1143 mg/l comme valeurs minimales et maximales.

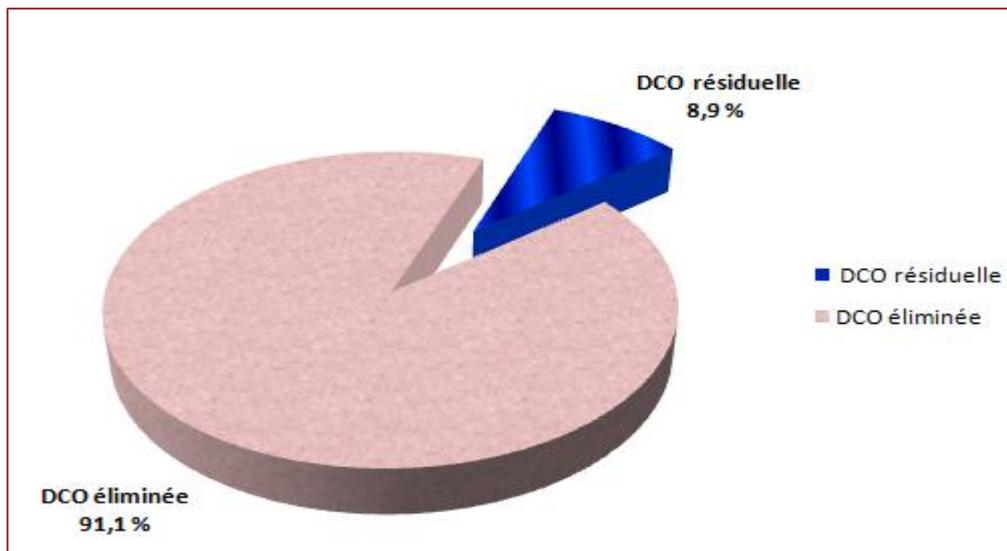
Concernant l’effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l’eau brute ( $44 \pm 22$  mg O<sub>2</sub>/L). Elles varient entre 19 mg O<sub>2</sub>/l et 85 mg O<sub>2</sub>/L (**tableau XIII**). Ces valeurs obéissent aux normes algériennes de rejet (120 mg O<sub>2</sub>/L), ainsi qu’aux normes de l’OMS (< 90 mg O<sub>2</sub>/l).

L’évolution temporelle des rendements épuratoires fournis par la DBO<sub>5</sub> et la DCO met en évidence un abattement important pour ces variables lié à la biodégradation de la matière organique (**Abdeslem FAGROUCH et al., 2010**)

Le taux d’élimination de la DCO obtenu est consigné dans la **figure 12**. Il est de 91,1%. Ainsi, ce résultat vient confirmer le bon déroulement de la dégradation de la matière organique (**SAWADOGO, 2018**)

**Tableau XIII** : Résultats de mesures de DBO<sub>5</sub> et DCO.

| Prélèvements | DBO <sub>5</sub> |    | DCO  |    | DCO/DBO <sub>5</sub> | Observations               |
|--------------|------------------|----|------|----|----------------------|----------------------------|
|              | EB               | EE | EB   | EE |                      |                            |
| 02/03/2020   | 240              | 3  | 768  | 37 | 3,2                  | Moyennement biodégradables |
| 30/03/2020   | 150              | 15 | 335  | 50 | 2,23                 | Facilement biodégradables  |
| 6/04/2020    | 200              | 11 | 344  | 50 | 1,72                 |                            |
| 30/04/2020   | 340              | 9  | 225  | 85 | 0,5                  |                            |
| 07/05/2020   | 321              | 8  | 746  | 75 | 2,32                 |                            |
| 27/05/2020   | 250              | 12 | 553  | 19 | 2,21                 |                            |
| 02/06/2020   | 401              | 2  | 1005 | 24 | 2,5                  |                            |
| 29/06/2020   | 398              | 13 | 758  | 30 | 1,90                 |                            |
| 06/07/2020   | 479              | 4  | 1143 | 25 | 2,38                 |                            |
| 20/07/2020   | 280              | 5  | 564  | 42 | 2,01                 |                            |



**Figure 12 :** Taux d'abattement de DCO

Globalement, les valeurs enregistrées dans cette étude sont inférieures à 3 ce qui signifie que l'effluent est facilement biodégradable et confirme que les eaux usées traitées au niveau de la STEP sont d'origine domestique (**RODIER et al., 2009**). A l'exception du premier prélèvement ou le rapport de biodégradabilité est entre 3 et 5, Dans ce cas, les eaux qui arrivaient à la STEP étaient mélangées avec des eaux d'origine industrielle, ce qui traduit selon **METAHRI (2012)**, la présence des éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne dans l'eau tels que les détergents et les hydrocarbures.

#### ✓ Azote globale

Dans la pratique, l'Azote est un indicateur de pollution du milieu et son contrôle permet de suivre l'évolution des contamination (**HAJJI et al, 2013**).

Durant l'étude, les valeurs sont comprises entre 35 et 107 mg /l. Elles restent plus ou moins dans la norme autorisée (150 mg/l) comme une valeur maximale, avec moyenne de 67 mg/l.

L'élimination de l'azote est le plus souvent obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" ou par échange d'ions. L'azote subit différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la forme nitreuse puis nitrique et de retour à la forme gazeuse. Chacun des composés formés au cours de ces différentes étapes à un poids moléculaire différent (**HAMEK & MOKRANE, 2018**).

Au niveau du clarificateur de la station, les valeurs mentionnées dans le **Tableau XIV** oscillent entre 12 et 44 mg/l avec une moyenne de  $24 \pm 9,6$  mg/l.

