

N° d'ordre : .....FS / UMBB / 2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
جامعة أمجد بوقرة بومرداس  
**Université M'hamed Bougara de Boumerdès**



**Faculté des Sciences - Département de Chimie**

**Domaine : Sciences de la matière**

**Filière : Chimie**

**Spécialité : Chimie Analytique**

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté et soutenu par

**GASMI Yacine**

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux  
brutes du barrage de Keddara**

Mr KHEFFACHE Djaffar	Maitre de Conférences A-FS-UMBB	Président
Mme BOUDIEB Naima	Maitre de Conférences -FS-UMBB	Examinatrice
Mme DJEBARRI Baya	Maitre de Conférences A -FS-UMBB	Examinatrice
Mr ZIATI Mounir	Maitre de Conférences A -FS-UMBB	Promoteur
BENRACHEDI Abdellah Lokmane	Chef de laboratoire d'analyse SEAAL	Invité

**Juillet 2022**



## Dédicace

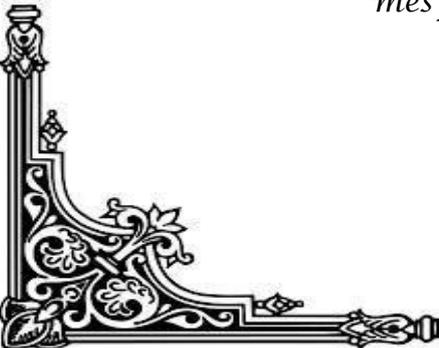
*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie... A Ma tendre Mère : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*A Mon très cher Père : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*A mes chers frères : Ahmed et Djamel*

*A tous les membres de ma famille : Gasmî*

*Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection. A Mes très chers amis : KHALFAOUI Faycel ; MAZIT Sofiane ; Dahmoune Oussama; THABTI Oussama; grin imade; mes collègues. A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer. A mes professeurs et mon promoteur.*



YACINE



## Remerciements

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui. .*

*Je tiens à remercier mon promoteur Mr ZIATI Mounir, Qui a confiance en moi et il m'a permis de travailler sur un sujet de mémoire, et qu'il a mis à ma disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation.*

*Je remercie par ailleurs vivement les membres du jury de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail et d'assister à la soutenance.*

*Mes remerciements à tous les enseignants du département de chimie.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Mr BERACHEDI Lokmane de m'avoir accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il m'a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire SEAAL de Boumerdes pour l'accueil cordial et pour l'attention avec laquelle ils ont soutenu mon travail.*

*Finalement, je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.*

## المخلص

معظم الموارد المائية المستخدمة في الجزائر لاحتياجاتنا المختلفة تأتي من المياه السطحية. تقدر التدفقات السطحية بـ 12.4 مليار متر مكعب / سنة. تتعرض مصادر المياه السطحية (مياه السدود) بشكل يومي لتغيرات في جودتها نتيجة لعدة عوامل ، أهمها العوامل المناخية والبشرية (تصريفات المياه العادمة).

الهدف من هذه الدراسة هي تحديد نوعية المياه الخام من سد قدارة (ولاية بومرداس) من خلال إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، لمدة ثلاثة أشهر (مارس إلى مايو) ، في عدة نقاط على السطح وفي العمق. تم مقارنة النتائج مع معايير الشرب.

وفقاً للنتائج المتحصل عليها ، فإن النوعية الفيزيوكيميائية، العضوية والبكتريولوجية للمياه الخام الأتية من السد مقبولة لأن جميع المعايير تقريبا تتوافق مع المعايير الجزائرية ، باستثناء بعض العناصر (النترات والنترت والكبريتات) التي تحتوي على كميات زائدة مقارنة بمعايير مياه الشرب ، وهذا راجع إلى أن السد قدارة بعيد عن تلوث بمياه الصرف الصناعي أو المنزلية.

**الكلمات المفتاحية:** المياه ، السد قدارة ، التحليل ، النوعية ، المعايير الفيزيوكيميائية ، المعايير البكتريولوجية.

## Résumé

La plupart des ressources en eau, utilisées en Algérie pour nos divers besoins, proviennent des eaux de surface ; les écoulements superficiels sont évalués à 12,4 milliards de m<sup>3</sup>/an. Les sources d'eau de surface (Les eaux des barrages) sont exposées quotidiennement à la variation de leur qualité à cause de plusieurs facteurs, essentiellement les facteurs climatologiques et humains (rejets d'eau usées).

Notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau brute du barrage de Keddara (W de Boumerès) par réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologique, pendant une période de trois mois (mars à mai), sur plusieurs points en surface et en profondeur. Les résultats d'analyse ont été comparés aux normes de potabilité.

D'après les résultats obtenus, les eaux brute de barrage étudié est de qualité physico-chimique, organique et bactériologique acceptable, car pour l'ensemble des paramètres sont conformes aux normes Algérienne, à l'exception de certains éléments comme la turbidité, la dureté, la matière organique et la demande biologique en

oxygène qui présentent des quantités en excès par rapport aux normes des eaux potables. Cette qualité résulte du fait que le barrage étudié est loin d'être pollué avec les rejets directs soit industriels ou des eaux usées domestiques.

**Mots clés :** eau, barrage de Keddara, analyse, qualité, paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologique.

### **Abstract**

Most of the water resources used in Algeria for our various needs come from surface water; surface flows are estimated at 12.4 billion m<sup>3</sup>/year.

Surface water sources (water from dams) are exposed daily to variations in their quality due to several factors, mainly climatological and human factors (wastewater discharges).

The objective of this study is to determine the quality of raw water from the Keddara dam (W of Boumerès) by carrying out physico-chemical and bacteriological analyses, for a period of three months (March to May), at several points on the surface and in depth. The results were compared to potability standards.

According to the results obtained, the raw water from the dam studied is of acceptable physicochemical, organic and bacteriological quality because for all the parameters comply with Algerian standards, with the exception of certain elements as turbidity, hardness, organic matter and biological oxygen demand which present quantities in excess of drinking water standards. This quality results from the fact that the dam studied is far from being polluted with direct discharges either industrial or domestic wastewater.

**Keywords:** water, dam of Keddara, analysis, quality, physico-chemical parameters, bacteriological parameters.

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I.1</b>	Répartition en volume et en pourcentage des différentes sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur Terre.	<b>4</b>
<b>II.1</b>	Disponibilité des ressources en eau.	<b>6</b>
<b>II.2</b>	Stations de dessalement d'eau de mer en 2013.	<b>9</b>
<b>III.1</b>	Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétrie turbidity unity).	<b>14</b>
<b>III.2</b>	Classes de dureté usuelles ( <b>degré français °f</b> ).	<b>16</b>
<b>IV.1</b>	Réactifs utilisés lors des analyses.	<b>22</b>
<b>IV.2</b>	Résultats d'analyse Escherichia coli	<b>41</b>
<b>IV.3</b>	Résultats d'analyse d'entérocoques	<b>42</b>
<b>V.1</b>	Evolution de la couleur.	<b>44</b>
<b>V.2</b>	Evolution de la turbidité.	<b>45</b>
<b>V.3</b>	Evolution de la dureté totale.	<b>46</b>
<b>V.4</b>	Evolution des ions magnésium.	<b>48</b>
<b>V.5</b>	Evolution des nitrites et nitrates.	<b>50</b>
<b>V.6</b>	Evolution du DBO <sub>5</sub> et DCO.	<b>52</b>
<b>V.7</b>	Evolution des coliformes totaux et entérocoques.	<b>55</b>

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I.1</b>	Cycle de l'eau	<b>2</b>
<b>I.2</b>	Représentation symbolique de la répartition de l'eau sur Terre	<b>5</b>
<b>II.1</b>	Principaux bassins fluviaux de l'Algérie	<b>7</b>
<b>II.2</b>	Stockage des eaux souterraines	<b>8</b>
<b>IV.1</b>	Barrage de Keddara	<b>20</b>
<b>IV.2</b>	Prélèvement des échantillons	<b>21</b>
<b>IV.3</b>	pH-mètre.	<b>22</b>
<b>IV.4</b>	Conductimètre.	<b>24</b>
<b>IV.5</b>	Turbidimètre.	<b>24</b>
<b>IV.6</b>	Dosage de la Somme du calcium et du magnésium par l'EDTA.	<b>25</b>
<b>IV.7</b>	Détermination de TAC.	<b>27</b>
<b>IV.8</b>	Dosage du calcium par L'EDTA.	<b>28</b>
<b>IV.9</b>	Dosage des chlorures par AgNO <sub>3</sub>	<b>29</b>
<b>IV.10</b>	Spectrophotomètre U-V visible.	<b>31</b>
<b>IV.11</b>	Dosage des nitrates.	<b>31</b>
<b>IV.12</b>	Dosage des nitrites par méthode spectrophotométrie.	<b>32</b>
<b>IV.13</b>	Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire.	<b>33</b>
<b>IV.14</b>	Dosage de MO par permanganate de potassium	<b>36</b>
<b>IV.15</b>	Mode opératoire d'Escherichia coli.	<b>40</b>
<b>IV.16</b>	Lampe UV	<b>41</b>
<b>V.1</b>	Evolution de la température.	<b>43</b>
<b>V.2</b>	Evolution du pH.	<b>44</b>
<b>V.3</b>	Evolution de la conductivité	<b>45</b>

<b>V.4</b>	Evolution de l'oxygène dissous.	<b>46</b>
<b>V.5</b>	Evolution du titre alcalimétrique complet.	<b>47</b>
<b>V.6</b>	Evolution du calcium	<b>48</b>
<b>V.7</b>	Evolution des chlorures	<b>49</b>
<b>V.8</b>	Evolution des Sulfates	<b>49</b>
<b>V.9</b>	Evolution de l'ammonium	<b>51</b>
<b>V.10</b>	Evolution des orthophosphates.	<b>51</b>
<b>V.11</b>	Evolution de la matière organique.	<b>52</b>
<b>V.12</b>	Evolution du fer.	<b>53</b>
<b>V.13</b>	Evolution du manganèse.	<b>54</b>

## Liste des abréviations

<b>AEPI</b>	Alimentation en Eau Potable et Industrielle
<b>AgCl</b>	Chlorure d'argent
<b>AgNO<sub>3</sub></b>	Nitrate d'argent
<b>ANBT</b>	Agence national des barrages et transferts
<b>BaCl<sub>2</sub></b>	Chlorure de barium
<b>C</b>	Concentration
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Ion de calcium
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonate de calcium
<b>COD</b>	Carbone organique dissous
<b>Cfu</b>	Unité formant des colonies
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Ion de chlorure
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	Ions carbonates
<b>COP</b>	Matières organiques sous forme particulaire
<b>COT</b>	Carbone organique total
<b>DBO</b>	La Demande Biochimique en Oxygène
<b>DCO</b>	La Demande Chimique en Oxygène
<b>dH</b>	Dureté totale
<b>DST</b>	Defined Substrate Technology
<b>E. coli</b>	Escherichia coliforme
<b>EDTA</b>	Acide éthylène diamine tétra acétique
<b>F</b>	Facteur de dilution
<b>°f</b>	Degré français
<b>Fc</b>	Facteur de correction
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	Ion fer
<b>g</b>	Gramme
<b>g/l</b>	Gramme par litre
<b>g/mol</b>	Gramme par mol
<b>GPI</b>	Grands périmètres irrigués
<b>H<sup>+</sup></b>	Ion d'hydrogène

<b>ha</b>	Hectare
<b>ha/an</b>	Hectare par an
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Ion bicarbonates
<b>IDEXX</b>	Leader mondial des diagnostics et logiciels Vétérinaires et des tests microbiologiques de l'eau
<b>IMn</b>	Indice de permanganate
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b>	Dichromate de potassium
<b>Km</b>	Kilomètre
<b>Km<sup>3</sup></b>	Kilomètre cube
<b>M</b>	Masse molaire
<b>m</b>	Metre
<b>m<sup>3</sup></b>	Mètre cube
<b>MAO</b>	Réseau de Mostaganem-Arzew-Oran– inter
<b>MCM/an</b>	Milliards de mètres cubes par an
<b>MCM/j</b>	Milliards de mètres cubes par jour
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Ion magnésium
<b>Mg/ L</b>	Milligramme par litre
<b>mg O<sub>2</sub>/l</b>	Milligramme oxygène par litre
<b>ml</b>	Millilitre
<b>mmol/l</b>	Millimol par litre
<b>mn</b>	Minute
<b>Mn<sup>2+</sup></b>	Ion manganèse
<b>MO</b>	Matière organique
<b>Mol/l</b>	Mol par litre
<b>M<sup>3</sup>/s</b>	Mètre cube par seconde
<b>MUG</b>	4-méthyl-umbélliféryl-beta-D-glucoronide
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>N</b>	Normalité
<b>Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	Oxalate de sodium
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ion ammonium
<b>nm</b>	Nanomètre

<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Ion nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Ion nitrate
<b>NPP</b>	Le nombre le plus probable
<b>NTU</b>	Néphélométricturbidity unity
<b>NWSAS</b>	Système Aquifère du Nord-Ouest du Sahara
<b>O<sub>2</sub></b>	Dioxygène
<b>OH<sup>-</sup></b>	Ion d'hydroxyde
<b>OMS</b>	L'Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONPG</b>	O-nitrophénél-beta--D-gactopyranoside
<b>PET</b>	Polytéréphtalate d'éthylène
<b>pH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>PMH</b>	La Petite Moyen Hydrique
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	Ion ortophosphate
<b>Pt.Co</b>	Unité platine cobalt
<b>S</b>	Seconde
<b>SEAAL</b>	Société des eaux et de l'assainissement d'Alger
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Ion sulfate
<b>TA</b>	Titre alcalimétrique
<b>TAC</b>	Titre alcalimétrique complet
<b>TH</b>	Titre hydrotimétrique
<b>µm</b>	Micromètre
<b>µS/cm</b>	Micro siemens par centimètre
<b>UFC/ml</b>	Unité Faisant Colonie par millilitre
<b>UV</b>	Ultra-Violet
<b>V</b>	Volume

# Sommaire

*Dédicace*

*Remerciements*

*Résumé*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

*Liste des abréviations*

*Sommaire*

**Introduction Générale.....01**

---

## Partie théorique

---

### **Chapitre I : Généralités sur les eaux**

<i>I. L'écosystème aquatique.....</i>	<b>02</b>
<i>I.1.Définition de l'eau.....</i>	<b>02</b>
<i>I.2.Cycle de l'eau.....</i>	<b>02</b>
<i>I.3.Eaux naturelles.....</i>	<b>02</b>
<i>I.3.1.Eaux souterraine.....</i>	<b>03</b>
<i>I.3.2.Eaux de surface.....</i>	<b>03</b>
<i>I.3.3.Eaux de mers et océans.....</i>	<b>03</b>
<i>I.4.Répartition de l'eau sur terre.....</i>	<b>03</b>

### **Chapitre II : Ressources en eau en Algérie**

<i>II.1.Ressources en eau en Algérie.....</i>	<b>06</b>
<i>II.2.Eaux de surface.....</i>	<b>06</b>
<i>II.3.Eaux souterraines.....</i>	<b>07</b>
<i>II.4.Sources non conventionnelles (dessalement ; réutilisation des eaux usées ; Récupération des eaux de pluie).....</i>	<b>08</b>
<i>II.4.1.Dessalement de l'eau de mer.....</i>	<b>08</b>
<i>II.4.2.Réutilisation des eaux usées.....</i>	<b>09</b>
<i>II.5.Les barrages en Algérie.....</i>	<b>09</b>

### **Chapitre III : Analyse et traitement des eaux**

<i>III.1.Historique du traitement des eaux.....</i>	<b>11</b>
<i>III.2.Importance du traitement des eaux.....</i>	<b>11</b>
<i>III.3.Les normes de concentrations maximales admissibles.....</i>	<b>12</b>
<i>III.4.Analyse des eaux.....</i>	<b>12</b>
<i>III.4.1.Paramètres organoleptiques.....</i>	<b>12</b>
<i>III.4.1.1.Couleur.....</i>	<b>12</b>
<i>III.4.1.2.Odeur.....</i>	<b>13</b>

III.4.1.3. Goût, saveur, flaveur.....	13
III.4.2. Paramètres physico-chimiques.....	13
III.4.2.1. Température.....	13
III.4.2.2. pH.....	13
III.4.2.3. Alcalinité (TA- TAC).....	14
III.4.2.4. Turbidité.....	14
III.4.2.5. Matières en suspension (MES) .....	14
III.4.2.6. Conductivité .....	14
III.4.2.7. Chlorures .....	15
III.4.2.8. Composés phosphorés.....	15
III.4.2.9. Dureté totale .....	16
III.4.3. Paramètres indésirables.....	16
III.4.3.1. Matières azotées.....	16
III.4.4. Paramètres toxiques.....	17
III.4.4.1. Matières organiques.....	17
III.4.4.2. Métaux lourds.....	17
III.4.5. Paramètres microbiologiques.....	18
III.4.5.1. Germes totaux.....	18
III.4.5.2. Coliformes totaux.....	18
III.5. Procédés de potabilisation de l'eau.....	18
III.5.1. Dégrillage et tamisage.....	19
III.5.2. Filtration .....	19
III.5.3. Désinfection .....	19

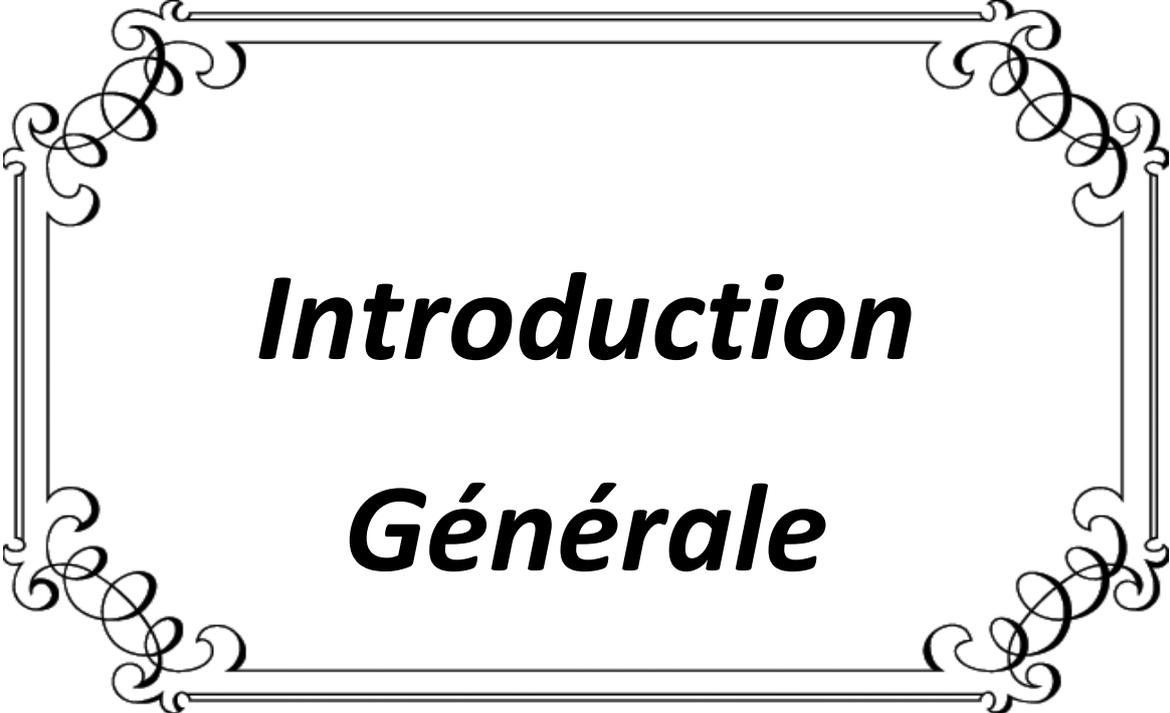
## Partie expérimentale

### Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Objectif de travail.....	20
IV.2. Présentation de site d'étude .....	20
IV.2.1. Description du barrage Keddara.....	20
IV.3. Échantillonnage .....	21
IV.4. Matériels utilisés.....	21
IV.4.1 Equipements et réactifs des analyses physico-chimiques et bactériologiques.....	21
IV.5. Méthodes d'analyse physico-chimique des eaux brutes.....	22
IV.5.1. Analyses physiques.....	22
IV.5.1.1. La température .....	22
IV.5.1.2. La couleur .....	22
IV.5.1.3. Mesure de pH.....	22
IV.5.1.4. Mesure de la Conductivité électrique.....	23
IV.5.1.5. Mesure de la Turbidité .....	23
IV.5.1.6. Dosage de l'oxygène dissous par Iodométrie Dosage de l'oxygène.....	24
IV.5.2. Minéralisation.....	25
IV.5.2.1. Dosage de la Somme du calcium et du magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.....	25

