

N° Ref :.....



## Université Abdelhafid BOUSSOUF-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

### Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Ecologie et Environnement.  
Spécialité : Protection Des Ecosystèmes.

#### Thème

### **Etude Physico-Chimiques Et Microbiologiques Des Eaux Introduites Dans Le Barrage Beni-Haroun (Wilaya De Mila)**

#### ❖ Présenté par :

- BELLI Abed halim
- BENDJEDDOU Yousef
- BENZERROUK Mohammed Saleh

#### ❖ Devant le jury composé de :

- |                            |                         |           |
|----------------------------|-------------------------|-----------|
| - Mr. BOUCHAREB Noureddine | Maitre de conférences-B | Président |
| - Mme. AYED Wissem         | Maitre de conférences-B | Examineur |
| - Mme. BOUDRAA Wahiba      | Maitre de conférences-B | Encadreur |

« Année Universitaire : 2020/2021 »



# Remerciements



*En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nous remercions très sincèrement les membres du jury d'avoir bien voulu accepter d'évaluer notre travail :*

*Nous remercions le Docteur BOUHAREB Noureddine de nos avoir fait l'honneur de présider le jury et évaluer ce modeste travail.*

*Nos remerciements sincères pour Le Docteur AYED Wissem d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à notre encadrant le Docteur BOUDRAA Wahiba pour son encadrement, conseils et sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire de fin d'étude.*

*Nous adressons aussi nos reconnaissances à notre Professeur BOUNAMOUS Azzedine pour nous avoir donné de son temps et pour son bien accueil dans son laboratoire.*

*À travers lui, nous tenons remercier le Docteur LALAOUI Meryem qui nous a donnée l'aide d'effectuer ce travail partie étude de physico-chimie notre travail dans le laboratoire des sciences naturelles et des matériaux (LSNM) à l'Université Abdelhafid Boussouf- Mila.*

*Nos sincères remerciements vont à tous nos enseignants et les responsables de laboratoire du Département de Biologie de l'Université de Mila.*

*Merci à toutes les personnes qui Nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de cetravail.*

« MERCI »





## **DEDICACE**

*Je dédie cet humble travail :*

*Au tout puissant Allâh*

*A mes très chers respectueux parents*

*Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection, je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler  
Puisse dieu tout puissant vous garder et vous procurer santé et bonheur.*

*A ma famille en témoignage de mon profond respect.*

*A mes amies et mes camarades*

*En témoignage de ma sincère amitié, veuillez trouver dans ce travail, mon profond hommage.*

*A tous ceux qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail.*



*Youcef*





## DEDICACE

*✿ Je dédie cette thèse à ... ✍*

*Au tout puissant Allâh*

*A mes parents pour tous les sacrifices consentis, pour ses encouragements et son soutien moral .*

*A mes frères pour leur disponibilités, leur soutien moral leur encouragement.*

*A mes neveux; youcef et Mohammed.*

*A tout mes collègues et amies.*

*J'exprime toute ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin ne serait-ce que par le simple signe d'encouragement.*



*Abd El halim*





## *DEDICACE*

### *Au tout puissant Allâh*

*En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec  
une grande fierté à tous ceux qui me sont chers:*

*Ma très chère mère **AKILLA**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son  
amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils,  
pour toute son assistance et sa Présence dans ma vie.*

*Mon très cher père **MANSOUR** qui peut être fier et trouver ici le résultat  
de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer  
dans la vie. Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à ma  
portée pour que je suis puisse vous combler de bonheur.*

*A mes chers frères : **SALIM, ADEL, FOUZI, ABD ELHDI, Aymen.***

*A tous mes chères amies, et mes collègues de la  
« Promotion Master Ecologie » de l'Université de Mila.*

*A tous ceux qui me sont chers.*



*Mohammed Saleh*



## Résumé

Le barrage de Beni-Haroun est l'ouvrage de la réserve en eau le plus important en Algérie. Les cours d'eau, et les oueds qui alimentent cette structure subissent l'impact nocif de la démographie, l'industrie et l'agriculture. Cette étude est une contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique (T°, pH, conductivité, nitrite, phosphate,...ect) et microbiologique (coliformes totaux et thermo-tolérant, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteurs) des eaux qui alimentent ce barrage. Les polluants sont présents dans toutes les stations de prélèvement avec un taux de concentration relatif.

Les résultats obtenus montrent une contamination au niveau d'Oued Radjas et Oued Rhumel se caractérisent principalement par des fortes teneurs en NID (16,08 µmol/L, 15,20 µmol/L respectivement), et de PO<sub>4</sub> (17,28 µmol/L, 13,06 µmol/L), aussi forte teneur en nitrite NO<sub>2</sub> (17,31 µmol/L, 15,74 µmol/L), par contre une faible teneur de NO<sub>3</sub> ne dépasse pas (0,044 µmol/L), au niveau de Oued Rhumel et Oued El-Kotone. Également les résultats des analyses bactériologiques montrent une richesse de ces eaux en germes indicatrices de contamination fécale avec valeurs maximales de (18x10<sup>4</sup> CT/ml), enregistrés aussi au niveau d'Oued Rhumel un nombre indéterminé des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs. Spécifiquement remarqué la présence de germes pathogènes qui sont capables de causer des maladies pour l'homme et l'animal. On a isolé et identifié la bactérie suivante : *Salmonella*, spp.

La concentration maximale est enregistrée au niveau de la troisième station tandis que la valeur minimale remarquable au niveau de la deuxième station.

**Mots clés :** Barrage, Azote, Phosphore, Silicium, Azote inorganique, *Salmonella*, Pollution des eaux.

## Abstract

The dam of Beni-Haroun is the work of the water reserve the most mattering in Algeri Streams, and owed which feed this structure undergo the harmful impact of the demography, the industry and the agriculture.

This study is a contribution has the evaluation of the physico-chemical quality (T °, pH, conductivity, nitrite, phosphate.... etc). And microbiological (coliformes totals and thermo-tolerating, faecal Streptococci and sulfito-reducing Clostridium) waters which feed this dam, Pollutants are present in all the stations with a relative rate of concentration.

The results obtained show contamination at the level of Oued Radjas and Oued Rhumel are mainly characterized by high levels of NID (16.08  $\mu\text{mol/L}$ , 15.20  $\mu\text{mol/L}$  respectively), and PO<sub>4</sub> (17.28  $\mu\text{mol/L}$ , 13.06  $\mu\text{mol/L}$ ), as high content of nitrite NO<sub>2</sub> (17.31  $\mu\text{mol/L}$ , 15.74  $\mu\text{mol/L}$ ), on the other hand and low NO<sub>3</sub> content (0.044  $\mu\text{mol/L}$ ) at the level of Oued Rhumel and Oued El-Kotone on the other hand a low NO<sub>3</sub> content does not exceed (0.044  $\mu\text{M}$ ). Also the results of bacteriological analyzes show a richness of these waters in germs indicative of fecal contamination with maximum values of (18x10<sup>4</sup> CT/ml), also recorded at the level of Oued Rhumel an indeterminate number of spores of Clostridium sulfito-reducing. Specifically noticed the presence of pathogenic germs that are capable of causing diseases for humans and animals. The following bacteria have been isolated and identified: Salmonella spp.

The maximum concentration is recorded at the third station while the outstanding minimum value at the second station.

**Keywords:** *Dam, Nitrogen, Phosphorus, Silicon, Inorganic nitrogen, Salmonella, Water Pollution.*

## المخلص

يعتبر سد بني هارون أهم احتياطي مائي في الجزائر. تتأثر الأنهار والوديان التي تغذي هذا الهيكل سلبيًا بالديموغرافيا والصناعة والزراعة. تساهم هذه الدراسة في تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والناقلية، والنترت، والفوسفات ..... الخ). والميكروبيولوجية (القولونيات الكلية والمتحملة للحرارة، والمكورات العقدية البرازية، والمطثيات المحتوية على الكبريت) للمياه التي تغذي هذا السد.

توجد الملوثات في جميع محطات أخذ العينات بمعدل تركيز نسبي حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود تلوث على مستوى واد رجااص و واد الرمال يتميزان بشكل أساسي بمحتويات عالية من الازوت اللاعضوي (16.08 ميكرو مول، 15.20 ميكرو مول على التوالي)، و الفسفور (17.28 ميكرومول، 13.06 ميكرو مول)، وكذلك محتوى عالي من النترت (17.31 ميكرو مول، 15.74 ميكرو مول). من ناحية أخرى والتركيز المنخفض من نترات لا يتجاوز (0.044 ميكرومول) على مستوى واد رمال و واد القطن. كما أظهرت نتائج التحاليل البكتريولوجية وفرة هذه المياه بالجراثيم مما يدل على تلوث برازي بقيم قصوى تبلغ ( $18 \times 10^4$  CT/ml)، كما سجلت على مستوى واد رمال عدد غير محدد من جراثيم الممرضة. و لوحظ على وجه التحديد وجود الجراثيم المسببة للأمراض القادرة على إحداث المرض للإنسان والحيوان. تم عزل وتحديد البكتريا التالية : السالمونيلا.

تم تسجيل أقصى تركيز في المحطة الثالثة بينما أدنى قيمة ملحوظة في المحطة الثانية.

**الكلمات المفتاحية :** السد، النيتروجين، الفوسفو، السيليسيوم، السالمونيلا، الازوت اللاعضوي، تلوث مياه.

# TABLE DES MATIERES

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

المخلص

Introduction ..... 1

## CHAPITRE I: Synthèse bibliographique

### Partie 01 : Généralités sur les eaux

1. Généralités sur les eaux.....	3
1.1. Définition de l'eau .....	3
1.2. Cycle naturel de l'eau .....	4
1.3. Ressource des eaux .....	5
1.3.1. Eau de surface.....	5
1.3.2. Eau souterrains .....	6
1.3.3. Eau de source.....	7
1.4. Propriétés de l'eau.....	7
1.4.1. Propriétés physique.....	8
1.4.2. Propriétés chimiques.....	8
1.4.3. Propriétés biologique.....	8
1.5. Répartition des eaux à l'échelle internationale .....	9
1.6. Utilisations de l'eau .....	10
1.6.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie .....	10
1.6.2. Utilisation de l'eau en agriculture .....	10
1.6.3. Autres utilisations .....	10

## TABLE DES MATIERES

### Partie 02 : Pollution de l'eau

2. Pollution de l'eau .....	11
2.1. Définition .....	11
2.2. Origine des pollutions .....	12
2.2.1. Pollution d'origine naturelle .....	12
2.2.2. Pollution d'origine anthropique .....	12
2.2.2.1. Pollution d'origine domestique .....	12
2.2.2.2. Pollution d'origine urbaine .....	12
2.2.2.3. Pollution d'origine agricole.....	13
2.2.2.4. Pollution d'origine industrielle.....	14
2.3. Les différents types de pollution des eaux .....	14
2.3.1. Pollution organique.....	14
2.3.1.1. Les pollutions organiques facilement biodégradables .....	14
2.3.1.2. Les pollutions organiques difficilement biodégradables.....	15
2.3.1.3. Les pollutions organiques toxiques .....	15
2.3.2. Pollution physique .....	15
2.3.2.1. Pollution thermique .....	15
2.3.2.2. Polluants radioactifs .....	15
2.3.2.3. Les matières en suspension .....	15
2.3.3. Pollution chimique.....	16
2.3.4. Pollution biologique .....	16
2.3.4.1. Les microorganismes polluants.....	16
2.3.4.2. Les matières organiques .....	17
2.3.5. Pollution par les éléments nutritifs .....	17

## TABLE DES MATIERES

2.3.6. La pollution par les métaux lourds .....	17
2.4. Mode de contamination des milieux aquatiques .....	18
2.4.1. Eaux superficielles.....	18
2.4.1.1. Rejets directs .....	18
2.4.1.2. Pollutions diffuses .....	18
2.4.2. Eaux souterraines.....	19
2.5. Paramètres de la qualité des eaux superficielles .....	20
2.5.1. Les paramètres physico-chimiques.....	20
2.5.1.1. Température (T °C).....	20
2.5.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	20
2.5.1.3. Conductivité électrique (CE) .....	21
2.5.1.4. Chlorure (Cl-).....	21
2.5.1.5. Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	21
2.5.1.6. Matières en suspension .....	22
2.5.1.7. Les Résidus Secs .....	22
2.5.1.8. Oxygène dissous.....	22
2.5.2. Paramètres relatives à pollution.....	23
2.5.2.1. La demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	23
2.5.2.2. La demande chimique en oxygène(DCO).....	23
2.5.3. Les différentes formes d'azote .....	23
2.5.3.1. L'Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	23
2.5.3.2. Les Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	24
2.5.3.3. Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	24
2.5.4. Les phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	24

## TABLE DES MATIERES

2.5.5. Le Silicium .....	25
2.5.6. TDS.....	25
2.6. Evaluation de la qualité des eaux .....	26
2.6.1. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau) .....	26
2.6.2. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles.....	26
2.6.3. Evaluation bactériologique des eaux .....	27
2.7. Maladies à transmission hydrique (MTH) .....	27
2.7.1. Fièvre Typhoïde.....	27
2.7.2. Choléra.....	28
2.7.3. Hépatites virales A et E .....	28
2.7.4. Dysenteries .....	29

## CHAPITRE II: Matériel et méthodes

### Partie 01 : Présentation de la zone d'étude

1. Localisation et présentation de la zone d'étude.....	30
1.1. La situation géographique.....	30
1.2. Les facteurs édaphiques .....	31
1.2.1. Ressource en sol .....	31
1.2.2. Les reliefs .....	31
1.2.3. Réseau hydrographique .....	32
1.3. Les facteurs climatiques.....	33
1.3.1. La pluviométrie.....	34
1.3.2. La température .....	35
1.3.3. Humidité .....	35
1.3.4. Le vent .....	36

## TABLE DES MATIERES

1.3.5. La synthèse climatique .....	37
1.3.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen .....	37
1.3.5.2. L'indice pluviothermique d'Emberger .....	38
1.4. Cadre biotique .....	39
1.4.1. La faune .....	39
1.4.2. L'avifaune.....	40
1.4.3. La flore .....	41
2. Présentation du bassin du Kebir-Rhumel .....	41
2.1. Principaux oueds du bassin Kebir-Rhumel .....	42
2.1.1. Oued Rhumel.....	42
2.1.2. Oued Endja .....	42
2.1.3. Oued El Kebir .....	42
2.1.4. Oued Boumerzoug .....	43
2.2. Climatologie.....	43
2.2.1. Pluviométrie.....	43
2.2.2. Le vent .....	43
3. Barrage de Béni Haroun .....	43
3.1. Situation et hydrologie du barrage .....	43
3.2. L'exploitation du barrage Beni-Haroun .....	45
 <b>Partie 02 : Méthodes de prélèvements hydrologiques et choix des sites</b>	
1. Méthodes d'analyses biogéochimiques .....	47
1.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NH <sub>3</sub> ).....	47
1.2. Dosage du Nitrates (NO <sub>3</sub> ) .....	49
1.3. Dosage du Nitrites (NO <sub>2</sub> ) .....	50
1.4. Dosage des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	51

## TABLE DES MATIERES

1.5. Dosage des silicates $\text{Si(OH)}_4$ ou $\text{SiO}_4$ .....	52
2. Analyses bactériologiques Échantillonnage .....	54
2.1. Échantillonnage.....	54
2.2. Mode de prélèvement.....	54
2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons .....	54
2.4. Transport et conservation de l'échantillon .....	55
2.5. La recherche et le dénombrement des germes revivifiables .....	55
2.6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>Escherichia coli</i> en milieu liquide .....	57
2.7. Recherche et dénombrement des Streptocoques en milieu liquide.....	60
2.8. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....	62
2.9. Recherche des germes pathogènes.....	64
2.9.1. Ensemencement sur gélose .....	64
2.9.2. Isolement et purification des souches .....	65
2.9.3. Recherche des staphylocoques .....	66
2.9.4. Tests complémentaires.....	67
2.9.5. Caractères enzymatique .....	68
2.9.6. La galerie API 20 E .....	69

### CHAPITRE III: Résultats et discussion

1. Résultats des paramètres physico-chimiques.....	71
1.1. La Température .....	72
1.2. Le PH .....	72
1.3. La Conductivité électrique .....	72
1.4. Le taux des sels dissous (TDS) .....	73

## TABLE DES MATIERES

1.5. Distribution des ortho-phosphates ( $\text{PO}_4$ ) .....	74
1.6. Les Nitrites ( $\text{NO}_2$ ) .....	75
1.7. Les Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) .....	77
1.8. L'azote ammoniacale ( $\text{NH}_4$ ) .....	78
1.9. Distribution des Ortho-silicates ( $\text{SiO}_4$ ) .....	80
1.10. Distribution de l'azote inorganique dissous ( $\text{NID} = \text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) .....	81
2. Résultats des paramètres microbiologiques .....	82
2.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables .....	83
2.2. Recherche et le dénombrement des témoins de contamination fécale.....	83
2.2.1. Coliformes totaux .....	83
2.2.2. Coliformes fécaux.....	84
2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	86
2.4. Recherche des bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs(ASR) .....	86
2.5. Recherche des germes pathogènes.....	86
2.5.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram .....	87
2.5.2. Résultats de la galerie API 20 E .....	91
<b>Conclusion.....</b>	<b>92</b>

### Références bibliographiques

### Annexes

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure n°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Molécule d'eau.	<b>3</b>
<b>2</b>	Cycle global de l'eau.	<b>5</b>
<b>3</b>	Répartition des ressources en eau entre 2000 et 2025 dans le monde.	<b>9</b>
<b>4</b>	La pollution comment ça marche.	<b>11</b>
<b>5</b>	Les ruissellements urbains.	<b>13</b>
<b>6</b>	Les pollutions accidentelles des eaux.	<b>16</b>
<b>7</b>	Effets généraux des polluants diffusent sur les habitats aquatiques.	<b>19</b>
<b>8</b>	Situation géographique et limites de la wilaya de Mila.	<b>30</b>
<b>9</b>	Carte des reliefs de la wilaya de Mila.	<b>32</b>
<b>10</b>	Le réseau hydrographique de la wilaya de Mila.	<b>33</b>
<b>11</b>	Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Mila.	<b>34</b>
<b>12</b>	Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Mila.	<b>35</b>
<b>13</b>	Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région d'étude Mila.	<b>36</b>
<b>14</b>	Variation de la moyenne les vents mensuelle dans la région d'étude Mila.	<b>36</b>
<b>15</b>	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila.	<b>37</b>
<b>16</b>	Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger.	<b>39</b>
<b>17</b>	La diversité faunistique de la région de Mila.	<b>39</b>
<b>18</b>	Liste des espèces des oiseaux terrestres présents dans la région de Mila.	<b>40</b>
<b>19</b>	Liste des espèces avifaunistiques observées au niveau du barrage de Beni Haroun et du barrage Sidi Khelifa.	<b>40</b>
<b>20</b>	Les différents types des forêts de la wilaya de Mila.	<b>41</b>
<b>21</b>	Carte géographique du bassin Kebir-Rhumel.	<b>42</b>
<b>22</b>	Situation géographique du barrage Beni Haroun.	<b>44</b>
<b>23</b>	Points des prélèvements hydrologiques a l'amont de barrage Beni-Haroun.	<b>46</b>
<b>24</b>	Dosage de l'azote ammoniacal.	<b>48</b>
<b>25</b>	Dosage du Nitrates.	<b>50</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>26</b>	Dosage du Nitrites (NO <sub>2</sub> ).	<b>51</b>
<b>27</b>	Dosage des phosphates.	<b>52</b>
<b>28</b>	Dosage des silicates Si(OH) <sub>4</sub> ou SiO <sub>4</sub> .	<b>53</b>
<b>29</b>	Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et 22°C dans l'eau.	<b>57</b>
<b>30</b>	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide.	<b>60</b>
<b>31</b>	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide.	<b>62</b>
<b>32</b>	Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito- réductrices.	<b>63</b>
<b>33</b>	Recherche et identification des Staphylocoques pathogènes.	<b>65</b>
<b>34</b>	Test de catalase.	<b>68</b>
<b>35</b>	Teste cogulase.	<b>69</b>
<b>36</b>	Système API 20 E	<b>70</b>
<b>37</b>	Concentrations moyennes des ortho-phosphates (µmol/L) à l'amont de barrage Beni- Haroune (20 avril 2021).	<b>74</b>
<b>38</b>	Concentrations moyennes des ortho-phosphates (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (23 mai 2021).	<b>75</b>
<b>39</b>	Concentrations moyennes des nitrites (µmol/l) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).	<b>76</b>
<b>40</b>	Concentrations moyennes des nitrites (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (23 mai 2021).	<b>77</b>
<b>41</b>	Concentrations moyennes des nitrates (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (20 avril 2021).	<b>78</b>
<b>42</b>	Concentrations moyennes des nitrates (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (23 mai 2021).	<b>78</b>
<b>43</b>	Concentrations moyennes des d'azote ammoniacal (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune(20 avril 2021).	<b>79</b>
<b>44</b>	Concentrations moyennes des d'azote ammoniacal (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (23 mai 2021).	<b>80</b>
<b>45</b>	Concentrations moyennes des des Ortho-silicates (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (20 avril 2021).	<b>80</b>
<b>46</b>	Concentrations moyennes des Ortho-silicates (µmol/l) à l'amont de barrage Beni- Haroune (23 mai 2021).	<b>81</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>47</b>	Concentrations moyennes d'azote inorganique dissous ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune.	<b>82</b>
<b>48</b>	Evolution du nombre de coliformes totaux.	<b>84</b>
<b>49</b>	L'évolution du nombre de coliformes fécaux dans les eaux des stations de prélèvement est présentée dans la figure ci-dessus.	<b>84</b>
<b>50</b>	Evolution du nombre des Streptocoques fécaux.	<b>85</b>
<b>51</b>	Résultats du dénombrement des ASR (Photo prise par les binômes le 21/04/2021).	<b>86</b>
<b>52</b>	Aspect des colonies sur gélose nutritive.	<b>87</b>
<b>53</b>	Aspect microscopique sur gélose nutritive (GN).	<b>87</b>
<b>54</b>	Aspect des colonies sur Chapman.	<b>88</b>
<b>55</b>	Aspect microscopique sur Chapman.	<b>88</b>
<b>56</b>	Aspect des colonies sur Héctoène.	<b>88</b>
<b>57</b>	Aspect microscopique sur Héctoène.	<b>88</b>
<b>58</b>	Aspect des colonies sur milieu SS.	<b>88</b>
<b>59</b>	Aspect microscopique sur milieu SS.	<b>88</b>
<b>60</b>	Aspect des colonies sur milieu Hektoen.	<b>89</b>
<b>61</b>	Aspect microscopique sur milieu Hektoen.	<b>89</b>
<b>62</b>	Aspect des colonies sur milieu GNAB.	<b>89</b>
<b>63</b>	Aspect microscopique sur milieu GNAB.	<b>89</b>
<b>64</b>	Aspect des colonies sur milieu Sabouraud (Station1).	<b>90</b>
<b>65</b>	Aspect microscopique sur milieu Sabouraud.	<b>90</b>
<b>66</b>	Aspect des colonies sur milieu Sabouraud (Station 3).	<b>90</b>
<b>67</b>	Résultats API 20E: Salmonella spp.	<b>91</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.	<b>6</b>
<b>2</b>	Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.	<b>21</b>
<b>3</b>	Caractéristiques de barrage Béni-Haroun.	<b>45</b>
<b>4</b>	Positionnement (latitude, longitude) des stations étudiées à l'amont de barrage Beni-Haroun.	<b>46</b>
<b>5</b>	Résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques et biochimiques.	<b>47</b>
<b>6</b>	Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie.	<b>66</b>
<b>7</b>	Variation des paramètres physico-chimiques à l'amont du barrage Beni-Haroun au niveau des stations (S1 à S4).	<b>71</b>
<b>8</b>	Recherche et du dénombrement des germes revivifiables.	<b>83</b>
<b>9</b>	Aspect macroscopique et microscopique des colonies.	<b>87</b>

## LISTE DES ABRIVIATIONS

<b>Abréviations</b>	<b>Significations</b>
°C	Degré Celsius.
$\lambda$	longueur d'onde.
<b>ABH</b>	Agence Du Bassin Hydrographique.
<b>ADH</b>	Arginine Dihydrolase.
<b>ANDS</b>	L'Agence Nationale De Documentation De la Santé.
<b>ANRH</b>	Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques.
<b>ASR</b>	Anaérobie sulfito-réducteur.
<b>BCR</b>	Béton Compacté Au Rouleau.
<b>BCPL S/C</b>	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol simple concentration.
<b>CE</b>	Conductivité Electrique.
<b>CF</b>	Coliformes fécaux.
<b>Cl-</b>	Chlorure.
<b>Cm</b>	Centimètre.
<b>Cm<sup>2</sup></b>	Centimètre Carré.
<b>COVID-19</b>	Corona virus 2019.
<b>CTI</b>	Citrate.
<b>DBO5</b>	Demande Biochimique En Oxygène.
<b>DCO</b>	Demande Chimique En Oxygène.
<b>galerie API</b>	Appareillage et Procédé d'Identification.
<b>GEL</b>	Gélatine.
<b>GN</b>	Gélose Nutritive Ordinaire.
<b>H<sup>+</sup></b>	L'ion Hydrogène.
<b>H2S</b>	Thiosulfate.
<b>Ha</b>	Hectare.
<b>HCl</b>	Chlorure d'hydrogène.
<b>Hm<sup>3</sup></b>	Hectomètre Cube.
<b>Km</b>	Kilomètre.
<b>Km<sup>2</sup></b>	Kilomètre Carré.
<b>LCD</b>	Lysine Décarboxylase.
<b>M</b>	Mètre.
<b>M<sup>3</sup></b>	Mètre Cube.
<b>MES</b>	Matières En Suspension.
<b>Mg</b>	Milligramme.

## LISTE DES ABRIVIATIONS

<b>Mg/l</b>	Milligramme Par Litre.
<b>Mm</b>	Millimètre.
<b>MTH</b>	Maladies A Transmission Hydrique.
<b>NID</b>	Azote inorganique dissous.
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Azote Ammoniacal.
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Les Nitrites.
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Les Nitrates.
<b>NPP</b>	Nombre le plus probable.
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxygène.
<b>ODC</b>	Ornithine Décarboxylase.
<b>OMS</b>	Organisation Mondial De La Santé.
<b>PAA</b>	Poliomyélite Aigüe Antérieure.
<b>PH</b>	Potentiel Hydrogène.
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	Les Phosphates.
<b>Roth S/C</b>	Bouillon à l'aide de sodium simple concentration.
<b>SEQ-Eau</b>	Le Système d'Evaluation De La Qualité De L'eau.
<b>SF</b>	Streptocoques fécaux.
<b>Si(OH)<sub>4</sub></b>	Acide Orthosilicique.
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	Sulfate.
<b>SS</b>	Salmonella-Shigella.
<b>T</b>	Température.
<b>TDS</b>	Total Des Solides Dissouts.
<b>TGEA</b>	Tryptone Glucose Extract AGAR.
<b>UFC</b>	Unité formatrice de colonie.
<b>US/EPA</b>	United States Environmental Protection Agency.
<b>URE</b>	Urée.
<b>VF</b>	Viande Foie.
<b>VHA</b>	Virus De L'hépatite A.
<b>VHE</b>	Virus De L'hépatite E.
<b>VP</b>	Pyruvate.
<b>Whatman GF/C</b>	Glass microfiberfilters.
<b>µg /l</b>	Microgramme Par Litre.
<b>µS/cm</b>	Microsiemens Par Centimètre.

## LISTE DES ABRIVIATIONS

$\mu\text{mol / l}$	Micromol Par Litre.
---------------------	---------------------

# « *Introduction* »



L'eau est un élément majeur du monde minéral et biologique ; c'est un bien collectif qui met en jeu une multitude d'intérêts contradictoires. La gestion des milieux aquatiques doit prendre en compte l'eau, mais également le milieu physique et les activités humaines qui y sont associées. L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H<sub>2</sub>O, elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux). Les caractéristiques topographiques, géologiques, pédologiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique **(Boukroma, N, 2008)**.

L'accroissement démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...). Les eaux usées des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées telles quelles dans l'environnement, car elles contiennent diverses sources de polluants organiques et minéraux **(Merabet, S., 2010)**.

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole (Bassompierre, 2007). Les chiffres publiés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2004 révèlent que chaque année 1,8 million de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivants pour la plupart dans les pays en voie de développement, meurent de maladies liées à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. L'eau est donc devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable. Certains affirment en effet qu'elle sera, au troisième millénaire, un enjeu de guerres comme le pétrole l'a été et l'est encore aujourd'hui **(Garcia-Armisen, 2006)**.

En outre, la pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos belles réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement. Cependant, les eaux souterraines représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine et autre. **(Margat, J., 1992)**.

Les milieux aquatiques font partie des écosystèmes les plus étudiés du fait de leurs intérêts écologiques et économiques. L'eau est, en effet, essentielle pour la survie de l'homme et de la faune, et indispensable pour le bon fonctionnement de nombreux secteurs de l'économie. Cependant, et à cause de l'amplification des activités humaines et l'urbanisation, certaines rivières sont soumises à de réelles agressions nuisibles principalement dans la partie aval de leur cours d'eau (**Gaujous, 1995**).

Comme le barrage Beni-Haroun wilaya de Mila, construit dans l'Est algérien, celui du Constantinois est bien engagé. Aussi, de par sa capacité (963 hm<sup>3</sup>) et son impact régional, il constitue actuellement le plus imposant aménagement hydraulique réalisé à travers le pays. Ce barrage mobilise les eaux de Oued Rhumel qui reçoit les rejets traités de la ville de Constantine et de Oued Endja ou se déversent un grand nombre de rejets sans aucun traitement préalable (**Merabet, S., 2010**).

Cette étude vise donc à étudier les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux introduites dans le barrage beni-haroune et se focalise sur les effets des activités anthropogéniques sur la biogéochimie de l'azote, phosphore et silicium à l'amont de barrage Beni-Haroune d'un part et l'effet bactériologique d'autre part.

Après une introduction qui pose le problème, le manuscrit est en conséquence structuré en quatre chapitres essentiels. Le premier chapitre est strictement documentaire qui définit et donne généralités sur les eaux et les grands points sur la pollution des eaux et les caractères biogéochimiques de l'ensemble des éléments étudiés. Le deuxième présente les caractéristiques géographiques de bassin Kebir-Rhumel et montre la méthode de travail, également le troisième chapitre présente l'essentiel des résultats obtenus. Enfin, ce travail s'achève par une conclusion générale qui donne les points fondamentaux.