**Tableau XIV** : Résultats de mesures d'Azote Globale.

| Variations<br>NGL<br>(mg/l) | EAU BRUTE |     |      |            | EAU CLARIFIEE |      |       |            |
|-----------------------------|-----------|-----|------|------------|---------------|------|-------|------------|
|                             | Min       | Max | Moy  | Ecart type | Min           | Max  | Moy   | Ecart type |
| MARS                        | 42        | 69  | 57,6 | 13         | 19            | 44   | 29,2  | 9,37       |
| AVRIL                       | 41        | 101 | 74   | 25         | 22            | 44   | 33,67 | 11,06      |
| MAI                         | 42        | 79  | 55   | 21         | 12            | 22   | 16,8  | 5,01       |
| JUIN                        | 66        | 100 | 78   | 15,6       | 12,5          | 23   | 18,13 | 4,3        |
| JUIELLET                    | 35        | 107 | 71   | 36         | 14,3          | 29,7 | 21,33 | 7,8        |

✓ **Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

D'après les résultats obtenus (**Tableau XV**), les valeurs des nitrates acquises après analyses varient entre 1 mg/l et 6 mg/l à l'entrée, avec une valeur moyenne de 2,2 ± 1,2 mg/l, et 0,1 mg/l à 2,16 mg/l au bassin clarificateur avec une valeur moyenne de 1,1 ± 0,62 mg/l.

L'augmentation de la teneur des nitrates dans les eaux traitées est liée à la nitrification ce qui signifie la transformation des nitrites en nitrates. Cette augmentation est rendue possible par l'absence de dénitrification qui réduit les nitrates en azote gazeux (**BOUBEKKI & BOUDJEMA, 2016**)



**Tableau XV** : Résultats des mesures des nitrates.

| Variations<br>(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )<br>(mg/l) | EAU BRUTE |      |      |            | EAU CLARIFIEE |      |      |            |
|---|-----------|------|------|------------|---------------|------|------|------------|
|   | Min       | Max  | Moy  | Ecart type | Min           | Max  | Moy  | Ecart type |
| Mars  | 1,32      | 3    | 1,9  | 0,67       | 0,92          | 2,16 | 1,63 | 0,61       |
| Avril   | 1         | 2    | 1,33 | 0,47       | 0,1           | 2    | 1,15 | 0,97       |
| Mai   | 1         | 3,13 | 2,04 | 1,07       | 0,3           | 0,9  | 0,61 | 0,30       |
| Juin  | 2,5       | 6    | 3,6  | 1,60       | 0,3           | 1,2  | 0,9  | 0,42       |
| Juillet   | 1,3       | 2,9  | 2,23 | 0,8        | 0,8           | 1,2  | 1    | 0,2        |

✓ **Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

D’après les résultats obtenus (**Tableau XVI**), les valeurs de l’azote ammoniacal varient à l’entrée entre un minimum de 15 mg/l et un maximum de 34 mg/l avec une valeur moyenne de 24 ±5,6 mg/l pour les eaux brutes.

Au niveau du clarificateur, les valeurs sont comprises entre 3,3 mg/l et 25 mg/l avec une moyenne de 12 ±7,6 mg/l.

On constate alors que les taux de l’ammonium ont diminué considérablement au niveau des eaux usées clarifiées par rapport aux eaux brutes. Cette réduction est probablement liée à la présence des micro-organismes autotrophes vis-à-vis à l’azote et qui sont cultivés en cultures libres (boues activées), dégradant ainsi les acides aminés en azote ammoniacal. Les bactéries autotrophes telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, transforment l’azote ammoniacal(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en présence d’oxygène pour produire des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) puis des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>); ces deux étapes mettent en œuvre l’oxydation de ces différents substrats par des bactéries aérobies qui en tirent l’énergie nécessaire à leur chimiosynthèse

**Tableau XVI : Résultats des mesures d’Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).**

| Variations NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) | EAU BRUTE |      |       |            | EAU CLARIFIEE |     |       |            |
|--|-----------|------|-------|------------|---------------|-----|-------|------------|
|  | min       | max  | moy   | Ecart type | min           | max | moy   | Ecart type |
| <b>Mars</b>                                    | 15        | 26   | 20,04 | 4,81       | 10            | 25  | 18,02 | 6,05       |
| <b>Avril</b>                                   | 16        | 25   | 20    | 3,92       | 10            | 15  | 12,67 | 2,52       |
| <b>Mai</b>                                     | 23        | 28   | 25    | 2,65       | 3,6           | 17  | 10,3  | 9,48       |
| <b>Juin</b>                                    | 27        | 34   | 29,7  | 3,04       | 3,3           | 5,8 | 4,55  | 1,19       |
| <b>Juillet</b>                                 | 20        | 32,7 | 27,3  | 6,4        | 3,5           | 25  | 11,9  | 11,47      |

✓ **Phosphore Total :**

Les résultats dans le **tableau XVII** concernant la teneur en phosphore total dans les eaux usées brutes révèlent des concentrations relativement faibles entre 3 à 13 mg/l avec une moyenne de 8,5 ± 2,9 mg/l. Les eaux clarifiées ont des valeurs oscillant entre 0,3 et 4,7 mg/l avec moyenne de 2,4±1,1 mg/l.

Le phosphore a le plus souvent une origine urbaine (composants des détergents) ou agricole (lessivage d'engrais). L'élimination du phosphore, ou "déphosphoration", peut être réalisée par des voies physicochimiques ou biologiques (**GOURI, 2017**).

La grande variabilité hebdomadaire pour les teneurs de phosphore total dans les eaux usées, pourrait être attribuée à la forte diversité de sources d’apports dans les réseaux d’assainissement tels que les eaux usées ménagères, les eaux usées d’origine artisanale (produits cosmétiques), les ruissellements agricoles des centres de maraîchages...etc. (ATINKPAHOUN, 2018).