<i>IV.5.2.2. Détermination de l'alcalinité : Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) .....</i>	<b>26</b>
<i>IV.5.2.3. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à L'EDTA.....</i>	<b>27</b>
<i>IV.5.2.4. Dosage des chlorures par la méthode de Mohr.....</i>	<b>29</b>
<i>IV.5.2.5. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire .....</i>	<b>30</b>
<i>IV.5.3. Paramètres de pollution.....</i>	<b>31</b>
<i>IV.5.3.1. Dosage spectrophotométrie des nitrates par la méthode au salicylate de sodium...</i>	<b>31</b>
<i>IV.5.3.2. Dosage des nitrites : méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.....</i>	<b>32</b>
<i>IV.5.3.3. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire.....</i>	<b>32</b>
<i>IV.5.3.4. Détermination la demande biochimique en oxygène après 5 jours.....</i>	<b>33</b>
<i>IV.5.3.5. Détermination de la demande chimique en oxygène.....</i>	<b>33</b>
<i>IV.5.3.6. Détermination de l'indice de permanganate.....</i>	<b>34</b>
<i>IV.5.3.7. Dosage spectrophotométrique des orthophosphates Méthode au molybdate d'ammonium.....</i>	<b>37</b>
<i>IV.5.4. Métaux indésirables.....</i>	<b>37</b>
<i>IV.5.4.1. Dosage du fer dissous par la méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10 .....</i>	<b>37</b>
<i>IV.5.4.2. Dosage du manganèse - Méthode au persulfate d'ammonium.....</i>	<b>38</b>
<i>IV.6. Méthodes d'analyse bactériologique des eaux brutes.....</i>	<b>39</b>
<i>IV.6.1. Escherichia coli.....</i>	<b>39</b>
<i>IV.6.2. Entérocoques.....</i>	<b>41</b>
<b>Chapitre V : Résultats et discussion</b>	
<i>V. Résultats et discussion.....</i>	<b>43</b>
<i>V.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....</i>	<b>43</b>
<i>V.1.1. Paramètres physiques.....</i>	<b>43</b>
<i>V.1.1.1. La température.....</i>	<b>43</b>
<i>V.1.1.2. La Couleur de l'eau .....</i>	<b>43</b>
<i>V.1.1.3. Le pH .....</i>	<b>44</b>
<i>V.1.1.4. La conductivité .....</i>	<b>45</b>
<i>V.1.1.5. La turbidité .....</i>	<b>46</b>
<i>V.1.1.6. L'Oxygène dissous.....</i>	<b>46</b>
<i>V.1.2. Minéralisation.....</i>	<b>46</b>
<i>V.1.2.1. La dureté totale (TH) .....</i>	<b>47</b>
<i>V.1.2.2. Le titre alcalimétrique complet (TAC) .....</i>	<b>47</b>
<i>V.1.2.3. Le calcium .....</i>	<b>48</b>
<i>V.1.2.4. Le magnésium .....</i>	<b>48</b>
<i>V.1.2.5. Les chlorures .....</i>	<b>49</b>
<i>V.1.2.6. Sulfates.....</i>	<b>50</b>
<i>V.1.3. Paramètres de pollution.....</i>	<b>50</b>
<i>V.1.3.1. Les nitrates et les nitrites .....</i>	<b>50</b>
<i>V.1.3.2. Ammonium .....</i>	<b>51</b>
<i>V.1.3.3. Les ortho-phosphates.....</i>	<b>51</b>

<i>V.1.3.4.La DBO<sub>5</sub></i> .....	51
<i>V.1.3.5.La DCO</i> .....	52
<i>V.1.3.6.La matière organique</i> .....	52
<i>V.1.4.Métaux lourds</i> .....	53
<i>V.1.4.1.Le Fer</i> .....	53
<i>V.1.4.2.Le Manganèse</i> .....	53
<i>V.2.Les analyses bactériologiques</i> .....	54
<i>V.2.1.Les Coliformes totaux</i> .....	54
<i>V.2.2.Les streptocoques fécaux</i> .....	55
<b>Conclusion Générale</b> .....	56
<b>Références Bibliographiques</b> .....	57
<b>Annexes</b> .....	61



***Introduction***

***Générale***

Les ressources en eau sont inégalement réparties dans le monde. L'eau douce ne représente que 1% du total des eaux présentes sur la terre, le reste étant formé par les eaux salées, des mers et des océans. L'eau douce est donc un capital limité, renouvelable mais fragile, car menacé par une consommation croissante, gaspillage non limité, pollutions industrielles et des problèmes climatiques [1].

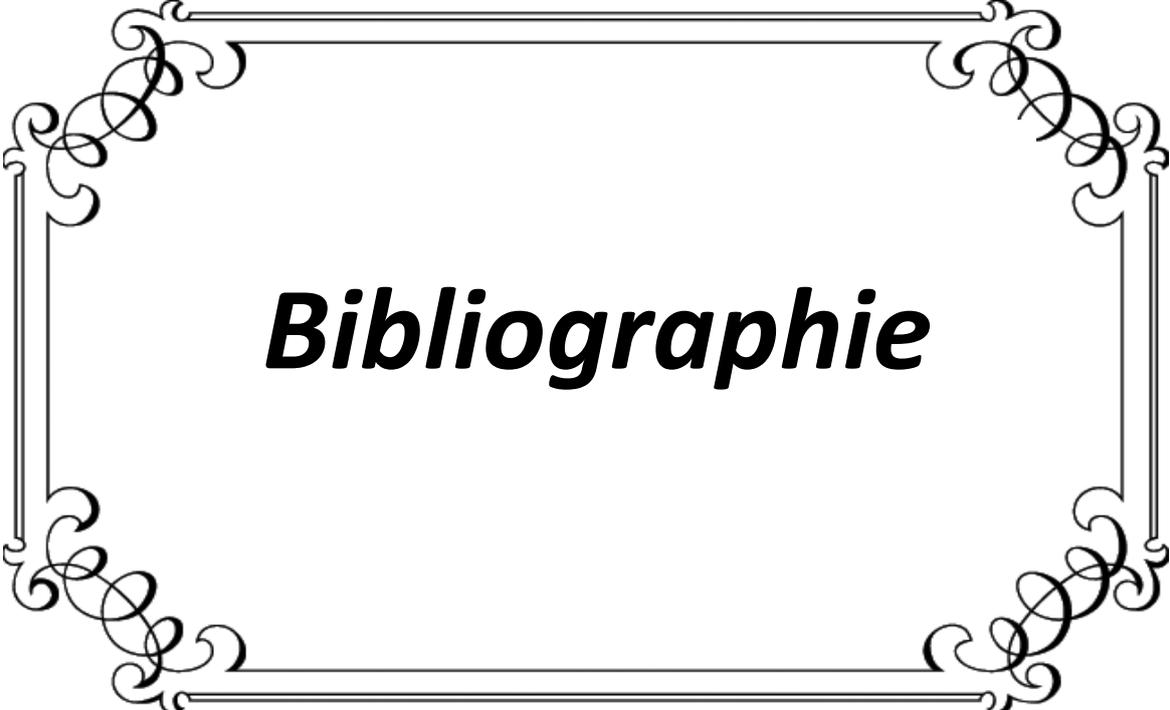
En effet les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigué et l'industrie. En plus de la rareté de l'eau, la sécheresse s'étant accrue, la mobilisation des eaux superficielles par la construction des barrages et des retenues collinaires devient indispensable.

Pour une bonne gestion, la connaissance de ces ressources en eau et de leur qualité est une condition nécessaire. Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impact néfaste sur la qualité des ressources en eau [2].

Le barrage de Keddara a été conçu pour répondre aux besoins. Depuis sa mise en service, ce barrage a contribué considérablement à l'alimentation en eau de plusieurs localités se trouvant au sein de la wilaya de Boumerdès notamment la wilaya d'Alger.

Ce travail fera l'objet d'une étude d'évaluation de la qualité des eaux des barrages de Keddara sur la base du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologique pendant une période de trois mois (mars à mai) sur plusieurs points en surface et en profondeur, afin de déterminer la zone optimale de pompage pour une bonne exploitation et un traitement efficace.

Dans ce contexte, ce mémoire est scindé en deux grandes parties. Après l'introduction, la partie théorique est divisée sur trois chapitres : le premier chapitre a porté sur des généralités sur les eaux, le second chapitre sur les ressources en eau en Algérie suivi du troisième chapitre sur analyse et traitement des eaux. La deuxième partie expérimentale contient deux chapitres : le premier présente les protocoles expérimentaux axés sur les prélèvements et les contrôles d'analyse effectués au laboratoire de la station et le deuxième a porté sur les résultats expérimentaux et leur discussion. Enfin, on termine par une conclusion générale et des perspectives.

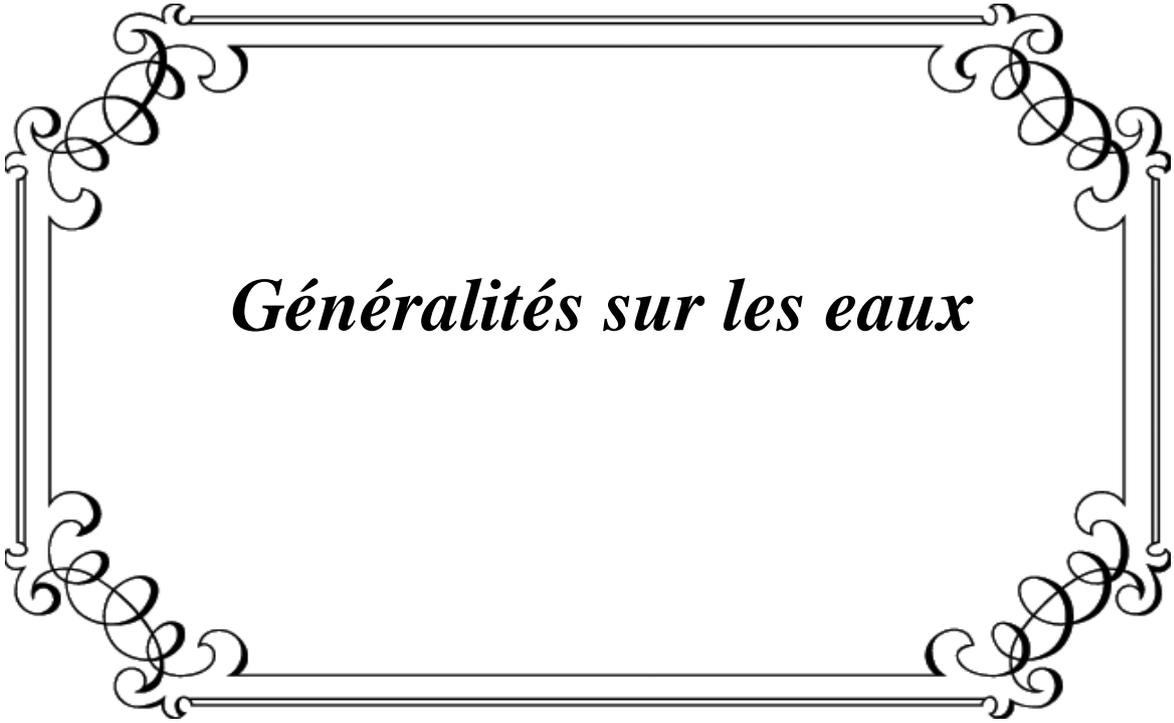


# ***Bibliographie***

---

# ***Chapitre I***

---

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, enclosing the text.

***Généralités sur les eaux***

## I. L'écosystème aquatique

Un écosystème aquatique est une communauté de plantes et d'animaux qui dépendent principalement de l'eau. C'est un écosystème qui est inondé de façon permanente ou périodique par l'eau courante ou stagnante, ou dont les sols sont saturés de façon permanente ou périodique à moins de 0,5 m de la surface du sol [3].

### I.1. Définition de l'eau

C'est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leur poids en moyenne). L'eau se rencontre dans la nature sous trois états: solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression [4].

### I.2. Cycle de l'eau

Les eaux de surface résultent des précipitations. Une partie de cette eau s'évapore et retourne dans l'air sous forme de vapeur d'eau. L'autre durcit à cause du froid, ou s'écoule à la surface du sol et pénètre jusqu'à la nappe phréatique. Le cycle de l'eau se fait donc, par évaporation permanente des eaux de mer ou de rivière, formant des nuages puis retombent sous forme de précipitation (**Figure I.1**) [5].

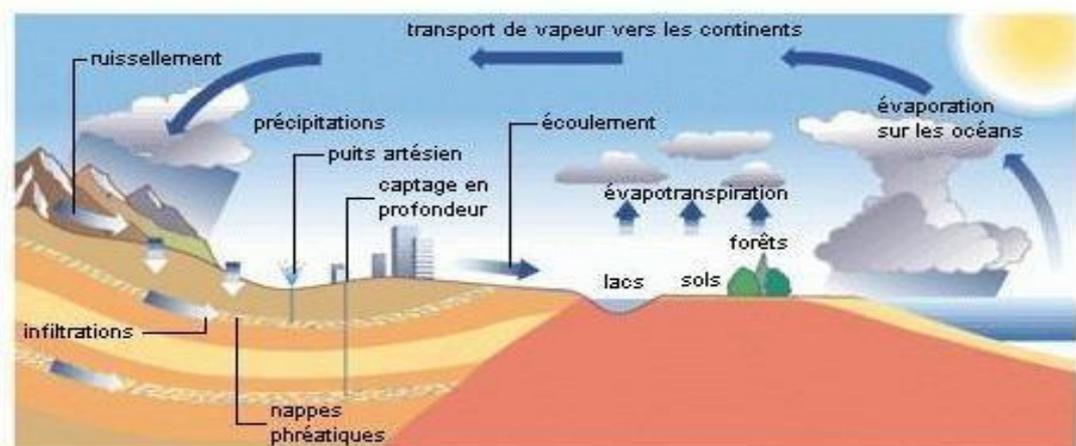


Figure I.1.Cycle de l'eau [SIGG ,2000].

### I.3. Eaux naturelles

La classification des eaux diffère d'une référence à une autre, quelques une les classifient suivant l'origine ; quelques auteurs parlent même des eaux de pluies, certains autres s'intéressent à l'utilisation des eaux [6].

### ***1.3.1. Eaux souterraines***

De point de vue hydrogéologique, les couches aquifères se divisent en :

- Nappes phréatiques ou alluviales : Peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- Nappes captives : Plus profondes que les nappes phréatiques, et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques ; cependant, elles sont appelées aussi les eaux propres car elles répondent en général aux normes de potabilité.

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité mais elle représente des propriétés thérapeutiques, on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales [6].

### ***1.3.2. Eaux de surface***

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Par conséquent ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement au préalable [6].

### ***1.3.3. Eaux de mers et océans***

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement [6].

## **I.4. Répartition de l'eau sur terre**

La quantité d'eau présente sur la planète sous différents états est estimée à environ 1400 millions de km<sup>3</sup>, dont 97% sont salés (mers et océans). Parmi les 3% qui restent, <sup>3</sup>/<sub>4</sub> sont

bloqués dans les glaciers et les nappes phréatiques très profondes. Donc seul le  $\frac{1}{4}$  restant est utilisable, soit 0,4% des disponibilités totales en eau douce sur terre qui peuvent être directement exploitables par l'homme [7].

**Tableau I.1.** Répartition en volume et en pourcentage des différentes sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur terre [8].

	Volume (10 <sup>3</sup> Km <sup>3</sup> )	Pourcentage de l'eau totale (%)	Pourcentage de l'eau douce (%)
Eau totale	1,386 millions	100	-
Eau douce totale	35000	2,53	100
Océans mondiaux	1,340 millions	96,5	-
Eau sale souterraine	13000	1	-
Eau douce souterraine	10500	0,76	30
Glaciers antarctiques	21600	1,56	61,7
Glaciers du Groenland	2340	0,17	6,7
Îles arctiques	84	0,006	0,24
Glaciers montagneux	40,6	0,003	0,12
Pergélisol et glace souterraine	300	0,022	0,86
Lacs salins	85,4	0,006	-
Lacs d'eau douce	91	0,007	0,26
Humidité du sol	16,5	0,0012	0,047
Tourbière	11,5	0,0008	0,03
Rivières (flux moyen)	2,12	0,0002	0,006
Dans la matière biologique	1,12	0,0001	0,0003
Dans l'atmosphère (en moyen)	12,9	0,0001	0,04

Non seulement l'eau douce est présente en très faible proportion, mais la plus grande part de cette fraction est inaccessible et est stockée sous forme solide dans les glaciers de l'Antarctique (61,7 % de l'eau douce) et du Groenland (6,7 %), dans les glaciers montagneux (0,12 %), ainsi que dans le pergélisol et le sous-sol (0,86 %). Cette eau est non renouvelable (figure I.2). Par comparaison avec les ressources en énergie, l'eau non renouvelable est parfois qualifiée de « fossile » [8].

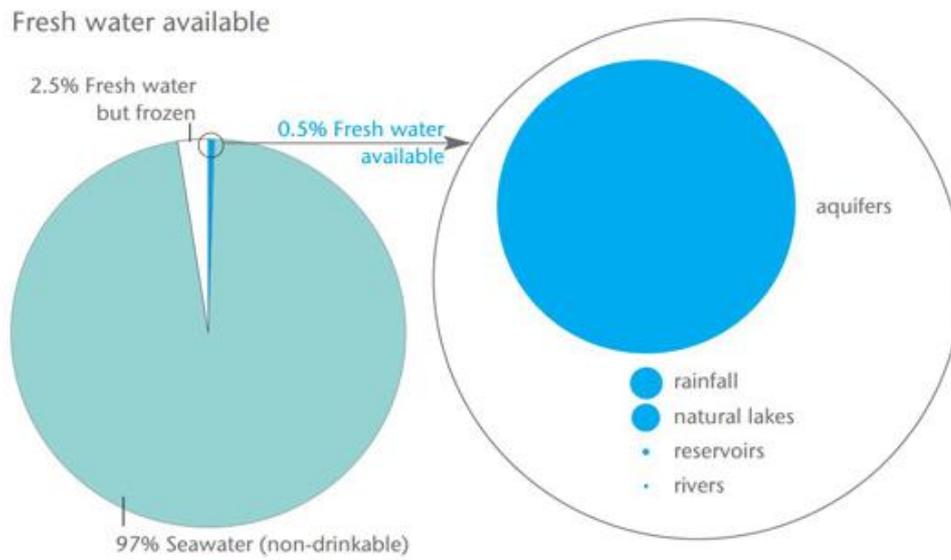


Figure I.2. Représentation symbolique de la répartition de l'eau sur Terre [9].

---

# ***Chapitre II***

---



***Ressources en eau en  
Algérie***

### II.1. Ressources en eau en Algérie

Les ressources en eau renouvelables en Algérie sont estimées à environ 19 milliards de mètres cubes par an (tableau II.1), soit environ 450 mètres cubes par habitant et par an. Ce chiffre est inférieur aux 500 m<sup>3</sup> recommandés par habitant et par an, reconnus comme le seuil de pénurie indiquant une crise de l'eau. Les ressources en eau se caractérisent par une forte variabilité [10].

**Tableau II.1.** Disponibilité des ressources en eau [10].

Ressources en eau	Volume (milliard mètre cube)	Région
Eaux de surface renouvelables	11	Nord et Sud
Eaux souterraines renouvelables	2.5	Nord
Eaux souterraines non renouvelables	6.1	Sud

### II.2. Eaux de surface

L'Algérie est divisée en cinq grands bassins fluviaux comprenant un total de 17 bassins versants et concentrés principalement dans le nord (figure II.1). Les ressources renouvelables en eau de surface sont estimées à 11 milliards de mètres cubes au total. Les apports d'eau de surface sont faibles dans le bassin saharien, avec un total de 0,5 milliards de mètres cubes par an. En revanche, le nord dépend principalement des eaux de surface, puisque près de 7 milliards de mètres cubes sont captés par un certain nombre de moyens et grands barrages. Le ruissellement se produit sous forme d'inondations rapides et puissantes qui reconstituent les barrages pendant la courte saison des pluies, qui s'étend généralement de décembre à février [11].