# CHAPITRE I :

## « *Synthèse bibliographique* »



## Partie 01 : Généralités sur les eaux

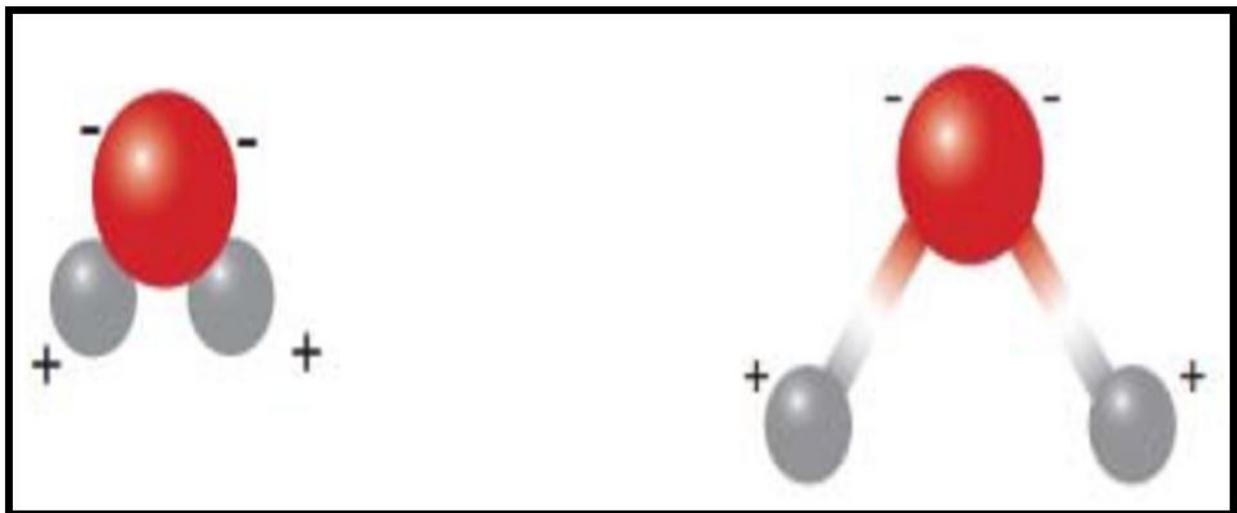
### 1. Généralités sur les eaux

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°. Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Hamed. M, Guettache. A, Bouamer. L, 2012**).

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (**Hamed. M, Guettache. A, Bouamer. L, 2012**).

#### 1.1. Définition de l'eau

L'eau appelée aussi Oxyde de dihydrogène, elle est partout présente dans la nature. C'est un composé liquide incolore, inodore, sans saveur, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation et sa composition de différents sels minéraux, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau est un corps pur dont la molécule est composée de deux atomes d'hydrogène (H) reliés à un atome d'oxygène (O). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O. Voici deux représentations de la molécule d'eau (**Bernard, 2007**).



**Figure 1 : Molécule d'eau (Anonyme 2).**

Généralement on ne peut survivre pendant plus de 2 jours sans eau ; on peut perdre 40% de son poids corporel, tout le glycogène, toute la graisse, la moitié de ses protéines et survivre encore. Mais la perte de 10% d'eau corporelle entraîne de graves conséquences surtout chez les nourrissons et les enfants. La perte de 20% entraîne la mort. **(Bernard, 2007)**.

## 1.2. Cycle naturel de l'eau

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents : Suivent leur nature chimique : organique ou minérale ; Suivent leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension. Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu , et d'autre part, l'eau et le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales **(Frank, 2002)**.

Dans les océans. Ce cycle assure une réserve renouvelable d'eau épurée pour les organismes terrestres, le cycle de l'eau a pour résultat un équilibre entre l'eau de l'océan, de la terre et de l'atmosphère. L'eau se déplace de l'atmosphère vers la terre et vers l'océan sous forme de précipitation : pluie, neige fondue ou grêle. Lorsque l'eau s'évapore de la surface de l'océan et du sol, des cours d'eau, des fleuves et des lacs, elle forme des nuages dans l'atmosphère, de plus la transpiration perte de vapeur d'eau provenant des plantes terrestre. Ajoute de l'eau à l'atmosphère, environ 97% de l'eau que les racines d'une plante absorbent du sol sont transportés vers les feuilles ou elle est transpirée **(Raven, 2009)**.

L'eau peut s'évaporer de la terre et retourner directement dans l'atmosphère, elle peut aussi couler dans les fleuves et les cours d'eau vers des estuaires côtiers ou l'eau douce rencontre l'océan **(Raven, 2009)**.

Le mouvement de l'eau à partir de la terre vers les fleuves, les lacs, les marécages et enfin l'océan est appelé ruissellement et la zone de terre drainée par le ruissellement est un bassin versant, l'eau s'infiltré aussi dans le sol et les roches et devient une nappe phréatique, l'eau douce stocké dans les cavités souterraines et des couches poreuses des roches, une nappe phréatique peut résider dans le sol pendant ontarien voir même des milliers d'années , mais elle définit toujours par fournir de l'eau au sol, à la végétation, aux cours d'eau, aux fleuves, et à l'océan, qu'elle soit solide, liquide, ou sous forme de vapeur et quel que soit son lieu chaque molécule d'eau effectue un cycle, énormes quantité d'eau exécutent chaque année **(Raven, 2009)**.

Le volume d'eau qui pénètre dans l'atmosphère chaque année est d'environ 389500KM<sup>3</sup>. Les trois quarts de cette eau environ retournent dans l'océan directement sous forme de précipitation, le reste de cette eau tombe sur la terre (Raven, 2009).

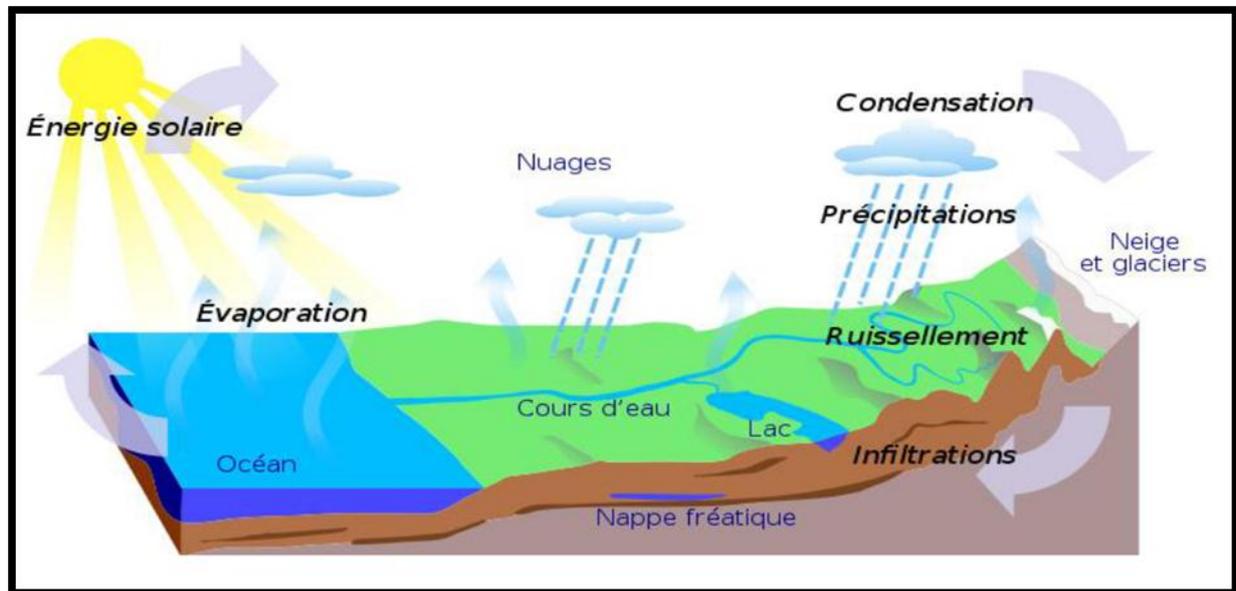


Figure 2 : Cycle global de l'eau (Anonyme 1).

### 1.3. Ressource des eaux

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrage, lacs, rivière), des eaux de surface, et en eaux de mer (Raven, 2009).

#### 1.3.1. Eau de surface

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau. Il convient ainsi de situer la prise d'eau en amont d'une source importante de pollution et de protéger cette prise d'eau en interdisant l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable (Kudri nee Belalia. Z, 2006).

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides peu minéralisées,...elles sont également vulnérables aux pollutions (**kudri nee Belalia. Z, 2006**).

### 1.3.2. Eau souterrains

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Mokdadi. H, Messai Ahmed. N, 2015**).

Les principales différences entre les eaux de surface et celles souterraines sont regroupées dans le (**Tableau 1**).

**Tableau 1** : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines  
(**Mokdadi. H, Messai Ahmed. N, 2015**).

Caractéristique	Eau de Surface	Eau de Souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable parfois élevée	Faible ou nul
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
Minéralisé globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe <sup>2+</sup> et Mn <sup>2+</sup>	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O <sub>2</sub> dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps
H <sub>2</sub> S	Généralement présente	Souvent présent
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite, Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactérie (dont certains pathogènes) virus, plancton (animale et végétale)	Ferme bactérie fréquents

### 1.3.3. Eau de source

Formées par les eaux d'infiltrations, elles constituent 20% des réserves d'eaux sur terre soit environ 1000 millions de m<sup>3</sup> ; Une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. A l'émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les mêmes limites ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définies pour les eaux potables. Une eau de source est exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées (Debabza, 2005).

## 1.4. Propriétés de l'eau

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau-glace, eau-vapeur, glace-vapeur selon les conditions de température et de pression (Bliefert, C, Perraud, R)

### 1.4.1. Propriétés physique

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

- ❖ **La Température d'ébullition** : anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C.
- ❖ **La masse volumique** : elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm<sup>3</sup>.
- ❖ **La viscosité** : elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures (Boglin, J).
- ❖ **La tension superficielle** : elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. Elle est extrêmement élevée ; égale à 73erg/cm à 18°C (Bliefert, C, Perraud, R).

#### 1.4.2. Propriétés chimiques

L'énergie de formation de la molécule d'eau est élevée (242 kJ/mol). Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures (**Boglin, J**) (**Bliefert, C, Perraud, R**).

#### 1.4.3. Propriétés biologique

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants (**Lallogo, H. 1992**).

#### 1.5. Répartition des eaux à l'échelle internationale

L'eau douce est très inégalement distribuée. Certaines régions bénéficient d'excédents considérables, c'est le cas par exemple du Canada, du Chili, de la Nouvelle-Zélande ou de la Norvège où les disponibilités en eau dépassent les 50000m<sup>3</sup> par personne et par an. D'autres, au contraire, souffrent chaque année de pénuries graves, c'est le cas des pays du Maghreb, du Golfe ou de l'Asie où les disponibilités en eau sont inférieures à 1000 m<sup>3</sup> par personne et par an (**Guichard, 2009**).

Ces régions vulnérables, souvent situées dans les pays en voie de développement, sont d'autant plus exposées que la croissance rapide de la population crée sur les ressources en eau une pression supplémentaire (**Guichard, 2009**).

La (**figure 3**) montre les prévisions de la disponibilité en eau en 2025, où l'Afrique occidentale et le moyen orient présenteront des besoins intenses (**Mutin, 2000**).

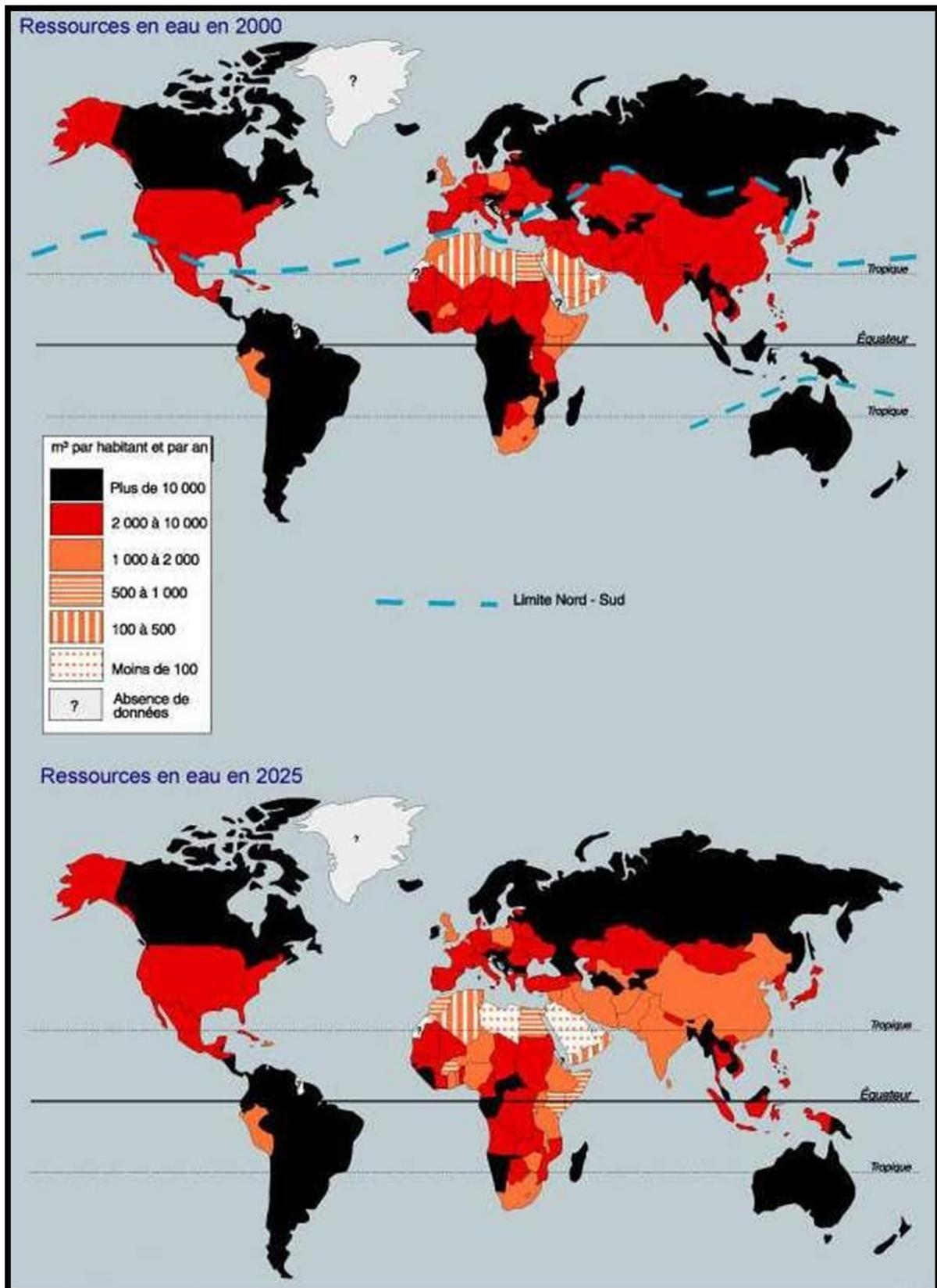


Figure 3 : Répartition des ressources en eau entre 2000 et 2025 dans le monde (Mutin, 2000).

## **1.6. Utilisations de l'eau**

### **1.6.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie**

Les qualités d'eau requises dépendent en particulier des usages de l'eau. Il est impossible de dresser une liste exhaustive de tous les usages que l'on peut faire de l'eau dans une usine. Tout au plus peut-on essayer de les regrouper dans les principales catégories. La diversité de ces utilisations et des exigences de qualité d'eau propres à chacune d'elles explique la complexité des problèmes de l'eau dans l'usine et des filières de traitement. Dans la mesure du possible, l'industriel et le constructeur rechercheront ensemble la meilleure solution technique, qui consistera souvent en un traitement centralisé de toute l'eau consommée dans l'usine, dénominateur commun de l'ensemble des besoins, en le complétant par des traitements spécifiques aux divers usages (**Touati, 2002**).

### **1.6.2. Utilisation de l'eau en agriculture**

En agriculture, l'eau permet d'irriguer les cultures et de laver les produits avant la commercialisation (**Gisèle, 2007**). L'eau d'irrigation a des effets sur la qualité des plantes et des sols : une eau salée déstabilise le sol, une eau chargée de résidus organiques ou métalliques nuit aux cultures (**Lothaire, 2000**).

### **1.6.3. Autres utilisations**

Outre l'industrie et l'agriculture, l'eau sert à plusieurs autres usages notamment :

- ✓ Les usages domestiques : boisson, bain, cuisine, vaisselle, lessive.
- ✓ Les usages pastoraux.
- ✓ Les usages institutionnels (écoles, hôpitaux...).
- ✓ L'environnement (débit des fleuves, besoins pour la vie aquatique).
- ✓ L'hydroélectricité.
- ✓ L'élimination des déchets solides et liquides.
- ✓ La pêche.
- ✓ La récréation.
- ✓ La navigation (**Gisèle, 2007**).

## Partie 2 : pollution de l'eau

## 2. Pollution de l'eau

## 2.1. Définition

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme (Ezziane, 2007).

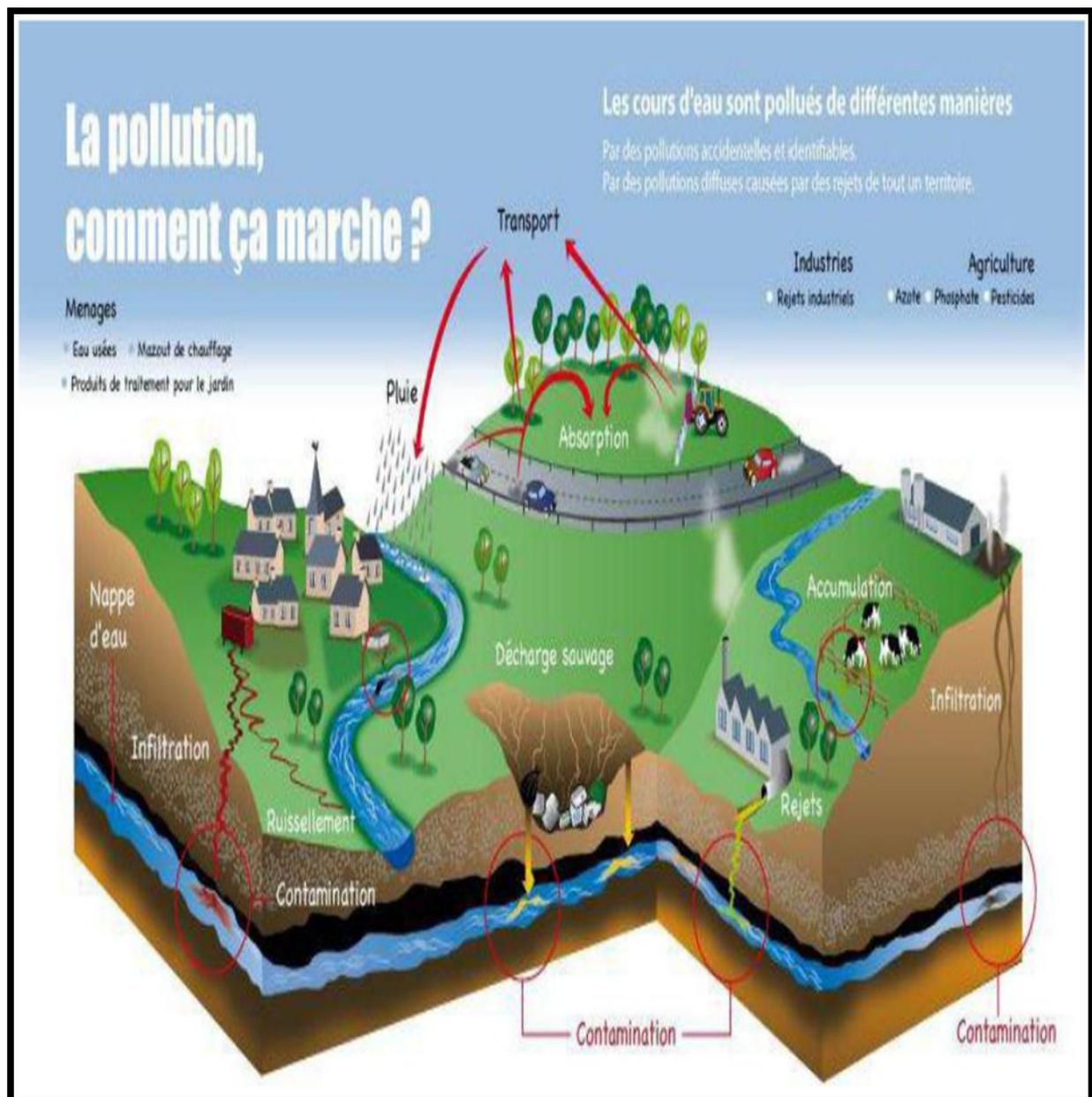


Figure 4 : La pollution comment ça marche (Detaille et al, 2013).

## 2.2. Origine des pollutions

La pollution a de nombreuses origines en relation avec le cycle de l'eau. Et tout ou presque est source de pollution pour ce bien si fragile qu'est l'eau. Quand elle ruisselle sur le sol, elle peut se charger de polluants provenant des routes, des jardins, des exploitations agricoles...etc. Quand elle s'infiltré dans le sol, elle peut entrer en contact avec des polluants échappant de décharges de déchets, d'ordures abandonnées en pleine nature, de produits chimiques. Sans oublier la contamination par des polluants rejetés en rivière par des installations industrielles on peut distinguer (**Bouزيد et Boukrra, 2008**).

### 2.2.1. Pollution d'origine naturelle

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques (sulfures, acides, poussières), des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons ou gisements d'éléments toxiques (mercure, arsenic, éléments radioactives) et la présence d'une source thermo-minérale (**Genin, 2003**).

### 2.2.2. Pollution d'origine anthropique

#### 2.2.2.1. Pollution d'origine domestique

Les rejets directs des eaux usées «domestique» dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Les effluents (rejets d'eaux usées) contiennent :

- ✓ Des germes fécaux.
- ✓ Des sels minéraux (d'azote et de potassium).
- ✓ Des détergents.
- ✓ De fortes teneurs en matières organiques (**Faurie et al, 2012**).

#### 2.2.2.2. Pollution d'origine urbaine

En milieu urbain les sources de pollution sont facilement identifiable (Herbert, 2000), ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique, ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par:

- ✓ Une teneur importante de matières minérales en suspension (sables, gravier, poussières).

- ✓ La présence de nombreux débris solides. Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures provenant essentiellement de lessivage des parkings, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (Genin, 2003).

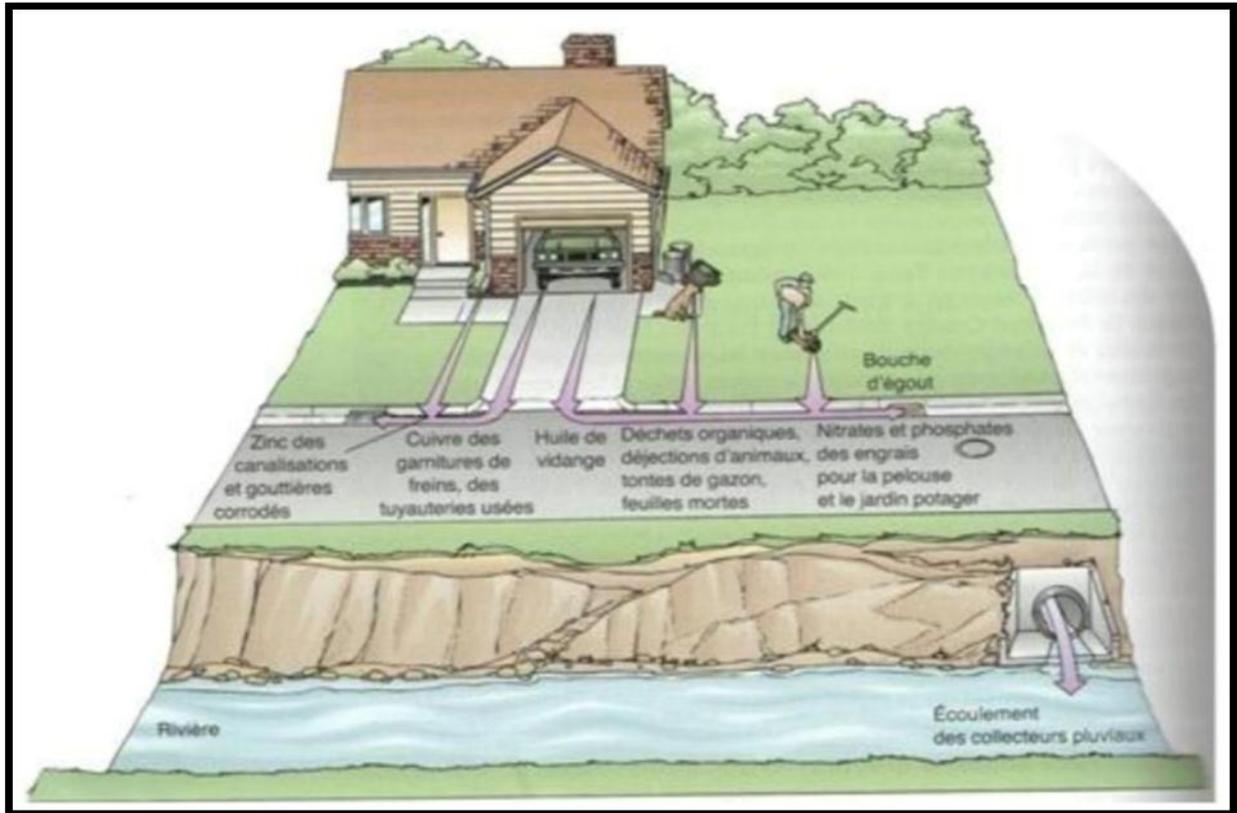


Figure 5 : Les ruissellements urbains (Raven *et al*, 2009).

### 2.2.2.3. Pollution d'origine agricole

L'agriculture et l'aquaculture sont les deux secteurs qui contribuent le plus à la pollution des eaux. Elles sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surfaces et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion de terres agricoles, des rejets de la matière organique (des boues), d'engrais chimiques (nitrates et phosphates), des pesticides, des bactéries proviennent des fumiers et purins d'élevage et des métaux (Tuffery, 1980). (Genin, 2003).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leurs épandages en excès pour le raisons agriculture intensive entraînent leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines (Hilliard et Reedyk, 2000).

#### 2.2.2.4. Pollution d'origine industrielle

Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, lavage, extraction, mise en solution...etc., et l'activité des usines (chimie de traitement de surface, agro-alimentaire...etc.). On peut retrouver dans l'eau qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles d'activité humaine :

- ✓ Matière organique et graisse (industrie agro-alimentaire, abattoir).
  - ✓ Hydrocarbures (raffineries).
  - ✓ Acides, bases, produits chimique divers (industries chimique et pharmaceutique).
  - ✓ Eau chaude des centrales thermiques.
  - ✓ Métiers radioactive (centrales nucléaires, centre de recherche hôpitaux).
  - ✓ Métaux lourds (traitement de la surface et métallurgie) (**Genin, 2003**).
- ❖ Ils peuvent avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire le pouvoir d'autoépuration de l'eau ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, substances et radioactives) (**Herbert, 2000**).

### 2.3. Les différents types de pollution des eaux

On distingue : la pollution organique, la pollution chimique et la pollution biologique.

#### 2.3.1. Pollution organique

C'est celle qu'est créé essentiellement, dans les collecteurs ou le milieu récepteur, des égouts urbains ou des égouts particuliers raccordés directement au milieu récepteur (**vailent, 1974**).

Il en existe trois types de pollution organiques : Les pollutions organiques facilement biodégradables ; les pollutions organiques difficilement biodégradables et les pollutions organiques toxiques (**Gisèle, 2007**).

##### 2.3.1.1. Les pollutions organiques facilement biodégradables

Il s'agit de matières organiques provenant d'activités biologiques : matières fécales et urines, déchets de l'élevage et des industries agroalimentaires ; feuilles, plantes et animaux morts. La nuisance qui en résulte est due aux germes pathogènes que peut contenir ces matières organiques ou due à une forte concentration de ces déchets qui annihilent le phénomène d'auto épuration naturelle. Cette pollution est souvent la plus grave, du moins la plus répandue (**Gisèle, 2007**).

### **2.3.1.2. Les pollutions organiques difficilement biodégradables**

Elles proviennent d'activités comme la fabrication de pâte à papier, de textiles, de cuirs et peau; ce sont aussi les détergents qui produisent des mousses diminuant la capacité d'oxygénation du cours d'eau. La dégradation par le milieu naturel de cette pollution est plus lente. Du fait de la dégradation difficile de ce type de pollution, leur nuisance résulte de leur accumulation dans le milieu naturel (**Gisèle, 2007**).

### **2.3.1.3. Les pollutions organiques toxiques**

Elles proviennent des industries pétrochimiques et des raffineries qui rejettent dans leurs effluents des quantités importantes de phénols et d'hydrocarbures. Certains pesticides utilisés en agriculture sont d'origine organique et l'on sait que ce sont des produits toxiques particulièrement nuisant pour la faune aquatique ; ils peuvent atteindre l'homme par accumulation dans la chaîne alimentaire. Ce type de pollution gênera ou empêchera totalement les mécanismes d'épuration (**Gisèle, 2007**).

## **2.3.2. Pollution physique**

### **2.3.2.1. Pollution thermique**

Les rejets d'eau chaude en particulier par les centrales électronucléaires peuvent provoquer une élévation anormale de la température, ce qui provoque des effets écologiques sur la vie aquatique (développement des micro-organismes comme les algues, et disparition d'autres espèces sensibles à la température) (**Dajoz, 2000**).

### **2.3.2.2. Polluants radioactifs**

Les déchets radioactifs demeurent le polluant physique le plus dangereux, les centrales nucléaires dégagent que des quantités limitées de déchets, mais le risque d'accidents subsiste et les problèmes radioactifs, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années (**Metiche, 2004**).

### **2.3.2.3. Les matières en suspension**

Les matières en suspension sont des particules fines d'origine minérale ou organique biodégradables ou non qui contribuent à la turbidité de l'eau (**Gérard, 2003**). Elles proviennent des rejets de toutes natures ainsi que les phénomènes d'érosion des sols en milieux ruraux (**Chocat, 1997**). Les matières en suspension diminuent les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Elles donnent par ailleurs aux

cours d'eau un aspect sal et trouble et peuvent gêner ou détruire la vie aquatique (Gérard, 2003).

### 2.3.3. Pollution chimique

Est créé généralement par les déversements industriels. Elle est plus ou moins nocive, selon la nature des substances dissoutes dans l'eau (ex : pollution par les phénols) et selon les concentrations de ces substances (Vaillant, 1974). La détérioration temporaire des masses d'eau n'est pas considérée comme une infraction si elle résulte de circonstances dues à des causes naturelles ou à des circonstances dues à des accidents qui n'auraient raisonnablement pas pu être prévus (Marchand *et al*, 2004).