**Tableau XVII : Résultats de mesures de Phosphore Total.**

| Variations<br>PT (mg/l) | EAU<br>BRUTE |      |      |            | EAU CLARIFIEE |      |      |            |
|-------------------------|--------------|------|------|------------|---------------|------|------|------------|
|                         | min          | max  | moy  | Ecart type | min           | max  | moy  | Ecart type |
| Mars                    | 3            | 9,25 | 5,72 | 2,73       | 1,5           | 2,74 | 1,87 | 0,75       |
| Avril                   | 4            | 13   | 10   | 2,94       | 1,9           | 3,21 | 3,21 |            |
| Mai                     | 5,53         | 12,6 | 9,71 | 3,71       | 1,9           | 4,7  | 3    | 1,49       |
| Juin                    | 8            | 11   | 9,3  | 1,45       | 0,3           | 3,5  | 2,3  | 1,44       |
| Juillet                 | 8            | 10   | 9    | 1          | 1,4           | 3    | 2,2  | 0,8        |

**II.2. Métaux lourds**

L’étude prospective des analyses faites pour les quatre éléments métalliques (Cuivre, Plomb, Cadmium et Zinc) sont mentionnés dans le **Tableau XVIII**

- ✚ **Le premier jour de l’analyse,** on observe que le taux de Cuivre est conforme à la norme de rejet des eaux usées dans le milieu naturel (JORA, 2006), des valeurs obtenues comprises entre 0,734 à 0,060 mg/l par rapport aux eaux brutes et épurées, ainsi que la valeur limite maximale est de 1 mg/l. On constate l’absence de Cadmium, du Plomb et du Zinc dans l’eau.
- ✚ **Le deuxième jour de l’analyse,** on remarque toujours la présence du Cu en plus du plomb dans l’eau brute.

Les résultats obtenus pour le cuivre dans l’eau brute montrent une concentration très élevée est de 3,54 mg/l, elle dépasse énormément la norme des rejets qui varient entre 0,5 et 1 mg/l.

Le taux de plomb est relativement élevé de 0,724 mg/l et non conforme à la norme nationale fixée par le JORA (0,5 mg/l comme valeur maximale).

Après le traitement, la concentration de Cu est de 1,56 mg/l, ce taux est non conforme à la norme qui stipule un taux supérieur à 1 mg/l.

**Tableau XVIII** : Variation de concentration des métaux lourds

| Variations        | EAU BRUTE |      |       |       | EAU EPUREE |      |       |       |
|-------------------|-----------|------|-------|-------|------------|------|-------|-------|
|                   | Cd        | Zn   | Pb    | Cu    | Cd         | Zn   | Pb    | Cu    |
| Unité             | Mg/l      | Mg/l | Mg/l  | Mg/l  | Mg/l       | Mg/l | Mg/l  | Mg/l  |
| <b>17/08/2020</b> | 0         | 0    | 0     | 0,734 | 0          | 0    | 0     | 0,060 |
| <b>18/08/2020</b> | 0         | 0    | 0,724 | 3,54  | 0          | 0    | 0,232 | 1,56  |

Les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents (sources naturelles), ou parce que certaines activités de l'homme favorisent leur dispersion (source anthropique). Si les métaux sont souvent indispensables au déroulement des processus biologiques (oligoéléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré (GUEMOUDA, 2015).

Les métaux lourds font partie des micropolluants les plus nocifs des eaux résiduaires urbaines, ils sont utilisés par l'homme comme matériaux mais également comme réactifs dans l'industrie (traitement de surface, intermédiaire réactionnel...etc.) et l'agriculture (phytosanitaires). Les activités industrielles, ainsi que le trafic automobile émettent de fines particules métalliques dans l'atmosphère, principalement dans les zones urbaines (N'DIAYE et al, 2013).

***CONCLUSION***  
***ET***  
***PERSPECTIVES***

## CONCLUSION

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier objectif devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment.

L'étude a permis en premier lieu d'évaluer la performance de la station d'épuration de Baraki en termes d'abattement de différents paramètres physico-chimiques et métaux lourds. Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les variations de pH dans tous les échantillons sont conformes à la norme fixée par le JORA et l'OMS (2006).
- Les valeurs obtenues pour la conductivité électrique sont relativement élevées par rapport à celles de l'OMS.
- La moyenne des matières en suspension obtenue après le traitement est largement conforme à la norme fixée par le JORA (2009) et l'OMS (2006) avec un rendement d'élimination de 98,68 %.
- Le traitement biologique des eaux usées par les boues activées semble très prometteur car les taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biochimique en oxygène (DBO) sont supérieurs à 90%.
- Par manque de données des analyses sur les eaux épurées pour les paramètres azotés et phosphorés comme les nitrates, l'azote global, l'ammonium et le phosphore totale ne sont pas considérés comme des résultats définitifs.
- Après analyse des métaux lourds: Il s'avère que durant le premier prélèvement, le taux de cuivre est de 0,06 mg/l, ce qui est conforme à la norme du JORA. Alors que durant le deuxième prélèvement, les taux de cuivre et de plomb sont de 1,56 mg/l, qui n'est pas conforme à la norme JORA (2009) et de 0,232 mg/l qui respecte la norme fixée par le JORA (2009).

## PERSPECTIVES

A travers ces mesures, il est clair que le traitement des eaux usées dans la STEP de Baraki est suffisamment puissant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluant sous toutes leurs formes et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable pour l'environnement. Nous sommes ainsi en mesure de disposer d'une eau de qualité acceptable, surtout au niveau de la protection de l'environnement. Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de :

- ✓ Compléter les Analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques.
- ✓ La réutilisation des eaux épurées dans la stratégie de développement du secteur de l'irrigation, doit être précédée d'un traitement complémentaire visant à réduire les risques sanitaires.

***REFERENCES***

***BIBLIOGRAPHIQUE***

## **-A-**

**AL-QAWATI M, AZAMI IDRISSE Y, ALEMAD A, BELHAILI I, MARC I , BAICHOUTI F , EL KHARRIM K , BELGHYTI D.** (2015). Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, . 420-429.