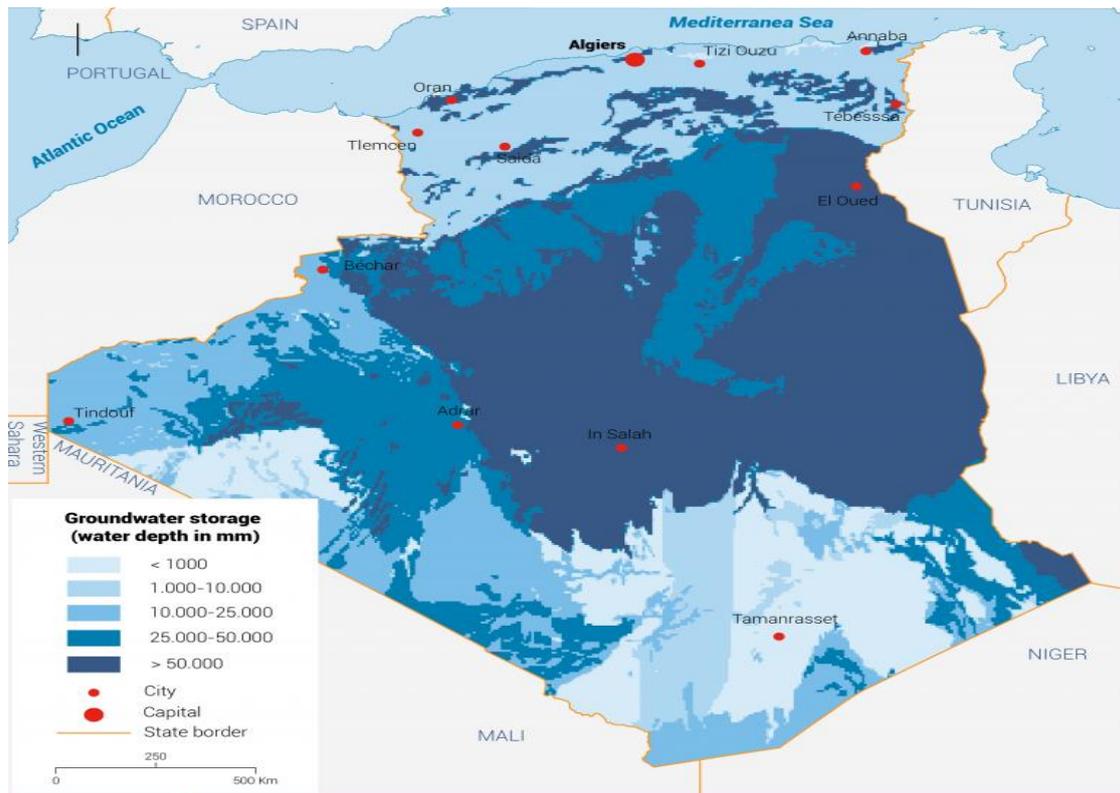
**Figure II.1.** Principaux bassins fluviaux de l'Algérie [10].

### II.3. Eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines sont estimées à 7,6 milliards de mètres cubes, mais la demande est beaucoup plus élevée dans le nord du pays. D'importants aquifères du Sahara satisfont 96 % de la demande en eau du sud [12].

Dans la région montagneuse du nord, les aquifères sont peu profonds et exploités à l'aide de puits et de sources. Alors que ces aquifères sont naturellement rechargés avec 1,9 milliards de mètres cubes/an, les prélèvements totaux sont estimés à 2,4 milliards de mètres cubes/an. Le déficit est principalement dû à un manque de gestion efficace des eaux souterraines, lié à une mauvaise connaissance de la ressource, à une augmentation du nombre de puits illégaux et à un manque de coordination entre les autorités de l'eau (la ministère des ressources en eau Algérie) [11].

Les eaux souterraines du sud sont principalement fossiles avec une très faible capacité de renouvellement. Les ressources en eau sont contenues dans deux aquifères majeurs qui se chevauchent, le complexe terminal et l'inter-couche continentale, qui forment le système aquifère transfrontalier du nord-ouest du Sahara NWSAS (Système Aquifère du Nord-Ouest du Sahara). Le terminal complexe (100-400 mètres de profondeur) et l'inter-couche continentale (1 000-1 500 mètres de profondeur) contiennent des réserves importantes de 30 000 à 40 000 milliards de mètres cubes (figure II.2). Les aquifères profonds sont exploités principalement à l'aide de forages profonds, tandis que les aquifères peu profonds sont exploités à l'aide du système traditionnel de foggara [11].



**Figure II.2.** Stockage des eaux souterraines [10].

#### **II.4. Sources non conventionnelles (dessalement ; réutilisation des eaux usées ; récupération des eaux de pluie)**

La comparaison de l'offre et de la demande montre un déficit hydrique actuel de 1,3 milliards de mètres cubes. La croissance démographique prévue signifie presque certainement que ce déficit augmentera, nécessitant une nouvelle stratégie de dessalement de l'eau de mer et de réutilisation des eaux usées [13].

##### **II.4.1. Dessalement de l'eau de mer**

Avec 1 200 km de côtes, l'Algérie a commencé à dessaler l'eau de mer pour fournir de l'eau potable aux villes et villages situés jusqu'à 60 km de la côte. En 2016, le pays disposait de 11 grandes usines de dessalement en activité capables de produire jusqu'à 2,21 millions de mètres cubes d'eau dessalée par jour (MCM/j) (tableau II.2) [13].

**Tableau II.2.** Stations de dessalement d'eau de mer en 2013 [13].

Stations	Petite	Grande	Totale
Nombre	21	9	30
Capacité (MCM/j)	57,500	1, 410,000	1, 467,500
Production (MCM/an)	21	514.6	535.6

#### **II.4.2. Réutilisation des eaux usées**

La réutilisation des eaux usées traitées est devenue une priorité dans la nouvelle politique de l'eau, se traduisant par la réhabilitation d'anciennes stations et la construction de nouvelles. L'objectif est de construire 239 usines de traitement des eaux usées d'une capacité totale de 1,2 milliards de mètres cubes /an d'eau purifiée principalement destinée à l'irrigation, préservant ainsi les ressources en eau traditionnelles tout en augmentant la production agricole [11].

#### **II.5. Les barrages en Algérie**

Afin de développer la capacité de retenue des eaux de surface, de nombreux ouvrages ont été construits. Alors qu'en 1962, il n'existait que 13 barrages permettant de stocker 450 millions de m<sup>3</sup> d'eau destinée essentiellement à l'irrigation des plaines agricoles de l'Ouest du pays, on en dénombre actuellement 70 pour une capacité globale de 7,3 milliards de m<sup>3</sup> d'eau. Si les constructions en cours se déroulent comme prévues, ils devraient être 84 en 2016, pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m<sup>3</sup>. Afin de mobiliser de nouvelles ressources en eau, l'Agence nationale des barrages et transferts (ANBT) a engagé d'importants moyens pour améliorer le rendement des exploitations déjà existantes et réaliser de nouveaux ouvrages hydrauliques (25 nouveaux barrages ont été réalisés ces dix dernières années). La stratégie au niveau national est d'interconnecter les ouvrages de stockage en systèmes régionaux : ainsi, en s'intégrant dans un système, les barrages de Keddara, Taksebt et Koudiat Acerdoun desservent Alger, Boumerdès et Tizi-Ouzou; le réseau MAO – Mostaganem-Arzew-Oran– inter- connecte les barrages et les unités de dessalement en vue d'approvisionner en eau les centres urbains du Nord-Ouest de l'Oranie [11].

Les barrages répondent à deux enjeux majeurs auxquels l'Algérie doit faire face : la mobilisation de nouvelles ressources pour l'alimentation en eau potable et industrielle (AEPI) et l'irrigation. En effet, pour relever le défi de la sécurité alimentaire, l'Algérie a cherché à

affecter de plus grandes ressources en eau au secteur agricole. Le pays a augmenté en dix ans les dotations en eau des Grands périmètres irrigués (GPI) tout en multipliant par deux leur superficie globale. L'aménagement et les équipements de nouveaux périmètres d'irrigation permettraient de passer de 200000 hectares actuellement à 400000 hectares à moyen terme. Au titre du plan quinquennal 2010-2014, il est prévu d'augmenter la capacité de surface irriguée de 25000 ha/an en moyenne [11].

De même, la superficie irriguée en petite et moyenne hydraulique (PMH, inférieur à 500 ha) a été fortement développée ces dix dernières années (+180%) et s'élève aujourd'hui à près d'un million d'hectares (350000 ha en 2000, 980000 ha en 2011). Cette expansion des terres irriguées a pu avoir lieu grâce aux ressources souterraines et aux barrages de petite ou de moyenne dimension ainsi qu'au développement du parc des retenues collinaires qui compte aujourd'hui 445 ouvrages à travers le territoire national. Celles-ci permettent de stocker les eaux de surface et de ruissellement et sont un investissement peu coûteux par rapport aux barrages. La preuve du potentiel et de l'efficacité de ces ouvrages, notamment dans un environnement difficile, apparaît dans la mise en œuvre de six projets lancés en 2002 dans les zones arides et semi-arides de M'Sila (Bounesroune et Ced Fella), Djelfa (Hadja et Toughoursène) et Oum El Bouaghi (Hammimet et Ourkis). Le plan quinquennal 2010-2014 prévoit, en plus de l'équipement de plusieurs GPI, la réalisation de 137 nouvelles retenues collinaires [11].

---

# ***Chapitre III***

---



***Analyse et traitement  
des eaux***

**III.1. Historique du traitement des eaux**

2000 avant J.C : rendre les eaux potables en les faisant bouillir au-dessus d'un feu, en les chauffant au soleil, en y plongeant un fer chaud ou en les filtrant à travers un lit de sable et de gravier. En 1852, à Londres, loi qui stipulait que toute eau destinée à la consommation humaine devait être filtrée.

En 1854, Jhn Snow et John York ont montré, dans la mesure où ils le pouvaient avec les moyens de l'époque, que la fièvre asiatique qui sévissait alors à Londres était transmise par les eaux du puits de « Broad Street ».

A partir de 1904, en Angleterre, il y a eu la chloration continue des eaux de consommation, pratique que les Etats-Unis adoptèrent à leur tour en 1909.

Depuis le début du vingtième siècle, importants progrès en matière de traitement des eaux sont réalisés. La désinfection continue des eaux est maintenant chose courante ; des produits désinfectants, comme l'ozone et le dioxyde de chlore, assurent une meilleure désinfection. Grâce à la technologie actuelle, on peut rendre potable à peu près n'importe quelle eau, et quel que soit son degré de pollution.

La tâche actuelle du spécialiste en traitement des eaux ne consiste pas uniquement à appliquer des principes connus, étant donné que la croissance démographique et l'industrialisation ont augmenté la quantité et la diversité des déchets rejetées dans les rivières et les lacs, ce qui donne naissance à de nouveaux problèmes. Les virus, les métaux lourds, les micropolluants et les trihalométhanes engendrent autant de cas que le spécialiste doit résoudre techniquement et de façon économique [14].

**III.2. Importance du traitement des eaux**

L'organisation mondiale de la santé estime en effet que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont discrètement associés à l'eau : on retrouve ainsi en permanence 400 millions de personnes atteintes de gastro-entérite, 200 millions de schistosomiase (bilharziose) 160millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose. On estime par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement. Une étude récente a en effet révélé que, chaque année, aux États-Unis, 35000 personnes étaient victimes de salmonelloses, 200000 de shigellose et 75000 d'hépatite à virus A. Ces infections entraînent respectivement des dépenses totales hospitalisations, mortalité et pertes de rendement de 6500000 ,3500000 et 115000000 \$ [14].

### **III.3. Les normes de concentrations maximales admissibles**

Les normes doivent éviter tout risque sanitaire à court terme (par exemple absence totale d'organismes pathogènes), mais aussi à long terme. Les valeurs limites des paramètres chimiques sont donc fixées par des groupes internationaux d'experts, en s'inspirant des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS**) et suite à une large concertation des états concernés. Ces valeurs sont fixées de façon à limiter les quantités totales ingérées tout au long de la vie. Elles intègrent également une marge de sécurité très importante pour tenir compte de la diversité des habitudes de consommation, des autres sources possibles d'ingestion et des incertitudes scientifiques.

Le fait qu'une eau distribuée au robinet ou en bouteille soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit totalement exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne jamais mettre en danger la santé du consommateur [15].

### **III.4. Analyse des eaux**

L'analyse des eaux quelle soient potables ou usées est basée sur plusieurs paramètres :

- ◆ Paramètres organoleptiques : le goût, l'odeur, la couleur et la turbidité.
- ◆ Paramètres physico-chimiques : le pH, la dureté, l'oxygène dissous, les minéraux...
- ◆ Paramètres concernant des substances indésirables : nitrates, nitrites, matières en suspension,...
- ◆ Paramètres concernant des substances toxiques : métaux lourds, pesticides...
- ◆ Paramètres microbiologiques : bactéries, coliformes, streptocoques...

#### ***III.4.1. Paramètres organoleptiques***

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur, ni odeur désagréable. Cependant une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé [16].

##### ***III.4.1.1. Couleur***

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à **0,45µm**. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [17].

*III.4.1.2. Odeur*

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles [17].

*III.4.1.3. Goût, saveur, flaveur*

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

La flaveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons gustatifs et la cavité buccale auxquelles peuvent s'ajouter des sensations thermiques, tactiles, chimiques, kinésiques, douloureuses, etc. [17].

***III.4.2. Paramètres physico-chimiques****III.4.2.1. Température*

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. La mesure de la température est très utile pour les études limnologiques et le calcul des échanges. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau [6].

*III.4.2.2. pH*

Le pH mesure la concentration des ions  $H^+$  dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6.5 et 8.5 ; des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8.5 affectent la croissance et survie des micro-organismes aquatiques selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS) [6].

*III.4.2.3. Alcalinité (TA- TAC)*

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue deux titres :

- ❖ le titre alcalimétrique (TA) : correspond à la concentration de l'eau en ions  $\text{OH}^-$  (alcalinité libre) et 1/2 de la concentration en ions carbonates.
- ❖ le titre alcalimétrique complet (TAC) : correspond à la concentration de l'eau en ions  $\text{OH}^-$ , en ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$

L'unité utilisée est le degré français ( $1^\circ\text{f} = 10 \text{ mg. L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3 = 0,2$  milliéquivalent.  $\text{L}^{-1}$ ) [17].

#### III.4.2.4. Turbidité

La turbidité de l'eau est l'inverse de la transparence. La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, micro-organisme, etc.) [18].

La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide de turbidimètre. L'unité de mesure : néphéloturbidity unit « NTU » [18].

**Tableaux III.1.** Classes de turbidités usuelles [18].

Turbidité < 5 NTU	Eau claire
5-Turbidité-30 NTU	Eau légèrement trouble
Turbidité >50 NTU	Eau trouble

#### III.4.2.5. Matières en suspension (MES)

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales.

Les matières en suspension sont les matières de grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et chimique [6].

#### III.4.2.6. Conductivité

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente. La conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée et du régime alimentaire de la population et des activités industrielles [6].

*III.4.2.7. Chlorures*

Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des concentrations très variables. La présence des chlorures en concentrations élevées dans l'eau contenant du sodium donne un goût salé. Par ailleurs, les chlorures sont indispensables aux régimes alimentaires. Les effluents des industries de conserve des viandes et certains légumes sont connus par une forte teneur en sels et particulièrement en chlorure. Dans des travaux antérieurs, il a été constaté que la salinité des eaux usées constitue un handicap majeur pour les eaux réutilisées en agriculture [6].

*III.4.2.8. Composés phosphorés*

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions ortho-phosphates isolés, soit sous forme d'ions phosphates condensés ou sous forme d'ions phosphates condensés avec des molécules organiques. Les ortho-phosphates correspondent au groupement  $\text{PO}_4^{3-}$ , ces phosphates sont fixés facilement par le sol, leur présence dans les eaux souterraines est souvent liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration.

Les poly phosphates sont utilisés comme agents de peptisation, d'émulsification, de dispersion, d'inhibition ... et sont utilisés dans des domaines aussi divers que les industries de poudres à laver, les industries agroalimentaires, les industries pharmaceutiques comme inhibiteurs de précipitation et de corrosion [6].

*III.4.9. Dureté totale*

On appelle dureté totale la concentration de tous les minéraux contenus dans une solution d'eau : plus cette concentration est forte, plus l'eau est dure ; au contraire plus cette concentration est faible, plus l'eau est douce. La dureté s'exprime en degrés français (°f) ou degrés allemands (dH) [17].

**Tableaux III.2.** Classes de dureté usuelles (**degré français °f**).

°f	dH	Description de l'eau
0-7		Très douce
7-15	0-7	Douce
15-25	7-14	Moyennement dure
25-42	14-21	Dure
>42	>22	Très dure

### III.4.3. Paramètres indésirables

#### III.4.3.1. Matières azotées

L'azote rencontré dans les eaux peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes:

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles [6].

#### III.4.4. Paramètres toxiques

Ces substances sont dites indésirables ou toxiques (ex : plomb, arsenic, nitrates, pesticides...). Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre) [16].

*III.4.4.1. Matières organiques*✓ La Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes, pendant 5 jours à 20 °C, on parle alors de la DBO<sub>5</sub>. Elle est très utilisée pour le suivi des effluents urbains. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l [6].

## ✓ La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l.

Généralement la DCO est 1,5 à 2 fois la DBO<sub>5</sub> pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO<sub>5</sub> et la DCO est donnée par l'équation suivante :  $MO = (2 DBO_5 + DCO)/3$  [17].

## ✓ Carbone organique total (COT)

Dans les eaux naturelles, le carbone peut être présent sous différentes formes, le carbone organique ne représentant le plus souvent qu'une faible concentration par rapport aux teneurs en carbone inorganique. Carbone Total = Carbone Organique Total (COT) + Carbone Minéral  
Le carbone organique total (COT) est constitué d'une grande diversité de matières organiques dont certaines peuvent être présentes sous forme particulaire (COP). Une filtration des échantillons (sur une membrane filtrante de 0,45 µm) permet d'éliminer cette fraction non dissoute et d'analyser spécifiquement le carbone organique dissous (COD) [17].

*III.4.4.2. Métaux lourds*

Libérés par les activités humaines dans le milieu récepteur, et déposés sur des surfaces imperméables, les métaux lourds sont ensuite lessivés par les eaux de ruissellement et entraînés dans les rivières par l'intermédiaire des réseaux d'eaux pluviales.

Du fait de leur faible solubilité en milieu aqueux, les métaux lourds sont généralement rencontrés dans les eaux à l'état de trace ; par ailleurs les sédiments jouent un rôle de piégeage de ces métaux [20].

*III.4.5. Paramètres microbiologiques*

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni pathogène [22].

*III.4.5.1. Germes totaux*

Les germes sont un groupe de bactéries inoffensives pour la santé humaine qui indiquent cependant, lorsqu'elles dépassent les valeurs paramétriques, qu'il y a une certaine dégradation de la qualité de l'eau. Elles peuvent indiquer une stagnation de l'eau dans la conduite, un défaut d'étanchéité ou que le biofilm présent dans les conduites a été arraché dû à des vitesses d'écoulement supérieures à la normale ou une inversion de la direction d'écoulement dans les conduites [19].

*III.4.5.2. Coliformes totaux*

Les coliformes sont un groupe de bactéries provenant d'excréments et pouvant ainsi se trouver dans le sol. La présence de coliformes indique un défaut d'étanchéité au niveau de l'ouvrage de production ou de l'infrastructure de distribution de l'eau potable [19].

**III.5. Procédés de potabilisation de l'eau**

La filière de traitement d'une station de potabilisation de l'eau dépend d'une part de l'eau brute elle-même (provenance, substances contenues, qualité intrinsèque).

Les procédés de potabilisation de l'eau peuvent se classer, selon leur fonction, en prétraitement, filtration, désinfection/ oxydation et traitement supplémentaire [21].

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend "potable" c'est à dire consommable sans risque.

Les eaux brutes doivent subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou les dimensions constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

La qualité de l'eau est soumise à un double contrôle: un contrôle officiel relevant des pouvoirs publics et une surveillance permanente des services des eaux [22].

*III.5.1. Dégrillage et tamisage*

L'eau est d'abord filtrée à travers une grille afin d'arrêter les plus gros déchets, puis elle passe dans des tamis à mailles fines retenant des déchets plus petits [23].

*✓ Clarification*

Elle permet de rendre l'eau limpide en la débarrassant des petites matières en suspension qu'elle contient [21].

✓ Flocculation/coagulation et décantation

Un produit chimique (chlorure de fer ou sulfate d'aluminium) est ajouté à l'eau qui provoque le regroupement (agglomération) des particules encore présentes (poussières, particules de terre, etc.) en flocons. Ceux-ci s'agglomèrent et se déposent au fond du bassin par décantation. 90 % des matières en suspension (MES) sont ainsi éliminées [23].

### ***III.5.2. Filtration***

Pour éliminer les 10 % de MES restantes, l'eau traverse un filtre, lit de sable fin et/ou un filtre à charbon actif. La filtration sur sable élimine les matières encore visibles à l'œil nu.

Les filtres à charbon actif retiennent en plus les micropolluants, comme les pesticides et leurs sous-produits, les composés à l'origine des goûts et des odeurs (cette filtration peut avoir lieu après la désinfection également car ils retiennent également des sous-produits de désinfection).

Il existe des procédés de filtration encore plus poussés comme la filtration sur membranes [21].

### ***III.5.3. Désinfection***

C'est la dernière étape : elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé [23].

- ✓ Ozonation: L'eau est désinfectée grâce à l'ozone, qui a une action bactéricide et antiviral. Ce gaz, mélangé à l'eau, agit aussi sur les matières organiques en les cassant en morceaux. Il améliore également la couleur et la saveur de l'eau [23].
- ✓ Chloration: Du chlore est ajouté à la sortie de l'usine de production ET sur différents points du réseau de distribution afin d'éviter le développement de bactéries et de maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations [23].



***Partie***  
***Expérimentale***

---

# ***Chapitre IV***

---



***Matériels et méthodes***

### **IV.1. Objectif de travail**

L'objectif de cette étude consiste à évaluer la qualité de l'eau brute du barrage Keddara (W.BOUMERDES) durant des différentes périodes :

- ✓ Période froide et pluvieuse (mois de mars).
- ✓ Période modérée et calme (mois d'avril).
- ✓ Période chaude (mois de mai).