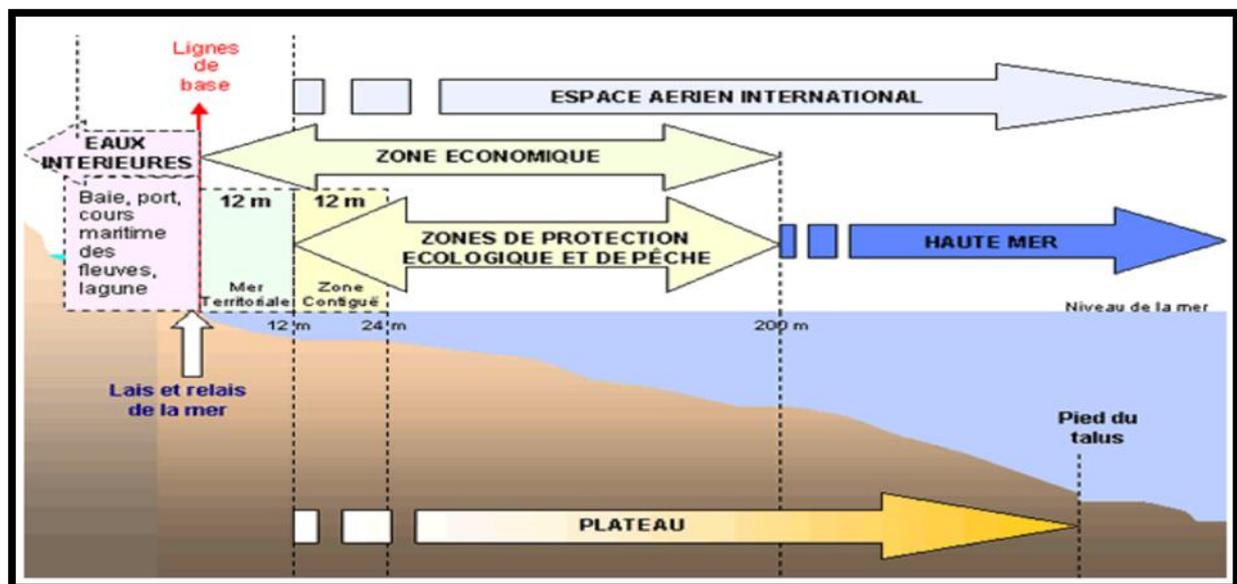


Figure 6 : Les pollutions accidentelles des eaux (Galax et Landry, 2009).

### 2.3.4. Pollution biologique

On distingue deux catégories de pollution de nature biologique : les microorganismes, et les matières organiques.

#### 2.3.4.1. Les microorganismes polluants

Selon Bousseboua (2005), les microorganismes polluants comprennent principalement des bactéries mais aussi des protozoaires, des champignons et des virus. Cette pollution soulève dans bien des cas de sérieux problèmes d'hygiène publique et d'épidémiologie. Car non traités, ces rejets contiennent des microorganismes pathogènes viables qui sont alors transportés par les eaux et disséminés sur leurs parcours (Brouillettet et Ouellet, 2003).

Selon Brouillet et Ouellet(2003), il existe trois grandes classes d'organismes pathogènes, soit:

- Les bactéries (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, etc.)
- Les virus (hépatiteA, norovirus, rotavirus, etc.).
- Les parasites (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*, etc) (Brouillet et Ouellet, 2003).

#### 2.3.4.2. Les matières organiques

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale des eaux peu profondes, dont l'origine principale est le drainage des sols où s'accumulent des matières végétales plus ou moins décomposées.

Selon Madoui (2011), les principaux composés organiques polluants sont des lipides, des protéines, des glucides, des savons, des détergents, des huiles minérales et des débris cellulose, auxquels s'ajoute leur produit de décomposition (Brouillet et Ouellet, 2003).

#### 2.3.5. Pollution par les éléments nutritifs

Dans les milieux aquatiques non affectés par les activités humaines, les éléments nutritifs (azote et phosphore) sont présents à faible concentration et assurent une croissance normale des plantes aquatiques. Ces éléments peuvent être fortement nocifs pour les eaux. Lorsqu'ils sont utilisés en excès (Herbert, 2000).

Deux secteurs principaux sont à l'origine de la pollution par les composés azotés et phosphorés:

- ❖ Les usées, résiduaux domestiques et industrielles ont souvent une teneur importante des composés phosphorés et azotés ;
- ❖ L'agriculture est une source diffuse responsable de la présence du phosphore et de l'azote dans les eaux de surface par utilisation intensive des engrais naturels ou de synthèse (Matte et al, 2002).

#### 2.3.6. La pollution par les métaux lourds

De nombreux métaux lourds sont responsables de la pollution des eaux ou leurs effets et leur disponibilité sont intimement liés à leurs formes chimiques. La pollution par les éléments traces métalliques est généralement d'origine industrielle mais elle peut également provenir de la lixiviation des déchets solides ménagers. Certains métaux ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût (fer, zinc, manganèse...), d'autres métaux, comme le

mercure, le cadmium, le plomb et le chrome sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et agricole (**Ramande, 2002**).

## **2.4. Mode de contamination des milieux aquatiques**

### **2.4.1. Eaux superficielles**

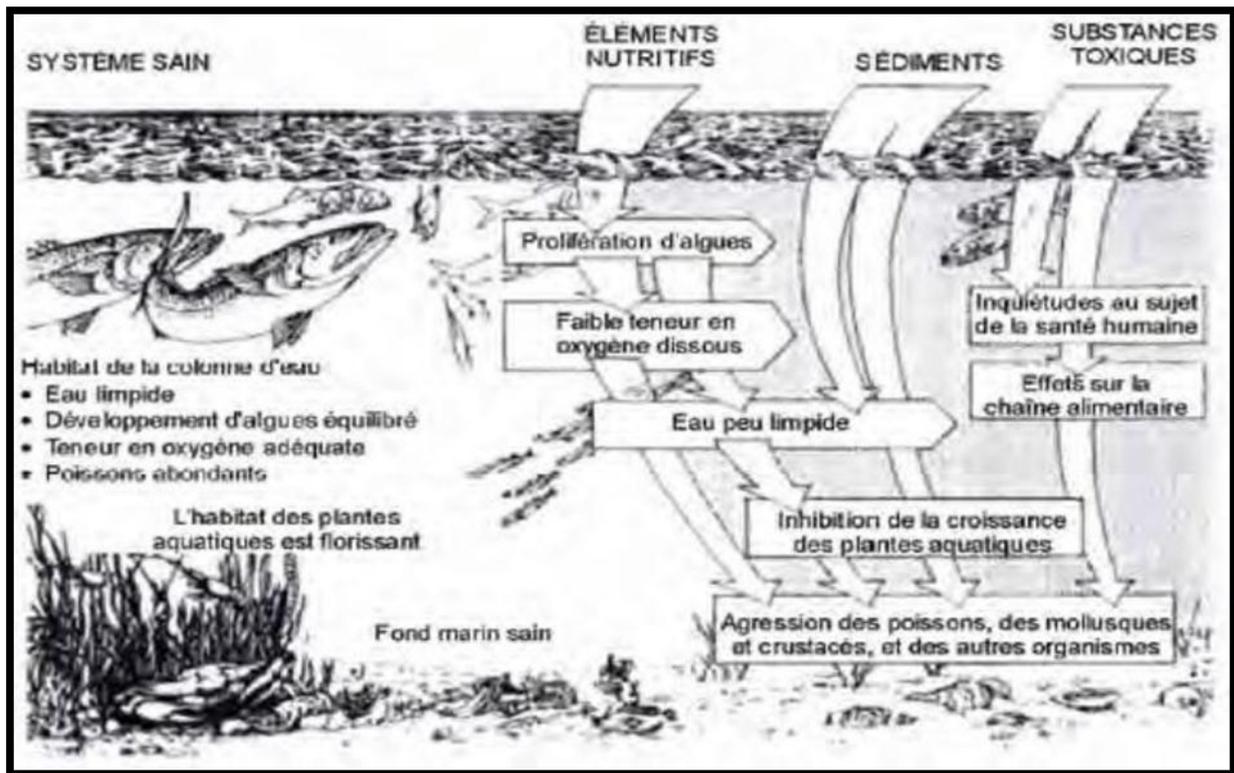
Deux modes de contamination par les pollutions toxiques peuvent être distingués : les rejets directs dans le milieu et les pollutions dites "diffuses" (**Boucheseiche et al, 2002**).

#### **2.4.1.1. Rejets directs**

Généralement connus, car le plus souvent soumis aux réglementations (déclaration ou autorisation), les rejets directs d'effluents domestiques, d'activités artisanales ou d'établissements industriels apportent une charge de polluants qui va se diluer dans le cours d'eau. La façon dont cette charge sera diluée et sa persistance dans la rivière vont définir le niveau d'exposition au toxique que subiront les organismes aquatiques. À chaque rejet, il sera possible d'établir une «zone d'influence» en son aval qui correspondra au tronçon de rivière sur lequel le polluant est présent avec un impact possible tant sur la vie aquatique que sur les autres usages du cours d'eau (notamment alimentation en eau potable). À noter que de manière générale, les polluants déversés dans un cours d'eau changent très rapidement de structure chimique en fonction des caractéristiques du cours d'eau (pH, température, dureté...). Ainsi, il n'est pas rare qu'une substance ou un élément dissous dans le rejet soit très vite adsorbé par les particules en suspension et les sédiments, ce qui contribue à alimenter des stocks de polluants, et inversement des polluants sous forme particulaire dans les rejets peuvent être remis en solution dès l'arrivée dans le milieu naturel, les rendant directement disponibles pour les organismes (**Boucheseiche et al.,2002**).

#### **4.3.1.2. Pollutions diffuses**

À la différence des rejets directs, il est difficile de localiser précisément les sources d'apports diffus en dehors du repérage des secteurs de bassin versant contribuant aux apports. Cependant, ces apports subissent un transfert entre la source et le milieu durant lequel les polluants sont potentiellement fixés ou dégradés. Les facteurs influençant ce transfert sont très nombreux (conditions climatiques, topographie, pédologie...) (**Boucheseiche et al, 2002**).



**Figure 7 :** Effets généraux des polluants diffusés sur les habitats aquatiques  
(Osseyrane, 2006.)

#### 2.4.2. Eaux souterraines

La contamination des eaux souterraines par des composés toxiques organiques même à faible concentration peut compromettre l'exploitation de la ressource pour l'alimentation en eau potable pour de très longues périodes. Les temps de transfert des polluants de la surface du sol vers la nappe puis au sein de l'aquifère peuvent être très longs : ils sont fonction des capacités de rétention des différents matériaux traversés, de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines et des possibilités de piégeage en fonction du contexte hydrogéologique et des situations hydrologiques (battement de la nappe). Ainsi, certaines pollutions restent parfois ignorées durant plusieurs dizaines d'années. Les principales causes de pollution toxique en nappe peuvent être attribuées :

- Aux fuites ou aux déversements de produits toxiques liquides en nappe.
- Au stockage ou au dépôt de déchets solides d'origine industrielle, sur des aires non étanches, au lessivage par les eaux de sites et sols pollués par des activités industrielles anciennes ou actuelles.

- À l'infiltration des eaux de ruissellement issues de surfaces imperméabilisées de parkings, routes et voitures, et contenant des polluants comme le plomb, les hydrocarbures (ou le sel de déneigement).
- Au stockage ou à l'enfouissement de déchets chimiques dans des carrières ou des mines désaffectées (fûts, bidons, de produits de haute toxicité) (**Boucheseiche et al, 2002**).

## 2.5. Paramètres de la qualité des eaux superficielles

Pour apprécier la qualité des eaux de surface, la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que la présence ou l'absence d'organismes et de microorganismes aquatiques est une nécessité. (**Boucheseiche et al, 2002**).

### 2.5.1. Les paramètres physico-chimiques

#### 2.5.1.1. Température (T °C)

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques sont accrues par la température d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. Dès que l'on augmente la température de l'eau, l'activité métabolique des organismes aquatiques est alors accélérée. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes (**Rodier, 1984**).

#### 2.5.1.2. Potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression  $\text{pH} = -\log H^+$  où  $H^+$  est l'activité de l'ion hydrogène  $H^+$  dans la solution (**Ramade, 1993**). Les équilibres physicochimiques sont conditionnés par le pH. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température, Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (Bremond et al, 1973). Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (**Rodier, 2009**).

### 2.5.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Généralement l'on considère que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 µS/cm et une conductivité de l'eau supérieure à 1500 µS/cm classe alors une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Pour les usages industriels, l'interprétation des résultats doit se faire en fonction d'une analyse complète de l'eau retenons, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et que l'identification des éléments chimiques en cause est assez difficile (Rodier, 2009).

**Tableau 2** : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier, 2009).

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 µs /cm	Minéralisation Très Faible
100 < C.E < 200 µs /cm	Minéralisation Faible
200 < C.E < 333 µs / cm	Minéralisation Moyenne
333 < C.E < 666 µs / cm	Minéralisation Moyenne Accentée
666 < C.E < 1000 µs/ cm	Minéralisation Importante
C.E > 1000 µs/cm	Minéralisation Elevée

### 2.5.1.4. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)

Les chlorures sont fréquents dans les réserves d'eaux douces à un taux de 10 mg/l à 100mg/l. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées (Nalco, 1983). Les chlorures (Cl<sup>-</sup>) doivent être particulièrement suivis Les teneurs en chlorures des eaux de surface sont extrêmement variées. Elles sont principalement liées à la nature des terrains traversés (Rodier, 1984).

### 2.5.1.5. Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux. Les teneurs en sulfates des eaux naturelles sont variables, de 5 à 200 mg/l. Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates (Rodier, 1984).

#### 2.5.1.6. Matières en suspension

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée (**Ramade, 1993**).

Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion naturelle, les détritiques d'origine organique (débris végétaux...etc.) et le plancton. La nature de MES est donc souvent minérale et leur taux relativement bas sauf en périodes de crues des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais exemptes de matière en suspension et on admet une teneur inférieure à 30 mg/l (**Afri Mehannaoui, 1998**).

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse. Les MES peuvent provenir de plusieurs origines :

- Érosion des sols des versants et des sols de fonds de vallée
- Érosion du chenal : érosion des berges et du fond du ruisseau
- Développement de plancton
- Divers : eaux urbaines, émissions industrielles (**Le François, J, 2007**).

#### 2.5.1.7. Les Résidus Secs

Reliquat obtenu à partir d'un prélèvement d'échantillon après dessiccation totale au four à 105 °C, c'est un indicateur qui exprime le taux de minéraux (**Barkat k, 2016**).

#### 2.5.1.8. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. Dans les eaux de surface, l'oxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. La concentration dépend également de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. Une teneur en oxygène inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre d'eau, indique un état proche de

l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments (Rodier, 2009).

### 2.5.2. Paramètres relatifs à la pollution

#### 2.5.2.1. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO après  $n$  jours d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et /ou inorganiques (Frank, 2002).

La DBO est mesurée au bout de 5 jours (=DBO5), à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O<sub>2</sub>) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite). Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O<sub>2</sub>, le second à la mesure de la concentration résiduaire en O<sub>2</sub> au bout de 5 jours. La DBO5 est la différence entre ces 2 concentrations. Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20°C. Afin de mesurer la totalité de la demande, l'O<sub>2</sub> ne doit pas devenir facteur limitant de l'activité microbienne (Segana, 2001).

#### 2.5.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier et al, 2005).

### 2.5.3. Les différentes formes d'azote

#### 2.5.3.1. L'Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (Bremond et al., 1973). L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH<sub>3</sub><sup>+</sup>/l (De Villers et al, 2005).

### 2.5.3.2. Les Nitrites (NO<sub>2</sub>-)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de 3 mg NO<sub>2</sub>-/l (De Villers *et al*, 2005).

### 2.5.3.3. Les nitrates (NO<sub>3</sub>-)

L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, est un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre il a donné lieu, au même titre qu'au phosphore, à des études intensives sur le terrain. Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (Bremond *et al*, 1973).

Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes (De Villers *et al*, 2005). Dans les effluents riches en azote organique (protéines, acides aminés, urée...), Les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés «nitrification », sont très sensibles à la présence de substances toxiques (métaux, pesticides) et aux faibles températures (Barkat k, 2016).

### 2.5.4. Les phosphates (PO<sub>4</sub>-3)

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...) (Bremond *et al*, 1973). Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho phosphates mais également les poly phosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 µg P/l) (De Villers *et al*, 2005).

### 2.5.5. Le Silicium

Le silicium n'est pas un composant de la matière vivante proprement dite mais il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins comme les algues siliceuses, certains radiolaires, les diatomées. Bien que cet élément soit l'un des plus abondants de l'écorce terrestre, sa concentration dans l'eau de mer peut devenir insuffisante par suite de sa très faible solubilité dans l'eau. Au pH habituel de l'eau de mer (= 8,2), le silicium dissous se trouve à 95% sous la forme d'acide orthosilicique  $\text{Si(OH)}_4$  et 5% sous forme ionisée  $\text{SiO(OH)}_3^-$ . En plus du silicium à l'état dissous, les eaux de mer contiennent du silicium à l'état particulaire de nature biogénique (frustules de diatomées), terrigène ou cosmique. Mais ce silicium n'est pas directement assimilable par les organismes vivants ; il ne constitue pas un élément nutritif et n'entre pas en compte dans les études. Les concentrations en silicium dissous varient en fonction de l'origine et la nature des eaux. La silice pure est un minéral dur. Elle existe sous des formes variées dans la nature :

- ✓ Principal constituant des roches sédimentaires détritiques (sables, grès), elle représente 27% de la croûte terrestre ;
- ✓ Fréquente dans les roches métamorphiques ;
- ✓ Fréquente dans les roches magmatiques : quartz dans les roches magmatiques acides, cristallisée ou amorphe dans les roches volcaniques.

La silice se présente soit sous forme de cristaux non-moléculaires formés de motifs tétraédriques  $\text{SiO}_4$  liés entre eux par les atomes d'oxygène de façon régulière, comme dans le quartz, soit sous forme amorphe, comme dans le verre (Chifflet *et al.*, 2004).

### 2.5.6. TDS

TDS signifie total des solides dissouts et représente la concentration totale des substances dissoutes qui peuvent passer un filtre de porosité  $0,45 \mu\text{m}$  (les sels minéraux, les matières organiques et d'autres matières dissoutes) dans l'eau (US/EPA, 2001), assimilés ou confondus avec la salinité de l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions. Une haute concentration de solide dissoute seule n'est pas dangereuse pour la santé.

Ces minéraux peuvent provenir des sources d'eau minérales contenues dans l'eau avec un taux élevé de solides dissouts parce qu'elles ont coulé à travers des régions où les roches

contiennent beaucoup de sel. L'eau dans les prairies contient beaucoup de solides dissouts dus aux fortes quantités de calcium et magnésium dans le sol. Ces minéraux peuvent aussi provenir d'activités humaines. Les eaux de ruissellement agricoles et urbaines peuvent provoquer un surplus de minéraux dans les sources d'eaux comme les bassins d'eaux usées, eaux usées industrielles et le sel qui est utilisé pour dégivrer les routes.

## **2.6. Evaluation de la qualité des eaux**

Différents outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau sont utilisés. La qualité physicochimique des eaux est évaluée selon le système d'évaluation de la qualité (**SEQ-Eau**).

### **2.6.1. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau)**

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités. Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques, le SEQ eau, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées (**Boissonneault, 2009**).

### **2.6.2. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles**

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages des cours d'eau. l'ABH est inspiré du SEQ eau pour classer les eaux superficielles. Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles.

### 2.6.3. Evaluation bactériologique des eaux

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont Certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique (**Hébert et L'égare, 2000**).

Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastro-entérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (Coliformes termotolérants) et les *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisées pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux (**Denis,B., Sauvaire, M.,2013**).

### 2.7. Maladies à transmission hydrique (MTH)

Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine (**Annexe 01**) :

- Bactérienne : fièvre typhoïde, choléra, gastro-entérite...
- Virale : PAA, hépatite A et E....
- Parasitaire : amibiase, oxyures, bilharziose, ténia....

Elles se transmettent par :

Eau de boisson, Le lait, Les mains, Les légumes qui se mangent crus (salades, radis, carottes...etc. arrosés avec des eaux usées), les coquillages ramassés à proximité du point de déversement des égouts, les sources d'eau (puits) qui sont à proximité d'un cabinet d'hygiène défectueux.

#### ❖ Bactérienne

##### 2.7.1. Fièvre Typhoïde

- Elle représente actuellement 47% de l'ensemble des MTH déclarées.
- Maladie infectieuse aigue spécifique à l'homme.

✓ **Agent pathogène** : Salmonelles majeurs :

-*Salmonella typhi* (bacille d'Eberth)

-*Salmonella paratyphi* A, B, C.

-Entérobactérie gram négatif.

-Munie d'une endotoxine. Résistante dans le milieu extérieur, particulièrement dans l'eau.

- Cliniquement : Elle se manifeste par une symptomatologie digestive et générale secondaire à la multiplication de la bactérie dans l'intestin et son passage après dans le sang.
- Diagnostic positif : hémoculture, coproculture, sérodiagnostic de « Widal et Félix ».

✓ **Transmission**

-Direct : inter humaine (selles, linge souillé mains sales).

-Indirect : eau et aliments contaminés.

### **2.7.2. Choléra**

- Infection intestinale diarrhéique sévère due aux vibrions cholériques

✓ **Agent pathogène**

-Vibron choléra O1

-Bacille gram négatif.

-2 agents occasionnent le choléra : vibron classique et le vibron choléra El Tor.

✓ **Réservoir**

-En période d'épidémie : homme (malades, porteurs sains).

-En période inter épidémique : environnement

Milieu hydrique (eau douce, milieu marin).

✓ **Transmission**

-Direct : Inter humaine par manipulation de produits contaminés ou de cadavres : maladie de mains sales.

-Indirect : eau et aliments souillés.

- Clinique : le tableau typique : l'aspect purement hydrique des selles, la déshydratation.
- Diagnostic positif : coproculture et sérologie.

❖ **Virale**

### **2.7.3. Hépatites virales A et E**

• Hépatite est une inflammation du foie secondaire à l'infection des hépatocytes par plusieurs types de virus dont le VHA et le VHE.

-Hépatite A : maladie infantile bénigne.

-Hépatite E : touche les adulte, la mortalité est importante (80%) surtout chez la femme enceinte.

✓ **Agent pathogène**

-VHA: picornavirus, résistant aux antiseptiques et à la chaleur.

-VHE: moins résistant dans le milieu extérieur, plus sensible aux désinfectants et au chlore.

-VHA et VHE sont éliminés dans les selles.

- ✓ **Transmission:** l'eau polluée est la principale source de contamination pour ces hépatites épidémiques.

❖ **D'origine bactérienne ou parasitaire :**

**2.7.4. Dysenteries**

**A. Shigelloses**

- Recto-colite aiguë fébrile, due à des bactéries du genre *Shigella*.

- ✓ **Agent pathogène Entérobactérie**, Gram négatif. 4 sous-groupes : les bacilles dysentériques A, B, C et D.

- Clinique : syndrome dysentérique (diarrhées liquides glaireuses et sanglantes).

✓ **Transmission**

-Direct : Infection manu portée.

-Indirect : Aliments souillés et consommés crus (irrigation par des eaux usées). Les mouches.

**B. Amibiase**

- Affection parasitaire colique extrêmement fréquente en Algérie.
- Due à l'amibe *Entamoeba histolytica*.

✓ **Agent pathogène :**

-Protozoaire, fragile dans le milieu extérieur.

-La forme kystique plus résistante, représente l'agent de dissémination de la maladie.

- Transmission : eau et aliments souillés par les kystes, éliminés dans les selles des malades et les porteurs sains (OMS, 2017) (Bouziani, M, 2002) (Anonyme 3).

# CHAPITRE II :

## « *Matériel et méthode* »



## Partie 01 : Présentation de la zone d'étude

### 1. Localisation et présentation de la zone d'étude

#### 1.1. La situation géographique

La wilaya de Mila se situe au Nord-est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 73 km de la mer Méditerranée. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien, par une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays (ANDI, 2013).

Elle occupe une superficie totale de 3480,54 km<sup>2</sup> soit de 0,14% de la superficie totale du pays pour une population qui s'élevait en décembre 2011 à 810370 habitants, soit une densité de 90,75 habitants par km<sup>2</sup>. C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (Chaalal, 2012).

La wilaya de Mila est limitée par 6 wilayas :

- ✓ Au Nord-ouest par la wilaya de Jijel.
- ✓ Au Nord-est par la wilaya de Constantine et Skikda.
- ✓ À l'Ouest par la wilaya de Sétif.
- ✓ Au Sud-est par la wilaya D'Oum-El Bouaghi et Batna.

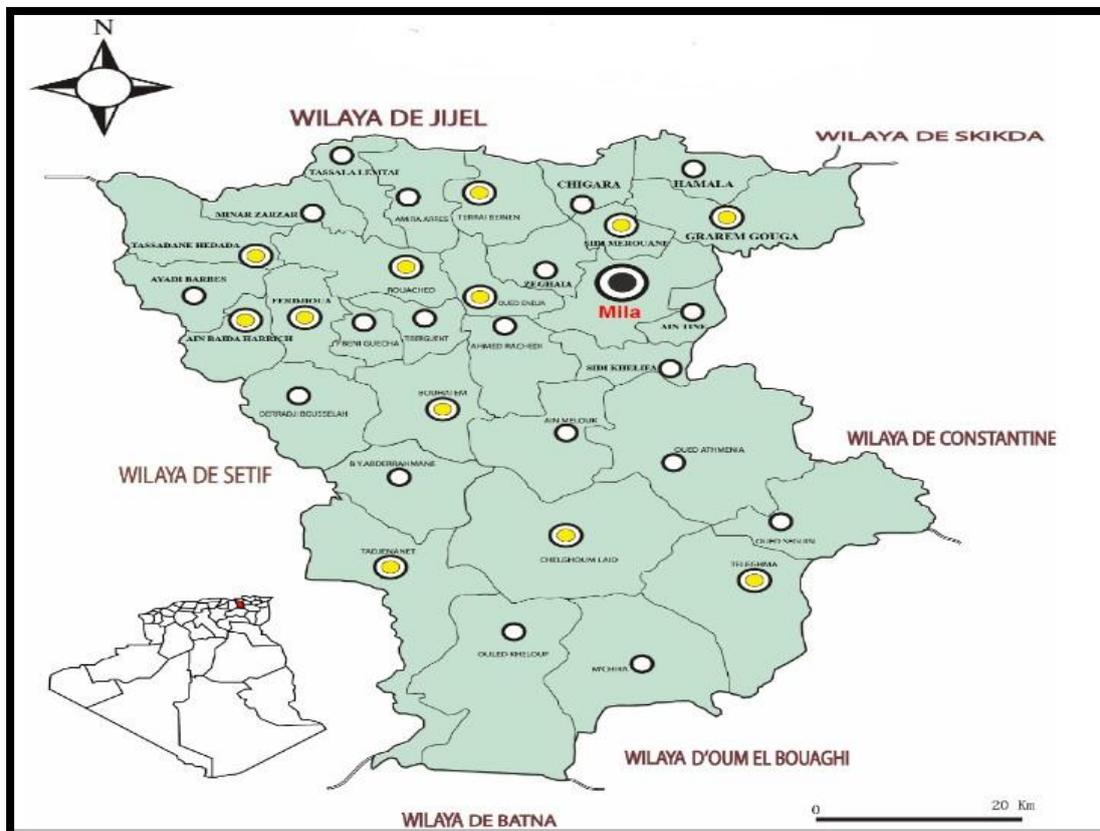


Figure 8 : Situation géographique et limites de la wilaya de Mila (CETIC, 2009).

La population totale de la wilaya est estimée :

- **Superficie** : 9 375 km<sup>2</sup>.
- **Population** : 768 419 hab.
- **Communes** : 32.
- **Code wilaya** : 43.
- **Wilaya depuis** : 1984.
- **Densité** : 220 hab /km.

## 1.2. Les facteurs édaphiques

Les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques du sol, et qui ont d'une manière ou d'une autre une action écologique sur les êtres vivants.

### 1.2.1. Ressource en sol

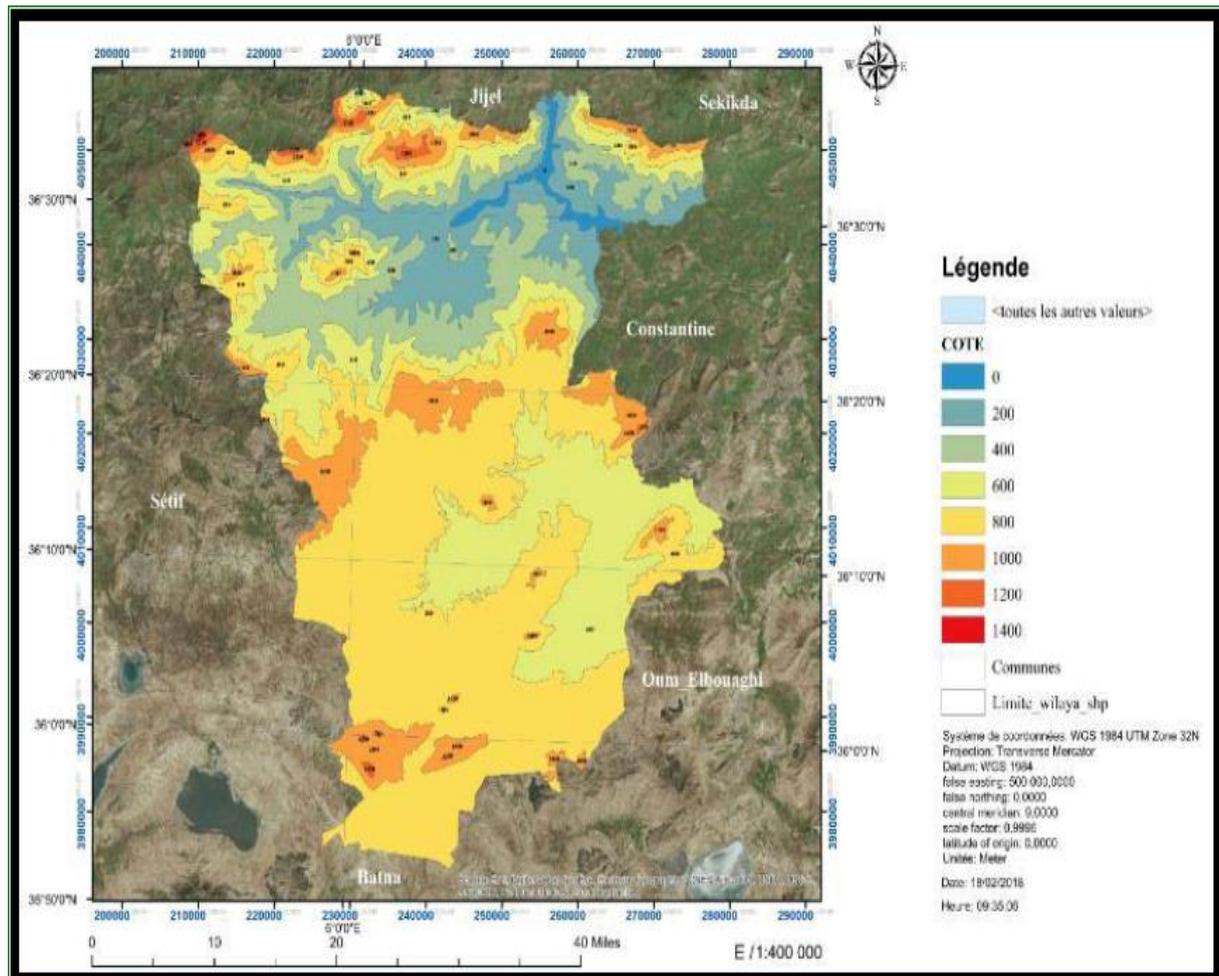
La région de Mila se distingue par des sols bruns clairs vertiques à structure argileuse bruns, la surfaces et brun ocreux en profondeur ; parfois bruns clairs ; la structure de ces sols est moyenne à fine en surface et plus fine en profondeur. Ces sols sont riches en potassium échangeable, et pauvres en phosphore assimilable. Aussi la présence du calcaire en forte teneur dans ces sols (**Belattar, 2007**). La majorité des sols observés sont acides (**Berkal et Elouaere, 2014**). Les caractéristiques spécifiques de ces sols sont :

- ✓ Forte rétention en eau avec une capacité maximale.
- ✓ Apparition de fentes de retrait en périodes sèches.