**ALAIN Bernard Nicolas.** (2011). *Modélisation des transferts réactifs diphasiques dans les filtres verticaux pour le traitement des eaux résiduaires urbaines.*

**AQUA WEB.** (2016).

**AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE.** (2015). station d'épuration.

**ASEF l'Association Santé Environnement France.** (2010). *Eau polluée : quels sont les dangers pour la santé ?*

**AOUISSI. A, HOUHAMDI. M.** (2009). *Contribution a l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien).*

**AZZOUZI. M; AIT YOUNS. O.** (2012). *valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech).*

**ATINKPAHOUN Nelly chrystelle houéfa.** (2018). *Relations entre la variabilité de la pollution des eaux usées urbaines et les contextes géographique.*

## **-B-**

**BELGHITI M ; CHAHLAOUI A. , BENGOUMI D. , EL MOUSTAINE R.** (2013). *Larhyss Journal etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux*

*souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès (maroc)*

- BOUBEKKI.T, BOUDJEMA. H.** (2016). *Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki « ALGER »*
- BELKACEM Nour el houa.** (2018). *Etude comparative entre deux dispositifs de traitement des eaux usées de la station d'épuration de Baraki (STEP) ALGER.*
- BOUALLA. N, HADJ HASSAN. B, BENZIANE. A ET DERRICH. Z.** (2011). *L'expérience Algérienne en matière d'épuration des eaux usées. Science Lib, 3(N°111115), 8.*
- BEDOUH Yazid.** (2014). *Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ».*
- BAKIRI Zahir.** (2007). *Traitement Des Eaux Usees Par Des Procedes Biologiques Classiques : Experimentation Et Modelisation.*
- BAUMONT Samuel.** (2005). *Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. 222.*
- BELABED Bourhane-Eddine.** (2010). *La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques.*
- BELAHMADI Mohamed.** (2011). *etude de la biodegradation du 2,4 dichlorophénol par les micros biote des effluents d'entrée et sortie de la step d'ibn ziad.*
- BELAID Nebil.** (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.*
- BENZIANE Fatima Zohra.** (2016). *Impact Sur L'écosystème De La Region De Ouled Mimoun Des Eaux Usees Urbaines.*
- BESSEDIK Madani.** (2015). *traitement et epuration de l'eau.*
- BETTACH Ali.** (2013). *traitement des eaux usées domestique par biodénitrification : effet de nitrate.*
- BRIGNON.** (2015). *Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Zinc et principaux composés.*

**BOUNOUA C, MEZITI K, SALHI R .** (2017). *analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj bou arrerudj(comparaison avec les normes algeriennes et l'OMS).*

### **-C-**

**CHAGUER Mounia.** (2013). *Analyse et Spéciation des Métaux dans un Oued en zone Minière Cas de l'Oued Essouk.*

**CHOUTI Waris Kéwouyèmi .** (2006). *Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo.*

### **-D-**

**DAUPHIN Vincent.** (2010).

**DEKHIL Soror Wahiba.** (2012). *Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.*

**DELGARD Marie Liza.** (2018). *Récupération du phosphore des eaux usées en traitement*

**DERONZIER G, CHOUBERT JM.** (2004). *Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. -Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires ru.tertiaire pour valorisation.*

**DERRADJI Manel.** (2015). *Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées : stratégie et application.*

**DERWICH E, BENAABIDATE L, ZIAN A, SADKI O, BELGHITY D .** (2010). *Caracterisation Physico-Chimique Des Eaux De La Nappe Alluviale Du Haut Sebou En Aval De Sa Confluence Avec Oued Fes. Larhyss Journal, 8, 101–112.*

**DHAOUADI Hatem.** (2008). *Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration.*

**DIALLO Alpha Amadou.** (2013). *Escherichia coli* pathogènes et résistantes aux antibiotiques dans les effluents d'origine humaine et animale: Prévalence et caractérisation avant et après traitement épuratoire.

### **-E-**

**EDDABRA R.** (2011). *évaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grad agadir : isolement , caractérisation moléculaire et anti-biorésistance des espèces du genre vibrio.*

### **-F-**

**FAGROUCH A, AMYAY S, BERRAHOU A, EL HALOUANI H, ABDELMOUMEN H.** (2010). Performances d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride : cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. *Afrique SCIENCE*, 87–102.

### **-G-**

**GUEMOUDA M.** (2015). *Impact de la pollution par les hydrocarbures sur *Perinereis cultrifera* (Annélides, Polychètes) dans le littoral Est-Algérien.*

**GHEDAMSI H, KADOUICHE S, HAMMOUM H, SI TAHAR L.** (2018). Évaluation des performances épuratoires d'un bassin de filtration des eaux usées - étude de cas. *Revue Des Sciences de l'eau*, 398.

**GOURI Saida .** (2017). *Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de l'Oued de Seybouse et leur impact sur la qualité biochimique du persil « *Pétroselinum crispum* » var *néapolitanum*.*

## **- H-**

**HAJJI C, BENDOU A, HASSOU M.** (2013). Caracterisation Des Rejets Liquides D'une Unite De Reparation Navale A Agadir. *Revue Internationale D'héliotechnique*, 45, 29–36.

**HAMAIDI-CHERGUI F, ZOUBIRI A-F, HAMAIDI M.S, DEBIB A, KAIS H.** (2016). Evaluation De L'efficacite De La Station D'épuration De Medea (Algerie). *Larhyss Journal*, Issn 1112-3680, N°26, 113–128.

**HAMEK R, MOKRANE F.** (2018). *Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de Tizi-Ouzou : Analyse Physicochimique, Bactériologique, Parasitaire et Antibiorésistance*

**HANNACHI A, GHARZOULI R, DJELLOULI T.** (2014). *Gestion et valorisation des eaux usees en algerie.*

**HASSAINE S, BOULENOUAR H.** (2018). *Contribution à l'étude d'un système d'épuration des eaux usées des petites localités : Cas d'El Khemis –wilaya de Tlemcen.*

**HOFFMANN F, AULY T, MARIE MEYER A , BARBEYRON S .** (2014). *L'EAU.*

## **-J-**

**JORA.** (2006). *journal officiel de la république algérienne.*

## **-K-**

**KOLLER Emillian.** (2009). *Traitement Des Pollutions Industrielles.*

## **-M-**

**MAKHOUKH M, SBAA M, BERRAHOU A, M VAN CLOOSTER.** (2011). *laehyss journal*. 149\_169.

**MARY Pierre-clément.** (2011). *Synthèse des connaissances sur l'origine et la disponibilité du cadmium dans les eaux continentales*».