Ce travail s'articule autour de l'étude des analyses physico-chimiques (paramètres physiques et organoleptiques, minéralisation, paramètres de pollution, et les métaux indésirables), et les paramètres bactériologiques de cette eau brute.

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'unité SEAAL, pendant une durée estimée de trois mois.

### **IV.2. Présentation de site d'étude**

Nous avons réalisé cette étude sur le barrage de Keddara, qui a une grande importance dans l'alimentation d'Alger et de sa banlieue en eau potable, donc c'est un site sensible. L'évolution de sa qualité doit être suivie toute l'année.

#### ***IV.2.1. Description du barrage Keddara***

Le barrage de Keddara est un barrage de type remblai, située sur le territoire de la commune d'El Kharrouba, dans la wilaya de Boumerdès . Il est construit entre 1982 et 1987, il mesure 106 mètres de haut, 470 mètres de longueur de crête et retient un volume de 142,39 millions m<sup>3</sup> d'eau. Ce barrage reçoit les eaux de l'oued Keddara, du barrage de Beni Amrane, qui a une capacité de stockage de 16 millions de mètres cubes, et du trop-plein du barrage d'El Hamiz (**Figure.IV.1**).

Le transfert de l'eau du barrage de Beni Amrane vers le barrage de Keddara est assuré par une station de pompage dont la capacité de refoulement est de 7m<sup>3</sup>/s [24].



**Figure.IV.1.** Barrage de Keddara.

### IV.3. Échantillonnage

Tous les échantillons ont été prélevés au niveau du barrage keddara.

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre un lieu adapté du milieu à étudier.

Dans le cadre du bon suivi de l'évolution de la qualité d'eau brute de barrage Keddara, des prélèvements ont été effectués à des jours différents comme suit :

- ❖ Le premier prélèvement a été effectué le 30/03/2022 à 12h.
- ❖ Le deuxième prélèvement a été effectué le 26/04/2022 à 14h.
- ❖ Le troisième prélèvement a été effectué le 24/05/2022 à 11h.

L'échantillonnage a été réalisé en entrant dans le milieu du barrage, avec un petit bateau, puis prélevé à l'aide d'un préleveur les échantillons pour différentes prises :

- ❖ Prise de surface : sa profondeur 1m.
- ❖ Prise de l'intermédiaire : sa profondeur 26m.
- ❖ Prise de profondeur : sa profondeur 54m.

Les échantillons ont été placés dans des bouteilles en polytéréphtalate d'éthylène PET.



**Figure.IV.2.**Prélèvement des échantillons

Les échantillons sont stockés dans un endroit frais à 4°C jusqu'au début de leurs analyses physico-chimiques et bactériologiques.

### IV.4. Matériels utilisés

L'étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire des analyses des eaux brutes de la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger, **annexe 1** de Boudouaou « **SEAAL** ».

#### IV.4.1. Equipements et réactifs des analyses physico-chimiques et bactériologiques

Les équipements et les réactifs utilisés dans Annexe02.

## IV.5. Méthodes d'analyse physico-chimique des eaux brutes

### IV.5.1. Analyses physiques

#### IV.5.1.1. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La mesure de la température doit être effectuée sur le terrain.

#### IV.5.1.2. La couleur

##### ✓ Principe

La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée soit avec celle d'une solution de référence de platine-cobalt soit avec des disques de verre colorés et exprimée en unités Hazen.

##### ✓ Mode opératoire

Si l'eau contient des matières en suspension, les éliminer par centrifugation ou par filtration sur fibre de verre car le papier a une action décolorante. Avant l'opération, diluer avec de l'eau déminéralisée (ou ultra-pure) les eaux de couleur supérieure à 70. Remplir un tube de Nessler avec l'échantillon dans des conditions analogues à celles des tubes contenant les solutions étalons. Faire la comparaison en regardant dans l'axe du tube, de haut en bas, au-dessus d'une surface blanche ou réfléchissante orientée de façon telle que la lumière soit renvoyée vers le haut à travers la colonne de liquide.

##### ✓ Expression des résultats

Donner le résultat en nombre d'unités Hazen de la solution de comparaison ayant la coloration la plus proche et tenir compte de la dilution éventuelle.

#### IV.5.1.3. Mesure de pH (Norme ISO 10523)

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduite dans l'eau à analyser.

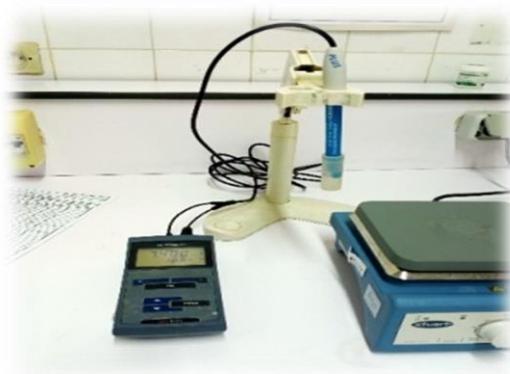


Figure IV.3. pH-mètre

La lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

*IV.5.1.4. Mesure de la Conductivité électrique (Norme ISO 7888)*

On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.

- On ajuste le conductimètre à zéro.
- On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.



**Figure IV.4.** Conductimètre.

Le résultat de la conductivité électrique est exprimé directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à  $25^\circ\text{C}$ .

*IV.5.1.5. Mesure de la Turbidité (Norme ISO 7027)*

✓ **Mode opératoire**

La mesure de la turbidité s'effectue à l'aide d'un turbidimètre de la manière suivante :

- Remplir la cuve sans faire de bulles, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- Fermer le capot de l'appareil ;
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur. Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (**ENTER**) et lire la valeur affichée.
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.



**Figure.IV.5.** Turbidimètre.

➤ **Expression des résultats**

La valeur de la turbidité est donnée directement par l'appareil de turbidimètre en NTU.

*IV.5.1.6. Dosage de l'oxygène dissous par Iodométrie (Norme ISO 5813-1983)*

✓ **Principe**

Réaction de l'oxygène dissous de l'échantillon avec de l'hydroxyde de manganèse (II) fraîchement précipité, formé par l'addition de l'hydroxyde de sodium ou de potassium au sulfate de manganèse (II).

Après Acidification, et oxydation de l'iodure par le composé de manganèse, on procède au dosage de la quantité d'iode libérée par titrage au thiosulfate de sodium.

✓ **Dosage de l'oxygène**

- Remplir la fiole jusqu'à débordement en évitant toute modification de la concentration en oxygène dissous.
- Après l'élimination des éventuelles bulles d'air adhérant aux parois, fixer immédiatement l'oxygène dissous.
- Ajouter 1 ml de la solution sulfate de manganèse (II).
- Ajouter 2 ml de réactif alcalin d'iodure et de nitruure
- Remettre le bouchon avec précaution en évitant l'inclusion d'air dans la fiole.
- Retourner plusieurs fois la fiole pour homogénéiser son contenu.
- Laisser le précipité qui se forme se déposer durant au moins 5 min et mélanger en retournant à nouveau la fiole pour obtenir une bonne homogénéisation.
- Vérifier que le précipité formé est suffisamment décanté pour se trouver dans le tiers inférieur de la fiole.
- Introduire lentement 1,5 ml de l'acide sulfurique. **0.1 N**
- Boucher la fiole, puis agiter pour dissoudre tout le précipité et jusqu'à ce que l'iode soit bien réparti. Transvaser le contenu de la fiole dans une fiole conique.
- Titrer avec la solution de thiosulfate de sodium (**10 mmol / l**) en présence d'empois d'amidon ajouté vers la fin du titrage.

✓ **Calcul de la concentration de l'oxygène**

La concentration de l'oxygène (mg / l) = au volume (ml) de thiosulfate.

**IV.5.2. Minéralisation**

*IV.5.2.1. Dosage de la Somme du calcium et du magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Norme ISO 6059 NA 752 :1989)*

✓ **Principe**

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel de sodium d'acide éthylène diamine tétra acétique à un **pH = 10**. Lors du titrage, l'**EDTA** réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur.

✓ **Mode opératoire**➤ **Préparation de l'échantillon**

Une prise d'essai de **50 ml** de l'échantillon est utilisée. Diluer les échantillons si nécessaire selon le type d'eau à analyser afin d'optimiser au mieux le dosage et noter le facteur de dilution **F**.

Ajouter 4 ml de solution tampon **pH = 10** et une pincée de l'indicateur coloré noir ériochrome, bien mélanger jusqu'à ce que la prise d'essai se colore en violet.

➤ **Titration**

Titrer immédiatement à l'aide de la solution **EDTA**, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage bleu. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution de l'EDTA.



**Figure IV.6.** Dosage de la Somme du calcium et du magnésium par l'EDTA.

➤ **Expression du résultat**

La concentration totale en ions calcium et magnésium ou le titre hydrotimétrique « **TH** » exprimée en **°F**, est donnée par la formule:

$$\text{TH} = V_2 \times 2 \times F_C \times F \dots \dots \dots \text{(°F)}$$

La concentration totale en ions magnésium, exprimée en mg/l le plus proche, est donnée par la formule

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{[C_1 \times (V_2 - V_1) \times A]}{V_0} \times F_c \times 1000 \times F \dots \dots \dots (\text{mg/l})$$

Avec :

- **TH** : dureté exprimé en ° F.
- **Mg<sup>2+</sup>** : La teneur en magnésium exprimé en mg / l.
- **V<sub>2</sub>** : est le volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour détermination du **TH**.
- **V<sub>1</sub>** : est le volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour détermination du calcium
- **F<sub>c</sub>** : facteur de correction de l'EDTA.
- **F** : facteur de dilution.
- **A** : est la masse molaire du magnésium (**24.31 g / mol**).
- **V<sub>0</sub>**: est le volume, en millilitres, de la prise d'essai (50 ml).
- **C<sub>1</sub>** : concentration de la solution EDTA (**0.01 mol / L**).

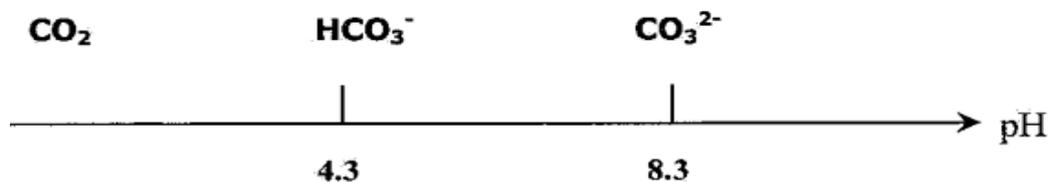
*IV.5.2.2. Détermination de l'alcalinité : Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) (Norme ISO 9963-1 :1994)*

✓ **Principe**

Détermination des concentrations en ions bicarbonates (**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**), carbonates (**CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>**) et hydroxydes (**OH<sup>-</sup>**) par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à **pH= 8,3** et **4,5** de l'échantillon à analyser.

La première détermination (**pH= 8,3**) sert à calculer le titre alcalimétrique (**TA**).

La seconde (**pH= 4,5**) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (**TAC**).



✓ **Mode opératoire**

- Prendre **100 ml** de l'échantillon à analyser et mesurer le **pH**.
- Si le pH est supérieur à **8,3**, verser lentement de l'**acide chlorhydrique 0,1 N** jusqu'au point d'équivalence qui est un **pH de 8,3**. Noter le volume **V<sub>1</sub> (ml)** d'acide

chlorhydrique versé.

Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique **0,1 N** jusqu'au point d'équivalence qui est un **pH de 4,5**. Noter le volume **V<sub>2</sub> (ml)** d'acide chlorhydrique versé.

- Si le **pH est inférieur à 8,3** versé lentement de l'acide chlorhydrique pour obtenir une valeur de 4,5. Noter le volume **V<sub>2</sub> (ml)** d'acide chlorhydrique versé.



**Figure.IV.7.** Détermination de TAC.

#### ✓ Calcul et expression des résultats

Le titre alcalimétrique **TA** et le titre alcalimétrique complet **TAC**, exprimés en °F sont donnés respectivement par les expressions :

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000)M_1}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{(V_2 \times N \times 1000)M_2}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$\text{TA} = V_1 \times 10 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

$$\text{TAC} = V_2 \times 5 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

Avec :

- **M<sub>1</sub>** est la masse molaire des carbonates = **60 g**.
- **M<sub>2</sub>** est la masse molaire des bicarbonates = **61 g**.
- **V** est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.
- **V<sub>1</sub>** est le volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le **pH à 8,3**.
- **V<sub>2</sub>** est le volume total d'acide chlorhydrique en millilitres pour amener le **pH à 4.5**.
- **N** est la normalité de la solution acide chlorhydrique.

*IV.5.2.3. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à L'EDTA (Norme ISO 6058 :1984)*

#### ✓ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un **pH compris entre 12 et 13**, le **murexide**, qui forme un complexe rose

avec le calcium est utilisé comme un indicateur, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage, l'indicateur réagit d'abord avec les ions calciums libres, ensuite avec les ions calcium combinés à l'indicateur qui vire de la couleur **rose vers le violet**.

#### ✓ Mode opératoire

##### ➤ Préparation de l'échantillon

Une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon est utilisée. Diluer l'échantillon si nécessaire selon le type d'eau à analyser afin d'optimiser au mieux le dosage et noter le facteur de dilution **F**.

Ajouter **2 ml** de la solution d'hydroxyde de sodium, et une pincée de **l'indicateur coloré (le murexide)**, bien mélangé, la prise d'essai doit se colorer en rose.

##### ➤ Titrage de l'échantillon

Titre immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage violet. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution de l'EDTA.



**Figur.IV.8.** Dosage du calcium par L'EDTA.

##### ➤ Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  exprimée au **mg / l**, est donnée par la formule :

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{[(C_1 \times V_1 \times A)]}{V_0} \times F_c \times 1000 \times F \dots \dots \dots (\text{mg/l})$$

Avec :

- $[\text{Ca}^{2+}]$  : La teneur en calcium exprimé en **mg / l**.
- $C_1$  : concentration de la solution EDTA (**0.01 mol / l**).

- $V_0$  : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai (**50 ml**).
- $V_1$  : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage.
- $A$  : est la masse molaire du calcium (**40.08 g / mol**).
- $Fc$  : facteur de correction du titre.
- $F$  : facteur de dilution.

#### IV.5.2.4. Dosage des chlorures par la méthode de Mohr (Norme ISO 9297 :1989)

##### ✓ Principe

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) en utilisant du dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) comme indicateur.

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent ( $\text{AgCl}$ ) insoluble sous forme de précipité.

Ce dernier réagit avec l'indicateur ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) pour former du chromate d'argent, brun rouge ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

L'apparition de la coloration rouge-brune marque la fin du titrage.

##### ✓ Mode opératoire

- Introduire, au moyen d'une fiole, 100 ml de l'échantillon (volume  $V_a$ ), dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- Ajouter **1 ml** d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Noter le volume  $V_s$  de nitrate d'argent versé.



Figur.IV.9. Dosage des chlorures par  $\text{AgNO}_3$ .

**➤ Expression des Résultats**

La concentration en chlorure  $C_{Cl^-}$ , exprimée en milligramme par litre, est donnée par la

formule suivante :

$$C_{Cl^-} = \frac{(V_s - V_B)C \times F \times F_c}{V_a}$$

- $V_s$  : est le Volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage de l'échantillon.
- $V_B$  : est le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage du blanc.
- $V_a$  : est le volume en millilitres, de l'échantillon pour essai (prendre en compte des dilutions s'il y en a).
- $C$  : est la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur.
- $F = 35453$  (masse molaire du  $Cl$  x 1000, exprimé en mg / mol).
- $F_c$  : facteur de correction de la solution d' $AgNO_3$ .

*IV.5.2.5. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Méthode interne)*

**✓ Principe**

Les ions sulfates, en présence de chlorure de baryum ( $BaCl_2$ ), précipitent à l'état de sulfate de baryum.

**✓ Mode opératoire**

Préparation des solutions étalons (**annexe 2**)

**➤ Dosage**

La détermination de la teneur en  $SO_4^{2-}$  se fait de la manière suivante :

- Prendre **20 ml** d'échantillon à analyser et ajouter **5 ml** de la solution stabilisante, agiter quelques secondes (agitation mécanique lente).
- Ajouter **2 ml** de chlorure de baryum.
- Compléter avec **100 ml** d'eau distillée.
- Laisser pendant **1 min** sous agitation mécanique rapide.
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre de temps dans l'appareil et appuyer sur **Start**.
- La concentration des  $SO_4^{2-}$  est affichée sur l'écran en **mg / l**.



Figur.IV.10. Spectrophotomètre U-V visible.

### IV.5.3.Paramètres de pollution

#### IV.5.3.1. Dosage spectrophotométrie des nitrates par la méthode au salicylate de sodium

##### ✓ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, **coloré en jaune** et susceptible d'un dosage colorimétrique.

##### ✓ Mode opératoire

Préparation de la gamme d'étalonnage (**annexe 03**).

##### ➤ Dosage

Introduire **10 ml** d'échantillon à analyser dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en N- supérieure à **5 mg/l**, opérer par une dilution), alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium **2 à 3gouttes**, ajouter **1ml** de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage, effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde **420 nm**.

Le résultat est donné directement en **mg/l** de **N- NO<sub>3</sub>**



Figure.IV.11. Dosage des nitrates.

IV.5.3.2. Dosage des nitrites : méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire (Norme ISO 6777 première édition 01-08-1984)

✓ **Principe**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à **pH =1.9**, avec le réactif amino- 4-benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-( naphtyl-1) diamino-1,2éthane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide). Mesure de l'absorbance à 540nm.

✓ **Mode opératoire**

Préparation de la gamme d'étalonnage (**Annexe 04**).

➤ **Dosages**

Prélever **40ml** de l'échantillon prélevé, ajouter **1ml** du réactif coloré. Homogénéiser immédiatement et compléter à **50 ml**, Laisser reposer au moins **20min**, effectuer la mesure spectrométrique à la longueur d'onde **540nm**.

La concentration des nitrites est donnée directement en **mg/l**.



**Figure.IV.12.** Dosage des nitrites par méthode spectrophotométrie.

IV.5.3.3. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire (Norme ISO 7150/1)

✓ **Mode opératoire**

L'étalonnage du spectrophotomètre (**Annexe 05**).

➤ **Prélèvement**

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre ou polyéthylène, l'analyse se fait après le prélèvement dans un délai n'excédant pas les **24 heures**.

➤ **Analyse**

Prélever **40 ml** de l'échantillon à analyser puis ajouter successivement:

- **4ml** de réactif coloré.

- **4ml** de réactif de dichloro-isocyanurate de sodium.

Compléter à **50ml**. Attendre le développement de la couleur après au moins **60mn** et effectuer la lecture au spectromètre à **655 nm**.



**Figure.IV.13.** Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire.

*IV.5.3.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène après 5 jours (dilution par le robot SP50 SKALAR) (Norme ISO 5815-1).*

✓ **Mode opératoire**

L'analyse se fait selon les étapes suivantes :

1. Laver soigneusement la verrerie à utiliser et préparer les échantillons à analyser.
2. Etalonner les appareils qui nécessitent un étalonnage.
3. Préparer les réactifs à utiliser.
4. Préparer l'eau de dilution puis l'ensemencer.
5. Choisir les dilutions adéquates (selon la valeur de la **DCO**) et effectuer les prises d'essai.
6. Démarrer le logiciel associé au **SP50** et programmer les paramètres de l'analyse par le robot.
7. Allumer l'appareil SP50 ainsi que l'oxymètre et lancer l'analyse à partir du logiciel.
8. Boucher les flacons et les mettre dans un incubateur.
9. Retirer les flacons de l'incubateur après 5 jours et les préparer pour une deuxième lecture.
10. Arrêter l'analyse, éteindre les appareils qui lui sont associés et reporter les résultats obtenus.

*IV.5.3.5. Détermination de la demande chimique en oxygène (Norme ISO 6060)*

✓ **Mode opératoire**

Transférer **10 ml** de l'échantillon dans le tube de l'appareil à reflux. Ajouter 5 ml de la solution de dichromate de potassium, puis lentement et avec précaution, 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitant soigneusement le contenu. Relier le réfrigérant aux

tubes de l'appareil à reflux pendant 2h, tout en vérifiant que l'ébullition du mélange réactionnel se fasse doucement, sans soubresauts.

A noter qu'en parallèle, effectuer les deux essais suivants :

- Essai à blanc, avec ébullition : Effectuer le même protocole, mais en remplaçant l'échantillon de **10 ml** par de l'eau distillée.
- Essai témoin : Pour chaque série d'essais, vérifier la technique, de même que la pureté des réactifs par analyse de **10 ml** de la solution étalon de référence (hydrogénéphthalate de potassium).

Sachant que la **DCO** théorique de cette solution est de 500 mg/l, le protocole est satisfaisant si au moins **96%** de cette valeur est obtenu.