### 1.2.2. Les reliefs

La wilaya de Mila est entièrement entourée de chaînes montagneuses appartenant à différents domaines paléogéographiques :

- Au nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées, telles que : Djebel M'cid Aicha et Sidi Driss.
- Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines), telles que : Djebel Osman et Grouz.
- Au centre, un ensemble associant vallées collines et piémonts voire même quelques hauts versants.
- Djebel Akhal, Chettaba et Kheneg de l'Est, et Djebel Boucherf et Oukissene par l'Ouest (**ANDI, 2013; Merghadi et al., 2018**).



**Figure 9 :** Carte des reliefs de la wilaya de Mila (conservation des forêts, 2019).

### 1.2.3. Réseau hydrographique

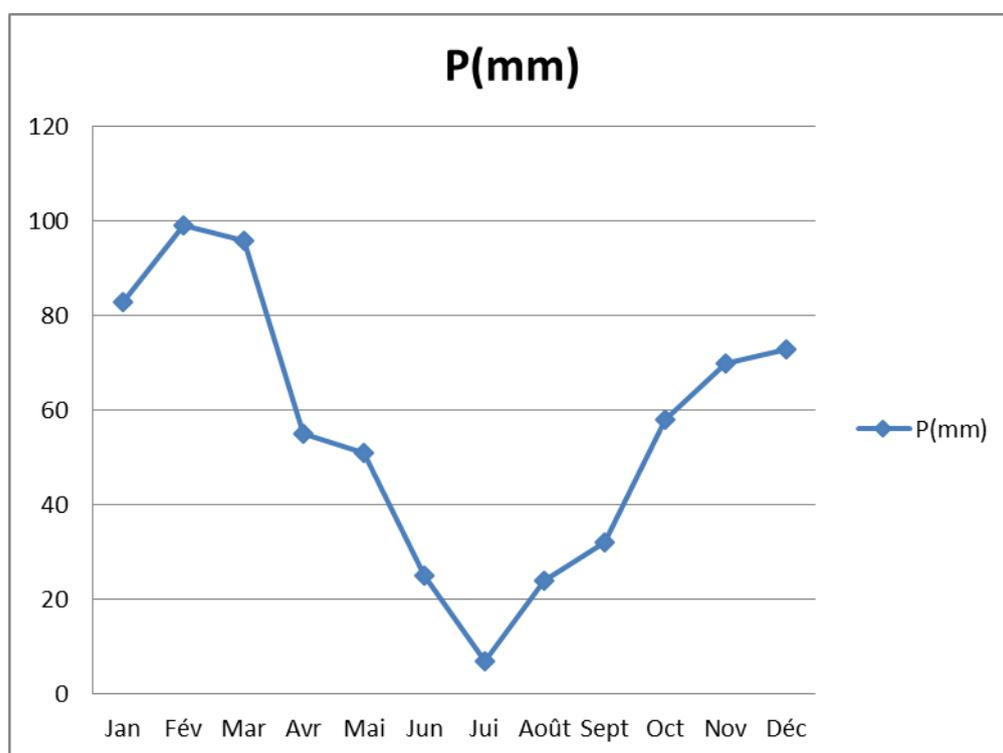
La région Nord de la wilaya est parcourue par un réseau hydrographique dense constitué de petit cours d'eau alimentant d'importants Oueds : Oued Endja ; Oued el Kébir et Oued el Rhumel et Oued el-Kotone qui traverse la région des hautes plaines (d'Est en Ouest) dispose d'importants affluents : Oued Méhari ; Oued Tajenanet et Oued Athmania et aussi le barrage de transfert Sidi Khelifa (Zouaidia, 2006).

Le bassin de Beni Haroun est l'un des plus grands bassins hydrographiques importants en Algérie. Il couvre une superficie de 6595 km<sup>2</sup>. Il est centré 36° de latitude Nord de 7° de longitude Est (Kerdoud, 2006). Cette unité hydrographique cohérente permet d'organiser la gestion ou la restauration de la qualité de l'eau de façon globale (Bioret *et al.*, 2010).



### 1.3.1. La pluviométrie

La précipitation est un facteur climatique essentiel en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole. La variation des précipitations annuelles est le fait marquant dans cette wilaya. La pluviométrie y est inégalement répartie à travers les mois de l'année et les précipitations sont, naturellement, cantonnées dans le semestre frais qui débute en novembre et se termine en avril. Le manque ou l'abondance des précipitations agissent sensiblement sur les réserves d'eau : quantités mobilisées et quantités exploitées (Goard et Tabeaud, 2002).

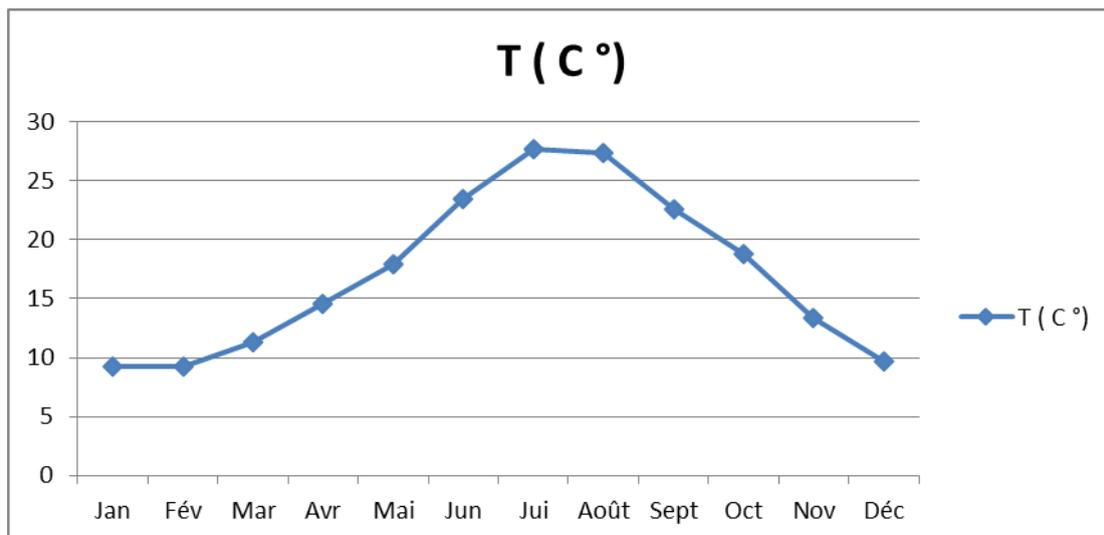


**Figure 11** : Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Mila (2010-2020).

Selon les données climatiques de la wilaya de Mila (**Figure 11**) les précipitations se déroulent d'une façon irrégulière. La moyenne annuelle des pluies précipitées, pour la période 2010/2020, est de 600 mm. Le mois de février, est le mois le plus abondant en pluie, il a connu un excédent de 99 mm. À l'inverse, le mois de juillet a connu un déficit de 7 mm, c'est le mois le plus sec.

### 1.3.2. La température

La température peut influencer sur les organismes directement ou indirectement parce que les conditions thermiques affectent d'autres organismes à laquelle un individu est écologiquement lié, bien que ces relations passent être complexes. Elle agit directement sur vitesse de réaction des individus, sur leur abondance et leur croissance (Faurie *et al.*, 1980 ; Ramade, 1984). Et elle explique que les êtres vivants ne peuvent exercer leurs activités que dans une fourchette de températures allant de 0 à 35 °C.

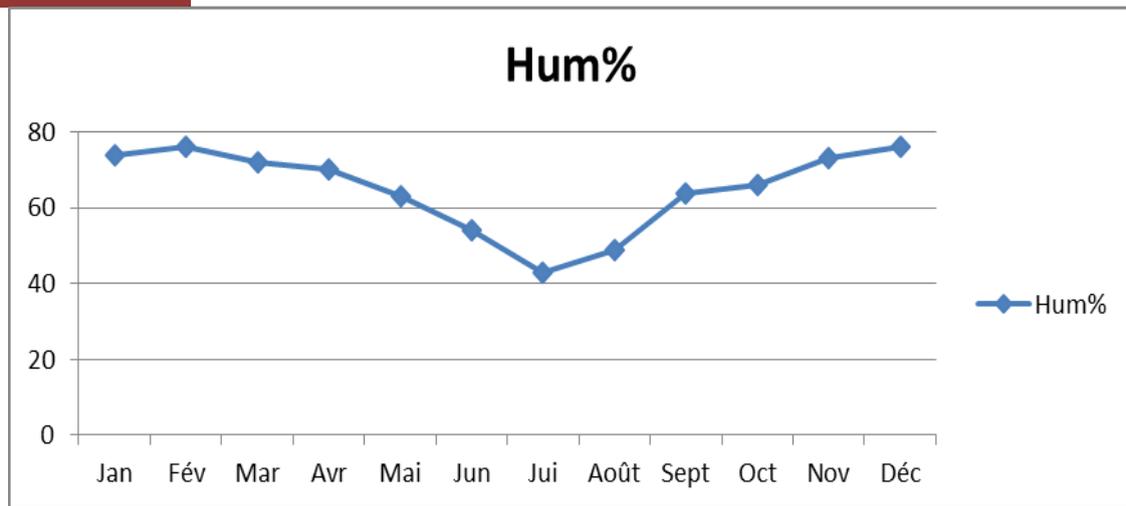


**Figure 12 :** Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Mila (2010-2020).

D'après la (Figure 12) qui représente les variations des températures moyennes mensuelles. On constate que les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période estivale (de juin à septembre), le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température maximale de 27,7 °C. Par contre, les températures les plus basses sont observées pendant la période d'hiver (de décembre à mars), le mois le plus froid est janvier avec une température minimale de 9,25 °C.

### 1.3.3. Humidité

C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans un volume d'air donné et la quantité possible dans le même volume à la même température (Villemeuve, 1974). Elle dépend de plusieurs facteurs climatiques comme la pluviométrie, la température et le vent (Faurie *et al.*, 1980).

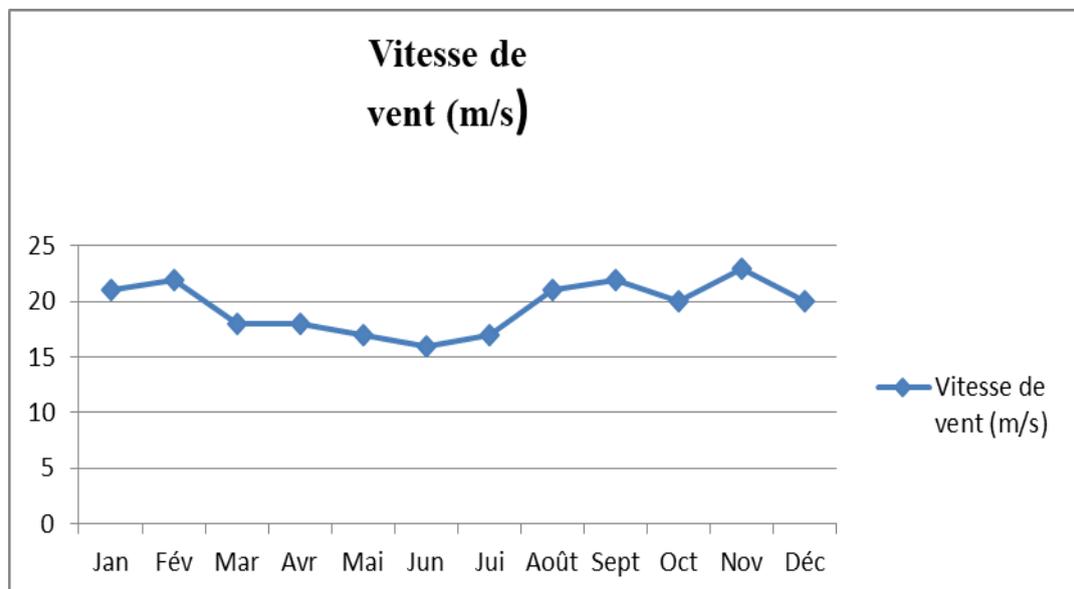


**Figure 13 :** Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région d'étude Mila (2010-2020).

D'après la (**Figure 13**), on peut dire que l'humidité relative, enregistrée dans la wilaya de Mila, varie en fonction du mois concerné. La valeur minimale est enregistrée durant le mois juillet (43%), alors que celle maximale est affichée durant les mois de février et décembre (76 %).

#### 1.3.4. Le vent

Le vent fait partie des éléments les plus caractéristiques du climat. Il s'agit en activant l'évaporation pouvant induire ainsi une sécheresse (**Seltzer, 1946**).



**Figure 14:** Variation de la moyenne des vents mensuelle dans la région d'étude Mila (2010-2020).

Dans la wilaya de Mila, le vent dominant a une direction Nord Ouest. La (Figure 14) montre que la vitesse maximale des vents qui y soufflent est enregistrée durant le mois de novembre avec une valeur maximale de, 23 m/s, et la vitesse minimale est marquée pendant le mois juin avec une valeur de 16 m/s.

### 1.3.5. La synthèse climatique

La combinaison des paramètres climatiques (précipitations et températures) ont permis à plusieurs auteurs de mettre en évidence des indices (Bagnouls et Gausсен, 1957).

#### 1.3.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec  $P=2T$  (Bagnouls et Gausсен, 1957).

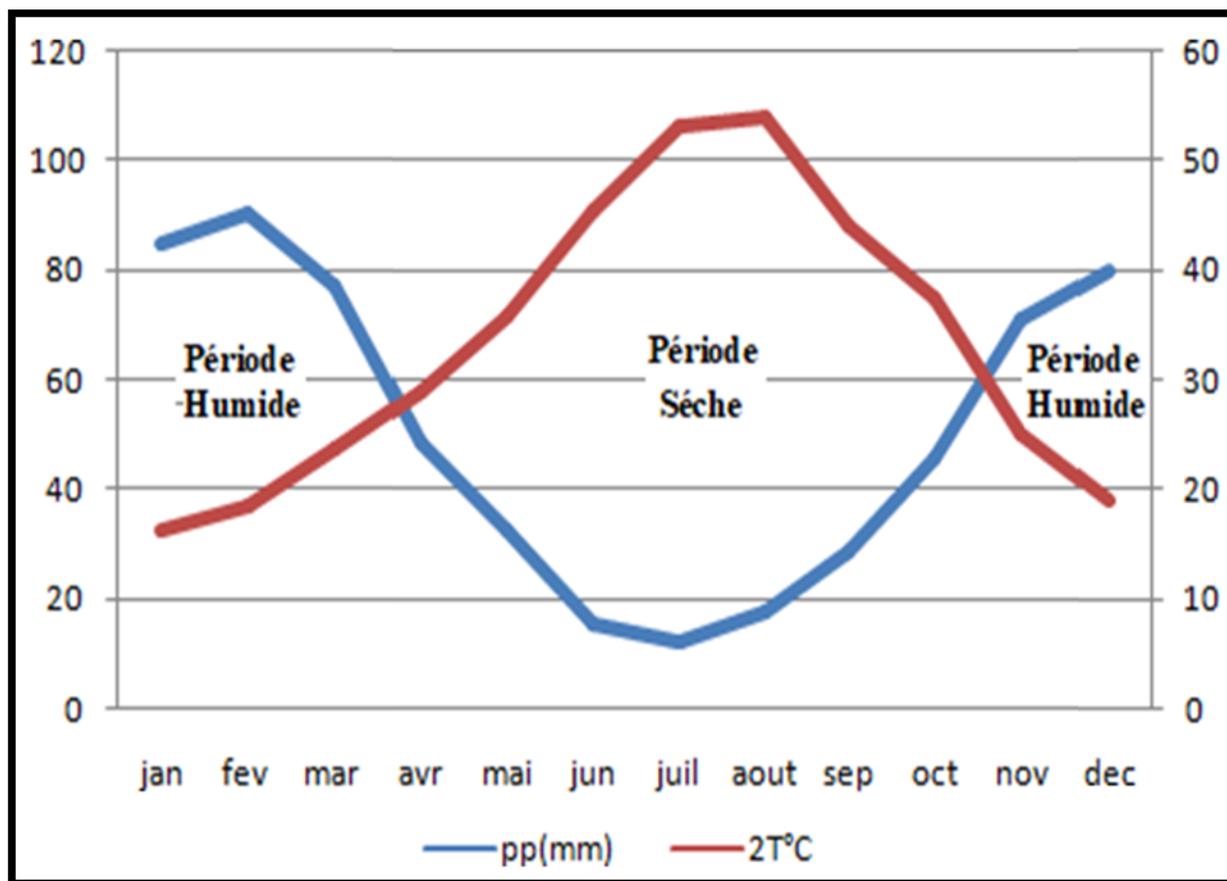


Figure 15 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Mila (2010-2020).

Il montre que notre région d'étude est connue par une alternance de deux périodes, l'une humide s'étendant du début de novembre jusqu'avril, et l'autre sèche s'étendant d'avril jusqu'au début de novembre.

### 1.3.5.2. L'indice pluviométrique d'Emberger

L'indice pluviométrique d'Emberger aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (Emberger, 1955). Il se base sur le régime des précipitations et des températures et s'exprime selon la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{\left( \frac{M+m}{2} \right) (M-m)}$$

**Q** = quotient pluviométrique d'Emberger.

**P** = Précipitation annuelle moyenne (mm).

**M** = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K).

**m** = Températures des minima du mois le plus froid (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [ $T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273,15$ ].

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (**Q2**).

**P** = 603,78 mm.

**M** = 27,01°C = 300,46 K°.                      Donc : **Q2** = 111,02

**m** = 8,31 C° = 281,46.

D'après les données climatiques et la valeur de Q2 indice de climagramme d'Emberger on déduit que la région de Mila ou se situe le périmètre de notre étude est classé dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud durant la période (2010-2020).

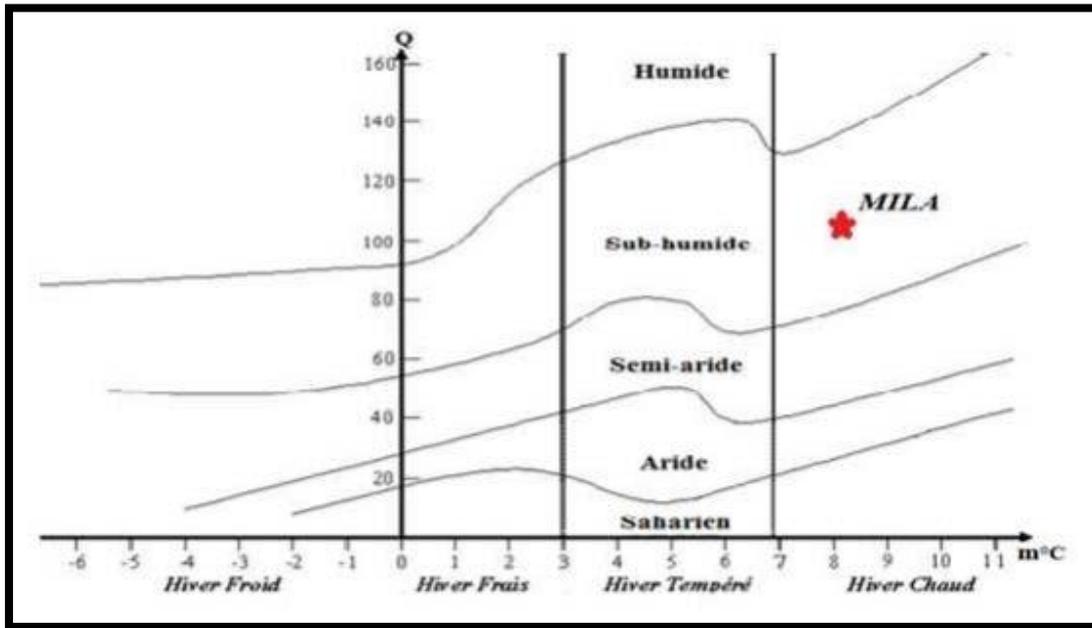


Figure 16: Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2010,2020).

1.4. Cadre biotique

Il est nécessaire d'inspecter la richesse vivante de la région d'étude à noter les différents types d'espèces animales et végétales.

1.4.1. La Faune

D'après la conservation des forêts de la wilaya de Mila, les mammifères, les reptiles et les poissons qui se trouvent dans cette région sont représentés dans la figure ci-dessous :

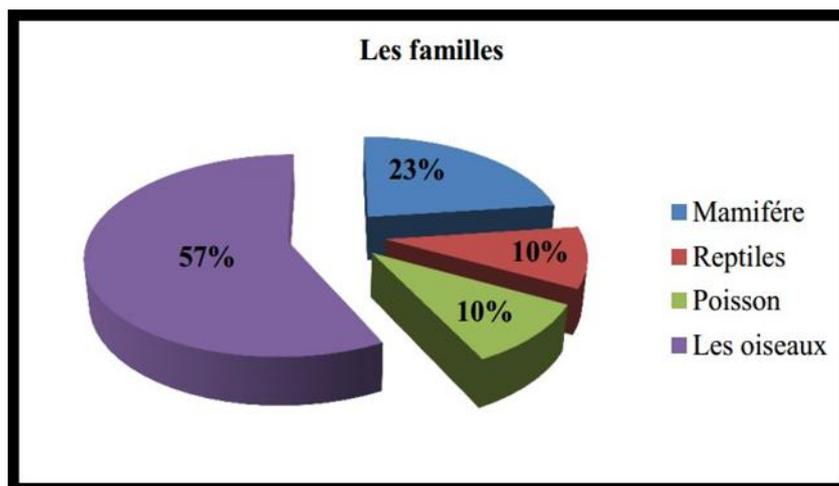


Figure 17 : La diversité faunistique de la région de Mila (conservation des forêts de Mila, 2018).

1.4.2. L'avifaune

D'après la conservation des forêts, l'avifaune terrestre dans la wilaya de Mila est représenté dans la figure ci-dessous :

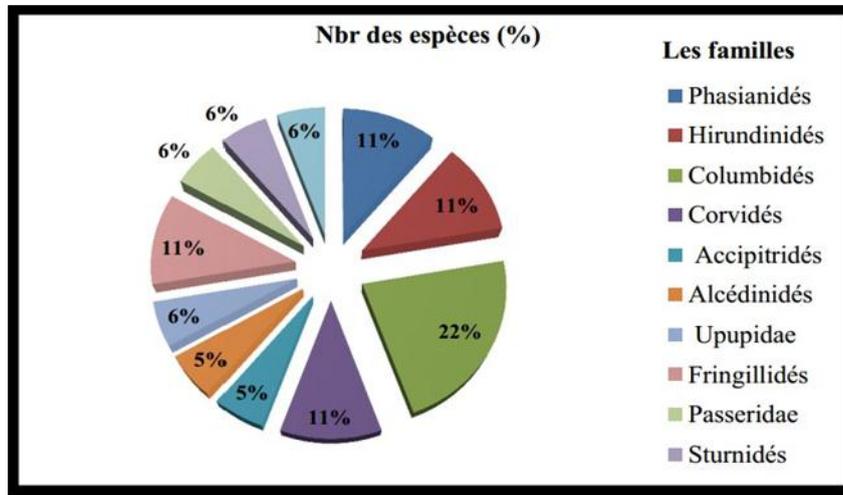


Figure 18 : Liste des espèces des oiseaux terrestres présents dans la région de Mila (conservation des forêts, 2018).

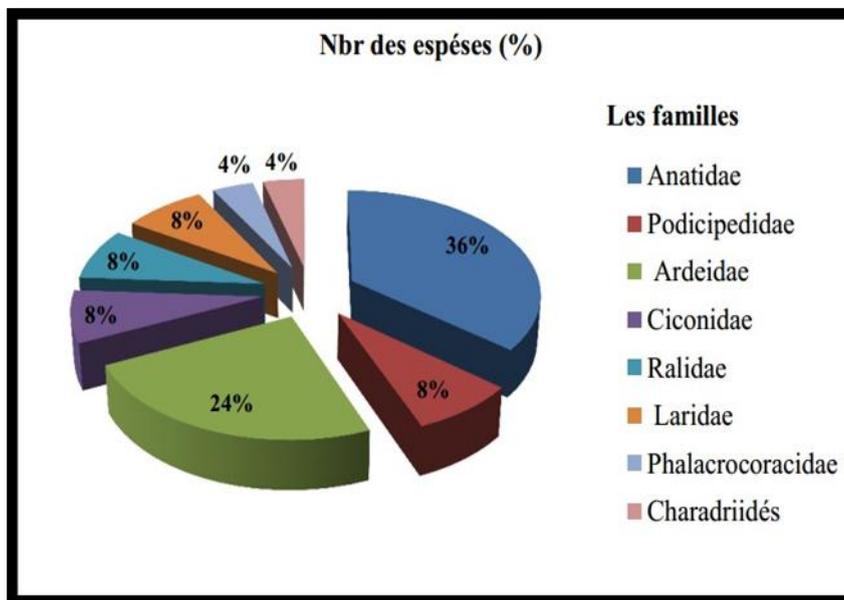
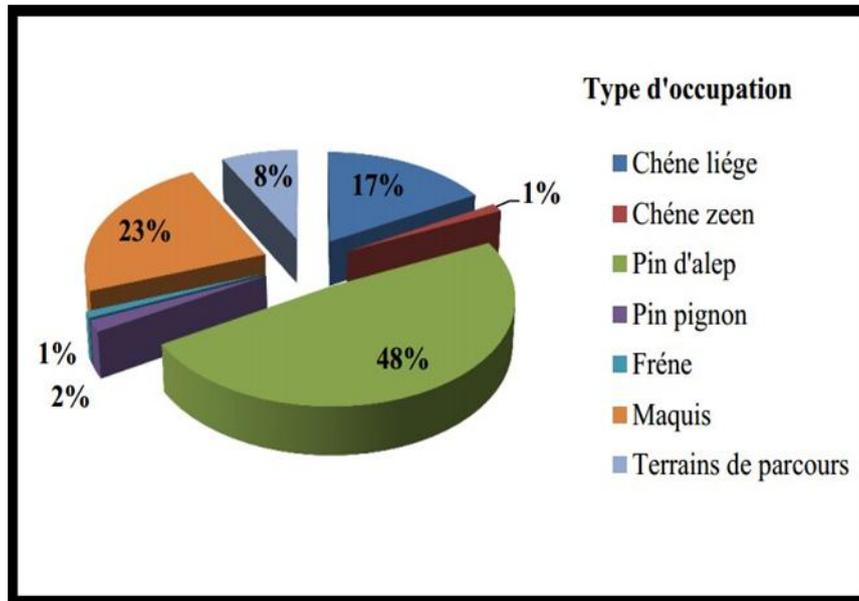


Figure 19 : Liste des espèces avifaunistiques observées au niveau du barrage de Beni Haroun et du barrage Sidi Khelifa (Berkal et Elouaere, 2014) (correction par Belmehdi et Boudjoua, 2017).

### 1.4.3. La flore

La superficie forestière dans la wilaya de Mila couvre 3870 ha soit 9,7% de la superficie totale de la wilaya. Le pin d'Alep se retrouve généralement dans les forêts de Ferdjioua, Ain Beida, Bouhatem, Mila, Chelghoum-Laid, Teleghma et Tadjnanet. Le chêne-liège occupe les forêts de Grarem, Sidi-merouane, Tassadane et Tarai-beinen. Autres essences forestières



**Figure 20** : Les différents types des forêts de la wilaya de Mila (**conservation des forêts de Mila, 2018**).

## 2. Présentation du bassin du Kebir-Rhumel

Le bassin de la rivière Kebir-Rhumel ayant une superficie d'environ 8 110 km<sup>2</sup> (ABH-CSM, 1999), s'étend sur des marges septentrionales des hauts plateaux constantinois au Sud, la mer méditerranée au Nord, le bassin de la Seybouse à l'Est et le bassin de la Soummam à l'ouest (**Figure 20**). Le bassin de Kebir-Rhumel résulte de la jonction de deux cours d'eaux le Rhumel et le Kebir, drainant respectivement une superficie de 5 315 km<sup>2</sup> et de 2 160 km<sup>2</sup> et dont la confluence donne naissance à Kebir-Rhumel.

Dans ce bassin, la végétation est influencée par de nombreux facteurs tels que le climat, le relief, la lithologie et l'activité humaine. Ces facteurs permettent en permanence un couvert forestier plus ou moins dense. Le climat varie légèrement du nord au sud, passant d'un domaine subhumide à un domaine semi-aride, mais d'une manière générale c'est le climat méditerranéen qui y règne : humide et tempéré, caractérise par un hiver doux et un été chaud, avec d'assez riches ressources hydriques d'origine déférentes (pluie, grêle neige). Généralement la neige fait

son apparition sur les massifs de hautes altitudes. Les précipitations constituent le facteur essentiel qui gouverne l'écoulement des cours d'eau.