**MEKHALIF F.** (2009). *Reutilisation Des Eaux Residuairees Industrielles Epurees Comme Eau D'appoint Dans Un Circuit De Refroidissement*.

**METAHRI Mohammed Said.** (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*.

**MOHAMED BEN ALI Rim.** (2014). *Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda*.

## **-N-**

**N'DIAYE A, THIAM O, KANKOU M, OULD SID'AHMED O, IBNO K.** (2013). Turbidite Et Matieres En Suspension Dans L'eau : Application A L'evaluation Des Metaux Contenus Dans L'eau De La Rive Droite Du Fleuve Senegal. *Larhyss Journal*, N°14(Issn 1112-3680), 93–105.

## **-O-**

**Office Internatinal de l'Eau.** (2020).

**OUANOUKI benalia.** (2014). *Traitement Des Eaux Usees*.

**OMS Organisation mondiale de la santé.** (2019). *Intoxication au plomb et santé*.

## **-R-**

**REJSEK Franck.** (2002). *Analyse des eaux : Aspects règlementaires et techniques*.

**ROBIDAS M.** (2011). *Évaluation Du Potentiel De Risques Toxicologiques Et*

*Écotoxicologiques De Teneurs Naturelles En Métaux Dans Les Appalaches Et Les Basses-Terres Au Québec.*

**RODIER J , LEGUBE B , MERLET N et coll.** (2009). *l'analyse de l'eau.*

**-S-**

**SAMBBA ( La Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan ).**  
(2016). *traitement des eaux usées.*

**SARI Hassiba.** (2014). *Contribution a l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » TLEMCEN.*

**SAWADOGO Boukary.** (2018). *Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso.*

**SEBA** Le Syndicat des Eaux du Bassin de l'Ardèche. (2015). *Création de la station d'épuration.*

**SLIMANI Abdelkader.** (2012). *Elimination des métaux lourds par complexation-ultrafiltration : Étude expérimentale de l'ultrafiltration.*

**SEAAL.** (2016). Manuel operateurs BARAKI-Prétraitement-T1\_1.docx, rev. 3

**-V-**

**VILAGINES.** (2010). *eau, environnement et santé publique.*

# ***ANNEXES***

## ANNEXE I

### ✚ Description de procéder du fonctionnement de la station :

La station d'épuration de Baraki est une société qui engagé pour offrir un service de qualité suite d'une norme 9001 pour préserver l'environnement (déchets) et pour préserver la santé (personnel).

Le débit d'entrée de la station est de 289000 m<sup>3</sup> /jour relevé par trois postes de relèvements :

- **Poste de relèvement SRG02** : se situe à l'extérieur de la station c'est un point de collecte des eaux pour envoyer vers la station ; l'eau est relevée grâce à 3 vis de relèvements de type Archimède.
- **Poste de relèvement PR1** : situe sur le site de la station d'épuration de Baraki, est alimenté par : l'émissaire venant de SRG2 et le collecteur HARRACH industriel.

Le PR1 est composé de quatre canaux équipés d'une grille grossière de protection :

- 3 canaux équipés d'une vis de relèvement
- 1 canal équipé de 02 pompes
- Les 03 vis de relèvement sont capables de :
  - 02 vis relevé d'un débit unitaire de 8 280 m<sup>3</sup> /h
  - 01 vis d'un débit de 14 400 m<sup>3</sup> /h



**Figure 13** : Poste de relèvement PR1 (photo originale)

- **Poste de relèvement PR2** : situé sur la station d'épuration est alimentée par le canal intermédiaire de PR1 et la conduite de BABA ALI, le transfert d'eau vers le PR2 est par gravitaire, le poste de relèvement PR2 composé de 04 canaux chacune équipée d'une grille grossière de protection :

- 04 canaux équipés d'une vis de relèvement
- 01 canal équipé d'une pompe
- Le débit relevée par le PR2 est de :
  - 3 vis de débit unitaire de  $8\,640\text{ m}^3/\text{h}$
  - 1 vis de débit unitaire de  $14\,400\text{ m}^3/\text{h}$



**Figure 14 :** Poste de relèvement PR2

### ✚ Les étapes d'épurations des eaux usées :

**I. Prétraitement :** Le prétraitement consiste à 3 étapes principales

- **Dégrillage :**

Le dégrillage permet de séparer les matières volumineuses, son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles.

- **Dégrilleur grossier :**

Les eaux usées sont admises directement au dégrillage grossier, constitué d'un canal de 1,5 m dans lequel est disposée une grille grossière avec un espacement entre barreaux de 60 mm permettant ainsi d'enlever les débris volumineux.



**Figure 15 :** dégrilleur grossier (photo originale)

- **Dégrilleur fin :**

Les effluents prédégrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin. Ce dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière de 20 mm.

- **Dessablage déshuilage :**

Dans la station d'épuration de BARAKI on a 04 Désableur / Déshuileur pour but de :

- ✓ Eviter l'abrasion d'équipement mécanique.
- ✓ Eviter la surcharge dans les étapes suivantes de traitement.

Le dessablage permet de prévenir les dépôts des graviers, sables et particules minérales non traitables dans les canalisations. Les sables, recueillis généralement par raclage en fond de bassin, sont recyclés.

Le déshuileur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle et accélération par injection de fines bulles. Il en résulte un mouvement et un brassage qui ont pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées c'est-à-dire les matières organiques et autres en suspension.