#### ✓ *Expression des résultats*

La **DCO** se calcule (en mg/L) de la manière suivante :

$$\text{DCO} = (8000 \times C \times (V_2 - V_1)) / V_0$$

- **C** : Concentration de sulfate de fer II et d'ammonium exprimé en mol/l (Environ 0,12 mol/l).
- **V<sub>0</sub>**: Volume en millilitres de la prise d'essai, avant dilution éventuelle.
- **V<sub>2</sub>** : Volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc.
- **V<sub>1</sub>** : Volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour la détermination de l'échantillon.
- **8000** : ½ masse molaire de l'oxygène par litre. (**M (O) = 16 mol/l = 16000mmol/l**).

Les résultats sont donnés au milligramme d'oxygène.

#### IV.5.3.6. Détermination de l'indice de permanganate (Norme ISO 8467-1993)

##### ✓ **Principe**

Chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant **10mn**.

Réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon.

Détermination de l'excès de permanganate par addition d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate.

##### ✓ **Mode opératoire**

- Transférer à l'aide d'une pipette, **100 ml** d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un bécher de **250 ml**. Ajouter **20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l**, et mélanger en agitant doucement.

- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition pendant **2mn ± 2mn**
- Ajouter **20 ml** de la solution étalon **2 millimoles/l** de permanganate de potassium.
- Démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant **10 minutes**.

**Remarque** : Le permanganate de potassium (**violet**) ne doit pas changer de couleur. La superposition d'une couleur marron dans le violet ou l'apparition d'un précipité marron (échantillon chargé en matières organiques) implique de recommencer l'analyse avec une dilution ou changer la méthode d'analyse.

- Après 10 min, ajouter, à l'aide d'une pipette, **20 ml** de la solution étalon d'oxalate de sodium **5 millimoles/l** et attendre que la solution se décolore.
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).
- Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium **2 millimoles/l** jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ **30 s**.

Noter le volume  $V_1$  de permanganate consommé.

- Effectuer parallèlement à la détermination, un **essai à blanc** en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur).

Noter le volume  $V_0$  de solution de permanganate consommé.

- Conserver le blanc titré pour **la vérification du permanganate de potassium** :
  - Au blanc titré, ajouter **20 ml** de la solution d'oxalate de sodium **5 millimoles/l**. Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ **80°C**) et titrer avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant.
  - Noter le volume  $V_2$  de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre **19 et 21 ml**. Dans le cas contraire, refaire la solution titrante de permanganate de concentration **2 millimoles/l** et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.



**Figure.IV.14.** Dosage de MO par permanganate de potassium.

➤ **Calcul**

L'indice de permanganate, **IMn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\mathbf{IMn} = \frac{\mathbf{V_1 - V_2}}{\mathbf{V_2}} \times \mathbf{f}$$

Avec :

- **V<sub>0</sub>** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.
- **V<sub>1</sub>** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.
- **V<sub>2</sub>** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant.
- **f** est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. **F** théorique est égal à **16**.

Ce facteur est calculé comme suit :

$$\mathbf{f} = \frac{\mathbf{V_4 \times C(Na_2C_2O_4) \times M_0 \times 1000}}{\mathbf{1000 \times V_5}}$$

Avec :

- **V<sub>4</sub>** : est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : **V<sub>4</sub> = 20 ml**.
- **C (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)** : est la concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : **C (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) = 5 millimoles / l**.

- **1000** (numérateur) est le coefficient correcteur pour exprimer **C** ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) de millimoles / l à millimoles / ml.
- **M<sub>0</sub>** : est la masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par millimoles.  
**M<sub>0</sub> = 16 g/mol.**
- **V<sub>5</sub>** : est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres. **V<sub>5</sub> = 100 ml.**
- **1000** (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.
- Compte tenu des valeurs ci-dessus : **f = 16**

#### IV.5.3.7. Dosage spectrophotométrique des orthophosphates Méthode au molybdate d'ammonium (Norme ISO 6878)

##### ✓ Principe

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de bleu de molybdène de couleur vive.

Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en ortho phosphates présents.

##### ✓ Mode opératoire

Préparation des solutions étalons (**annexe 06**).

##### ➤ Dosage

Prélever **40 ml** d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

- **1 ml** d'acide ascorbique à **100 g / l**.
- **2 ml** solution molybdate acide, et compléter à **50 ml** avec l'eau distillée.
- Agiter pendant quelques secondes.
- Après un temps compris **10 min et 30 min** (temps nécessaire au développement de la couleur):
  - Si aucune couleur n'est apparue, il n'y a pas de phosphates  $\text{PO}_4^{3-}$ . Indiquer alors comme résultats : **< 0.09 mg / l** de phosphates.
  - Si une coloration bleue est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre à la longueur d'onde de **880 nm**.

#### IV.5.4. Métaux indésirables

##### IV.5.4.1. Dosage du fer dissous par la méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10 (Norme ISO 6332 :1988)

**✓ Principe**

Addition d'une solution de **phénanthroline-1,10** à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. L'ajout du chlorhydrate d'hydroxylamine réduit le **fer (III) en fer (II)**.

Le complexe fer II- phenanthroline- 1,10 est stable dans l'intervalle de **pH de 2,5 à 9** et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer présent.

**✓ Mode opératoire**

Préparation de la gamme d'étalonnage (**Annexe 07**).

**➤ Échantillonnage**

Filtrer l'échantillon immédiatement après le prélèvement.

Acidifier le filtrat à un **pH =1** (avec environ 1 ml d'acide sulfurique concentré pour 100ml d'échantillon).

Les échantillons sont acheminés dans des flacons en polyéthylène.

**➤ Détermination du fer dissous**

Prendre **50 ml** de l'échantillon et le transvaser dans une fiole de **100ml**, ajouter **1 ml** de la solution chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement. Ajouter **2ml** de tampon acétate pour obtenir un **pH** compris entre **3.5 et 5.5**. Ajouter **2 ml** de la solution de phénanthroline- 1,10 et conserver l'échantillon à l'obscurité pendant **15 mn**.

La lecture sur le spectrophotomètre se fait comme suit :

- Allumer l'appareil.
- Appuyer sur programme utilisé.
- Choisir la méthode **FER D**.
- Insérer la cuve avec l'eau distillée et appuyer sur '**zéro**'.
- Remplir la cuve avec l'échantillon à analyser et appuyer sur '**lire**'.
- La concentration du fer dissous est affiché et exprimé en **mg / l**.

**➤ Expression des résultats**

Mesurer l'absorbance de l'échantillon à l'aide du spectromètre à **510nm** Les résultats sont exprimés en **mg / l**.

**IV.5.4.2. Dosage du manganèse - Méthode au persulfate d'ammonium (Méthode interne)****✓ Principe**

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé par colorimétrie à la longueur d'onde de **525 nm**.

**✓ Mode opératoire**

Préparation de la gamme d'étalonnage (**Annexe 08**)

- Verser **100 ml** de l'échantillon à analyser dans un bécher.
- Ajouter **5 ml** d'acide nitrique à chacune des solutions.
- **Puis 5 ml** de solution de nitrate de mercure.
- Ajouter **0,5 ml** de nitrate d'argent.
- Agiter soigneusement.
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à ébullition durant environ **5 min**
- Retirer de la plaque.
- Ajouter **1 ml** d'acide phosphorique concentré à **85 %** Puis **10 ml** de persulfate d'ammonium. Replacer de nouveau sur la plaque chauffante à ébullition durant environ **10 mn**.
- Laisser refroidir.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de **525 nm**.

**➤ Exploitation et interprétation des résultats**

Les concentrations des échantillons sont données directement par le spectrophotomètre en **mg / l**.

**IV.6. Méthodes d'analyse bactériologique des eaux brutes****IV.6.1. *Escherichia coli* (Norme NF EN ISO 9308-3)****✓ Introduction**

Colilert-18 permet de détecter dans l'eau soit la présence de coliformes totaux et de bactéries *E. coli*, soit la présence de coliformes fécaux. Ce test est basé sur la technologie propriétaire Defined Substrate Technology (**DST**) d'**IDEXX**. Lorsque les coliformes totaux ou fécaux métabolisent O-nitrophénél-beta--D-gactopyranoside (**ONPG**), le substrat chromogène - indicateur de Colilert - 18, l'échantillon vire au jaune. Lorsque l'échantillon est positif, le réactif **MUG** (4-méthyl-umbélliféryl-beta-D-glucoronide) contenu dans Colilert - 18 est métabolisé par les *E. coli* et génère une fluorescence. Colifert-18 peut détecter simultanément ces bactéries à **1 cfu / 100 ml** en 18 heures, même en présence de bactéries hétérotrophes à une concentration de **2 millions par 100 ml**.

**✓ Conditions de conservation**

Conserver les échantillons entre 2-25 ° C à l'abri de la lumière.

**✓ Procédure de présence / absence (P / A)**

1. Ajouter le contenu d'un sachet de Colilert-18 dans un prélèvement de 100 ml de l'échantillon, placé dans un récipient stérile, transparent et non fluorescent.
2. Fermer le récipient et agiter.
3. Si le prélèvement n'est pas déjà à 33-38 °C, placer le récipient dans un bain marie à 35°C pendant 20 minutes ou dans un bain marie à 44,5 °C pendant 7 à 10 minutes.
4. Incuber à  $35 \pm 0,5$  °C pendant les 18 heures qui suivent.
5. Interpréter les résultats en se référant au **tableau (II.2)** d'interprétation des résultats ci - dessous.

✓ **Procédure de numération Quanti - Tray**

1. Ajouter le contenu d'un sachet dans un prélèvement de 100 ml d'eau à température ambiante placé dans un récipient stérile.
2. Fermer le récipient et agiter jusqu'à dissolution.
3. Verser le mélange prélèvement / réactif dans un Quanti - Tray ou un Quanti - Tray / 2000 et fermer hermétiquement dans un IDEXX Quanti - Tray Sealer.
4. Placer le plateau hermétiquement fermé dans un incubateur à  $35 \pm 0,5$  °C (ou à  $44,5 \pm 0,2$  °C pour les coliformes fécaux) pendant 18 heures (aucun réchauffage préalable à 35 °C n'est requis). Si le plateau est incubé dans un bain marie. Immerger le Quanti - Tray à l'aide d'un anneau lesté.
5. Interpréter les résultats en se référant au **tableau (IV.2)** d'interprétation des résultats ci - dessous. Compter le nombre de puits positifs et se référer au **tableau (IV.2) NPP** fourni avec les plateaux Quanti - Tray pour obtenir le nombre le plus probable (NPP).



**Figure.VI.15.** Mode opératoire d'Escherichia coli.

✓ **Interprétation des résultats**

- Évaluer la fluorescence avec une lampe UV de 6 watts et 365 nm placée à 13 cm de l'échantillon, dans un endroit obscur.
- Orienter la lumière vers l'échantillon en l'éloignant des yeux de l'opérateur.

- Les résultats du test Colilert-18 doivent être lus après 18 heures d'incubation.
- Toutefois, si les résultats de la première lecture sont ambigus pour l'analyste, incuber jusqu'à quatre heures supplémentaires (sans dépasser 22 heures au total) pour laisser la couleur et / ou la fluorescence s'intensifier.
- Les puits positifs observés avant 18 heures et les puits négatifs observés après 22 heures sont également valables.
- En outre, les laboratoires peuvent incuber des échantillons pendant une durée plus longue (jusqu'à 22 heures en tout) par souci de commodité

**Tableau.IV.2.** Résultats d'analyse Escherichia coli

ASPECT	Résultat
Moins jaune que le comparateur après une incubation à 35±0.5 C° ou 44.5±0.2 C°	Négatif pour les coliformes totaux et E. coli : négatif pour les coliformes fécaux.
Aussi jaune ou plus jaune que le comparateur après une incubation à 35±0.5C°	Positif pour les coliformes totaux
Aussi jaune ou plus jaune que le comparateur après une incubation à 44.5±0.2C°	Positif pour les coliformes fécaux
Couleur jaune et fluorescence égale ou supérieure au comparateur après une incubation à 35±0.5C°	Positif pour E. coli



**Figure.IV.16.** Lampe UV.

#### IV.6.2. Entérocoques (Norme NF EN ISO 7899-1)

##### ✓ Introduction

Enterolert-E permet la détection d'entérocoque tels que *E. faecium* et *E. faecalis* dans l'eau douce et l'eau de mer. Ce test est basé sur la technologie propriétaire Defined Substrate Technology (DST) d'IDEXX. Lorsque les entérocoques utilisent leur enzyme B - glucosidase pour métaboliser l'indicateur de nutriments Enterolert - E, le 4 - méthyl - umbelliféryl B - D - glucoside, l'échantillon devient fluorescent. Enterolert - E détecte les enterococci à 1 cfu par prélèvement de 100 ml en 24 heures.

✓ **Conditions de conservation**

Conserver les échantillons entre 2-30 ° C à l'abri de la lumière.

✓ **Procédure de présence / absence (P / A)**

Ajouter le contenu d'un sachet d'Enterolert-E dans un prélèvement de 100 ml placé dans un récipient stérile, transparent et non fluorescent.

1. Fermer le récipient et agiter.
2. Incuber à  $41 \pm 0,5$  ° C pendant 24 heures.
3. Interpréter les résultats en se référant au **tableau (IV.3)** d'interprétation des résultats ci - dessous.

✓ **Procédure de numération Quanti - Tray**

1. Ajouter le contenu d'un sachet dans un prélèvement de 100 ml d'eau placé un récipient stérile.
2. Fermer le récipient et agiter jusqu'à dissolution.
3. Verser le mélange prélèvement / réactif dans un Quanti - Tray ou Quanti - Tray / 2000 et fermer hermétiquement dans un IDEXX Quanti - Tray Sealer.
4. Placer le plateau hermétiquement fermé dans un incubateur à  $41 \pm 0,5$  ° C pendant 24 heures.
5. Interpréter les résultats en se référant au **tableau (IV.3)** d'interprétation des résultats ci - dessous. Compter le nombre de puits positifs et se référer au tableau fourni avec les plateaux pour obtenir le Nombre le plus probable.

✓ **Interprétation des résultats**

- Évaluer la fluorescence dans l'obscurité, avec une ampoule **UV de 6 watts et 365 nm** placée à **13 cm** du prélèvement. Orienter la lumière vers le prélèvement, dans la direction opposée à celle des yeux de l'opérateur.
- Les résultats d'Enterolert E doivent être lus entre 24-28 heures. En outre, les résultats positifs pour entérocoque notés avant 24 heures, de même que les résultats négatifs notés après 28 heures, sont également valides.

**Tableau.IV.3.** Résultats d'analyse d'entérocoques.

Aspect	Résultat
Absence de fluorescence	Négatif pour entérocoque
Fluorescence bleue	Positif pour entérocoque

---

# ***Chapitre V***

---



***Résultats et discussion***

## V. Résultats et discussion

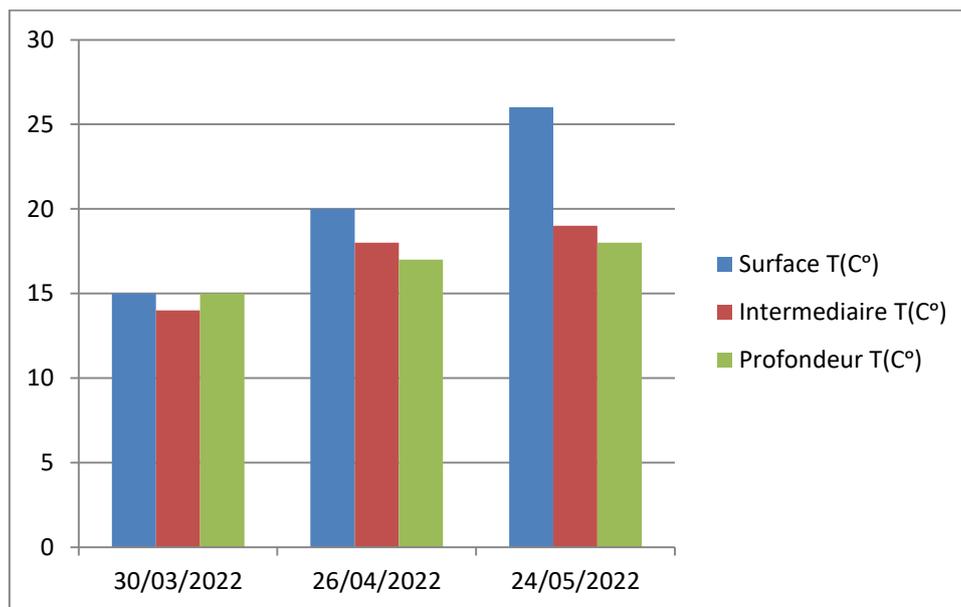
Notre objectif consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes du barrage de **Keddara** dans la wilaya de Boumerdès. Dans cette partie, nous allons présenter les principaux résultats obtenus tout en les comparant avec les normes algériennes et celles de l’OMS.

### V.1. Résultats des analyses physico-chimiques

#### V.1.1. Paramètres physiques

##### V.1.1.1. La température

La température de l’eau brute varie durant les périodes de prélèvement, elle varie entre **14** et **25°C**, cet intervalle est conforme aux normes **25°C** (**figure.V.1**).



**Figure.V.1.** Evolution de la température.

##### V.1.1.2. La Couleur de l'eau

La coloration d’une eau pose surtout un problème esthétique entraînant de nombreuses plaintes des consommateurs. De plus une eau colorée est souvent riche en acides humiques et fulviques, qui forment des composés organo-halogénés potentiellement dangereux. Les valeurs enregistrées **dans le tableau.V.1** de la coloration des eaux du barrage étudié dépassent la norme relative aux eaux potables (**25 Unité platine cobalt**) traduisent une eau qui contient des substances dissoutes et **MES**, responsables de sa coloration.

Tableau.V.1. Evolution de la couleur.

Date	La couleur Pt,Co à 455nm		
	Surface	Intermédiaire	Profondeur
30/03/2022	14	247	1857
26/04/2022	14	28	35
24/05/2022	16	21	128

### V.1.1.3. Le pH

La valeur du **pH** de l'eau affecte les propriétés physique, chimique et bactériologique. L'eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des systèmes de plomberie, augmenter leur biodisponibilité et modifier leur toxicité. Cependant, les changements de toxicités causées par les changements de **pH** sont spécifiques à chaque métal et à chaque organismes [25].

Dans le cas du barrage d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables. **Elles varient entre 7,8 et 8,2 (figure.V.2)**. On observe que ces eaux brutes sont dans les normes algériennes des eaux potables, qui fixent des valeurs de **pH** entre **6,5 et 8,5**. Les résultats de ce paramètre a mis en évidence que la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

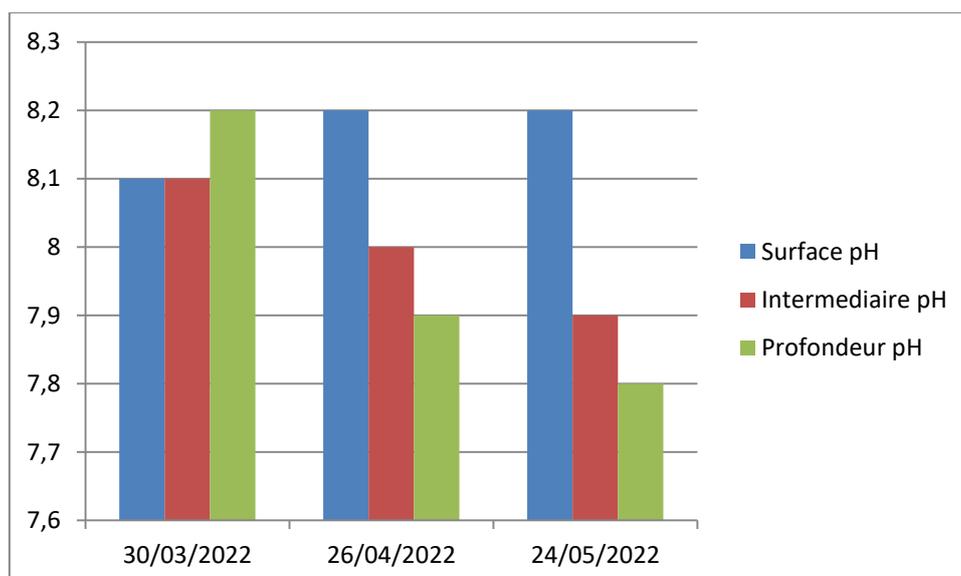
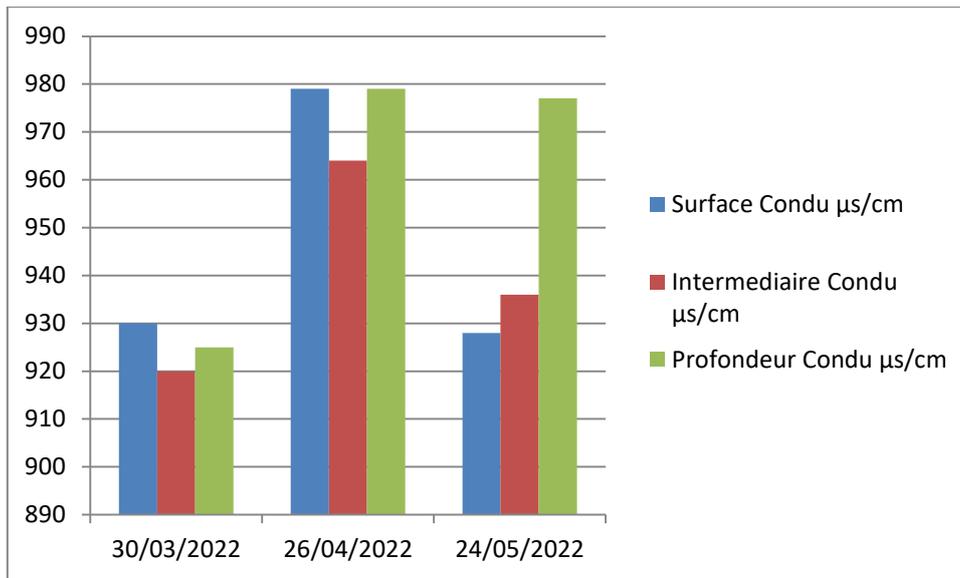


Figure.V.2. Evolution du pH.