En effet, ils ont un effet direct sur le débit. La précipitation moyenne inter-annuelle sur le bassin versant Kebir-Rhumel est estimée entre 500 à 630 mm (N. Bouchareb, 2013).

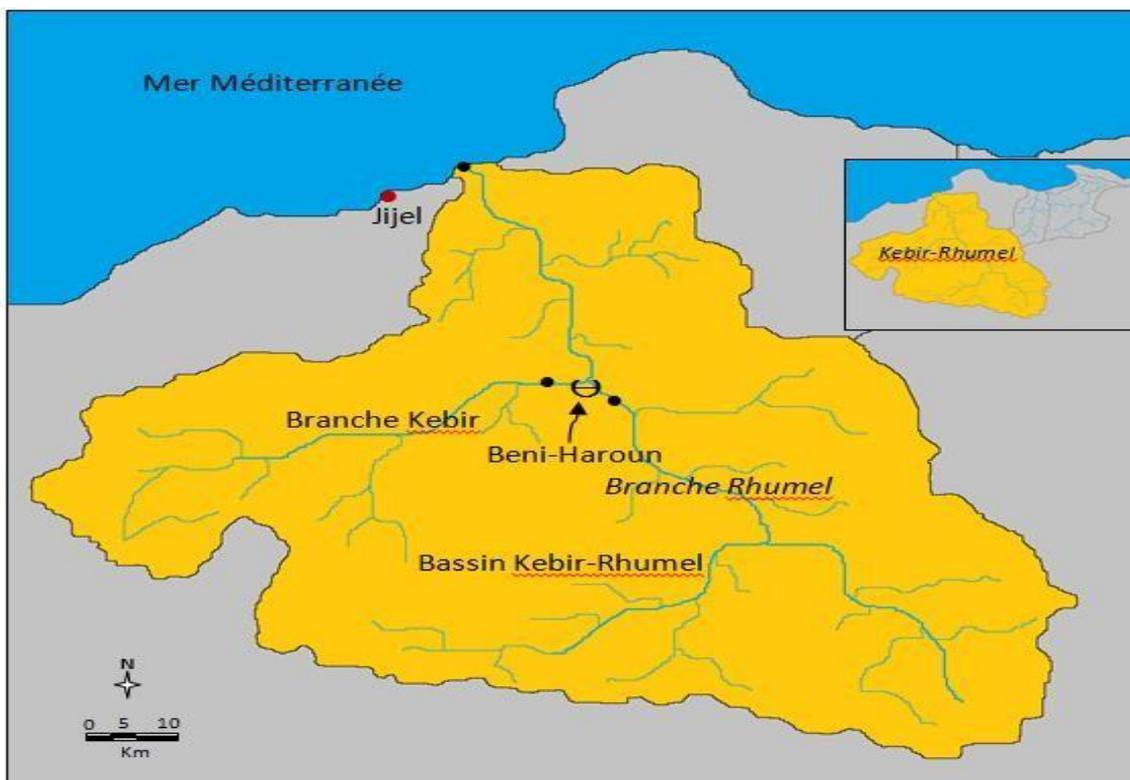


Figure 21 : Carte géographique du bassin Kebir-Rhumel (N. Bouchareb, 2013).

### 2.1. Principaux oueds du bassin Kebir-Rhumel

Les oueds Rhumel, Endja, El Kebir et Boumerzoug sont les principaux cours d'eau du bassin.

#### ❖ Oued Rhumel

D'un linéaire de plus de 123 km, c'est l'oued le plus important du bassin. Il prend naissance dans les hautes plaines sétifiennes (région de Bella a Wilaya de Sétif), entaille les gorges de Constantine jusqu'à la confluence de l'Oued Endja et prend ensuite le nom de El Kebir.

#### ❖ Oued Endja

D'un linéaire de 15 km, il prend naissance à la confluence de l'oued Kebir et de l'oued Redjas. Son lit a une forme morphologique très intéressante du point de vue hydrogéologique.

#### ❖ Oued El Kebir

Il naît de la confluence des deux oueds, Rhumel et Endja, a près de 56 Km de long et se déverse dans la mer.

### ❖ Oued Boumerzoug

Il est considéré comme le principal affluent de l'oued Rhumel, il prend sa source dans la région d'Aïn-M'lila dont les eaux sont largement utilisées pour l'irrigation. L'important groupement thermal d'Ain Fesguia est situé vers la tête de la vallée. Il alimente la ville de Constantine en eau potable, bâtie au confluent de Boumerzoug et du Rhumel (ABH-CSM; 2004).

## 1.2. Climatologie

Les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans les variations hydrologiques de la région.

### 1.2.1. Pluviométrie

Sur le bassin versant du Kébir-Rhumel, la pluviométrie croît du sud au nord avec une moyenne variable de 318 mm au nord. Ces écarts pluviométriques influencent beaucoup les cours d'eau, en outre, leurs débits et les matières en suspension. Pour l'ensemble du bassin, il existe vingt-deux stations de mesures pluviométriques dont dix seulement sont fonctionnelles.

Sur le bassin versant Kébir-Rhumel, les pluies sont irrégulières et faibles selon les saisons et les stations communiquées par l'ANRH. Le bassin est caractérisé par un climat méditerranéen avec des hivers doux et des étés chauds et secs (ABH-CSM; 2002).

### 1.2.2. Le vent

Le vent est un facteur climatique très important car il joue un rôle primordial dans la dispersion et le transport des polluants. Les vents soufflants sur le bassin versant Kébir Rhumel sont ceux du Nord-Est Algérien qui apportent les pluies.

## 2.3. Barrage de Béni Haroun

### 2.3.1. Situation et hydrologie du barrage

Barrage Béni-Haroun est situé à une quarantaine de km au Nord de Constantine, contrôle les eaux du bassin de l'oued Kébir-Rhumel (Figure 21).

C'est le plus grand barrage du pays, érigé dans la région bien arrosée du Tell oriental, au Sud de laquelle se situent de grands centres urbains (Constantine, Batna, Khenchela...) et de vastes terres irrigables (Hautes Plaines semi arides) qui ne peuvent être satisfaits par les ressources locales.

Le barrage de Béni-Haroun est situé sur l’oued El Kébir dans la wilaya de Mila (Est-Algérien). Il est alimenté par l’Oued Rhumel et l’Oued Endja. Il fait partie du grand bassin Kébir-Rhumel avec une superficie de 6595 Km<sup>2</sup>.

L’ouvrage est de type poids rectiligne, en BCR (Béton Compacté au Rouleau), avec une longueur en crête de 710 m, arasée à la côte 216,3 m, une hauteur d’ordre de 118 m au-dessus des fondations. Le lac de la retenue épouse la partie captée de l’Oued El Kébir et les deux vallées de l’Oued Rhumel et de l’Oued Endja, sur une surface de 39,29 Km<sup>2</sup>, soit près de 4 000 ha. Le bilan pluie réservoir permet de déterminer un déstockage net par évaporation, équivalent à une tranche annuelle moyenne de 350 mm.

La retenue permet d’emmagasiner 963 Hm<sup>3</sup> d’eau, soit un volume utile de 732 Hm<sup>3</sup>, elle permet de régulariser un apport annuel de 435 Hm<sup>3</sup>, avec une réserve de 1 milliard de m<sup>3</sup> d’eau atteinte le 12 Février 2012. Le barrage a été mis en exploitation en 2003 (Mebarki, 2009). Les caractéristiques de barrage Béni Haroun sont représentées dans le **tableau 5**.

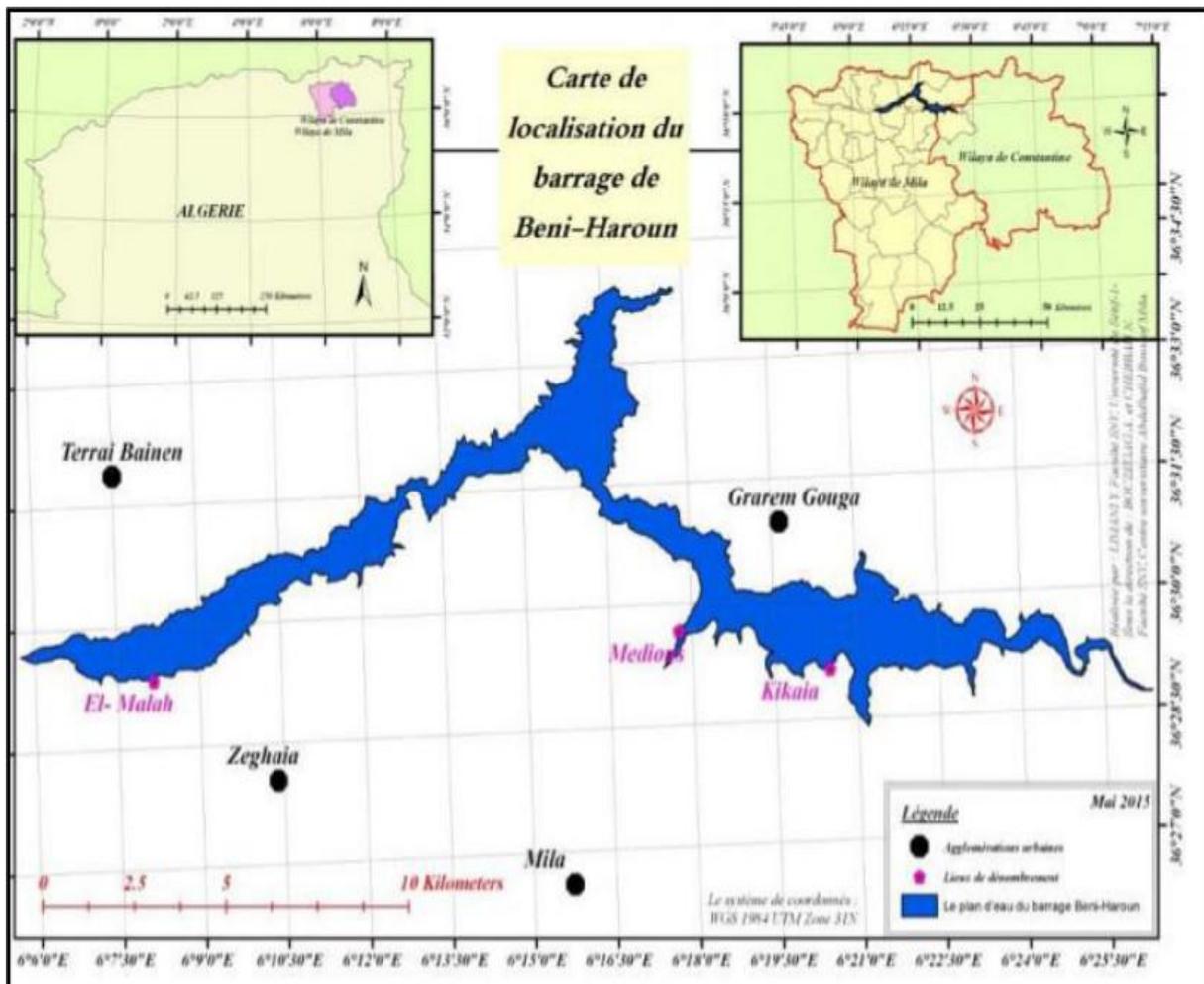


Figure 22 : Situation géographique du barrage Beni Haroun (M, Chebbah, 2015).

**Tableau 3 :** Caractéristiques de barrage Béni Haroun (ABH-CSM, 2009).

Caractéristiques	Barrage Béni Haroun
Année d'achèvement	2003
Capacité	960 millions de m <sup>3</sup>
Volume de la digue du barrage	1,9 millions de m <sup>3</sup> de BCR*
Hauteur au-dessus du lit	114 m
Largeur du barrage à la base	100 m
Longueur du barrage en crête	710 m

#### ❖ L'exploitation du barrage Beni-Haroun

L'objectif de ce barrage est de stocker l'eau pour les différentes utilisations :

- ✓ Irriguer les cultures à l'environ d'une surface de 30000 ha.
- ✓ Alimenter la zone en eau potable ... d'environ 4,62 millions d'habitants.

Le barrage de Béni Haroun alimente Actuellement les wilayas de : Constantine ; Mila ; Jijel et prochainement les wilayas d'Oum el Bouaghi; Batna etKhenchela (**Mrabet. S, 2010**).

#### Partie 2 : Méthodes de prélèvements hydrologiques et choix des sites

Les paramètres hydrologiques et divers nutriments n'ont été pris qu'en mai 2021 en raison de l'émergence d'une épidémie mondiale (COVID-19).

Quatre stations ont été échantillonnées à l'amont de barrage Beni-Haroun à choix raisonné (**Figure**), permet de suivre les modifications des nutriments (N, P et Si) et des facteurs physiques (débits d'eau, TDS, CE...) et bactériologiques a l'amont de barrage Beni-Haroun.

Les vitesses d'écoulement de l'eau aux points de relevés, au moment des prélèvements de la masse d'eau même, la vitesse du courant est approximée en suivant un objet lâché sur un trajet de 100 m.

Le débit (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) a été calculé en multipliant la vitesse de l'eau (m s<sup>-1</sup>) par la surface totale (m<sup>2</sup>) de la section mouillée aux 4 points de prélèvements.

La conductivité électrique (CE) et le total des solides dissous (mg l<sup>-1</sup>) ont été relevés à l'aide du multiparamètre de terrain type WTW 197i.

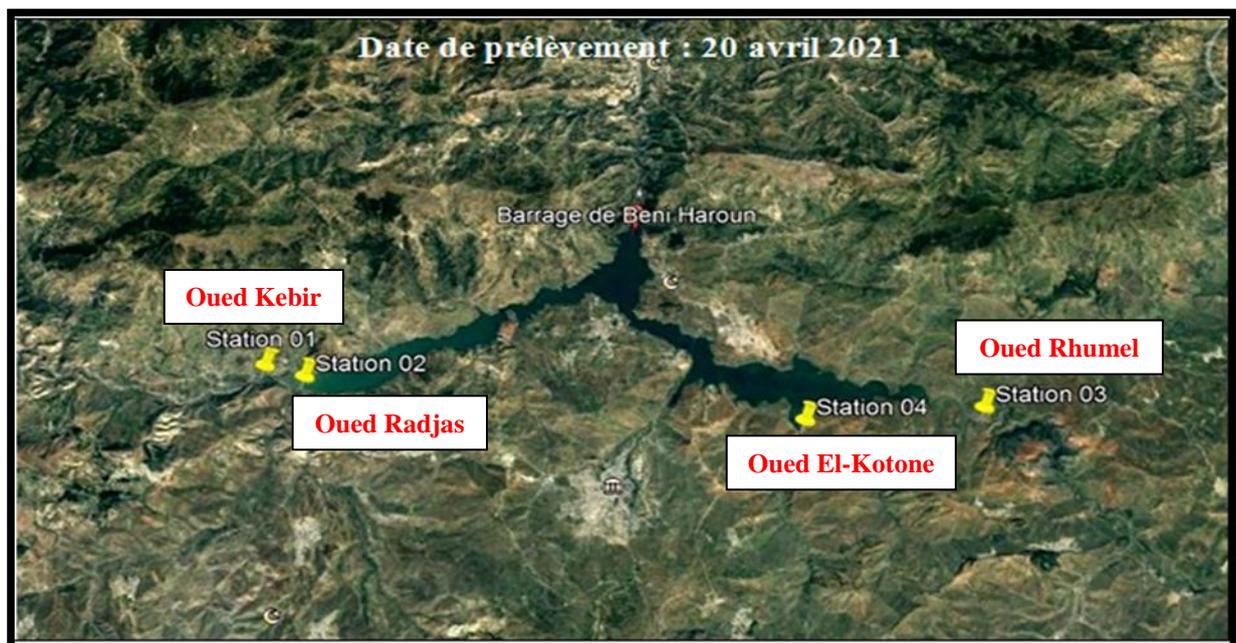
Deux litres d'eau prélevées au milieu de la section mouillée ont été collectées pour l'analyse des éléments nutritifs et bactériologiques.

Les échantillons d'eaux destinés aux analyses bactériologiques sont mis dans des flacons en verre sauf pour les éléments nutritifs et le silicium qui a nécessité l'usage de flacons en polyéthylène.

La filtration des échantillons s'effectue le jour même de prélèvement, les analyses bactériologiques et les analyses chimiques se font dans les deux jours qui suivent dans laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux (LSNM) au centre universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila.

**Tableau 4** : Positionnement (latitude, longitude) des stations étudiées à l'amont de barrage Beni-Haroun (ABH-CSM, 2009).

Bassin de rivière	Dénomination	Positionnement
<b>Kebir–Rhumel</b>	KR	/
Oued Kebir à l'entrée du barrage Beni-Haroun	S01	36°28'20"N6°21'
Oued Radjas à l'entrée du barrage Beni-Haroun	S02	36°29'43"N6°05'
Oued Rhumel à l'entrée du barrage Beni-Haroun	S03	36°28'41"N6°26'
Oued El-Kotone à l'entrée du barrage Beni-Haroun	S04	36°29'19"N6°07'



**Figure 23** : Points des prélèvements hydrologiques a l'amont de barrage Beni-Haroun (source : Google earth 2021).

### 1. Méthodes d'analyses biogéochimiques

Au laboratoire, après filtration des échantillons à travers des filtres en microfibrilles de verre Whatman GF/C (0,5 µm de porosité), les nutriments inorganiques ont été déterminés selon les méthodes standards colorimétriques décrites dans les différents manuels d'analyses des eaux (Tableau 6).

**Tableau 5 : Résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques et biochimiques (1 : Parsons et al. 1989 ; 2 : Aminot et Chaussepied 1983).**

Eléments	Méthodes	Références
Azote ammoniacal (NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> )	Dosage spectrophot. : λ = 630 nm	1
Nitrates (NO <sub>3</sub> )	Dosage spectrophot. : λ = 543 nm	1
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	Réduction des NO <sub>3</sub> en NO <sub>2</sub> et dosage spectrophot. des nitrites : λ = 543 nm)	1
Phosphate (PO <sub>4</sub> )	Dosage spectrophoto. : λ = 885 nm	2
Orthosilicates Si(OH) <sub>4</sub> ou SiO <sub>4</sub>	Dosage spectrophoto. : λ = 810 nm+λ	2

Notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau superficielle du barrage de Béni-Haroun par le truchement des analyses physico-chimiques et bactériologiques, afin de préciser l'affluent ou l'oued le plus polluant du réseau alimentateur et interpeller ainsi les services concernés pour une intervention visant à réduire le taux de la pollution.

Nous avons suivi la qualité de l'eau à travers des analyses physico-chimiques et microbiologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de biochimie et de microbiologie (département de biologie) du Centre Universitaire de Mila.

#### 1.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NH<sub>3</sub>)

##### ❖ Principe

En milieu légèrement basique, l'ammonium forme une monochloramine avec l'acide dichloroisocyanurique. Cette dernière réagit avec le phénol pour former un composé de couleur bleu d'indophénol dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ammonium. La réaction est accélérée par le nitroprussiate. Cette technique de mesure a été appliquée pour le dosage des faibles concentrations où l'erreur reste inférieure à 5%.

❖ **Réactifs**

- **Réactif 1:** Solution de phénol-nitroprussiate.

Dissoudre à froid : 3,5 g de phénol et 40 mg de nitroprussiate de sodium dans 100 ml d'eau distillé ; ce réactif n'est stable qu'après quelques semaines au frais et à l'abri de la lumière.

-**Réactif 2:** Solution de dichloroisocyanurate.

Dissoudre à froid : 28 g de citrate trisodique, 500 mg de dichloroisocyanurate et 1,4g de soude dans 100 ml d'eau distillée. Ce réactif se conserve au frais pendant 1 à 2 mois.

❖ **Dosage**

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable puis on ajoute dans une cuve de spectrophotomètre :

2 ml de réactif 1,

100 ml  $\pm$  1 ml d'échantillon ou d'étalon,

2 ml de réactif 2,

Après 8h d'attente à l'obscurité, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à 630 nm.

Les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, ayant pour équation linéaire :  $DO = aC + b$

$DO$  est la densité optique ;  $C$  la concentration ;  $a$  est la pente = 0,0166 ;  $b$  l'ordonné à l'origine = 0,0223 et  $R^2$  (0,9982) le coefficient de détermination mesurant la qualité de l'ajustement de la droite au nuage des couples de points  $DO$  et  $C$  (N. Bouchareb, 2013).



**Figure 24 :** Dosage de l'azote ammoniacal ( $NH_4^+ + NH_3$ ) (Photo prise par BENZERROUK Mohammed saleh).

## 1.2. Dosage du Nitrates (NO<sub>3</sub>)

### ❖ Principe

L'échantillon, tamponné par une solution de chlorure d'ammonium, passe dans une colonne de cadmium traitée au cuivre qui sert à réduire les nitrates en nitrites.

C'est donc la somme des nitrites présents dans l'échantillon plus ceux formés par la réduction des nitrates qui est mesurée à l'aide des mêmes réactifs que ceux indiqués dans le dosage des nitrites. Le pourcentage d'erreur avec cette méthode est inférieur à 10%.

### ❖ Réactifs

- **Réactif 1** : Solution de sulfanilamide

Dissoudre à froid : 2,5 g de sulfanilamide avec 13 ml de HCl concentré et 250 ml d'eau distillé

- **Réactif 2** : Solution de N-Naphtyl-1-éthylène diamine

Dissoudre à froid : autant de milligrammes de N-Naphtyl-1-éthylène diamine que de millilitres d'eau distillée. Cette solution est instable et ne peut pas être conservée longtemps.

- Solution de chlorure d'ammonium

Dissoudre à froid : 10 g de NH<sub>4</sub>Cl dans 1 L d'eau distillée.

### ❖ Dosage

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable. L'échantillon ou l'étalon est injecté dans une boucle, préalablement rincée par l'échantillon ou l'étalon, et qui connectée au circuit via un système de valves. L'absorbance est mesurée en continu par un spectrophotomètre à la longueur d'onde 543nm.

Les absorbances maximales sont relevées et les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire (N. Bouchareb, 2013).

$$DO = aC + b \text{ dont } a= 0,0429, b= 0,022 \text{ et } R_2=0,9992$$



Figure 25 : Dosage du Nitrates (NO<sub>3</sub>) (Photo prise par BENZERROUK Mohammed saleh).

### 1.3. Dosage du Nitrites (NO<sub>2</sub>)

#### ❖ Principe

En milieu acide ( $\text{pH} < 2$ ), les ions nitrites forment de l'acide nitreux HNO<sub>2</sub> qui réagit avec de la sulfanilamide pour former un complexe diazoïque. En présence de N-Naphtyl-1-éthylène diamine, il se forme un complexe rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites. Le pourcentage d'erreur avec cette méthode est inférieur à 5%.

#### ❖ Réactifs

##### - Réactif 1: Solution de sulfanilamide

Dissoudre à froid: 2,5 g de sulfanilamide avec 13 ml de HCl concentré et 250 ml d'eau distillé

##### - Réactif 2: Solution de N-Naphtyl-1-éthylène diamine

Dissoudre à froid: autant de milligrammes de N-Naphtyl-1-éthylène diamine que de millilitres d'eau distillée. Cette solution est instable et ne peut pas être conservée longtemps.

#### ❖ Dosage

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable. Puis, dans une cuve pour spectrophotomètre, on ajoute :

1 ml de réactif 1,  
50 ml d'échantillon ou d'étalon,  
8 minutes d'attente,  
1 ml de réactif 2,  
Après 15 minutes d'attente, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à 543 nm.

Les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire (N. Bouchareb, 2013).

$$DO = aC + b \text{ dont } a= 0,0421, b= 0,0237 \text{ et } R^2=0,9959$$



Figure 26 : Dosage du Nitrites (NO<sub>2</sub>) (Photo prise par BELLI Abed halim).

#### 1.4. Dosage des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

##### ❖ Réactifs

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30C°.

On procède comme suit :

- Préparer le mélange-réactif.
- Mesurer 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 5 ml de mélange-réactif et homogénéiser aussitôt.
- Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885 nm en cuves de 3 cm de trajet optique, par rapport à l'eau distillée.

Les concentrations des phosphates sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire (N. Bouchareb, 2013).

$$DO = aC + b \text{ dont } a= 0,0227, b= 0,013 \text{ et } R^2=0,9974$$



Figure 27 : Dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (Photo prise par BENENDJEDDOU Yousef).

### 1.5. Dosage des silicates $\text{Si}(\text{OH})_4$ ou $\text{SiO}_4$

#### ❖ Principe

La solution d'heptamolybdate forme avec la silice dissoute (acide silicique) un complexe silicomolybdique qui donne, après réduction, une coloration bleue intense. Le pourcentage d'erreur en analyse flux continu est inférieur à 1%.

#### ❖ Réactifs

##### ✓ Solution de molybdate d'ammonium

Dissoudre à chaud ( $50^\circ\text{C}$ ): 20 g de molybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dans 500 ml d'eau distillé.

A conserver à l'abri de la lumière.

Solution d'acide sulfurique à 4,5 M.

- **Réactif 1:** Mélanger 12 ml de (2) et 120 ml de (1) et compléter à 500 ml avec de l'eau distillé

Ce réactif doit être préparé chaque jour.

- **Réactif 2:** Solution d'acides oxalique et sulfurique

Introduire 800 ml d'eau distillé dans une fiole, ajouter avec précaution 100 ml d'acide sulfurique concentré.

Ajouter 30 g d'acide oxalique  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  et compléter à 1L.

Ce réactif est stable 1 mois à température ambiante.

✓ **Solution d'acide ascorbique**

Dissoudre à froid: 7,5 g d'acide ascorbique C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> dans 250 ml d'eau distillé La dérive du signal dans un gradient de salinité est de -4 % entre l'eau douce et l'eau de mer.

Les concentrations des silicates sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire (N. Bouchareb, 2013).

$$DO = aC + b \text{ dont } a= 0,0097, b= 0,008 \text{ et } R^2=0,9986$$



**Figure 28** : Dosage des silicates Si(OH)<sub>4</sub> ou SiO<sub>4</sub> (Photo prise par BENZERROUK Mohammed saleh).

## 2. Analyses bactériologiques

### 2.1. Échantillonnage

Un examen microbiologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 2005**).

Afin de réaliser nos analyses bactériologiques on a utilisé des flacons en verre stériles de 250 ml pour faire nos prélèvements d'eau d'Oueds.

Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. La manipulation est la même pour les bouchons. Par la suite les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés (**Rejsek, 2002; Boucherit et al, 2009**).

La verrerie lavée est ensuite stérilisée à la chaleur humide (autoclave) en la maintenant à une température de 120°C, pendant 20 minutes.

Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (**Rodier, 2009**).

### 2.2. Mode de prélèvement

L'échantillonnage n'est pas simplement une procédure de prélèvement d'une petite portion pour l'analyse. Il vise à fournir une information sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiennes de cette eau prélevée.

Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. Le flacon peut être plongé dans l'eau. Le haut vers le bas sous la surface de l'eau et puis retourné de telle sorte à le remplir à la profondeur voulue (généralement 30cm). (**Aouissi et al., 2007**).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon. (**Lightfoot, 2002**).

### 2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et indétectables.

Dans ces derniers, on doit noter avec précision; la date, l'heure, les conditions météorologique, un numéro et toutes circonstances anormales, pour éviter toute confusion (**Lightfoot, 2002**).

#### **2.4. Transport et conservation de l'échantillon**

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes a l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes.

Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4°C (**Mayat, 1994**).

#### **2.5. La recherche et le dénombrement des germes revivifiabiles**

Microorganismes revivifiabiles nommés également mésophiles aérobies, Il s'agit de optimales de croissance (après 24h à 37°C). Ce dénombrement est souvent considéré comme accessoire par rapport aux autres dénombrements réalisés dans le contrôle bactériologique des eaux (**Rodier, 2009**).

La recherche et le dénombrement des germes totaux dans les eaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37 °C l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures.

#### **✓ Matériel**

- Echantillon à analyser (Eau potable).
- Gélose TGEA (TRYPTONE GLUCOSE EXTRACT AGAR).
- Boites de pétri.
- Etuve.

#### **✓ Mode opératoire**

A partir d'une solution mère (l'eau à analyser), porter aseptiquement deux fois une quantité de 1 ml (20 gouttes) au fond de deux boites de Pétri vides, préparées et numérotées à l'avance pour cet usage. Ensuite, compléter ces deux boites avec une quantité d'environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, refroidir à 45 °C, et maintenir une agitation délicate en utilisant un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'eau de

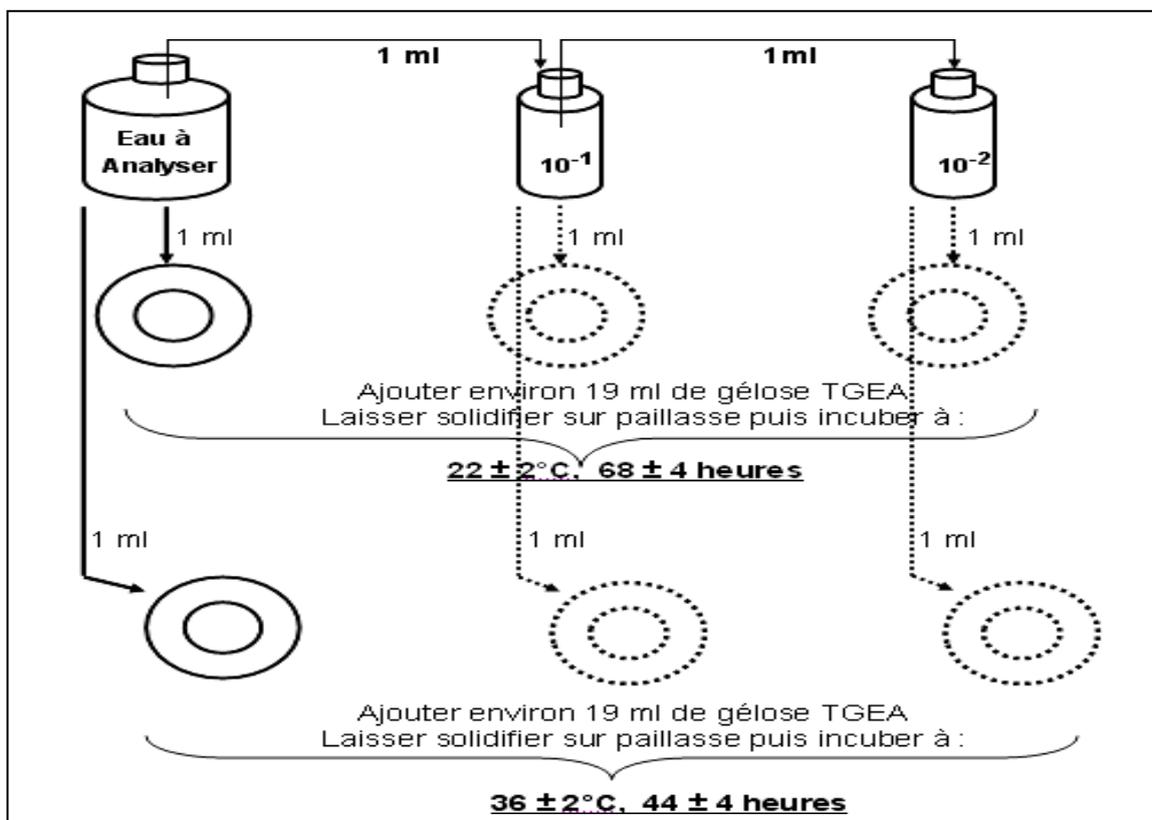
se mélanger à la gélose. Laisser le milieu 10 minutes sur la pailasse pour se solidifier, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48h pour la première boîte et à 22 °C pendant 72h, tout en assurant :

- Une première lecture à 24 heures ;
- Une deuxième lecture à 48 heures ;
- Et une troisième lecture à 72 heures.