Les deux étapes sont effectuées dans le même bassin que l'étape de dessablage, la récupération des graisses et huiles se réalise en surface.



**Figure 16 :** Dessableur – déshuileur



**Figure 17 :** Pont raclleur

## **II. Décantation primaire (traitement primaire) :**

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique pour extraire le maximum de matières en Suspension et de matières organiques facilement décantables.

→ **Décantation** (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation.

→ **Flottation** (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient.

La décantation de l'eau permet de supprimer environ 60% des matières en suspension, environ 30% de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO), et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires.



**Figure 18** : Décanteur primaire

### III. Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées issues du traitement primaire, permet de décomposer les composés organiques en suspension, c'est la transformation biologique (par des microorganismes) de la matière organique dissoute en biomasse microbienne et en dioxyde de carbone, Ce traitement élimine 90% à 95% de la demande biochimique en oxygène de l'eau et de nombreuses bactéries pathogènes.

Ce traitement se fait par voie aérobie et se réaliser par deux phases successives :

**Bassin d'aération** : Il existe 04 bassins d'aérations dans cette station, Le bassin contient des micro-organismes qui consomment l'oxygène et dégradent la pollution dissoute, Ce mélange forme les boues activées (ou boues biologiques).



**Figure 19** : Bassin biologique

Avant le passage des eaux au clarificateurs, ils traversent la phase de dégazage par l'injection de l'air pour le but de capter et emprisonner les particules dissoutes dans des bulles d'air et assure leurs flottation puis les recueillis par le pont racleurs.

**Décanteur secondaire (ou clarificateur):** il existe 08 clarificateurs dans cette station, après le dégazage, l'eau traitée passe par débordement dans le décanteur où elle sera séparée des boues par décantation de celles-ci au fond du décanteur.

La liqueur mixte de boues activée est dirigée sur les ouvrages de décantation secondaire. Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient.



**Figure 20 :** dégazeur



**Figure 21 :** Clarificateur (bassin de décantation)

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers une fosse de pompage des boues de recirculation pour renouveler le processus biologique, et les boues activée en excès produites par le processus biologique sont prélevées à partir de la fosse et refoulées en tête de l'épaississeur.



**Figure 22 :** Poste de recirculation des boues

#### IV. Traitement tertiaire (filtration à sable) :

La station de BARAKI contient 07 filtres à sable pour le traitement tertiaire, l'eau clarifiée résulte de la sortie de clarificateur doit être passe par le filtre à sable pour la séparation solide-liquide, 70% d'eau clarifiée passe vers la filtration et 30% rejeté pour le rejet.

➤ **La perte de charge :** Le passage de l'eau à travers le filtre nécessite une force pour vaincre cette perte à charge, plus la pression est important plus l'eau passe facilement a travers le sable. Lorsque la perte de charge est très importante, il faut laver le filtre par l'injection de l'air et de l'eau dans le filtre à sable (fluidisation) pour éliminer tout les particules retenues par le filtre pour nous donne finalement une eau filtrée.