V.1.1.4. La conductivité

La valeur de la conductivité électrique de nos échantillons d’eaux est entre **920 et 979  $\mu\text{s}/\text{cm}$**  (**figure.V.3**). On peut conclure qu’elles ont des propriétés électriques conformes aux normes des eaux potables (**2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$** ). En effet une conductivité très élevée se traduit soit des **pH** anormaux soit une salinité élevée.



**Figure.V.3.** Evolution de la conductivité.

V.1.1.5. La turbidité

On enregistre des valeurs de turbidité qui varient en fonction de la période de prélèvement. Pendant la saison d’hiver, la turbidité était très élevée : **1637 NTU (tableau.V.2)**, ceci est expliqué par la présence des pluies (ruissellement) qui enrichit les eaux brutes en matière en suspension (argile, limons, feuilles d’arbre, etc.).

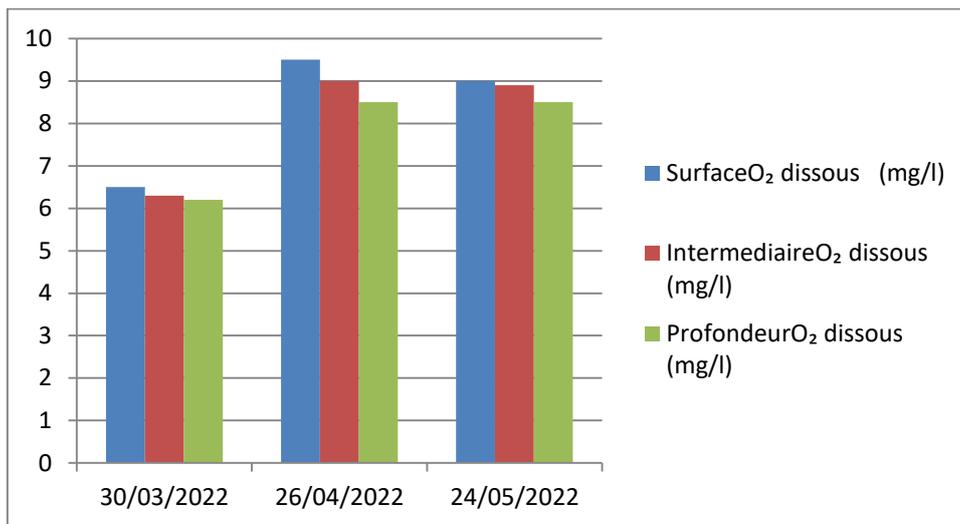
Pendant le printemps, les résultats d’analyse ont montré une diminution significative de turbidité jusqu’à **9 NTU**.

**Tableau.V.2.** Evolution de la Turbidité.

Date	Turbidité (NTU)		
	Surface	Intermédiaire	Profondeur
30/03/2022	6,1	95	1637
26/04/2022	3,6	6,6	9,31
24/05/2022	4,9	8,5	48

#### V.1.1.6.L'Oxygène dissous

Les résultats obtenus pour l'oxygène dissous de l'eau sont représentés dans la figure. L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau [17] il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. La teneur moyenne dans l'eau brute est entre **6,2 à 9,5mg/L (figure.V.4)**. Ces valeurs sont loin de la valeur limite fixée (**5 à 8 mg/L**). L'augmentation de l'oxygène dans l'eau ne pose pas un effet direct sur la santé mais, entraîne une altération organoleptique ou une corrosion dans les conduites [26].



**Figure.V.4.** Evolution d'oxygène dissous.

### V.1.2.Minéralisation

#### V.1.2.1.La dureté totale (TH)

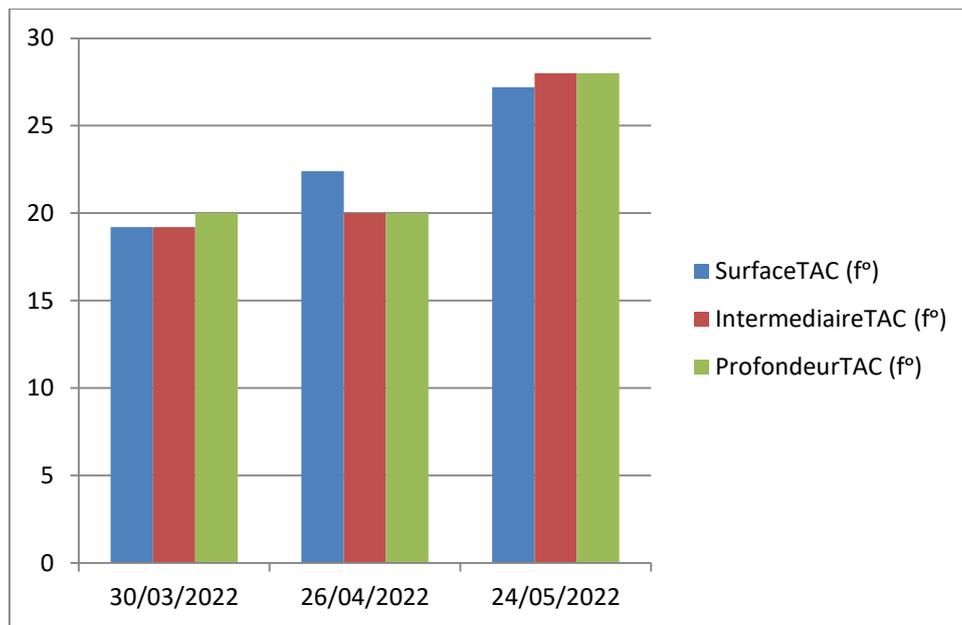
La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Elle dépend de la structure géologique des sols traversés durant son acheminement dans le sol [27]. En général, l'eau qui présente une dureté égale ou supérieure à **40°F (tableau.V.3)**, elle est considérée très dure. La valeur moyenne de nos échantillons est **38°F**.

**Tableau.V.3.** Evolution de la dureté totale.

Date	TH° (f°)		
	Surface	Intermédiaire	Profondeur
30/03/2022	44	35	46,4
26/04/2022	36,4	36,2	37
24/05/2022	38	40	34

### V.1.2.2. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet de l'eau brute varie de **19,2 à 28 °F** (figure.V.5). Ces valeurs dépassent la norme algérienne qui est de **1,2°f**. Cela est dû à la formation d'une couche carbonatée assurant la protection de canalisation contre certains risques de corrosion ce qui nécessite une alcalinité minimale.

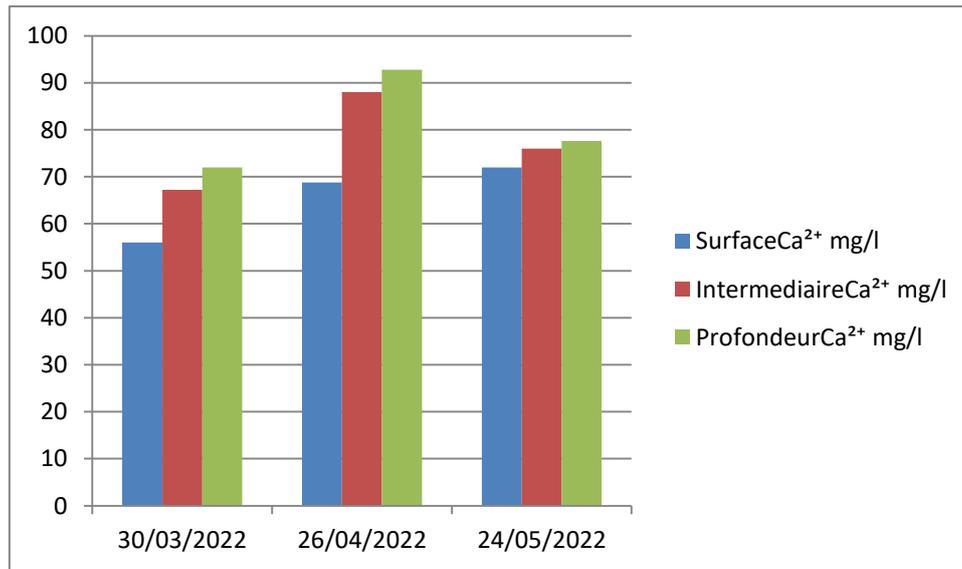


**Figure.V.5.** Evolution du titre alcalimétrique complet.

### V.1.2.3. Le calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (**terrain calcaire ou gypseux**) [17].

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations [28]. Les teneurs en calcium des échantillons étudiés varient entre **56 et 92.8 mg/L** (figure.V.6). Cette valeur confirme la dureté de l'eau exprimée par le **TH**.



**Figure.V.6.** Evolution du calcium

#### V.1.2.4. Le magnésium

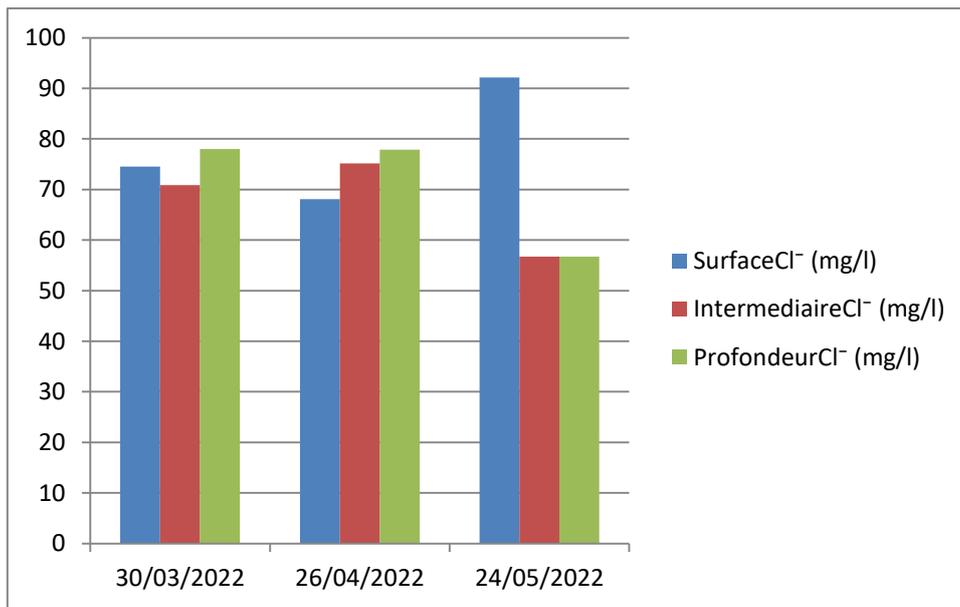
Le magnésium contribue à la dureté totale sans être l'élément majeur [29], comme le montre les valeurs indiquées sur le tableau. Sa valeur comprise entre **33 et 72 mg/L (tableau.V.4)**, elle reste nettement inférieure à la limite admissible soit **150 mg/L [30]**.

**Tableau.V.4.** Evolution des ions magnésiums.

Date	Mg <sup>2+</sup> mg/l		
	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	44	35	46,4
26/04/2022	36,4	36,2	37
24/05/2022	38	40	34

#### V.1.2.5. Les chlorures

La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives [31]. La teneur en chlorures dans les eaux étudiées ne dépasse pas la norme (**250 mg/L**), elle est entre **57 et 92 mg/L (figure.V.7)**.



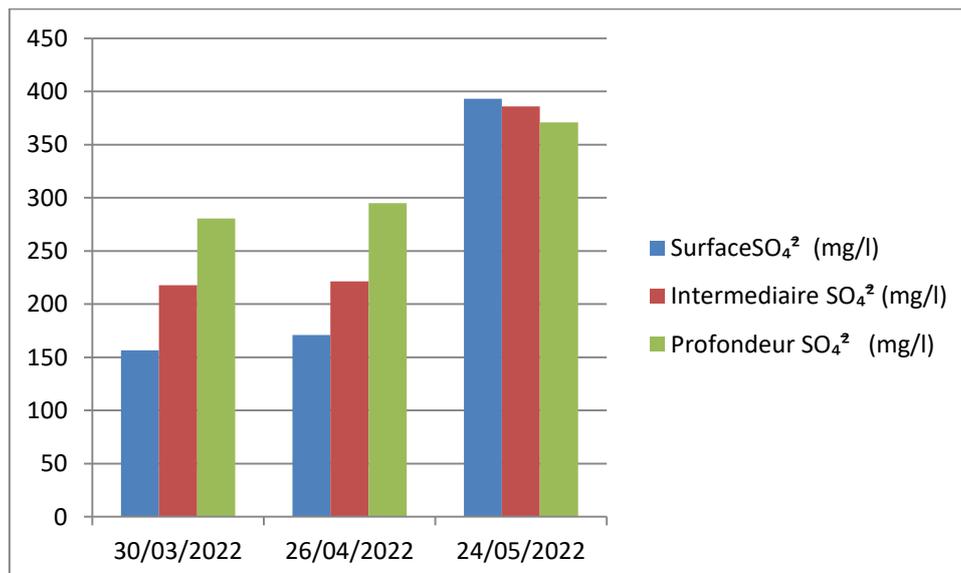
**Figure.V.7.** Evolution des chlorures.

#### V.1.2.6.Sulfates

D'après la **figure.V.8**, la valeur moyenne des sulfates dans les eaux brutes varie entre **156 et 393.2 mg/L**. ces valeurs sont faibles, car la norme de qualité des eaux de surface est de **400 mg/L**.

Les teneurs élevées en sulfates peuvent provoquer des troubles diarrhéiques et contribuer à la corrosion des systèmes de distribution [32].

Les sulfates ne sont pas considérés comme minéral majeur à l'eutrophisation [33].



**Figure.V.8.** Evolution des Sulfates.

### V.1.3. Paramètres de pollution

#### V.1.3.1. Les nitrates et les nitrites

##### ✓ Nitrates

Tous les échantillons d'eaux brutes prélevés ont des teneurs en nitrates presque négligeable vis-à-vis la norme (**50 mg/L**). Néanmoins, les valeurs plus ou moins élevés (**12 mg/L**) sont enregistrés au niveau des eaux prélevées à une profondeur de **55m (tableau.V.5)**.

##### ✓ Nitrites

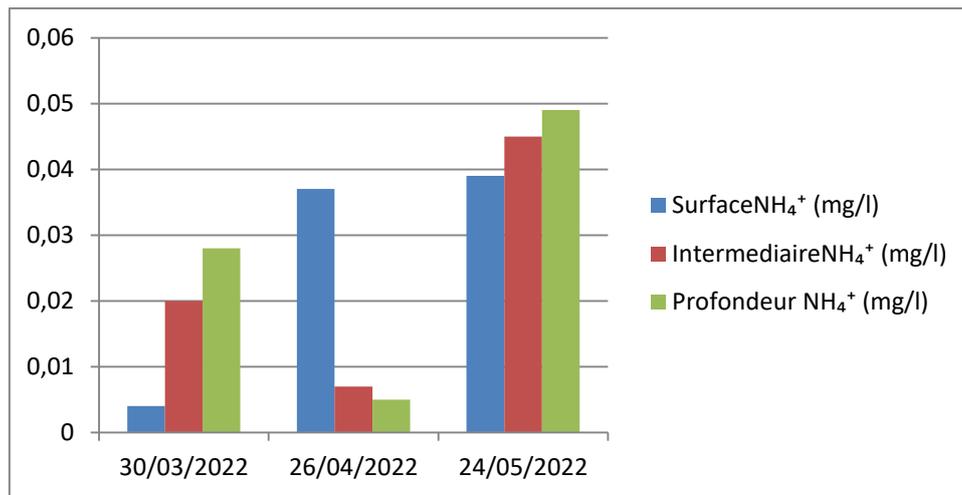
Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'ammonium. Le **tableau.V.5** ci-dessous relève que la teneur en cet ion varie entre **0,006 et 0,22 mg/L**. ces teneurs sont peut-être dues à l'accès libre des ovins et des bovins à la prairie qui entoure le barrage.

**Tableau.V.5.** Evolution des nitrites et nitrates.

Date	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		
	Surface	Intermédiaire	Profondeur	Surface	Intermédiaire	Profondeur
30/03/2022	0.006	0.04	0.076	7.87	5.12	5.34
26/04/2022	0.222	0.049	0.02	3.74	5.74	3.68
24/05/2022	0.215	0.025	0.09	7.56	10.48	12.77

#### V.1.3.2. Ammonium

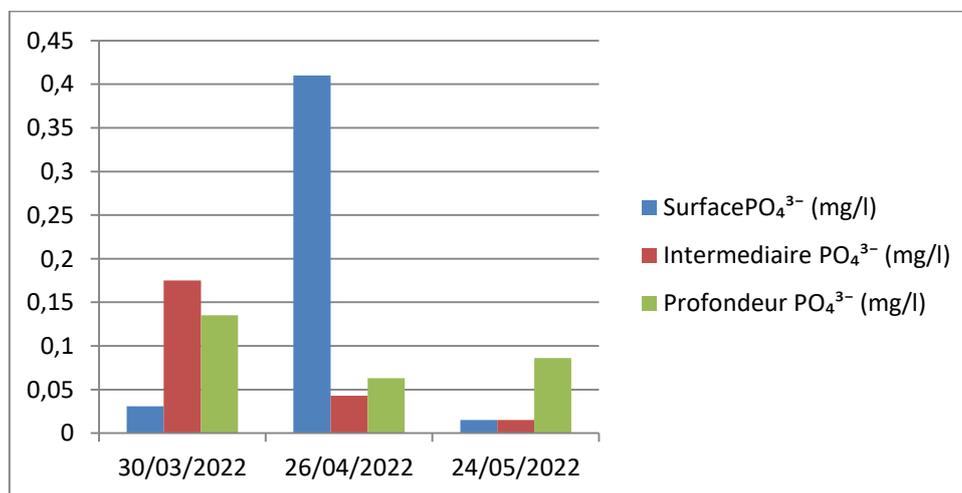
D'après la **figure V.9**, la valeur de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ne dépasse pas **0,04 mg/L**, cette teneur est inférieure à **0.5 mg/L**, norme fixée pour les eaux potables. En général, l'origine de cet élément est liée à la présence de matières végétales des cours d'eau, de la matière organique animale ou humaine et des rejets industriels [33].



**Figure.V.9.** Evolution de l'ammonium.

#### V.1.3.3. Les ortho-phosphates

Les ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) résultent de la dégradation par des bactéries du phosphate organique, les résultats obtenus sont représentés dans **la figure.V.8**. Les concentrations en ortho-phosphates enregistrées au niveau du barrage, sont comprises **entre 0.01 et 0.17 mg/L**. Elles restent nettement inférieures à la limite admissible des eaux potables (**0,5 mg/L**). Par conséquent, ce paramètre ne constitue pas un risque de pollution majeur pour les eaux du barrage.



**Figure.V.10.** Evolution des orthophosphates.

#### V.1.3.4. La DBO<sub>5</sub>

On remarque dans **le (tableau.V.6)** que pour la majorité des prélèvements effectués, les eaux possèdent des valeurs de **DBO<sub>5</sub>** élevés par rapport à la norme des eaux potables (**5 à 10 mgO<sub>2</sub>/L**), ce qui confirme la présence des bactéries dans nos échantillons d'eaux.

## V.1.3.5. La DCO

Les valeurs de **DCO** des eaux brutes sont aux normes fixées à **20-40 mg O<sub>2</sub>/L** (tableau V.6), ce qui confirme l'absence des matières organiques dans nos échantillons d'eaux.

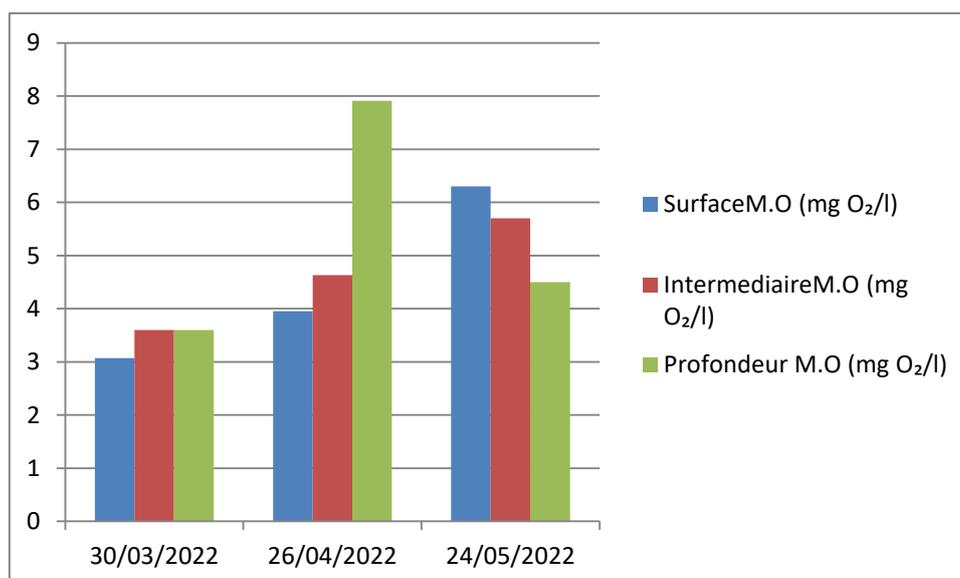
**Tableau.V.6.** Evolution du DBO<sub>5</sub> et DCO.