### ✓ Résultats

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivantes :

- Dénombrer seulement les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- Les résultats sont exprimés en unités formatrices de colonies (UFC) par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C. (Figure 29).



**Figure 29 :** Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiants à 37°C et 22°C dans l'eau (Boudraa, W., 2016).

## 2.6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (*E. coli*) (CEAEQ, 2015a).

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase, qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier (Archibald, 2000; CEAEQ, 2015a; Santé Canada, 2012; WHO, 2011).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP).

Cette technique présente des avantages par rapport à la technique de dénombrement sur plaque : - Elle permet d'analyser des quantités importantes d'eau.

- Elle est plus favorable à la multiplication des microorganismes fragiles que la culture sur support solide.

### ✓ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives : Test de présomption et Test de confirmation.

#### ❖ **Test de présomption**

Il est effectué en utilisant le Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

-Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé trois dilutions décimales successives ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) avec trois répétitions par dilution dans les conditions aseptiques (trois séries).

a) Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et la porter dans le premier tube de la série contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ .

b) Nous prélevons 1ml de la dilution  $10^{-1}$  précédente et l'ajoutons à un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ .

c) Transférer 1ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ .

- Refera la technique pour les 2 autres séries (**Figure 30**).

- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

-L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

### ✓ Lecture

Les tubes positifs présentent : Un trouble aspect avec un virage de la couleur du milieu au jaune (la fermentation du lactose présent dans le milieu), aussi une production de gaz traduite par le soulèvement de la cloche de Durham introduit dans le milieu (la cloche devra être vide).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

Dans cette étape-là noter le nombre de tubes positifs dans chaque série, et se reporter aux tables NPP (voir annexe) pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 1ml.

### ❖ **Test de confirmation**

On passe au test de confirmation dont le but de rechercher les Coliformes thermo-tolérants plus précisément la présence d'Escherichia coli.

Faire un Repiquage des tubes de BCPL trouvés positif avec une pipette Pasteur dans le milieu de confirmation: le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Il faut les bien mélangés après on passe à l'incubation, elle se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 h.

### ✓ Lecture

Les positifs, les tubes présentent à la fois : un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après l'ajout de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. (**Figure 30**).

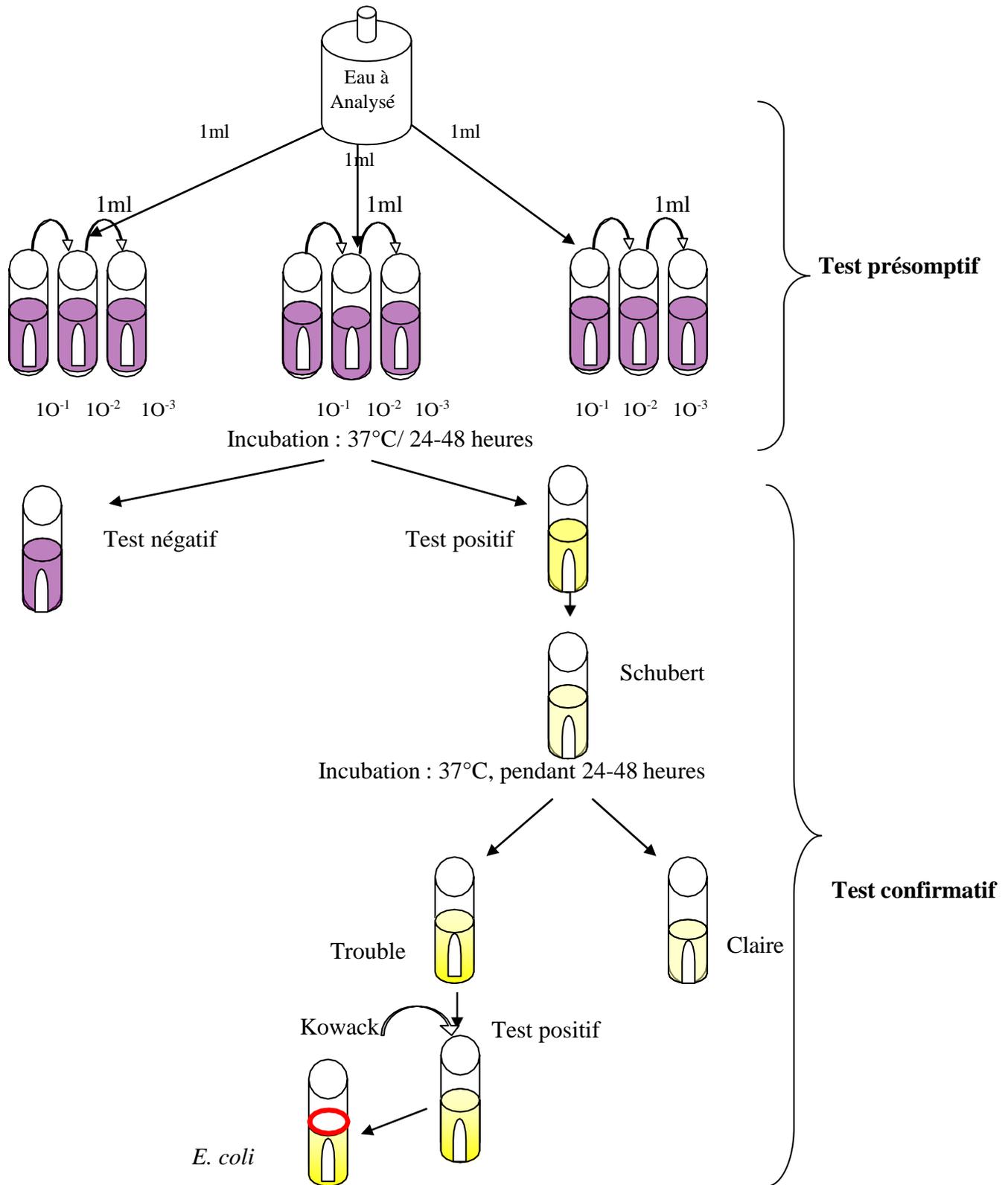


Figure 30 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide NPP

(Boudraa, W., 2016).

### 2.7. Recherche et dénombrement des Streptocoques en milieu liquide

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D ; Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes (Engelkirk, 2008).

#### ✓ Mode opératoire

Elle se fait en deux étapes consécutives

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D » (Chaouch, 2007).

#### ❖ Test de présomption

Dans ce test on applique la méthode NPP et on utilise le milieu bouillon Roth S/C (bouillon à l'aide de sodium simple concentration) selon les étapes suivantes:

- A partir de l'eau à analyser, on prend 1 ml et on le met dans un tube de la série 1 contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ .
- Prélevé 1 ml de tube précédent  $10^{-1}$  et mètre dans le second tube Rothe pour avoir la dilution  $10^{-2}$ .
- Transférer 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ . Refaire la technique pour les 2 autres séries, incubé les trois séries à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48h (Figure 31).

#### ✓ Lecture

Ce sont les tubes présentent un trouble microbien considérés comme positifs.

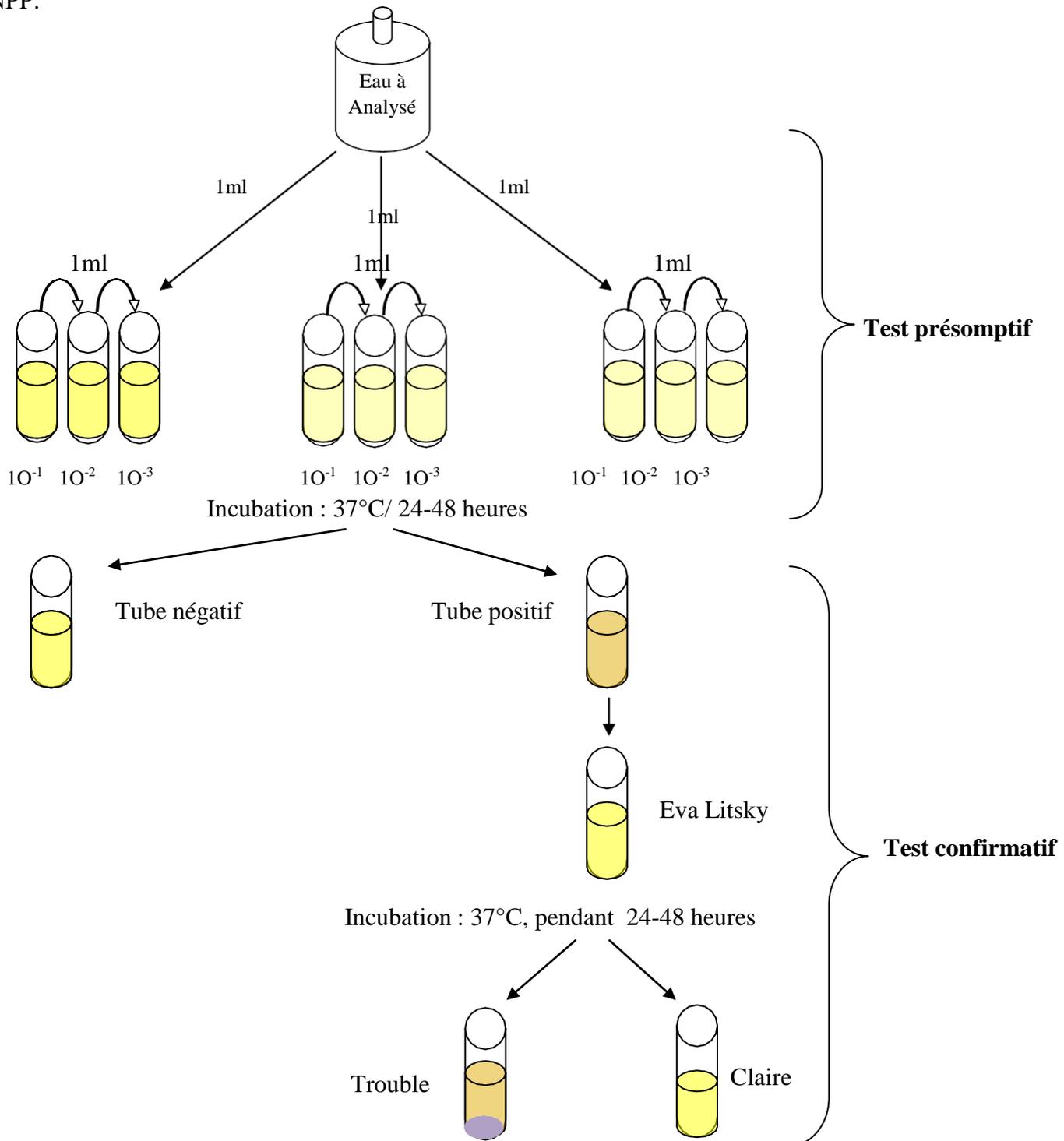
#### ❖ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. La présence de streptocoques se traduit par un trouble plus ou moins important et la formation d'une pastille violette au fond du tube (Roux, 2003).

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans tube contenant le milieu Eva Litsky (bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium), L'incubation se fait cette fois-ci à  $37^{\circ}\text{C}$ , pendant 24 heures (Figure 31).

✓ **Lecture**

Les tubes positifs présentent un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.



**Figure 31 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide (Boudraa, W., 2016).**

## 2.8. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices

But : rechercher et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux par incorporation en gélose en tubes profonds. Les bactéries anaérobies strictes à Gram + et sporulées ont la capacité de réduire les sulfites en sulfures d'hydrogène. Les spores résistent au stress environnemental et en particulier aux radiations solaires. Parmi ces spores sulfito-réductrices, on trouve *Clostridium perfringens*.

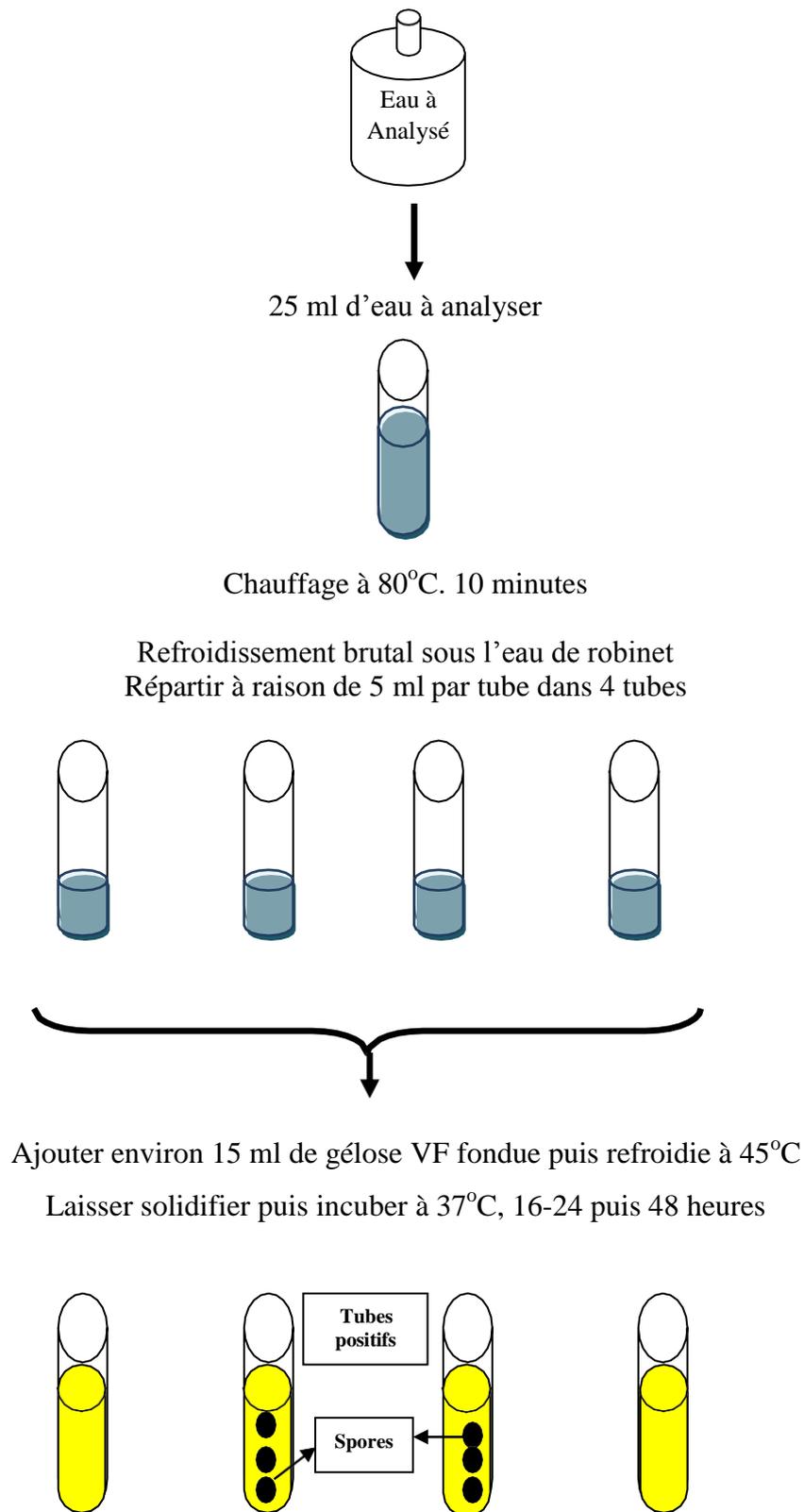
Une espèce le plus souvent associée aux fèces d'animaux à sang chaud.

### ✓ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (**Rodier, 2009**).

A partir de l'eau à analyser, introduire 25 ml dans un tube stérile et placer celui-ci dans un bain d'eau à 80 °C pendant 10 minutes dont le but de détruire toutes les formes végétatives de ces bactéries éventuellement présentes et puis refroidir immédiatement le tube, ensuite répartir le contenu de ce tube dans 4 tubes stériles à raison de 5 ml par tube (**Figure 32**).

Ajouter à chaque tube 20 ml de gélose Viande Foie (VF) fondue, puis refroidir à  $45 \pm 1$  °C, ajoutée ensuite une quantité de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer et puis mélanger doucement en évitant les bulles d'air l'introduction d'oxygène. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37 °C, pendant 24 à 48 heures (**Benghati et al, 2011**).



**Figure 32 :** Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (Boudraa, W., 2016).

## 2.9. Recherche des germes pathogènes

### 2.9.1. Ensemencement sur gélose

La recherche des germes pathogènes sur l'eau consiste à utiliser des méthodes de recherches microbiologiques dont le but de chercher des bactéries spécifiques on utilisant des milieux de cultures sélectifs pour ces bactéries.

La sélection peut être chimique ou antibiotique. Ce sont des milieux riches ou non et donnant souvent un ou plusieurs caractères biochimiques d'orientations permettant une identification plus simple des germes.

Nous avons utilisé trois milieux sélectifs présentant des caractéristiques différentes et un milieu non sélectif qui nous permettra l'observation macroscopique de toutes les colonies.

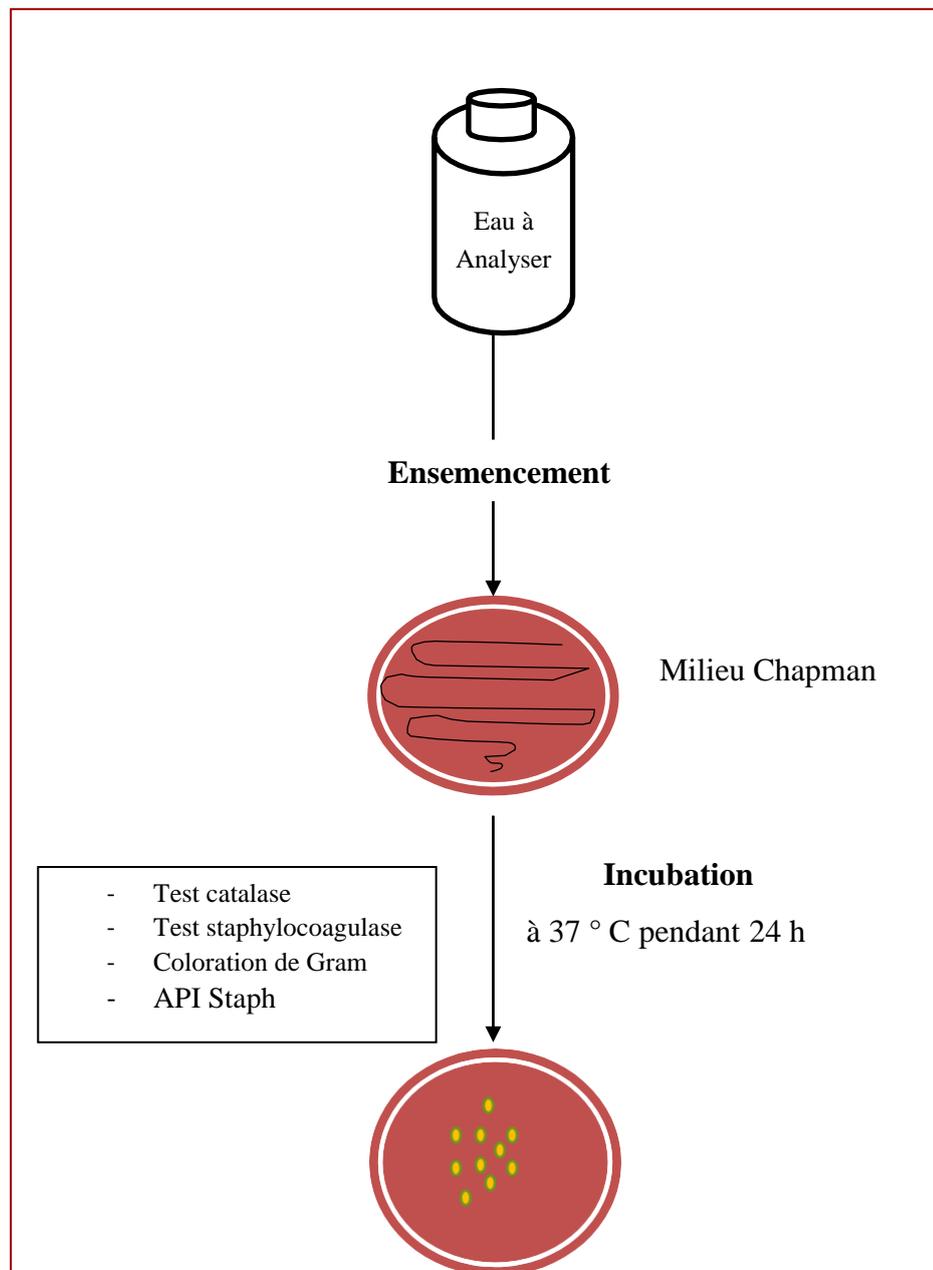
- La gélose Nutritive Ordinaire (GN) qui est un milieu non sélectif est utilisée pour l'observation macroscopique des différentes colonies de la semence.
- Milieu de Chapman : est sélectif pour les bactéries Gram (+) halophiles autrement dit les staphylocoques ou les microcoques (**Figure 15**).
- Gélose Héctoën Sélectif pour les Entérobactéries, les Salmonelles.
- Gélose SS (*Salmonella-Shigella*) est utilisée pour l'isolement des bactéries Gram - .

#### ✓ Mode opératoire

- La désinfection de votre paillasse et travailler en zone stérile.
- Faire couler les milieux de culture dans les boites de pétrie avec mouvement de 8 selon la méthode microbiologique et laisser refroidir.
- Après refroidissement des milieux commencer vos ensemencements.

Selon la méthode suivante avec des règles à suivre :

- Prélevé directement à partir de l'eau à analyser.
- Ensemencer à l'aide d'une pipette Pasteur ou à l'aide d'une Anse de platine
- Prend une goutte de 0.1ml et déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries ou par quadrant sur toute la surface.
- Nommés et codées les boites puis incubées à 37°C pendant 24 - 48 heures (**Figure 33**).



**Figure 33:** Recherche et identification des Staphylocoques pathogènes (Boudraa, W., 2016).

### 2.9.2. Isolement et purification des souches

Nous avons choisi les colonies suspects ou désirées et les repiqué dans des nouvelles boîtes gélosés afin de vérifier la pureté des souches. Ces milieux gélosés sont ensemencés par stries et incubés à 37°C pendant 24 heures (Aouissi , 2010).

### ✓ Lecture et identification

Dans les conditions données, chaque espèce bactérienne développe une colonie de taille, de forme, de couleur et de consistance caractéristiques. (Singleton, 1999).

Noter Aspect macroscopique des colonies et faire la coloration de Gram.

#### 2.9.3. Recherche des staphylocoques

Le milieu de Chapman est caractérisé par sa forte concentration en chlorure de sodium ce qui permet un isolement sélectif des staphylocoques. La fermentation du mannitol est indiquée par le virage au jaune de l'indicateur coloré, « le rouge de phénol », autour des colonies (Rodier *et al.*, 2009).

##### ➤ Mode opératoire

On prépare les boîtes Pétri avec le milieu Chapman (Rodier *et al.*, 1996).

A partir de la solution mère, on porte aseptiquement 0,1ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétri qu'on étale à l'aide d'une anse de platine stérile. L'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures (Ait Kaci *et al.*, 2008).

##### ➤ Lecture et interprétation

Après la période d'incubation, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc. Le tableau 6 résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques (Ait Kaci *et al.*, 2008 ; Rodier *et al.*, 2009 ; Boudraa, 2016) (Tableau 8).

**Tableau 6 :** Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie (Boudraa, W., 2016).

Staphylocoque	<i>S. aureus</i>	<i>S. intermedius</i>	<i>S. saprophyticus</i>	<i>S. epidermitis</i>
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-
Mannitol en anaérobie	+	-	-	-

#### 2.9.4. Tests complémentaires

Identification permettent au cours de l'isolement ou non de mettre en évidence une ou plusieurs propriétés biochimiques d'une bactérie pour commencer à l'identifier. Elle repose sur la morphologie, les caractères enzymatiques et biochimiques (**Rouaiguia, 2010**).

##### ✓ Caractères morphologiques

###### • Etude macroscopique

L'étude macroscopique des colonies se traduit par l'aspect des colonies bactériennes, la description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- La taille
- La forme: bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé.
- L'aspect de la surface: lisse, rugueux.
- L'opacité : opaque, translucide, transparent.
- La consistance : grasse, crémeuse, sèche, muqueuse.
- Pigmentation (**Rouaiguia, 2010**).

- **Etude microscopique** est représentée par la coloration de Gram.

##### ✓ Coloration de Gram

La coloration de Gram doit son nom au bactériologiste danois **Hans Christian Gram** qui mis au point le protocole en 1884.

Les bactéries présentent toutes une paroi constituée d'une substance, la muréine qui est un peptidoglycane. Celle-ci est recouverte par une membrane externe chez les bactéries **Gram-**, tandis que les bactéries à **Gram+** en sont dépourvues.

##### ➤ Les étapes de la coloration de Gram

\* On réalise un frottis sur une lame de microscope à partir d'une suspension bactérienne: on agite la suspension afin de l'homogénéiser et d'éviter d'avoir un culot au fond du tube. Avec l'aide d'une anse que l'on aura préalablement stérilisé (en le passant sous le bec benzène), on prélève un peu de la solution bactérienne en plongeant le fil de platine de l'anse dans le tube à essai.

\*On dépose ensuite ce prélèvement au milieu de la lame en faisant des rotations jusqu'à séchage.

\* On procède à la fixation du frottis soit avec de l'éthanol à 90° (5 minutes) puis on enflamme la lame ou on passe directement 3 fois la lame dans la flamme du bec Bunsen.

\* La coloration au violet de Gentiane (colorant basique): la lame est plongée pendant 2 à 3

minutes (en fonction de la concentration) dans la coloration au violet de gentiane. Toutes les bactéries sont colorées en violet puis rincer à l'eau déminéralisée.

\* Mordançage au lugol (solution iodo-iodurée) : étaler le lugol et laisser agir 20 secondes ; Rincer à l'eau déminéralisée. Cette étape permet de stabiliser la coloration violette.

\* Décoloration à l'alcool: verser goutte à goutte l'alcool sur la lame inclinée obliquement. Surveiller la décoloration (5 à 10 secondes). Le filet doit être clair à la fin de la décoloration. Rincer sous un filet d'eau déminéralisée. L'alcool pénètre dans la bactérie. La coloration au violet de Gentiane disparaît. Les bactéries décolorées sont des bactéries Gram-. Si l'alcool ne traverse pas la paroi, on est en présence de bactéries Gram+.

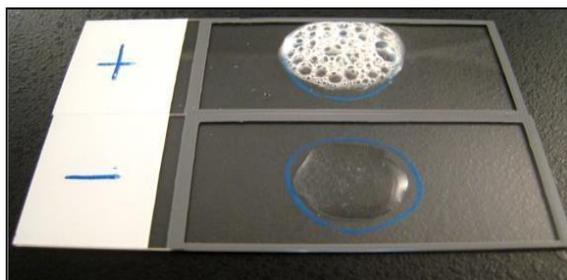
\*Contre coloration avec de la Fuchsine ou de la Safranine: laisser agir de 30 secondes à 1 minute. Laver doucement à l'eau déminéralisée.

\* Sécher la lame sur une platine chauffante à 40°C, 10 à 15 minutes. Les bactéries Gram- sont colorées en rose (<http://www.technobio.fr/>).

#### 2.9.5. Caractères enzymatique

##### ➤ Test de catalase (pour les staphylocoques)

C'est une enzyme décomposant l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme (**Carbonnelle, 1988 ; Boudraa, 2016**) (**Figure 34**).



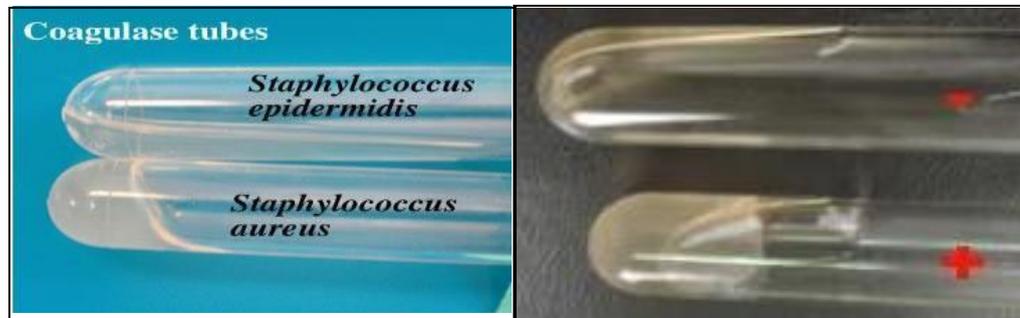
**Figure 34 : Test de catalase (+) (Boudraa, W., 2016).**

##### ➤ Test de coagulase (pour les staphylocoques)

Le test mettant en évidence l'aptitude des bactéries à coaguler le plasma est le principal test caractérisant *S. aureus*.

Le test de détection consiste à incuber pendant 4 heures à 37°C un mélange de plasma oxalaté de l'homme et de la souche à tester, de préférence à partir d'une culture en gélose Chapman (**Figure 34**).

L'apparition d'un caillot est observée en inclinant le tube à 90°C. Le test de la coagulase, il existe de très rares souches de *S. aureus* non sécrétrices de coagulase (**Figure 36**) (Rouaiguia ,2010 ; Boudraa, 2016).



**Figure 35 : Test de coagulase (Boudraa, W., 2016).**

#### 2.9.6. La galerie API 20 E

La galerie API commercialisée, est un système standardisé pour l'identification de bactéries ; elle est composée d'un nombre variable de microtubes (10 ou 20 le plus souvent), contenant des substrats déshydratés qui permettent de réaliser des tests biochimiques (Camille, 2007).

##### A). Préparation de la galerie API

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau dans les alvéoles avec pipette pour créer une atmosphère humide.
- Déposer la galerie dans la boîte d'incubation (Guibert *et al.*, 1981).