**Figure 23 :** Filtre à sable

Tableau V: Résultats des analyses physicochimiques

| Prélevement | PH   |      |      | Conductivité<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |      |       | MES<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) |      |     | Taux de rendement % | DBO<br>( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) |      |      | Taux de rendement % | DCO<br>( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) |      |      | Taux de rendement % | NGL<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | NO3<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) | NH4<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) |      | PT<br>( $\text{mg}/\text{l}$ ) |      |      |      |  |
|-------------|------|------|------|---|------|-------|---------------------------------|------|-----|---------------------|-------------------------------------|------|------|---------------------|-------------------------------------|------|------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|--------------------------------|------|------|------|--|
|             | EB   | EC   | EE   | EB  | EC   | EE    | EB                              | EC   | EE  |                     | EB                                  | EC   | EE   |                     | EB                                  | EC   | EB   |                     |                                 |                                 | EC                              | EB   | EC                             |      |      |      |  |
| 02/03/2020  | 7,57 | 7,77 | 7,84 | 1410  | 1350 | 1403  | 500                             | 18   | 2   | 99,6                | 240                                 | 8    | 3    | 98,75               | 768                                 | 55   | 37   | 95,18               | 66                              | 44                              | 1,32                            | 2,16 | 16,2                           | 19,1 | 4,34 | 1,38 |  |
| 09/03/2020  | 7,29 | 7,07 | 7,69 | 1410  | 1466 | 1544  | 288                             | 8    | 2   | 99,30               | 440                                 | 8    | 5    | 98,86               | 678                                 | 29   | 25   | 96,31               | 69                              | 24                              | 1,44                            | 2,05 | 15                             | 22   | 8    | 1,5  |  |
| 16/03/2020  | 7,43 | 7,71 | 7,66 | 1428  | 1444 | 1422  | 480                             | 66   | 5   | 98,95               | 400                                 | 20   | 5    | 98,75               | 969                                 | 74   | 26   | 97,31               | 66                              | 30                              | 1,7                             | 0,92 | 26                             | 25   | 9,25 | 2,74 |  |
| 24/03/2020  | 7    | 8    | 7    | 1418  | 1437 | 1399  | 348                             | 15   | 10  | 97,12               | 220                                 | 5    | 4    | 98,18               | 329                                 | 35   | 26   | 92,09               | 45                              | 19                              | 2                               | 2    | 19                             | 10   | 3    |      |  |
| 30/03/2020  | 8    | 8    | 8    | 1428  | 1430 | 1429  | 384                             | 11   | 10  | 97,39               | 150                                 | 24   | 15   | 90                  | 335                                 | 76   | 50   | 85,07               | 42                              | 29                              | 3                               | 1    | 24                             | 14   | 4    |      |  |
| 06/04/2020  | 8    | 8    | 8    | 1389  | 1333 | 1419  | 454                             | 14   | 3   | 99,33               | 200                                 | 23   | 11   | 94,5                | 344                                 | 57   | 50   | 85,46               | 41                              |                                 | 1                               |      | 21                             |      | 6    |      |  |
| 14/04/2020  | 8    | 8    | 8    | 1317  | 1222 | 1228  | 386                             | 18   | 8   | 97,92               | 160                                 | 7    | 5    | 96,87               | 630                                 | 62   | 67   | 89,36               | 101                             | 22                              | 1                               | 2    | 16                             | 10   | 13   |      |  |
| 21/04/2020  | 7,5  | 7,88 | 7,98 | 1333  | 1426 | 1416  | 188                             | 108  | 5,2 | 97,23               | 130                                 | 16   | 10   | 92,30               | 364                                 | 63   | 33   | 90,93               | 82                              | 44                              | 2                               | 0,1  | 18                             | 13   | 11   |      |  |
| 30/04/2020  | 7,43 | 7,53 | 7,83 | 1420  | 1332 | 1332  | 596                             | 14   | 2   | 99,66               | 340                                 | 19   | 9    | 97,35               | 225                                 | 92   | 85   | 62,22               | 72                              | 35                              | 1,32                            | 1,35 | 25                             | 15   | 10   | 3,21 |  |
| 07/05/2020  | 7,62 | 7,83 | 7,9  | 1573  | 1222 | 1369  | 1600                            | 95   | 4   | 99,75               | 321                                 | 93   | 8    | 97,5                | 746                                 | 168  | 75   | 89,94               | 79                              | 22                              | 3,13                            | 0,9  | 28                             | 17   | 12,6 | 1,9  |  |
| 14/05/2020  | 7,75 | 7,81 | 7,81 | 1575  | 1128 | 1273  | 476                             | 47   | 4   | 99,15               | 320                                 | 17   | 4    | 98,75               | 533                                 | 135  | 111  | 78,36               | 42                              | 16,4                            | 1,99                            | 0,63 | 23                             |      | 5,53 | 4,7  |  |
| 21/05/2020  | 7,88 | 7,81 | 7,9  | 1666  | 1121 | 1160  | 724                             | 21   | 6   | 99,17               | 660                                 | 13   | 5    | 99,24               | 943                                 | 23   | 22   | 97,66               |                                 |                                 |                                 |      |                                |      |      |      |  |
| 27/05/2020  | 7,73 | 7,86 | 7,75 | 1575  | 1230 | 1134  | 380                             | 19   | 7   | 98,15               | 250                                 | 12   | 12   | 95,2                | 553                                 | 25   | 19   | 96,56               | 44                              | 12                              | 1                               | 0,3  | 24                             | 3,6  | 11   | 2,4  |  |
| 02/06/2020  | 7,63 | 7,8  | 7,9  | 1530  | 1472 | 1483  | 480                             | 9    | 3   | 99,37               | 401                                 | 13   | 2    | 99,25               | 1005                                | 33   | 24   | 97,61               | 100                             | 12,5                            | 2,5                             | 0,9  | 34                             | 5,8  | 10   | 3,2  |  |
| 09/06/2020  | 7,78 | 7,86 | 8    | 1676  | 1522 | 1246  | 694                             | 26   | 3   | 99,56               | 380                                 | 20   | 6    | 98,42               | 1008                                | 51   | 42   | 95,83               | 66                              | 19                              | 3                               | 1,2  | 29,5                           | 3,8  | 11   | 3,5  |  |
| 15/06/2020  | 7,82 | 7,74 | 8    | 1612  | 1516 | 1216  | 340                             | 26   | 8   | 97,64               | 380                                 | 22   | 10   | 97,36               | 558                                 | 72   | 37   | 93,36               | 78                              | 23                              | 6                               | 0,3  | 27                             | 3,3  | 8    | 0,3  |  |
| 22/06/2020  | 7,7  | 7,83 | 7,9  | 1555  | 1390 | 1220  | 350                             | 19   | 8   | 97,71               | 200                                 | 8    | 4    | 98                  | 725                                 | 39   | 32   | 95,58               | 68                              | 18                              | 3                               | 1,2  | 28,3                           | 5,3  | 8,2  | 2,2  |  |
| 29/06/2020  | 7,93 | 7,67 | 7,9  | 1532  | 1443 | 1335  | 469                             | 19   | 9   | 98,08               | 398                                 | 15   | 13   | 96,73               | 758                                 | 53   | 30   | 96,04               |                                 |                                 |                                 |      |                                |      |      |      |  |
| 06/07/2020  | 7,38 | 7,63 | 7,7  | 1470  | 1323 | 1340  | 508                             | 12   | 5   | 99,01               | 479                                 | 7    | 4    | 99,16               | 1143                                | 28   | 25   | 97,81               | 70                              | 20                              | 2,9                             | 1,2  | 29                             | 7,3  | 8    | 2,2  |  |
| 13/07/2020  | 7,45 | 7,77 | 7,7  | 1542  | 1381 | 1333  | 450                             | 30   | 5   | 98,88               | 412                                 | 23   | 5    | 98,78               | 1202                                | 117  | 25   | 97,92               | 107                             | 29,7                            | 2,5                             | 1    | 32,7                           | 25   | 9    | 3    |  |
| 20/07/2020  | 7,31 | 7,31 | 7,04 | 1418  | 1217 | 1260  | 354                             | 6    | 2   | 99,43               | 280                                 | 10   | 5    | 98,21               | 564                                 | 35   | 42   | 92,55               | 35                              | 14,3                            | 1,3                             | 0,8  | 20,2                           | 3,5  | 10   | 1,4  |  |
| Moyenne     | 7,63 | 7,76 | 7,79 | 1489  | 1353 | 1331  | 498                             | 28,6 | 5,3 | 98,68               | 322                                 | 18,2 | 6,9  | 97,24               | 684,8                               | 63   | 42   | 91,10               | 67                              | 24,1                            | 2,22                            | 1,11 | 24                             | 11,9 | 8,52 | 2,4  |  |
| Ecartype    | 0,27 | 0,23 | 0,28 | 103   | 121  | 107,8 | 282                             | 27,9 | 2,7 |                     | 129                                 | 18,2 | 3,65 |                     | 283,1                               | 38,2 | 23,9 |                     | 21,5                            | 9,56                            | 1,19                            | 0,62 | 5,63                           | 7,61 | 2,86 | 1,1  |  |