Date	DCO (mg O <sub>2</sub> /l)			DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)		
	Surface	Intermédiaire	Profondeur	Surface	Intermédiaire	Profondeur
<b>30/03/2022</b>	0,036	0,052	0,131	16,9	16,9	17,3
<b>26/04/2022</b>	0,074	0,158	0,009	7	4,8	7
<b>25/05/2022</b>	0,177	0,161	0,181	14,1	15,5	18,3

## V.1.3.6. La matière organique

Les résultats obtenus pour la matière organique dans l'eau sont représentés dans la **figure.V.9**.

La présence de ces matières (**oxydabilité au KMnO<sub>4</sub>**, substances humiques, absorbance en **UV**) dans les eaux du barrage (**entre 3 et 8 mg/L**) pourraient surtout provenir d'une pollution naturelle (végétation en décomposition) et très peu de pollution d'origine exogène (rejets urbains et pratiques agricoles) [34].



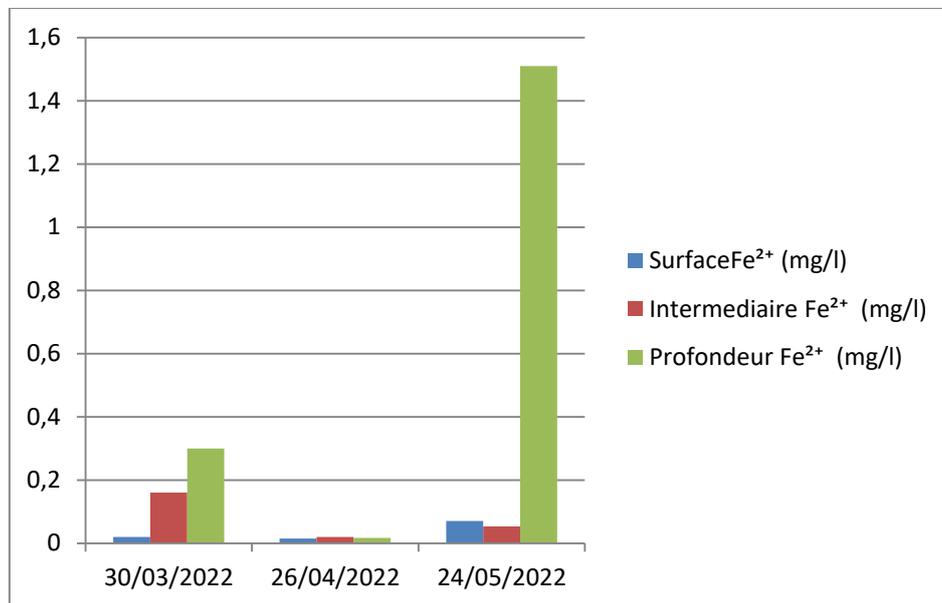
**Figure.V.11.** Evolution de la matière organique.

### V.1.4.Métaux lourds

#### V.1.4.1.Le Fer

Le fer est parmi les éléments métalliques les plus fréquemment rencontrés dans les eaux, il peut être de l'origine de la plupart des problèmes de corrosion [35] ; sa présence dans l'eau est due au lessivage des sols avec dissolution des roches.

Tous les échantillons d'eaux brutes prélevés à la surface ou à profondeur intermédiaire ont des teneurs en fer inférieures à la norme des eaux potables (**0,3 mg/L**), à l'exception du dernier prélèvement effectué **en 24 mai 2022**, où la teneur en fer (**1,5 mg/L**) dépasse cette norme (**figure.V.10**).



**Figure.V.12.** Evolution du fer.

#### V.1.4.2.Le Manganèse

Les résultats obtenus pour le manganèse dans l'eau sont représentés dans la figure qui montre des teneurs qui varient de **0.02 à 0.3 mg/L** (**figure.V.11**). La norme algérienne fixée est de **0,5 mg/L** ce qui classe l'eau du **barrage** dans les normes recommandées. Cependant, en période d'hiver, la concentration du manganèse à dépasse cette norme (**0,9 mg/L**), ceci est expliqué par la présence des pluies (**ruissellement**) qui enrichit les eaux brutes en déchets.

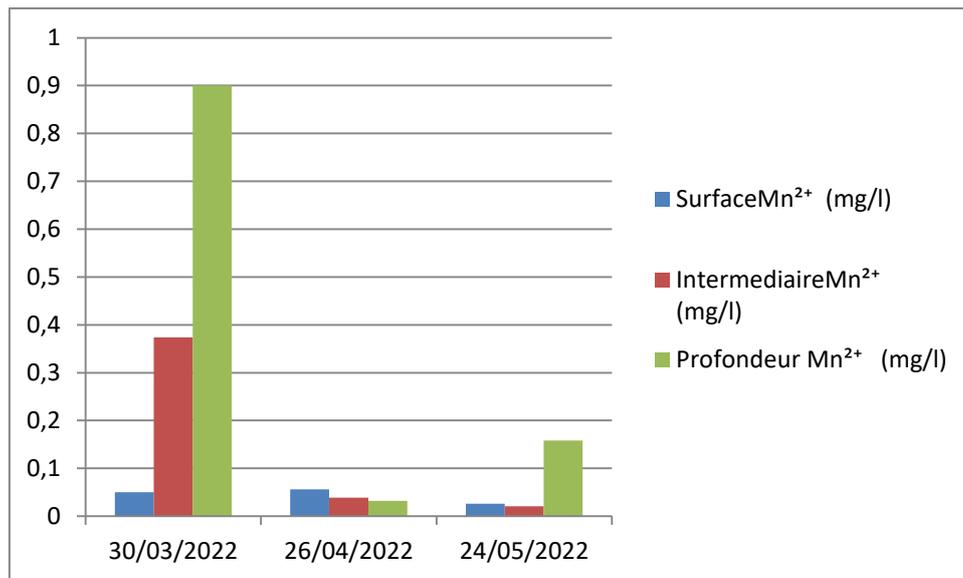


Figure.V.13. Evolution du manganèse.

## V.2. Les analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau brute consiste à chercher les germes pathogènes que pourraient contenir l'eau comme : les coliformes, les streptocoques, les anaérobies sulfite-réducteur, les salmonelles et les vibriose chlorique.

### V.2.1. Les Coliformes totaux

Ce groupe hétérogène de coliforme appartient à la famille des entérobactéries et comprend plusieurs genres bactériens qui représentent la flore intestinale normale. Cependant, la plupart des espèces se retrouvent aussi naturellement dans le sol, végétation et aussi dans l'eau. De ce fait, cette analyse n'est pas considérée comme un indicateur de contamination fécale ou de risque sanitaire. La présence de coliformes totaux dans les eaux peut avoir plusieurs significations dont la croissance bactérienne et une déficience ou une absence de traitement [36].

Selon le **tableau.V.7**, le nombre de coliformes totaux varie de **2 à 9 UFC/mL** pendant le prélèvement effectués en mois de mars. Néanmoins avec l'élévation de la température en avril et mai le nombre de coliformes totaux a augmenté de **24 à 260 UFC/mL** respectivement. Ces valeurs sont élevées en comparaison avec les normes algériennes qui exigent que le nombre de coliformes totaux soit inférieur à **10 UFC/mL** dans les eaux destinées à la consommation humaines [37; 30].

Tableau.V.7.Evolution des coliformes totaux et entérocoques.

Date	Coliformes totaux UFC/ml			Entérocoques UFC/ml		
	Surface	Intemediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	2	2	9	2	5,3	165,2
26/04/2022	24,19	24,19	24,19	2	5	0
25/05/2022	216,2	26,1	260,3	235,2	19,6	116,6

### V.2.2.Les streptocoques fécaux

Le nombre de **streptocoques fécaux** existants dans les eaux brutes est compris entre **0 et 235 UFC/mL** ; ces résultats s'expliquent par la présence naturelle de certain micro-organisme qui favorise la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiel au maintien des organismes aquatiques et de la chaine trophique [38].



***Conclusion  
Générale***

## *Conclusion générale*

---

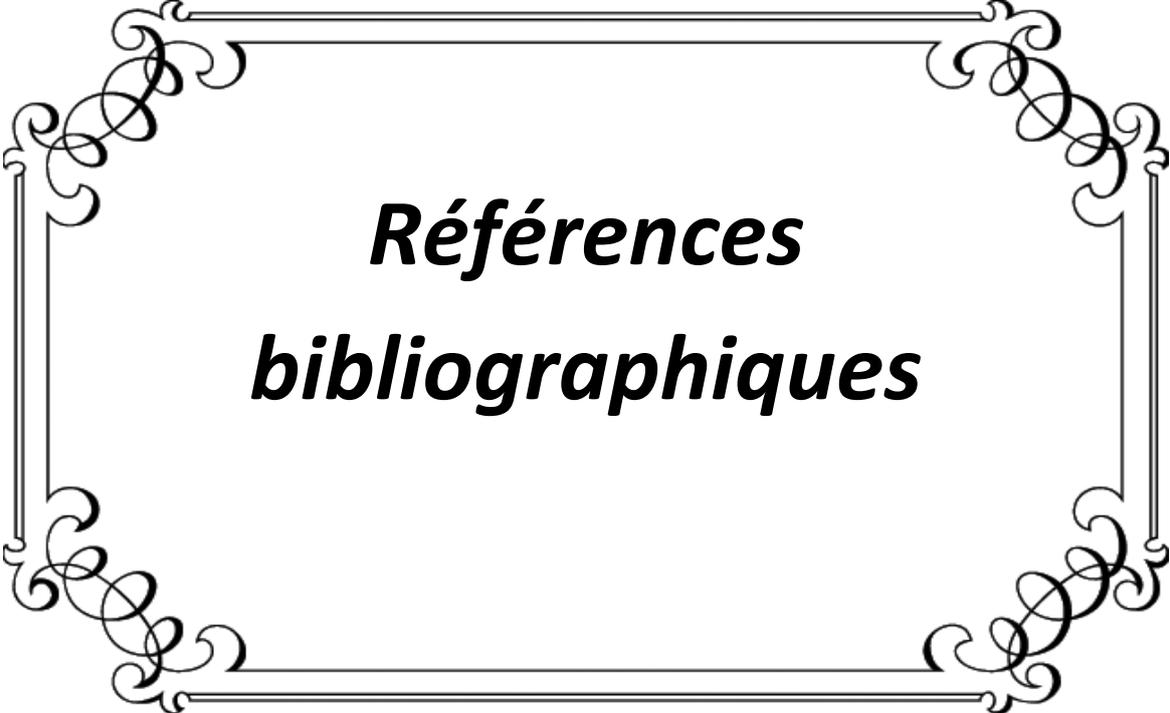
Notre travail s'était donné pour évaluer la qualité des eaux brutes provenant du barrage de **Keddara (W de Boumerdès)** durant la période de **mars –mai 2022**.

Les analyses avaient pour but de mesurer les paramètres physico-chimique (la température, le pH, la conductivité, la turbidité, ...), les paramètres de pollution chimiques (nitrate, nitrite, phosphates, fer, manganèse, DBO<sub>5</sub> et DCO) et la recherche de coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

L'examen et l'interprétation des résultats d'analyses obtenus montrent que :

- ✓ La qualité des eaux de surface qui alimente le barrage étudié dépend de la lithologie drainée par l'eau.
- ✓ Le diagnostic des différents paramètres analysés montrent que la qualité de l'eau brute était globalement moyenne ; la plus part des paramètres physico-chimique analysés (le pH, la conductivité, les nitrates, les sulfates, les chlorures, etc.) sont conformes aux normes de l'eau potable avant même que l'eau ne soit traitée. Par conséquent on peut dire que ces eaux brutes sont très peu chargées en polluants et sont généralement propres.
- ✓ Néanmoins, on constate pour d'autres éléments, tels que la turbidité, le fer, la dureté et la matière organique, une différence dans la concentration entre l'eau brute et la norme fixée pour les eaux de consommation, ce qui nécessite le traitement de ces eaux brutes dans les stations de production des eaux potables.
- ✓ Du point de vue bactériologique, les analyses attestent la présence des germes de contamination fécale dans l'eau brute. Leur détection dans une eau témoigne généralement une pollution fécale.

Enfin, il serait intéressant de faire des études similaires avec une périodicité annuelle afin de suivre l'évolution spatiotemporelle des paramètres pour vérifier l'état futur de la qualité de l'eau de Keddara. Mais aussi, de compléter cette étude par la détermination des concentrations de certains éléments que nous n'avons pas pu faire (métaux lourds, pesticide, composés phénoliques, THM,...).



***Références  
bibliographiques***

- [1]- **AIDOU** Aziouz, **ELAHCENE Omar**, **Hoda Abd El-Azim**. CONTROLE DE LA QUALITE DE L'EAU DU BARRAGE DE BOUKOURDENE, TIPAZA, Deuxièmes Journées Sur l'Agroalimentaire 27-28 Novembre 2018, Université de Blida 1.
- [2]- **Khelifi Imane**. 2020 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BARRAGE DE SIDI MHAMED BEN TAIBA AVANT ET APRÈS TRAITEMENT, mémoire de fin d'étude ; université de Bouira.
- [3]- **MEDAGAM THIRUPATHI Reddy**, **NATARAJAN Sivaraj**, **VENKATESWARAN Kamala**, **SOMESWARA RAO Pandravada**, **NEELAM Sunil et NILAMANI Dikshit**. 2018, Caractérisation et comparaison des écosystèmes aquatiques dans le paysage du district d'Adilabad, Telangana, région du Deccan, Inde. India, *Open Access Library Journal*, 5: e4459.
- [4]- **MICHARD Gil**. 2002. Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Édition Publisud. 565p.
- [5]- **VALENTIN Nicolas**, 2000. Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable Thèse Doctorat. Centre International de Recherche sur l'Eau et l'Environnement.
- [6]- **SALGHI Rachid**, 2017. Support de Chimie des Eaux, ensa-agadir.-GPEE-3.pdf.21p
- [7]- **BOUGHARI Djaouhar**, 2016. Caractérisation et de traitement des eaux résiduaire d'une industrie textile (SOFACT- Tissemsilt). Mémoire de fin d'études. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- [8]- **IGOR ALEKSEYEVICH Shiklomanov** ,1993. World Fresh Water Resources (Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources). Oxford University Press, New York.
- [9]- **GRIFFITHS James**, 2009. Facts and trends: Water version 2, World business council for sustainable development.
- [10]- **HAMICHE Ait Mimoune**, **STAMBOULI Amine Boudghene et FLAZI Samir**, 2016. A review on the water and energy sectors in Algeria: Current forecasts, scenario and sustainability issues. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Oran, Algeria 41:261-276.
- [11]-**MORGAN Mozas**, **ALEXIS Ghosn**, 2013. Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie- .IPMED (Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen) ,25 p.

- [12]- **BOUCHEKIMA Bachir, BECHKI Djamel, BOUGUETTAIA Hamza, BOUGHALI Slimane and MEFTAH Mohamed Tayeb**, 2008. The underground brackish waters in South Alegria: Potentiel and viable ressources, Développement des Energies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides Sahariennes. Thèse doctorat. Université de Ouargla.
- [13]- **SAFAR-ZITOUN Mohamed**, 2019. Plan National Secheresse Algérie: Deuxième Version. Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification, 87p.
- [14]- **RAYMOND desjardins**, 2007. « Les traitements des eaux » ,2ème édition, Lavoisier, 304 p.
- [15]- **BERNARD Chocat**, 2015. L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille (LGCIE-INSA Lyon), France, 14p.
- [16]- **BESSEDIK Madani**, 2019 .Document traitement et épuration de l'eau, Université de Tlemcen.
- [17]- **RODIER Jean**, 2009. L'analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod, Paris, 1511p.
- [18]- **JOEL Graindorge et LANDOT Éric**, 2003. La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, territorial édition, France, 145 p.
- [19]- **RODIER Jean**, 2006. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Paris.
- [20]- **MIQUEL Gerard**, 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport 261, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, 365p.
- [21]- **BERNÉ François**, 1991. Water treatment handbook, vol.1 & 2, 6th Edition, Lavoisier publication, Paris.
- [22]- **BESSEDIK Madani** ,2017. Document traitement de l'eau II, traitement de l'eau brute pour la rendre potable, captage de l'eau. Tlemcen, 349p.
- [23]- **LAYALY Obeid**, 2014. Synthèse et caractérisation de matériaux magnétiques pour l'adsorption de polluants présents dans les eaux, Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie, France.244p.
- [24]- **ANBT**. 1987. Monographie barrage de KEDDARA, Agence nationale des barrages, Koba, Alger.

- [25]- **CFPTEP**. 2015. Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, <<https://www.canada.ca/content/dam/hcsc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf>>. Consulté le 19/05/2021.
- [26]- **BEAUDRY Jean-Paul**. Traitement des eaux ; Editeur : Copyright ; Année de publication : 1984 (231pages)
- [27]- **AMADOU H., LAOUALI M.S., MANZOLA A.** (2014) : analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées larhyss journal, issn 1112-3680, n°20, décembre 2014, pp. 25-41
- [28]- **GAUJUS D.** 1998, La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition revue et argumenté, p 49.
- [29]- **MELGHIT Meriem**. 2013, Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Thèse Magistère en Ecologie. Option: Gestion des déchets. Université Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département d'Ecologie et Biologie végétale.
- [30]- **Journal officiel de la République Algérienne (JORA)**, 2011. Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine, N°18, p 7-8.
- [31]- **BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGLOUMI D., EL MOUSTAINE R.** (2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de MEKNES (MAROC) larhyss journal, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, pp. 21-36
- [32]- **Degremont**. (1998). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P 5-24-25.
- [33]- **Cornaz** 2004. Evaluation du statut trophique d'un canal de drainage sous l'impact de pollutions d'origine diffuse et ponctuelle. Le cas du Grand Canal de la plaine du Rhône. 180 p.
- [34]- **HARRAT Nabil**. (2013) : Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse présentée en vue de l'obtention Du

## *Références bibliographiques*

---

diplôme de Doctorat en sciences Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider – Biskra.

[35]- **BONTOUX** 1983. Introduction à l'étude de l'eau douce, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, qualité et santé 261116 Edit CEBEDOC. Liège : 169p.

[36]- **WILLIAMS, M** (2004): Phylogenetic diversity of aqueous microorganisms separated after the advanced tertiary of tap water. Vol 36, p184–189.

[37]- **OMS.** (1994) : Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p 202.

[38]- **DJADOUNI Fatima**, 2017. Étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhanifia de la wilaya de mascara, Revue des BioRessources Vol 7 N° 2, 99- 109.



# ***Annexes***

## Annexe 01. Description de la station de traitement de BOUDOUAOU

### I. Historique

Avant l'année 1987, l'alimentation en eau potable du grand-Alger était assurée par les champs de captage du Mazafran, de Beraki et du Hamiz.

La quantité des eaux souterraines n'arrivaient plus à couvrir les besoins toujours grandissants des consommateurs. Pour combler le déficit en eau potable de la région algéroise, un nouveau système d'approvisionnement a été mis en service à partir de 1987 appelé : système de production ISSER-KEDDARA (SPIK) et qui a pour objet de retenir des eaux des oueds ISSER, KEDDARA, et El HAMIZ, de les traiter puis les transporter jusqu'aux différents quartiers d'Alger.

Les travaux de réalisation de ce système ont été entamés en Janvier 1983.

La station de BOUDOUAOU a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau  $6\text{m}^3/\text{s}$ .



Figure A.1. Station de traitement BOUDOUAOU.

### II. Ouvrage de la station de traitement

#### II.1. Ouvrage d'arrivée

Il existe 3 chambres dans l'ouvrage d'arrivée qui sont répartit comme suit :

##### II.1.1 Chambre des obturateurs

C'est la chambre d'arrivée des eaux provenant du barrage de Keddara, dont le rôle des

# Annexe

---

obturbateurs est de briser la pression ainsi que l'aération des eaux brutes.

Les équipements de cette chambre sont:

- 4 obturbateurs à disque sous capot.
- Vannes motorisés.
- Indicateur de qualité (redox).