##### B). Préparation de l'inoculum

- Ouvrir une ampoule de « Suspension Medium » ou introduire quelques ml d'eau distillée stérile (avec une pipette Pasteur) dans un tube à vis stérile.
- Avec la pipette Pasteur, prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé.
- Réaliser une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement les bactéries dans le milieu.

##### C). Inoculation de la galerie API 20 E

- Avec la suspension bactérienne et la pipette ayant servi au prélèvement, remplir tubes et cupules des tests CTI – VP –GEL
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests ADH, LCD, ODC, URE, H2S en remplissant

leur cupule d'huile de paraffine.

- Refermer la boîte d'incubation et la placer dans l'étuve à 35 - 37° C pendant 18 à 24 heures
- Lecture et détermination : Elle se fait avec le tableau API 20 E .ou à l'aide du logiciel d'identification apiweb (Guibert *et al.*, 1981 ; Boucheliga, O et Haouam, C., 2020).(Figure 36).

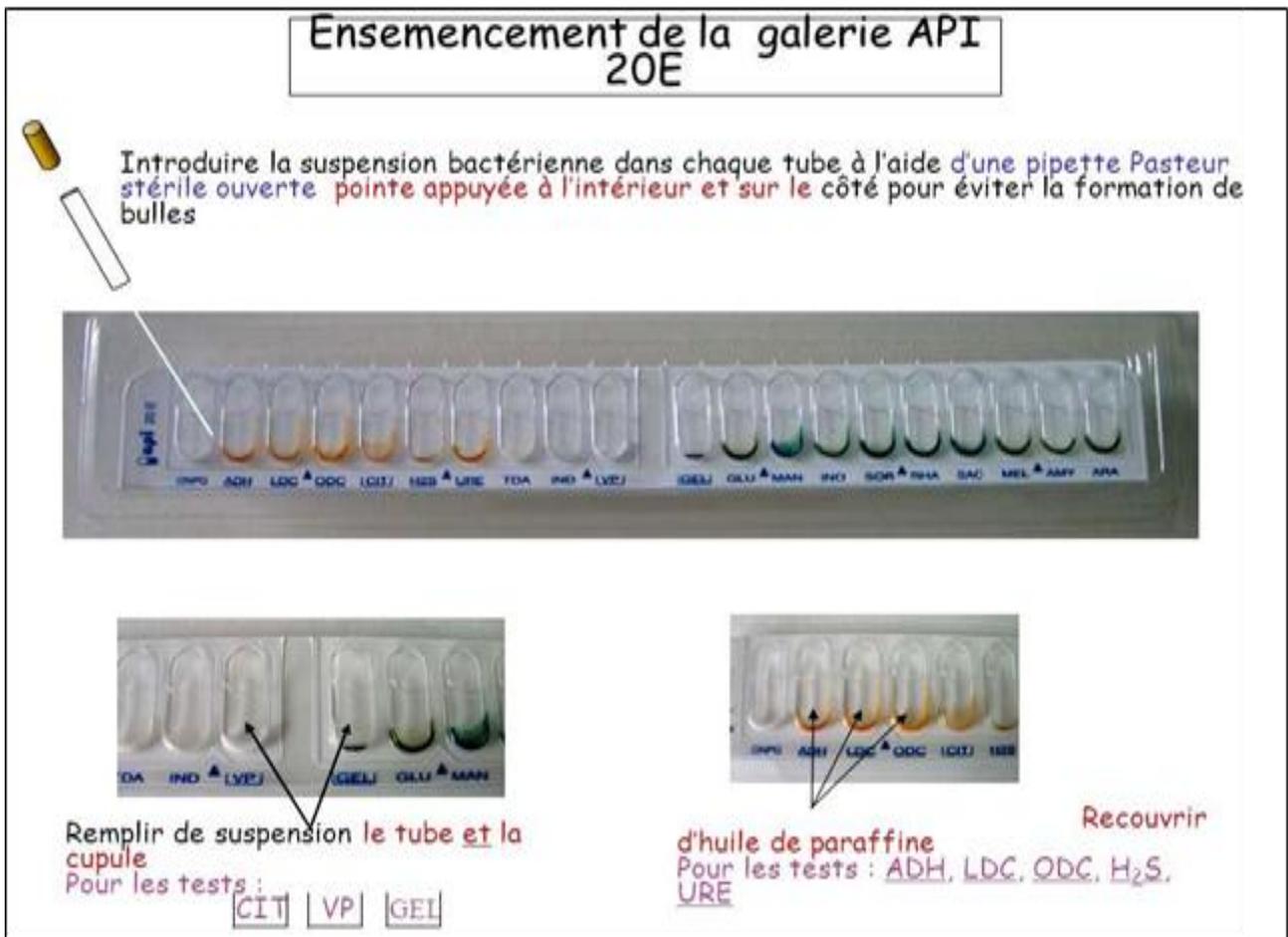


Figure 36 : Système API 20E (Guibert *et al.*, 1981 ; Boucheliga, O et Haouam, C0., 220).

**CHAPITRE III:**  
*« Résultats et discussion »*



### 1. Résultats des paramètres physico-chimiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour voir l'évolution des éléments chimiques les plus dominants dans les eaux des oueds de la région d'étude, leurs concentrations et leurs origines. Les paramètres physico-chimiques étudiés sont les suivants :

**Tableau 7** : Variation des paramètres physico-chimiques à l'amont du barrage Beni-Haroun au niveau des stations (S1 à S4).

<b>Prélèvement 01: 20/04/2021</b>				
<b>Stations</b>	<b>S1 (Oued Kebir)</b>	<b>S2 (Oued Radjas)</b>	<b>S3 (Oued Rhumel)</b>	<b>S4 (Oued El-Kotone)</b>
<b>Paramètres</b>				
<b>PH</b>	4,5	4,5	4,54	4,58
<b>T<sup>0</sup></b>	8,8 c°	7,7 c°	7,2 c°	8,4 c°
<b>Conductivité électrique (CE)</b>	953(µs/cm)	4760 (µs/cm)	1432 (µs/cm)	1066 (µs/cm)
<b>TDS (mg/l)</b>	513 (mg/l)	2340 (mg/l)	760(mg/l)	563 (mg/l)
<b>Prélèvement 02 : 23/05/2021</b>				
<b>Stations</b>	<b>S1 (Oued Kebir)</b>	<b>S2 (Oued Radjas)</b>	<b>S3 (Oued Rhumel)</b>	<b>S4 (Oued El-Kotone)</b>
<b>Paramètres</b>				
<b>PH</b>	8,11	7,65	8,19	8,45
<b>T<sup>0</sup></b>	15,1 c°	15,8 c°	16,2 c°	14,3 c°
<b>Conductivité électrique (CE)</b>	1426 (µs/cm)	6830 (µs/cm)	2030 (µs/cm)	1170 (µs/cm)
<b>TDS (mg/l)</b>	813 (mg/l)	3700 (mg/l)	1045 (mg/l)	627 mg/l)

### 1.1. La Température

D'après les résultats présents dans le tableau qui montre la variation de température à l'amont de barrage Beni- Haroun concernant le prélèvement 1 (20/04/2021).

Les températures relevées dans les stations d'étude sont très proches, avec des valeurs comprises entre (7,2 et 8,8 C°) dans l'ensemble des stations.

Comparativement à nos résultats obtenus dans le deuxième prélèvement (23 mai 2021), on constate une variabilité dans toutes les stations par rapport au prélèvement 1. Il est à noter une augmentation significative dans toutes les stations d'Oued Kebir, Oued Radjas, Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec des valeurs (15,1, 15,8 et 16,2 et 14,3 c° respectivement).

### 1.2. Le PH

Les résultats de pH à l'amont de barrage Beni- Haroun concernant le prélèvement 1 (le 20/04/2021) sont présents dans le tableau.

Ils montrent que les valeurs de pH sont légèrement variables entre (4,5 et 4,58) dans l'ensemble des stations, ce qui indique un pH acide dans toutes les stations étudiées.

Ces variations du pH qui peuvent intervenir sur les valeurs du pH des milieux aquatiques, s'expliquer par l'influence des eaux de ruissellements chargés généralement de diverses matières d'origines différentes.

Comparativement à nos résultats obtenus dans le deuxième prélèvement (23 mai 2021), on constate une variabilité dans toutes les stations par rapport au prélèvement 1. Il est à noter une augmentation significative dans toutes les stations d'Oued Kebir, Oued Radjas, Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec des valeurs fluctuent entre (8,11 et 7,65 et 8,19 et 8,45 respectivement). Le pH de ces stations est faiblement alcalin, peuvent être expliquées par les phénomènes de dilution.

### 1.3. La Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique a l'amont de barrage de Beni Haroun dans prélèvement 1 (20 /04/2021) sont regroupées dans le tableau.

D'après les résultats obtenus, on a remarqué que la conductivité électrique est significativement variable entre les stations d'échantillonnage. La valeur le plus forte a été constatée au niveau d'Oued Radjas (4760  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). Cette augmentation due au lessivage des terres agricoles avoisinantes et l'absence de précipitation donc absence de dilution des sels minéraux de l'eau.

Contrairement, la valeur la plus faible a été enregistrée dans la station d'Oued Kebir avec une valeur de  $953\mu\text{s}/\text{cm}$ , ce qui indique une salinité moyenne. Alors que le reste des résultats montrent des valeurs fluctuent entre ( $1432$  et  $1066\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivement) dans les stations Oued Rhumel et Oued El-Kotone.

Comparativement à nos résultats obtenus dans le deuxième prélèvement (23 mai 2021), on constate une variabilité dans toutes les stations par rapport au prélèvement 1. Il est à noter une augmentation significative dans toutes les stations d'Oued Kebir, Oued Radjas, Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec des valeurs situent ( $1426$  et  $1830$  et  $2030$  et  $1170\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivement). Cette augmentation s'explique principalement soit pH anormaux, soit une salinité élevée.

Il existe une relation proportionnelle entre la teneur en sel dissous d'une eau et sa conductivité ce qui donne une valeur élevée de la conductivité de l'eau.

#### 1.4. Le taux des sels dissous (TDS)

D'après les résultats des sels dissous (TDS) obtenus au niveau des stations étudiées dans le prélèvement 1 (le 20/04/2021), on a remarqué que la TDS est significativement variable entre les stations d'échantillonnage. La plus forte valeur a été constatée au niveau d'Oued Radjas ( $2340\mu\text{s}/\text{cm}$ ), ce qui indique l'utilisation excessive des engrais et pesticide.

Contrairement, la plus faible valeur a été enregistrée dans la station de Oued Kebir avec une valeur de  $513\mu\text{s}/\text{cm}$ . Cette station est moins exposée à des activités agricoles avoisinantes ce qui explique cette diminution.

Alors que le reste des résultats au niveau des stations Oued Rhumel et Oued El-Kotone montrent des valeurs fluctuent entre  $760$  et  $563\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivement.

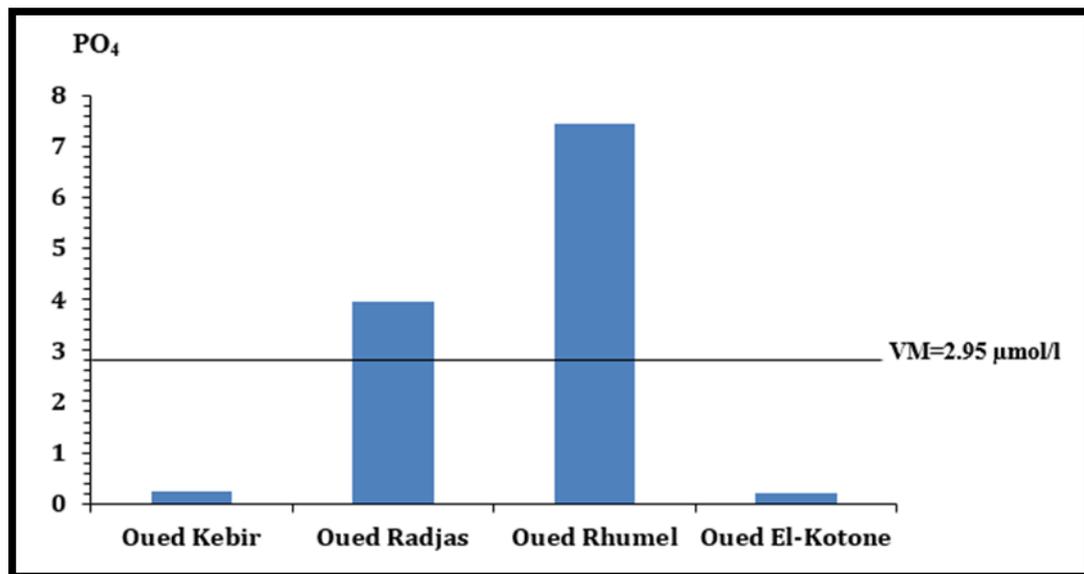
Comparativement à nos résultats obtenus dans le deuxième prélèvement (23 mai 2021), on constate une variabilité dans toutes les stations par rapport au prélèvement 1. Il est à noter une augmentation remarquable dans toutes les stations d'Oued Kebir, Oued Radjas, Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec des valeurs ( $813$  et  $3700$  et  $1045$  et  $627\text{ mg}/\text{l}$  respectivement), cette augmentation s'explique principalement par les rejets agricoles et domestiques existants avoisinant des stations.

#### 1.5. Distribution des ortho-phosphates ( $\text{PO}_4$ )

Les teneurs moyennes des ortho-phosphates à l'amont de barrage Beni-Haroun le 20 avril 2021 (**Figure 37**) est de l'ordre de ( $2,95\mu\text{mol}/\text{l}$ ). Dans l'ensemble des stations, la valeur maximal des ortho-phosphates se trouve dans l'Oued Rhumel avec une concentration de l'ordre

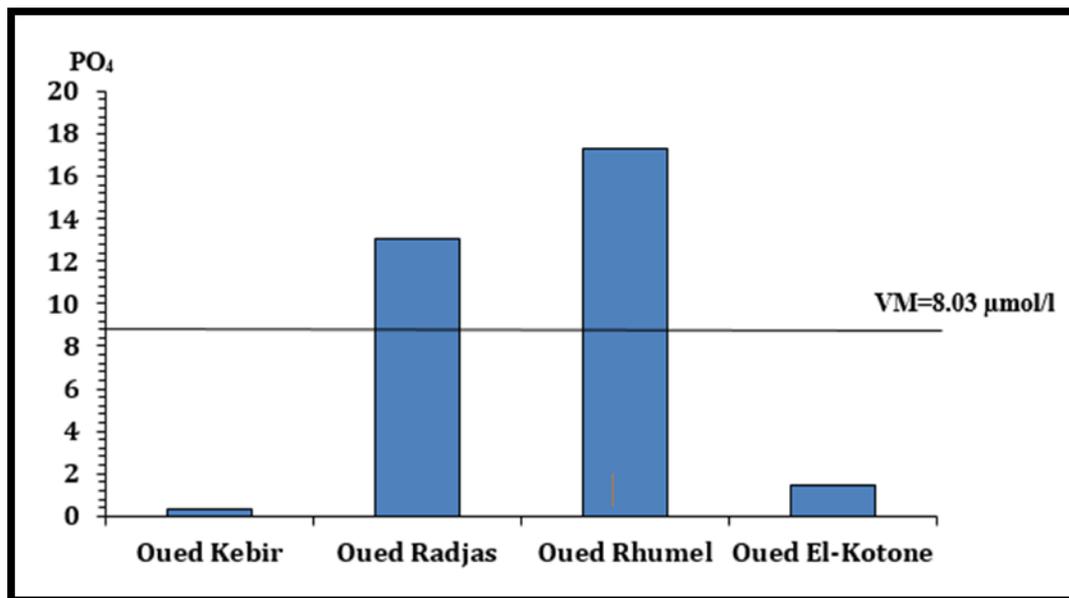
de (7,42  $\mu\text{mol/l}$ ) à cause d'entrée d'importantes masses de phosphore issues des rejets agricoles, et domestiques.

Par contre la concentration un peu moins qu'Oued Rhumel enregistré d'un Oued Radjas à une concentration (3,94  $\mu\text{mol/l}$ ), par suite les concentrations les plus faibles enregistrées dans les stations Oued Kebir et Oued El-Kotone d'une valeur (0,23 et 0,20  $\mu\text{mol/l}$  respectivement). Ce qui interprète que ces stations sont moins exposées aux activités anthropogéniques.



**Figure 37 :** Concentrations moyennes des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/L}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).

Après avoir comparé nos résultats obtenus avec d'autres résultats au niveau prélèvement 2 (**Figure 38**), on remarque une augmentation de la teneur moyenne des ortho-phosphates dans l'ordre de (8,03  $\mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations. Il est à noter aussi une augmentation des concentrations dans les stations Oued Rhumel et Oued Radjas avec des valeurs de (17,28 et 13,06  $\mu\text{mol/l}$ ) à cause de lessivage des terres agricoles traitées par les engrais, aussi absence de précipitation donc absence de dilution, les rejets industriels et domestiques. Alors que les valeurs les plus faibles enregistrées dans les stations Oued Kebir et Oued El-Kotone a une concentration (0,34 et 1,44  $\mu\text{mol/l}$  respectivement) cette dernière c'est une concentration proportionnellement avec autre résultat précédent au prélèvement 1 (**Annexe 01**).

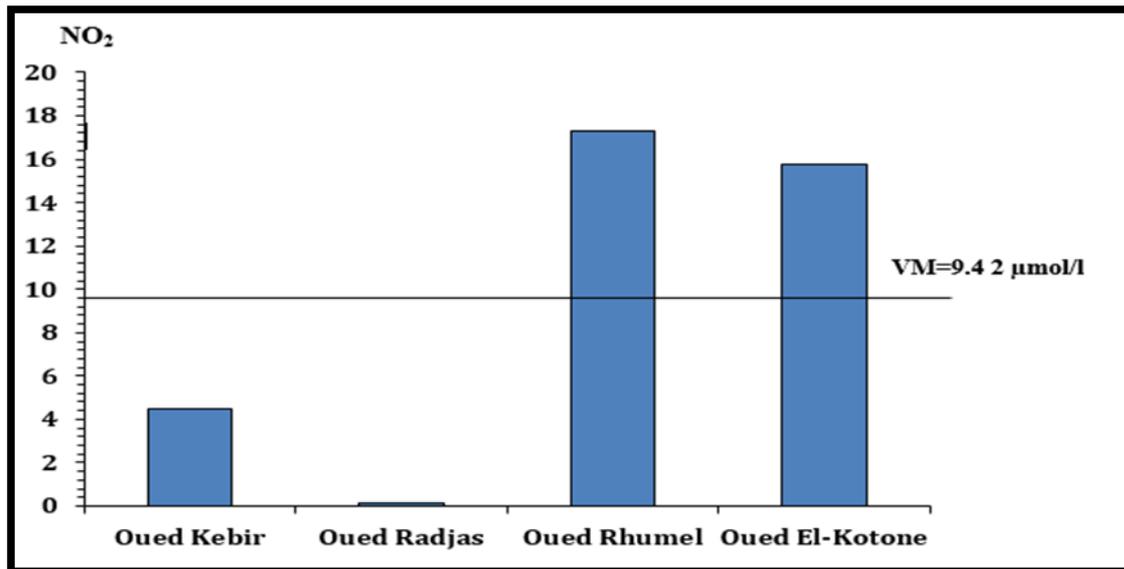


**Figure 38** : Concentrations moyennes des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (23 mai 2021).

#### 1.6. Les nitrites ( $\text{NO}_2$ )

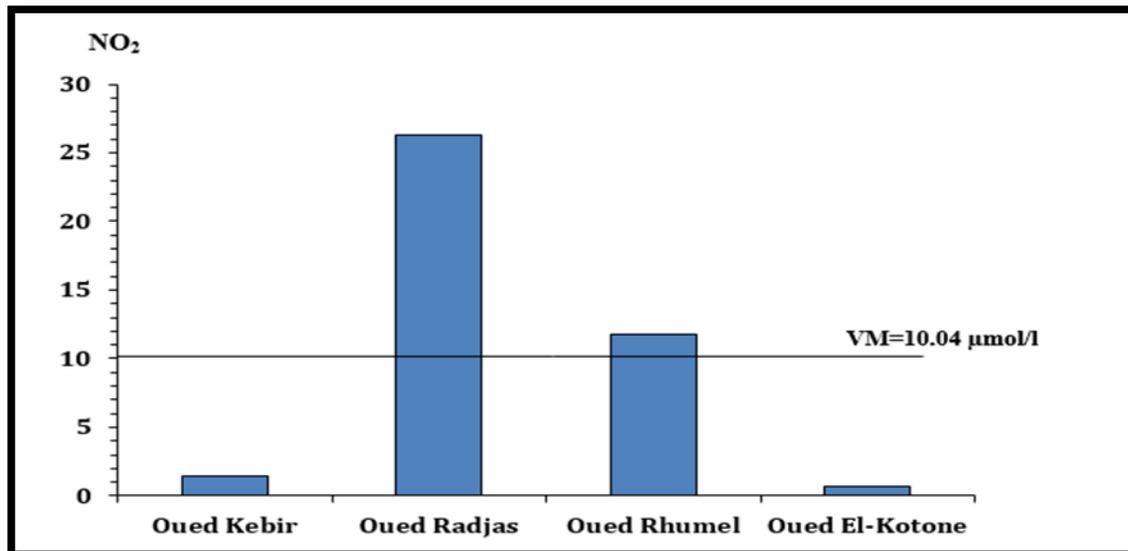
Les teneurs moyennes des nitrites à l'amont de barrage Beni-Haroun au 20 avril 2021 (**Figure 39**) est de l'ordre de ( $9.42\mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations. Les fortes valeurs se trouvent dans Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec une concentration de ( $17.31$  et  $15.74\mu\text{mol/l}$  respectivement). Cette augmentation s'explique principalement par l'oxydation incomplète de l'ammonium.

Par contre la concentration un peu moins qu'Oued Rhumel et Oued El-Kotone enregistré dans Oued Kebir avec une valeur de ( $1,47\mu\text{mol/l}$ ), alors que la plus faible valeur est enregistrée dans la stations Oued Radjas avec une concentration qui ne dépasse pas ( $0.16\mu\text{mol/l}$ ), cette diminution proviennent de la processus de dénitrification.



**Figure 39** : Concentrations moyennes des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).

Comparativement à nos résultats obtenus dans le deuxième prélèvement au 23 mai 2021 (**Figure 40**), on remarque que la teneur moyenne augmente proportionnellement dans l'ordre de ( $10.04 \mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations. Il est à noter une augmentation significative au niveau d'Oued Redjas avec une concentration maximale de ( $26,27 \mu\text{mol/l}$ ), s'explique principalement soit par l'absence de précipitation donc absence de dilution, soit la réduction des nitrates, alors qu'on observe une diminution dans l'Oued Rhumel avec une valeur de ( $11,78 \mu\text{mol/l}$ ). On note aussi une diminution remarquable de la concentration dans le prélèvement 1 qui enregistre en Oued Kebir et Oued El-Kotone avec des valeurs ( $1.67$  et  $0.47 \mu\text{mol/l}$  respectivement) (**Annexe 01**).

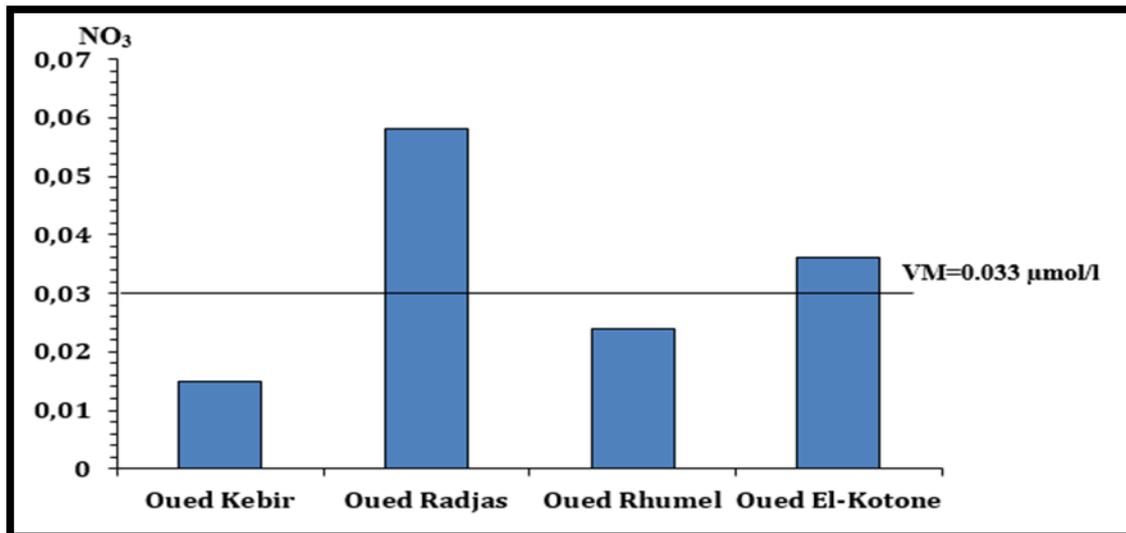


**Figure 40 :** Concentrations moyennes des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (23 mai 2021).

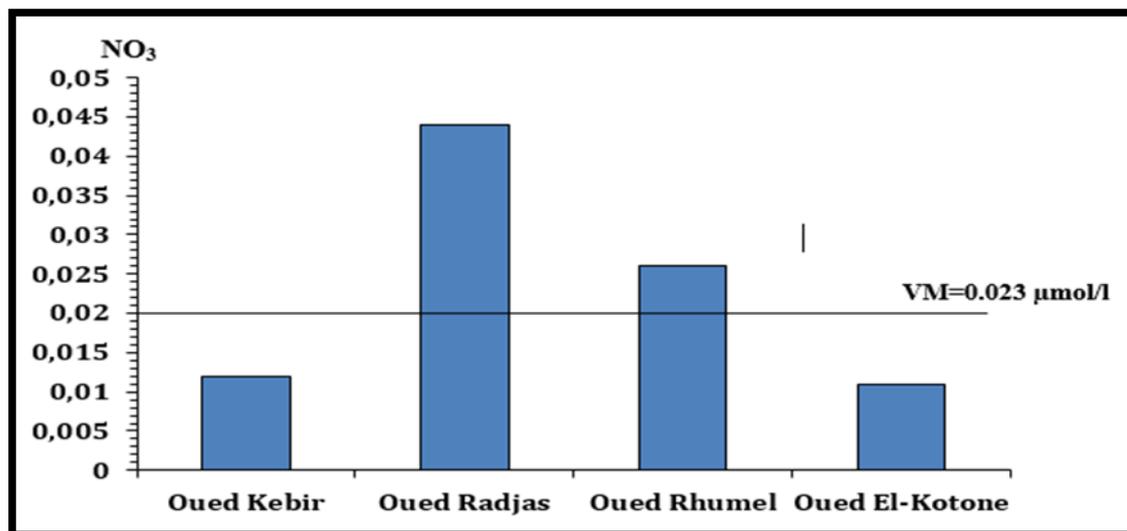
### 1.7. Les nitrates ( $\text{NO}_3$ )

Les teneurs moyennes du nitrate à l'amont de barrage Beni-Haroun au cours de la période étudiée le 20 avril 2021 est de l'ordre de ( $0.033\mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations.

Les valeurs de cet élément sont irrégulières d'une station à une autre, ce sont des concentrations très faible pendant la période d'étude (prélèvement 1 et 2) avec des valeurs qui ne dépassent pas ( $0.044\text{ mol/l}$ ). Cette diminution s'explique principalement à la présence d'azote sous forme d'ammonium surtout, quand ce dernier sera oxydé plus en nitrites, sauf la station d'Oued El-Kotone où on constate une augmentation considérable avec une concentration ( $0,036\text{ mol/l}$ ) dans le prélèvement 1, dont la valeur précédente est ( $0,011\text{mol/l}$ ) (**Annexe 01**).



**Figure 41** : Concentrations moyennes des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).



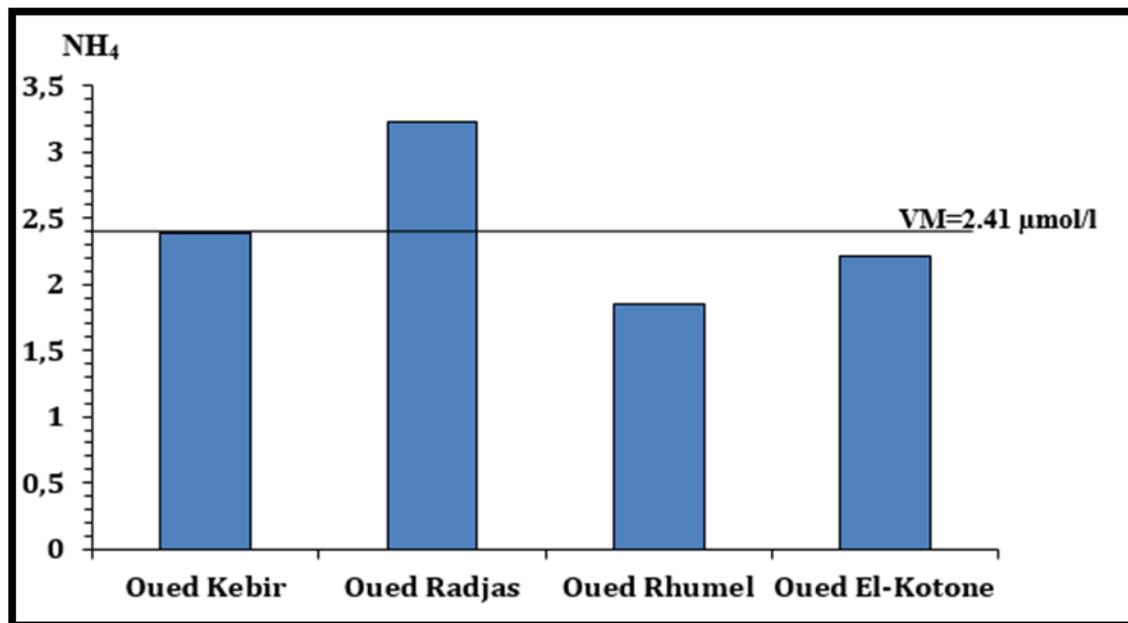
**Figure 42** : Concentrations moyennes des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-rHaoune (23 mai 2021).

Nous observons que les taux des nitrites sont largement supérieurs à celles des nitrates pour l'ensemble des stations peut être due probablement à un processus de dénitrification inachevé.