**Tableau VI :** Normes physico-chimiques des rejets selon OMS(2006) et JORA (2009).

| Paramètre               | Unité | Norme   |         |
|-------------------------|-------|---------|---------|
|                         |       | JORA    | OMS     |
| Température             | °C    | 30      | 30      |
| pH                      | -     | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 |
| CE                      | µS/Cm | -       | 1250    |
| MES                     | mg/l  | 30      | 30      |
| DCO                     | mg/l  | 90      | 90      |
| DBO5                    | mg/l  | 30      | 30      |
| Nitrates                | mg/l  | 50      | 50      |
| Nitrites                | mg/l  |         |         |
| Ammonium                | mg/l  |         |         |
| Ortho-Phosphates        | mg/l  | -       | 2       |
| Oxygène dissout<br>(OD) | mg/l  | -       | 5       |

**Tableau VII :** Valeurs limites minimales des rejets d'effluents liquides industriels selon JORA (2009).

| PARAMETRES                  | VALEURS LIMITES | UNITES |
|-----------------------------|-----------------|--------|
| Température                 | 30              | C°     |
| pH                          | 6,5 à 8,5       | -      |
| MES                         | 35              | mg/l   |
| Turbidité                   | 50              | UTN    |
| DBO5                        | 35              | mg/l   |
| DCO                         | 120             | mg/l   |
| Azote Kjeldahl              | 30              | mg/l   |
| Phosphates                  | 02              | mg/l   |
| Phosphore total             | 10              | mg/l   |
| Cyanures                    | 0,1             | mg/l   |
| Aluminium                   | 03              | mg/l   |
| Cadmium                     | 0,2             | mg/l   |
| Fer                         | 03              | mg/l   |
| Manganèse                   | 01              | mg/l   |
| Mercure total               | 0,01            | mg/l   |
| Nickel total                | 0,5             | mg/l   |
| Plomb total                 | 0,5             | mg/l   |
| Cuivre total                | 0,5             | mg/l   |
| Zinc total                  | 03              | mg/l   |
| Huiles et graisses          | 20              | mg/l   |
| Hydrocarbures totaux        | 10              | mg/l   |
| Indice Phénols              | 0,3             | mg/l   |
| Fluor et composés           | 15              | mg/l   |
| Etain total                 | 02              | mg/l   |
| Composés organiques chlorés | mg/l            | 05     |
| Chrome total                | mg/l            | 0,5    |

**Tableau VIII : Valeurs limites maximales des rejets selon JORA (2006).**

| PARAMETRES                            | VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l) |                        |      |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------|
| Azote global                          | 150                              | Etain                  | 0,1  |
| Aluminium                             | 5                                | Fer                    | 1    |
| Argent                                | 0,1                              | Fluorures              | 10   |
| Arsenic                               | 0,1                              | Hydrocarbures totaux   | 10   |
| Béryllium                             | 0,05                             | Matières en suspension | 600  |
| Cadmium                               | 0,1                              | Magnésium              | 300  |
| Chlore                                | 3                                | Mercuré                | 0,01 |
| Chrome trivalent                      | 2                                | Nickel                 | 2    |
| Chrome hexavalent                     | 0,1                              | Nitrites               | 0,1  |
| Chromates                             | 2                                | Phosphore total        | 50   |
| Cuivre                                | 1                                | Phénol                 | 1    |
| Cobalt                                | 2                                | Plomb                  | 0,5  |
| Cyanure                               | 0,1                              | Sulfures               | 1    |
| Demande biochimique en oxygène (DBO5) | 500                              | Sulfates               | 400  |
| Demande chimique en oxygène (DCO)     | 1000                             | Zinc et composés       | 2    |

\* Température : inférieure ou égale à 30° C  
\* PH : compris entre 5,5 et 8,5

**Tableau IX : Normes internationales des rejets OMS (2006)**

| CARACTERISTIQUES             | NORMES UTILISEES (OMS) |
|------------------------------|------------------------|
| Ph                           | 6.5-8.5                |
| DBO5                         | < 30 mg/l              |
| DCO                          | < 90 mg/l              |
| MES                          | < 20 mg/l              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | < 0.5 mg/l             |
| NO2                          | 1 mg/l                 |
| NO3                          | < 1 mg/l               |
| P2O5                         | < 2 mg/l               |
| Température                  | < 30°C                 |
| Couleur                      | Incolore               |
| Odeur                        | Incolore               |

## ANNEXE III

→ Matériels d'analyses physico-chimiques :

- **Appareillage et verrerie :**

- Agitateur magnétique
- Balance de précision
- Becher
- Creusets
- Dispositif de filtration
- Entonnoir
- Eprouvette
- Erlenmeyer
- Kit HACH LCK (302/303/305 et 339 et 238/338 et 350 et 114/314)
- Flacons OXITop®IS12 pour DBO5
- Incubateur pour DBO5 à 20°
- Papier filtre
- pH mètre
- pompe à vide
- Pissette d'eau distillée
- Réfrigérateur
- Spectrophotomètre (HACH) DR 2800.
- thermostats



**Figure 24 :** Balance de précision



**figure 25 :** thermostat



**figure 26 :** Spectrophotomètre



**Figure 27 :** pH mètre



Figure 28 : Equipement de filtration



Figure 29 : Dessiccateur



Figure 30 : DBO mètre



Figure 31 : Verreries



Figure 32 : La haute



Figure 33 : Exemple de boite  
hach LCK avec  
protocole



Figure 34 : Réactifs (R-355, R-396 et solution de calibration)