**Figure A.2.**Obturbateur à disque.

## II.1.2 Chambre de mélange

Dans cette chambre se fait l'injection des produits chimiques par des rampes d'injection qui sont :

- 2 rampes d'injection de chlore.
- 2 rampes d'injection de l'hypochlorite de sodium.
- 2 rampes de l'hypochlorite de calcium (Prechloration).
- 2 rampes d'injection de charbon actif en poudre.
- 1 rampe d'injection de sulfate d'alumine (coagulation).



**Figure A.3.**Injection des produits chimiques.

## II.1.3. Chambre de répartition

Dans cette chambre, il se fait l'injection du Polyélectrolyte (floculation) afin de favoriser la décantation, ces équipements sont :

- 6 vannes murales (répartition des eaux brutes dans les 6 décanteurs de façon identique).
- Bac d'injection de polyélectrolyte.
- Agitateur.
- Indicateur des hydrocarbures (cas de pollution).
- Armoire de l'indicateur.



**Figure A.4.** Injection du Polyélectrolyte.

## II.2. Décanteurs

La station de traitement des eaux brutes est équipée de 06 décanteurs répartis entre deux filières. Le type de décanteur utilisé est : décanteur pulsateur lamellaire.

### ✓ *Pulsateur lamellaire*

C'est un décanteur à lit de boues constitué par une cuve à fond plat muni à sa base d'une série de tuyaux perforés, permettant d'introduire l'eau brute uniformément sur toute la surface du décanteur. A la partie supérieure est disposé un réseau de goulottes de reprise d'eau décantée sur la surface.

Ce décanteur est équipé d'une cloche située au-dessous du plan d'eau et munie d'un ventilateur fonctionnant en pompe à vide qui permet d'introduire d'eau brute floculée par pulsation à travers des ramifications inférieures.

Les modules lamellaires inclinés de ce décanteur empêchent le passage de lumière et par conséquent évite la photosynthèse des algues.



**Figure A.5.**Décanteur lamellaire.

### II.3 Filtres

La station de traitement équipée de 16 filtres, le type de filtre utilisé est : filtre aquazur type V. C'est un filtre à sable ouvert à courant descendant.

Il est caractérisé par :

- Un lit filtrant de granulométrie homogène même après lavage.
- Un lavage par retour simultané d'air et d'eau accompagné d'un balayage de surface, suivi d'un rinçage au même débit.
- Une grande hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant.



**Figure A.6.**Filtre aquazur type V.

### II.4 Réservoirs

C'est des réservoirs semi-enterrés de 7m de profondeur, de 10.000m<sup>2</sup> de superficie et de capacité de 50.000 m<sup>3</sup> (chaque réservoir).

### III. Etapes de traitement des eaux brutes

- ✓ **Aération** : C'est une opération assurée par les obturateurs qui servent à éliminer le dioxyde de carbone et augmente la teneur en oxygène.

## Annexe

---

✓ **Perchloration** : Cette pratique favorise la formation des haloformes en grande quantité si l'eau brute riche en matière organique pour obtenir une meilleure filtrabilité en aidant la coagulation.

✓ **Coagulation-floculation** : La coagulation suivie de la floculation, sont deux étapes indispensables au traitement des eaux chargées en particules colloïdales, de petites tailles. La coagulation: est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique, le coagulant (Sulfate d'alumine).

La floculation : est l'agglomération de ces particules "déchargées" en micro floc, puis en flocons volumineux et décantables, le floc. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif : le floculant (Polyélectrolyte).

✓ **Décantation** : La décantation est une opération de séparation mécanique, par différence de gravité de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide. On peut séparer des phases liquides, une phase solide en suspension dans une phase liquide.

• Filtration sur sable : La filtration a pour but de retenir les particules en suspension dans l'eau, soit que ces particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles aient été formées par une coagulation préalable.

✓ **Désinfection** : Elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé,

Chloration: du chlore est ajouté à la sortie de l'usine de production et sur différents points du réseau de distribution afin d'éviter le développement de bactéries et de maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

### VI. Fonctionnement de la station

La station est alimentée en eau à partir de la retenue de barrage keddara. L'arrivée d'eau brute se fait par ouverture de 4 obturateurs à disque est contrôlé par un moteur.

Ces obturateurs réalisent à la fois une bonne régulation car ils sont asservis à des régulateurs de débit ainsi qu'une excellente aération de l'eau brute.

Puis l'eau passe à la chambre de mélange où se fait successivement la Prechloration , la coagulation par injection de sulfate d'alumine, floculation par injection de polyelectrolyte.

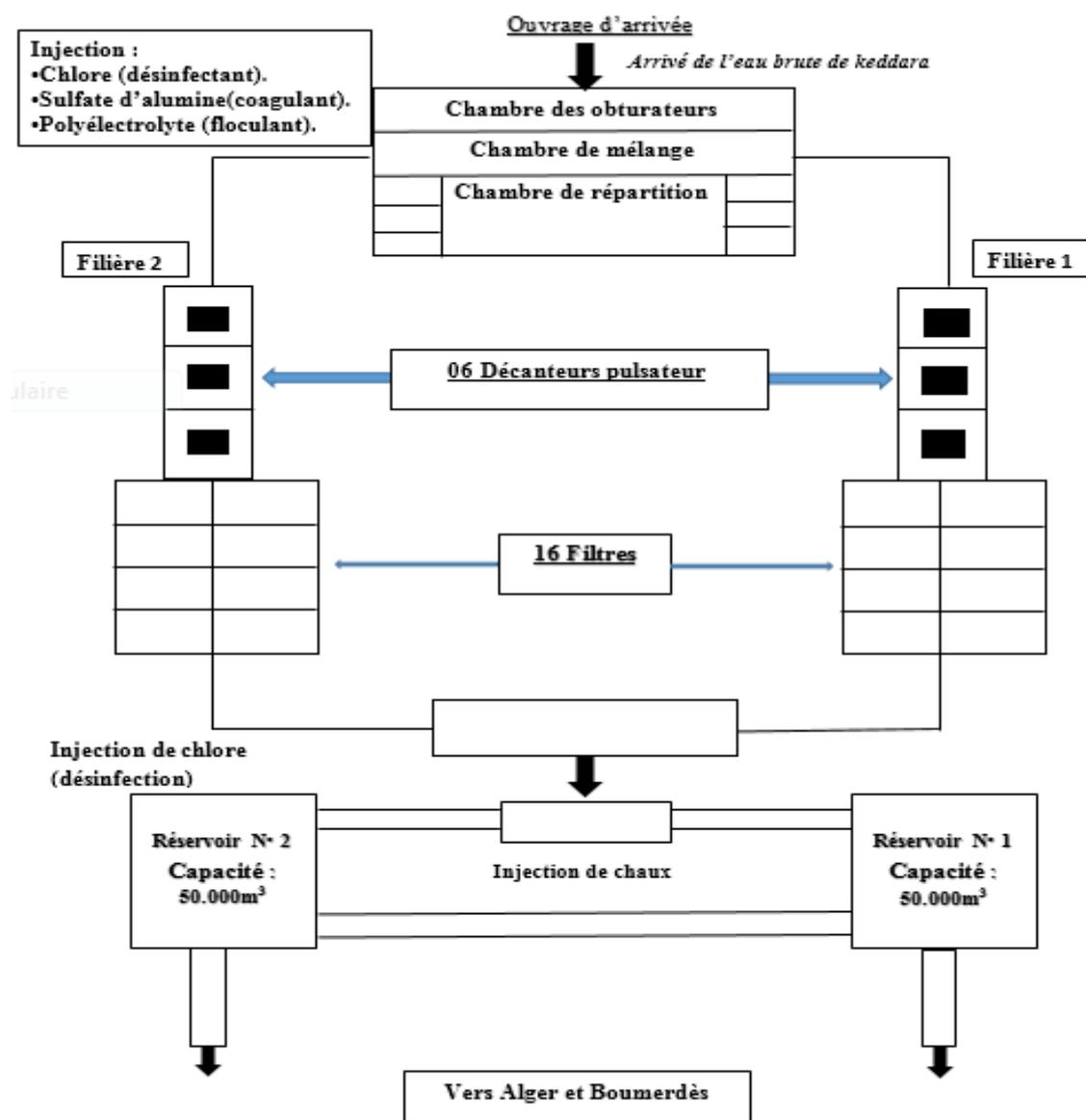
En passant par la chambre de répartition, l'eau se dirige vers les deux filières de façon identique.

Dans chaque filière, il y a 3 décanteurs pour éliminer les flocs et 8 filtres pour la

## Annexe

séparation solide-liquide que se fait sur un milieu poreux (sable). Chaque décanteur peut être isolé par une vanne murale. Les décanteurs peuvent aussi être by passes et isolés séparément pour que l'eau puisse être directement filtrée.

En fin, l'eau filtrée se dirige dans les deux réservoirs d'eau traitée où elle est désinfectée.



**Schéma :** fonctionnement de la station de traitement.

## Annexe 02. Equipements et réactifs des analyses physico-chimiques et bactériologiques

### I. Équipements utilisés :

- (Burette classique graduée).
- Étuve portée BINDER.
- Récipient stérile
- Quanti - Tray
- Quanti-tray Sealer Model 2X
- Préleveur.
- Matériels courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers, capsules de 60ml, erlen,...).
- Thermomètre.
- Balance analytique de précision KERN 770.
- Distributeur automatique.
- Agitateur magnétique STUART US152.
- Plaque chauffante STUART CB300.
- pH-mètre WTW-3110.
- Spectrophotomètre DR 6000.
- Turbidimètre HACH-2100N.
- Conductimètre HACH sensION7.
- Dosimat Lampe UV model CM-10A
- L'auto analyseur à flux continu SKALAR SAN++ SYSTEM
- Robot SP50 SKALAR (DBO<sub>5</sub>)
- L'appareil à reflux (DCO)

## Annexe

### II. Réactifs utilisés :

Les réactifs utilisés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

<i>Les paramètres</i>	<i>Les réactifs</i>
TAC	–Acide chlorhydrique 0.1N
TH	–Solution tampon pH 10, –Indicateur coloré (noir ériochrome), EDTA
Ca <sup>2+</sup>	–Indicateur coloré (le murexide) –Hydroxyde de sodium 2N –EDTA
Cl <sup>-</sup>	–Nitrate d'argent 0.02mol/l –Chromate de potassium (indicateur)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	–Sulfate de sodium –Solution stabilisante –Chlorure de baryum
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	–Réactif coloré –Solution de dichloro isocyanurate de sodium
O <sub>2</sub>	–Acide sulfurique –Réactif alcalin d'iode et de nitrate –Sulfate de manganèse monohydrate –Thiosulfate de sodium
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	–Salicylate de sodium –Tartrate double de sodium –Acide sulfurique –Hydroxyde de sodium –Nitrate de potassium
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	–Acide orthophosphorique –Réactif coloré
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	–Acide sulfurique –Acide ascorbique –Molybdate acide
MO	–Acide sulfurique –Oxalate de sodium –Permanganate de potassium
Fe <sup>2+</sup>	–Acide sulfurique –Tampon acétate –Phénantroline
Mn <sup>2+</sup>	–Acide nitrique –Nitrate de mercure –Nitrate d'argent –Acide phosphorique
Réactifs des analyses bactériologiques	–Colilert-18 –Enterolert-E

## Annexe

---

### Annexe 03. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Préparation des solutions étalon dans des fioles de 100 ml :

<b>Volume de solution mère de sulfate à 1g/l (ml)</b>	<b>Solution stabilisante (ml)</b>	<b>Solution de chlorure de baryum (ml)</b>	<b>Eau distillée</b>	<b>Concentration finale de SO<sub>4</sub></b>
<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>93</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>92</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>91</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>90</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>89</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>88</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>87</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>86</b>	<b>70</b>

Effectuer la mesure spectrophotométrique des solutions préparées à la longueur d'onde 420 nm.

## Annexe

---

### Annexe 04. Dosage spectrophotométrie des nitrates par la méthode au salicylate de sodium

Préparations de la gamme d'étalonnage :

Dans une série de capsules de 60ml, introduire successivement

Volume de la solution Mère (100mg / l) en N	Complément eau distillée (ml)	Volume de la fiole en ml	Concentration de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en mg/l
Eau ultra-pure	100	100	0
0.5	99.5	100	0.5
1	99	100	1
2	98	100	2
3.5	96.5	100	3.5
4	96	100	4
5	95	100	5

- Evaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75 ° C - 80 ° C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré.
- Attendre 10 min, ajouter 15 ml d'eau distillée puis 15 ml de la solution de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 420 nm.

## Annexe

---

### Annexe 05. Dosage des nitrites : méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

Préparation de la gamme d'étalonnage :

Concentration de la solution des nitrites	Volume de la solution des nitrites en ml	Concentration en nitrites en mg/l	Volume de l'eau ultra pure en ml	Volume de la fiole en ml
/	Eau ultra-pure	0	100	100
1	2	0.02	98	100
1	6	0.06	94	100
100	0.1	0.1	99.9	100
100	0.4	0.4	99.6	100
100	0.8	0.8	99.2	100
100	1	1	99	100

Prélever 40ml de chacune des solutions obtenues, ajouter 1ml du réactif coloré. Homogénéiser immédiatement et compléter à 50 ml, Laisser reposer au moins 20min, effectuer la mesure spectrométrique à la longueur d'onde 540nm.

## Annexe

---

### Annexe 06. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire

L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé comme suite :

Volume de la solution d'ammonium (ml)	Volume de l'eau purifiée (ml)	Concentration en $\text{NH}_4^+$ (mg/l)	Volume de la fiole (ml)
0	50	0	50
1.5	48.5	0.03	50
2.5	48	0.05	50
4	47	0.08	50
5	46	0.1	50
10	45	0.2	50
30	20	0.6	50
50	0	1	50

Après avoir compléter au volume, bien homogénéiser chaque étalon puis enlever 10 ml de chacun (pour ne laisser que 40ml comme prise d'essai).

Puis rajouter dans l'ordre :

- 4ml de réactif coloré.
- 4ml de réactif de dichloro-isocyanurate de sodium.

Compléter ensuite chaque fiole à 50ml. Attendre le développement de la couleur après au moins 60mn. Effectuer la lecture au spectromètre à 655 nm.

## Annexe

---

### Annexe 07. Dosage spectrophotométrique des orthophosphates Méthode au molybdate d'ammonium

L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé comme suite :

Pour les ortho phosphates, le domaine de mesure est de 0.09 mg / l à 1.5 mg / l.

Les 8 étalons suivant sont préparés comme suit :

Concentration de la solution Des $\text{PO}_4^{3-}$	Volume de la solution des $\text{PO}_4^{3-}$ en (mg/l)	Concentration en $\text{PO}_4^{3-}$ en (mg/l)	Volume de l'Eau ultra pure en (ml)	Volume de la fiole en (ml)
/	Eau ultra-pure	0	100	100
1	9	0.09	91	100
100	0.2	0.2	99.8	100
100	0.4	0.4	99.6	100
100	0.6	0.6	99.4	100
100	0.8	0.8	99.2	100
100	1	1	99	100
100	1.2	1.2	98.8	100

Compléter au volume avec l'eau distillée et homogénéiser chaque étalon. Prélever 40 ml des chaque étalons obtenus, ajouter dans l'ordre et sans attendre entre chaque ajout :

- 1 ml Acide ascorbique à 100 g / l.
- 2 ml solution molybdate Acide.

Et compléter à 50 ml avec l'eau distillée.

Agiter quelques secondes. Après un temps compris 10 min et 30 min (temps nécessaire au développement de la couleur), effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 880 nm.

## Annexe

---

### **Annexe 08. Dosage du fer dissous par la méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10**

L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé comme suite :

Pour le fer dissous le domaine de travail est entre 0.05 et 1mg/l

<b>Volume de la solution étalon fille du fer en ml</b>	<b>Concentration fer dissous en mg/l</b>	<b>Acide sulfurique à 4.5mol/l en ml</b>	<b>Volume de la fiole en ml</b>
Eau purifiée (blanc)	0	0.5	50
0.25	0.05	0.5	50
0.5	0.1	0.5	50
1.5	0.3	0.5	50
3	0.6	0.5	50
4	0.8	0.5	50
5	1	0.5	50

Transvaser les solutions étalons et le blanc dans une série de fioles de 100ml puis ajouter pour chaque solution étalon 1 ml de la solution chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement. Ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3.5 et 5.5. Ajouter 2 ml de la solution de phénanthroline - 1,10 et conserver ainsi l'échantillon à l'obscurité pendant 15 mn. Effectuer la mesure au spectrophotomètre à la longueur d'onde 510 nm.

## Annexe

---

### Annexe 09. Dosage du manganèse - Méthode au persulfate d'ammonium

L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé comme suite :

Les 7 étalons suivants sont préparés, en versant les volumes respectifs de la solution fille et en complétant avec de l'eau distillée.

Numéro de la fiole	T	1	2	3	4	5	6	7
Solution étalon de manganèse à 10mg/l (ml)	0	0.5	1	2	4	8	10	20
Eau distillée (ml)	100	99.5	99	98	96	92	90	80
Solution d'acide nitrique (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
Solution de nitrate de mercure (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
Solution de nitrate d'argent (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Chauffer à ébullition pendant 5 minutes</b>								
Acide phosphorique à 85% (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1
Solution de persulfate d'ammonium (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Chauffer à ébullition pendant 10minutes</b>								
<b>Laissez refroidir et compléter à 100ml</b>								
Correspondance en mg/l	0	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1	2

Les 7 étalons plus le blanc sont préparés en versant les volumes respectifs de la solution fille, en complétant avec de l'eau distillée et ajoutant à chacune des solutions :

- 5 ml d'acide nitrique
- Puis 5 ml de solution de nitrate de mercure.
- Puis 0,5 ml de nitrate d'argent.
- Agiter soigneusement.
- Placer les étalons sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 5 min.
- Retirer de la plaque rapidement puis.
- Ajouter 1 ml d'acide phosphorique concentré à 85 %
- Et 10 ml de persulfate d'ammonium.
- Replacer de nouveau sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 10 mn.
- Retirer de la plaque et laisser refroidir.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 525 nm

## Annexe

### Annexe 10. Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques obtenus des eaux brutes du barrage Keddara

	Température C°			pH			Conductivité µs/cm			Turbidité (NTU)		
Date	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	15	14	15	8,1	8,1	8,2	930	920	925	6,1	95	1637
26/04/2022	20	18	17	8,20	8,00	7,90	979	964	979	3,6	6,6	9,31
24/05/2022	26	19	18	8,2	7,9	7,8	928	936	977	4,9	8,5	48
Norme Algérienne	<b>25</b>			<b>6.5-9</b>			<b>2800</b>			<b>5</b>		
	Ca <sup>2+</sup> mg/l			Mg <sup>2+</sup> mg/l			TAC(f°)			TH°(f°)		
Date	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	56	67,2	72	72	43,68	41,76	19,2	19,2	20	44	35	46,4
26/04/2022	68,8	88	92,8	46,8	34,08	33,12	22,4	20	20	36,4	36,2	37
24/05/2022	72	76	77,6	48	50,4	35,04	27,2	28	28	38	40	34
Norme Algérienne	<b>200</b>			<b>150</b>			<b>1.2</b>			<b>40</b>		

## Annexe

Date	M.O (mg O <sub>2</sub> /l)			O <sub>2</sub> dissous (mg/l)			DCO (O <sub>2</sub> /l)			DBO <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> /l)		
	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	3,07	3,6	3,6	6,5	6,3	6,2	0,036	0,052	0,131	16,9	16,9	17,3
26/04/2022	3,95	4,63	7,91	9,50	9,00	8,50	0,074	0,158	0,009	7	4,8	7
24/05/2022	6,3	5,70	4,50	9	8,9	8,5	0,177	0,161	0,181	14,1	15,5	18,3
Norme Algérienne	-			5 - 8			20 - 40			7		

Date	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)		
	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	0,006	0,04	0,076	7,78	5,12	5,34	0,031	0,175	0,135	0,004	0,02	0,028
26/04/2022	0,222	0,049	0,02	3,74	5,74	3,68	0,41	0,043	0,063	0,037	0,007	0,005
24/05/2022	0,215	0,025	0,09	7,56	10,48	12,77	0,015	0,015	0,086	0,039	0,045	0,049
Norme Algérienne	0.2			50			5			0.5		

## Annexe

Date	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)			Mn <sup>2+</sup> (mg/l)			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)			Cl <sup>-</sup> (mg/l)		
	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	0,02	0,16	0,3	0,05	0,374	0,9	156,44	217,64	280,46	74,5	70,9	78
26/04/2022	0,015	0,02	0,017	0,056	0,039	0,032	170,99	221,4	294,95	68,08	75,16	77,9
24/05/2022	0,07	0,053	1,51	0,026	0,021	0,158	393,2	386	371	92,17	56,72	56,72
Norme Algérienne	<b>0.3</b>			<b>0.05</b>			<b>400</b>			<b>250</b>		

Date	Coliformes totaux UFC/ml			Entérocoques UFC/ml		
	Surface	Intemediaire	Profondeur	Surface	Intermediaire	Profondeur
30/03/2022	2	2	9	2	5,3	165,2
26/04/2022	24,19	24,19	24,19	2	5	0
25/05/2022	216,2	26,1	260,3	235,2	19,6	116,6
Norme Algérienne	<b>0</b>			<b>0</b>		