### 1.8. L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ )

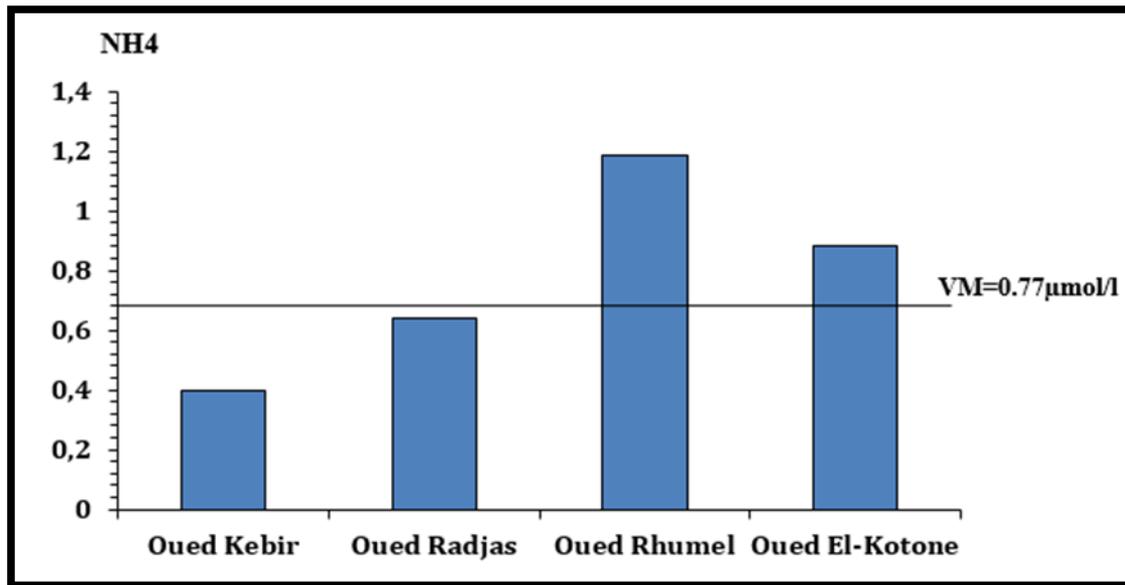
Les teneurs moyennes d'azote ammoniacal à l'amont de barrage Beni-Haroun le 20 avril 2021 (**Figure 43**) est de l'ordre de ( $2.41\mu\text{mol/l}$ ) dont, l'ensemble des stations, on observe la valeur maximal dans l'Oued Redjas avec une concentration ( $3,23\mu\text{mol/l}$ ), s'expliquer

principalement par des rejets domestiques, agricoles, et dans une moindre mesure des rejets industriels. Alors que la valeur un peu moins que la station d'Oued Redjas est enregistrée dans l'Oued Kebir avec une concentration ( $2,38\mu\text{mol/l}$ ), les résultats obtenus montrent des valeurs faible enregistrés dans l'Oued El-Kotone et Oued Rhumel avec une concentration fluctuent entre ( $2,20$  et  $1,84\mu\text{mol/l}$ ), à cause de processus de nitrification (l'oxydation de l'azote ammoniacale  $\text{NH}_4$  en nitrite  $\text{NO}_2$ ).



**Figure 43 :** Concentrations moyennes des d'azote ammoniacal ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).

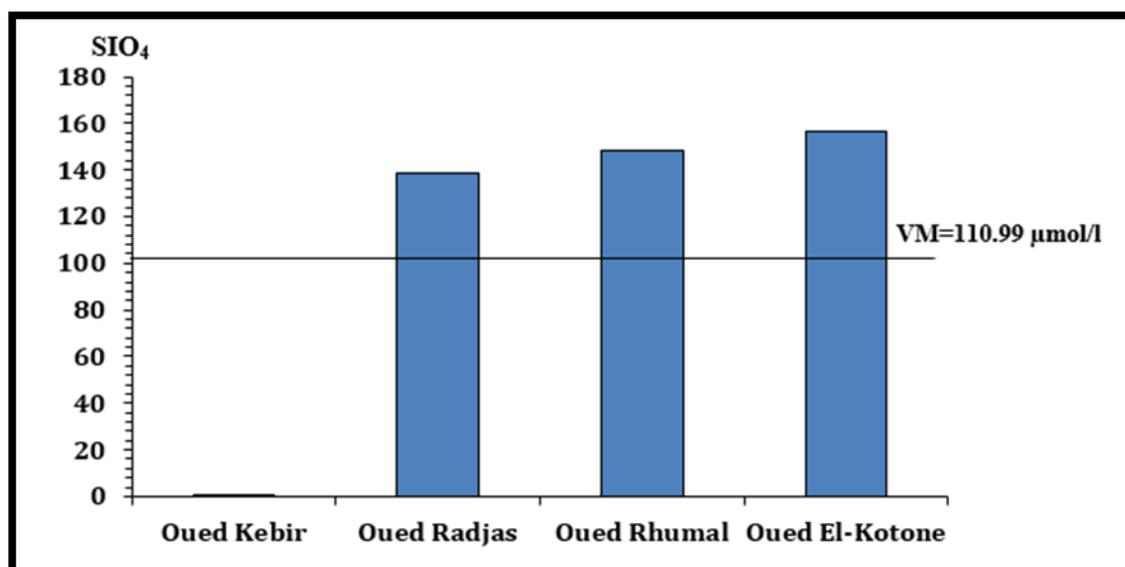
Après avoir comparé nos résultats obtenus au niveau de prélèvement 2, on remarque une augmentation de la teneur moyenne dans l'ordre de ( $0,77\mu\text{mol/l}$ ) dont, l'ensemble des stations, on observe aussi une diminution considérable de l'ammonium, dans tout stations avec une concentration ne dépasse pas ( $1,18\mu\text{mol/l}$ ), en comparaison avec les résultats précédents à cause de processus de nitrification inachevé (**Annexe 01**).



**Figure 44** : Concentrations moyennes des d'azote ammoniacal ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (23 mai 2021).

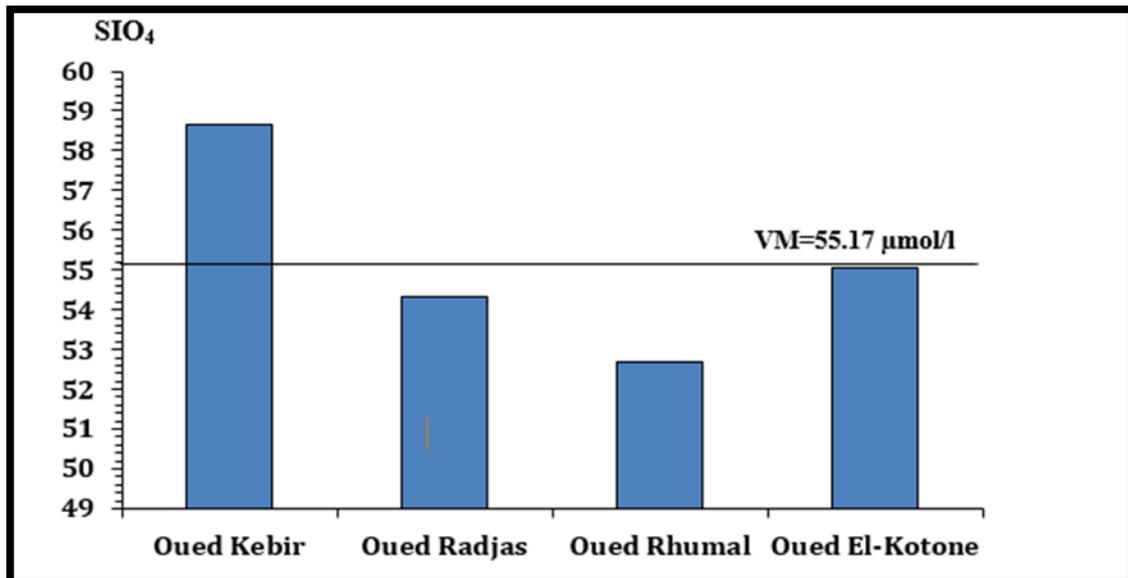
### 1.9. Distribution des Ortho-silicates ( $\text{SiO}_4$ )

Les teneurs moyennes des Ortho-silicates à l'amont de barrage Beni-Haroun au 20 avril 2021 (**Figure 45**) est de l'ordre de ( $55,17 \mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations. Les fortes valeurs se trouvent dans Oued Radjas et Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec une concentration de ( $138,33$  et  $148,64$  et  $156,68 \mu\text{mol/l}$  respectivement) à cause de lessivage du sol. Les résultats obtenus montrent une concentration faible ne dépasse pas ( $0,30 \mu\text{mol/l}$ ).



**Figure 45** : Concentrations moyennes des des Ortho-silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune (20 avril 2021).

Comparativement nos résultats obtenus au niveau prélèvement 2 (**Figure 46**), on remarque une diminution significativement de la teneur moyenne de l'ordre de ( $10.04 \mu\text{mol/l}$ ) dont, l'ensemble des stations, on observe une diminution considérable dans les stations d'Oued Radjas et Oued Rhumel et Oued El-Kotone avec une concentration fluctuant entre ( $52,67$  et  $54,32$  et  $58.65 \mu\text{mol/l}$  respectivement) alors qu'on observe une augmentation remarquable dans la station de Oued Kebir avec une concentration de ( $58,65 \mu\text{mol/l}$ ) en comparaison avec la valeur précédente au niveau de prélèvement 1, à cause de lessivage des terres agricoles traitées par les engrais (**Annexe 01**).

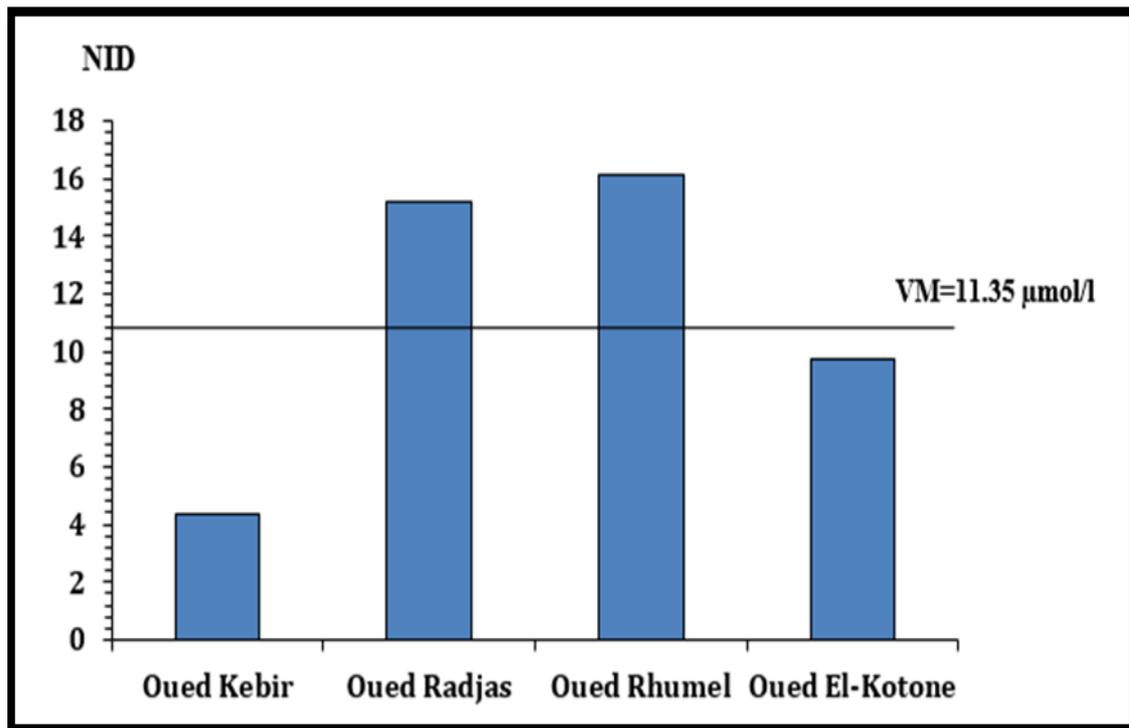


**Figure 46 :** Concentrations moyennes des Ortho-silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroun (23 mai 2021).

#### 1.10. Distribution de l'azote inorganique dissous (NID= $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$ )

Les teneurs moyennes de l'azote inorganique dissous à l'amont de barrage Beni-Haroun au cours de la période étudiée au niveau de prélèvement 1 et 2 est de l'ordre de ( $11,35 \mu\text{mol/l}$ ) dans l'ensemble des stations. Les teneurs maximales de l'azote inorganique a été observée dans l'Oued Rhumel et Oued Radjas avec une concentration varient entre ( $16,08$  et  $15,20 \mu\text{mol/l}$ ), qui s'explique par d'introduction d'importantes masses d'azote issues des rejets agricoles, industriels et domestiques, alors qu'enregistre une concentration un peu moins dans Oued El-Kotone avec une valeur de ( $9,76 \mu\text{mol/l}$ ).

Les résultats obtenus montrent une concentration faible enregistrée dans l'Oued Kebir avec une valeur qui ne dépasse pas ( $4,37 \mu\text{mol/l}$ ). Cette station est moins exposée aux activités anthropogéniques (**Annexe 01**).



**Figure 47 :** Concentrations moyennes d'azote inorganique dissous ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'amont de barrage Beni-Haroune.

## 2. Résultats des paramètres microbiologiques

Nous avons effectué pendant notre étude un dénombrement et une recherche des germes indicateurs de pollution :

- Recherche et dénombrement des germes revivifiables
- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux (thermo-tolérant).
- Les streptocoques fécaux.
- Les bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons d'eau prélevés sont présentés sous forme des tableaux et des diagrammes.

## 2.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes revivifiables des eaux des quatre stations étudiées (**Oued Kebir, Oued Radjas, Oued Rhumel et Oued El-Kotone**) durant le mois de Avril et Mai 2021 sont présentées dans le (**Tableau 8**).

**Tableau 8** : Recherche et du dénombrement des germes revivifiables.

Mois	Températures	S1(Oued Kebir)	S2(Oued Radjas)	S3(Oued Rhumel)	S4(Oued El-Kotone)
Avril 2021	22°C	280 UFC/ml	165 UFC/ml	300 UFC/ml	170 UFC/ml
	37°C	350 UFC/ml	280 UFC/ml	400 UFC/ml	200 UFC/ml

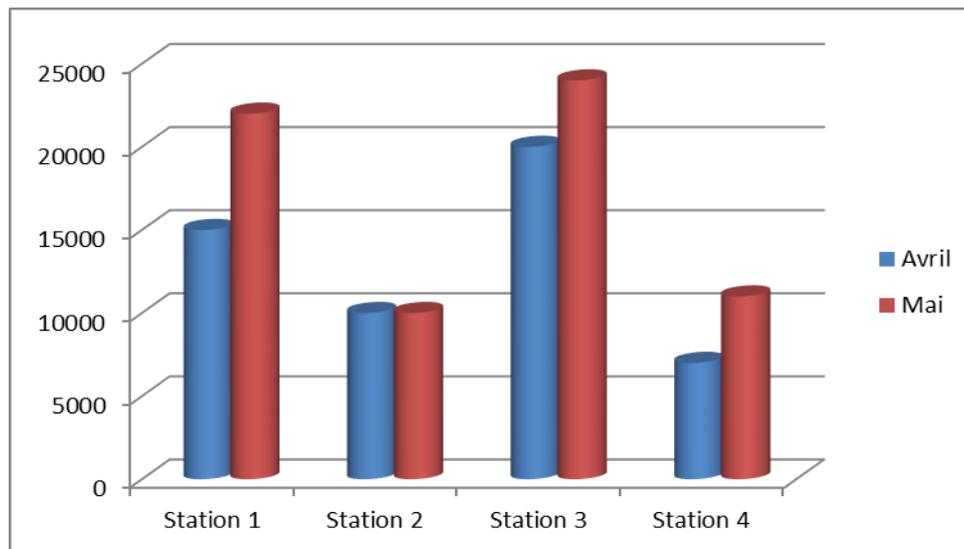
Mois	Températures	S1(Oued Kebir)	S2(Oued Radjas)	S3(Oued Rhumel)	S4(Oued El-Kotone)
Mai 2021	22°C	260 UFC/ml	175 UFC/ml	280 UFC/ml	250 UFC/ml
	37°C	320 UFC/ml	220 UFC/ml	400 UFC/ml	400 UFC/ml

Les résultats de la recherche des germes revivifiables ont été calculé après avoir des gonflements sur les boites ensemencés et cultivés a des températures 22°C et 37°C ; ce qui confirme la présence des germes au niveau des stations étudiées.

## 2.2. Recherche et le dénombrement des témoins de contamination fécale

### 2.2.1. Coliformes totaux

La variation du nombre des bactéries coliformes totaux au niveau des stations étudiées sont illustrés dans la (**Figure 48**).

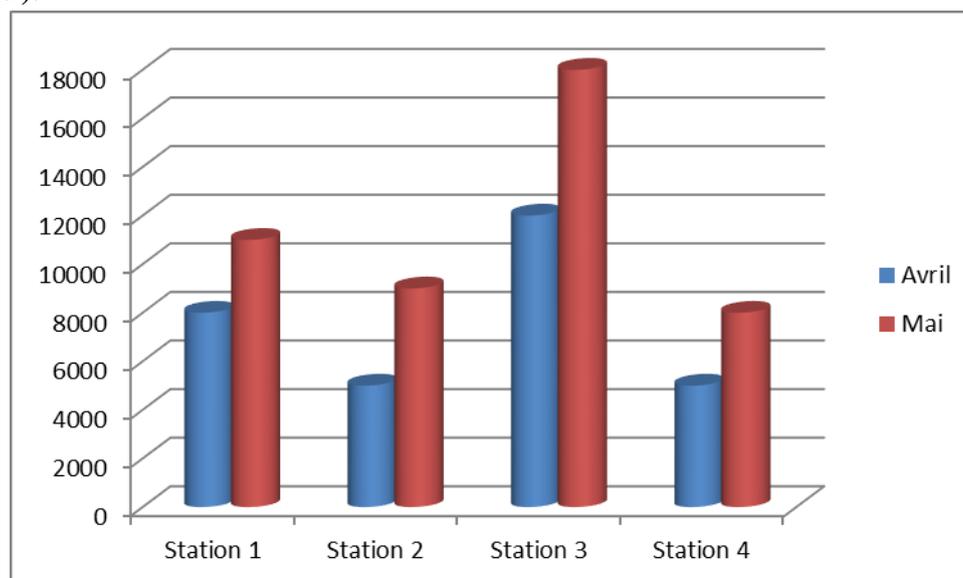


**Figure 48 :** Evolution du nombre de coliformes totaux.

Les résultats de dénombrement des coliformes totaux montrent clairement une élévation des valeurs de ces derniers au niveau de la première et la troisième station au cours des deux mois Avril et Mai 2021, Cette charge bactérienne due aux rejets domestiques directs et à la fréquentation de stations par les animaux, avec élévation des taux au niveau de la première et la troisième station (**Annexe 02**).

### 2.2.2. Coliformes fécaux

Les résultats des analyses et de la recherche des coliformes fécaux sont représentés dans la (**Figure 49**).

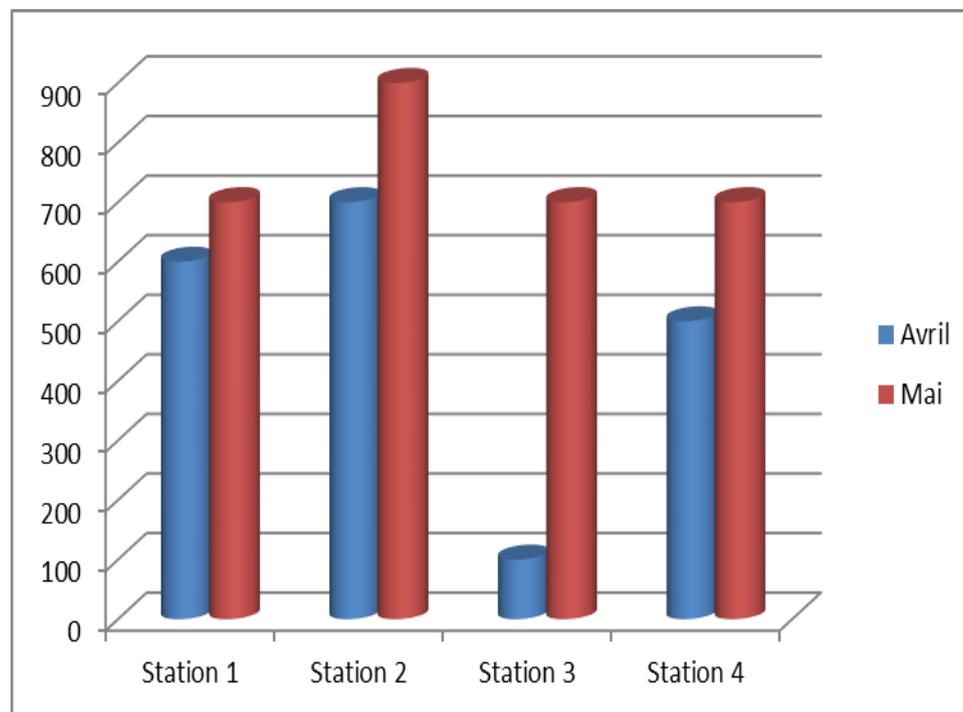


**Figure 49 :** L'évolution du nombre de coliformes fécaux dans les eaux des stations de prélèvement est présentée dans la figure ci-dessus.

Les résultats d'estimation du nombre des coliformes fécaux montrent des valeurs qui dépassent largement les normes qui exigent l'absence totale des coliformes fécaux dont les valeurs maximales sont enregistrées au niveau de la troisième station (Oued Rhumel) 180000 UCF/ml, et la valeur la plus basse au niveau de la station 2 (Oued Radjas) 50000 CF/ml. Ces résultats confirment des contaminations d'origine fécales au niveau de ces stations, Ce résultat s'explique par l'exposition directe de station aux rejets industriels ou les eaux usées domestiques aux eaux de ruissellements qui viennent y tomber chargées de nombreuses substances contaminants et les excréments des animaux d'élevage. (Annexe 02).

### 2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les résultats d'estimation des Streptocoques fécaux sont illustrés sur la (Figure 50) ces derniers montrent des valeurs maximales enregistrés au niveau de la deuxième station (900 UFC/ml), Ces bactéries sont très sensibles aux variations physico-chimiques du milieu et la valeur la plus basse est au niveau de la troisième station (< 100 UFC/ml). Ces résultats confirment des contaminations récentes.



**Figure 50 :** Evolution du nombre des Streptocoques fécaux.

#### 2.4. Recherche des bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

La présence des ASR dans les eaux de surfaces est très probable où on trouve les formes sporulantes beaucoup plus résistante que les formes végétatives. Leur présence indique une contamination ancienne d'origine fécale.

Elles sont responsables des maladies graves telles que le botulisme et le tétanos ; c'est pour cette raison que la recherche de ces derniers est essentielle dans le cadre de la détermination qualitative de l'eau (Rejsek, 2002).(Boudraa, 2016).

Les résultats de la recherche des ASR montrent la contamination de la troisième station, sont présentés dans la (Figure 51) suivante (indénombrable) :



**Figure 51** : Résultats du dénombrement des ASR (Photo prise par BENZERROUK Mohammed Saleh le 21/04/2021).

La couleur des colonies des clostridies sulfito-réductrices (halo noir) résulte de la réduction du sulfite leur présence indique une contamination récente.

#### 2.5. Recherche des germes pathogènes

La recherche de germes pathogènes a été effectuée sur plusieurs milieux de culture (GN, CHAP, HECT et SS, MacConkey et Sabouraud). Dont le but de la recherche de certains germes; (les entérobactéries, Les staphylocoques, les Salmonelles, les champignons). Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants (Tableau 9).

##### 2.5.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram

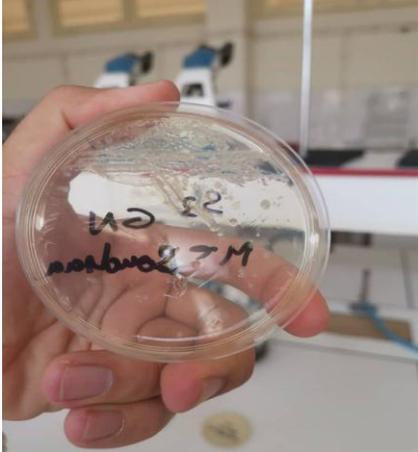
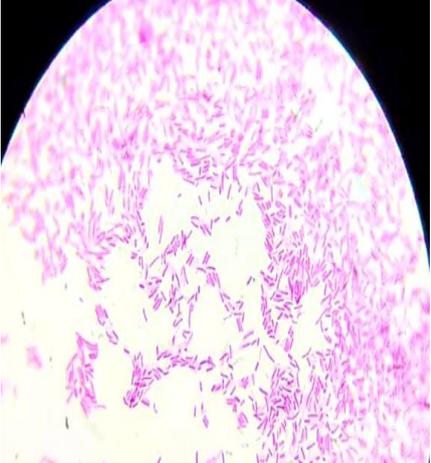
Lorsque nous ensemençons une bactérie sur une gélose, elle n'est pas visible. Toutefois, elle se divise à un rythme assez important pour former une colonie, qui est visible à l'œil nu.

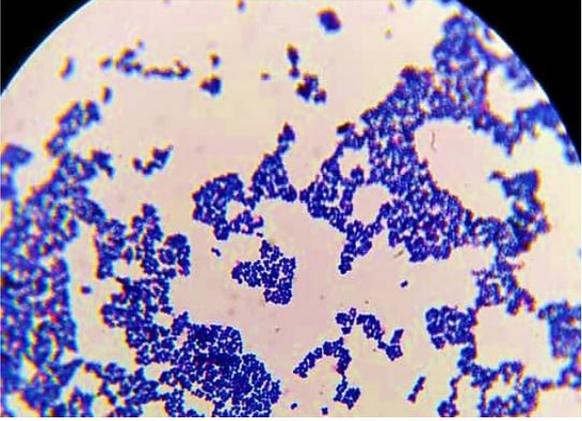
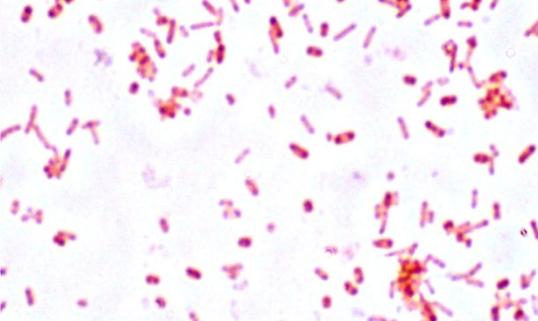
Chacune de ces colonies est formée par des millions de bactéries identiques et cette colonie possède des caractéristiques propres à l'espèce bactérienne.

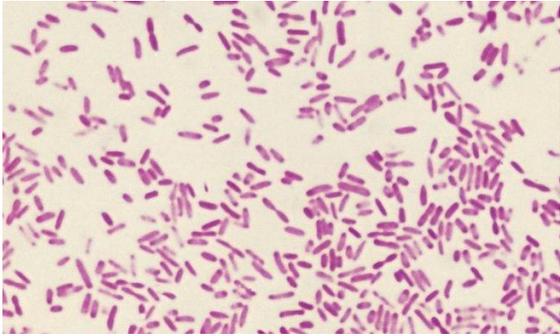
Nos résultats des aspects macroscopiques et microscopiques sont présentés dans le (Tableau 9).

Les figures représentées dans le (Tableau 9) montrent la présence de différents types de bactéries selon leurs aspects microscopiques (Coccis, Bacilles, Coccobacilles, Cocci en chaînettes et grappe de raisin) (Gram positif et Gram négatif).

**Tableau 9 : Aspect macroscopique et microscopique des colonies.**

Culture	Observation macroscopique des colonies	Observation microscopique des colonies
Gélose Nutritive	 <p><b>Figure 52 : Aspect des colonies sur gélose nutritive.</b></p> <p>-Colonies plates et colonies bombée, grande taille, lisse de couleur jaune. et d'autres colonies transparentes.</p>	 <p><b>Figure 53: Aspect microscopique sur gélose nutritive (GN).</b></p> <p>-Bacilles isolés. Gram négatif.</p>

<p><b>Chapman</b></p>	 <p><b>Figure 54 : Aspect des colonies sur Chapman.</b></p> <p>-Colonies plates, petite taille, lisse et pigmenté en jaune.</p>	 <p><b>Figure 55: Aspect microscopique sur Chapman.</b></p> <p>-Cocci en grappe de raisin. -Gram positif.</p>
<p><b>Héctoèn</b></p>	 <p><b>Figure 56: Aspect des colonies sur Héctoène.</b></p> <p>-Colonies de petite taille à contour régulier, pigmenté en bleu-vert.</p>	 <p><b>Figure 57 : Aspect microscopique sur Héctoène.</b></p> <p>-Bacille isolé et cocobacille. - Gram négatif.</p>
<p><b>Gélose SS</b></p>	 <p><b>Figure 58 : Aspect des colonies sur milieu SS.</b></p> <p>-Colonie arrondie, transparentes bombées et brillantes.</p>	 <p><b>Figure 59 : Aspect microscopique sur milieu SS.</b></p> <p>-Cocci en chênettes. - Gram négatif.</p>

Culture	Observation macroscopique des colonies	Observation microscopique des colonies
Hektoen	 <p><b>Figure 60 : Aspect des colonies sur milieu Hektoen.</b></p> <p>-Colonies bombées pigmentés en rose, lisses.</p>	 <p><b>Figure 61 : Aspect microscopique sur milieu Hektoen.</b></p> <p>-Bacilles en chênettes. - Gram négatif.</p>
GNAB	 <p><b>Figure 62 : Aspect des colonies sur milieu GNAB.</b></p>	 <p><b>Figure 63 : Aspect microscopique sur milieu GNAB.</b></p> <p>-Bacilles et cocobacilles. -Gram négatif.</p>

<p><b>Sabouraud</b></p>	 <p><b>Figure 64 : Aspect des colonies sur milieu Sabouraud (Station1).</b></p>	 <p><b>Figure 65 : Aspect microscopique sur milieu Sabouraud.</b></p>
<p><b>Sabouraud</b></p>	 <p><b>Figure 66 : Aspect des colonies sur milieu Sabouraud (Station 3).</b></p>	<p><b>Aspergillus</b> Photo du net</p> <p><a href="https://www.researchgate.net/profile/Guillaume-Desoubeaux/publication/260252035/figure/fig4/AS:297053814050819@1447834556605/Macro-and-microscopic-aspect-of-Aspergillus-section-Fumigati-in-culture-a-macroscopic.png">https://www.researchgate.net/profile/Guillaume-Desoubeaux/publication/260252035/figure/fig4/AS:297053814050819@1447834556605/Macro-and-microscopic-aspect-of-Aspergillus-section-Fumigati-in-culture-a-macroscopic.png</a></p>

Les aspects macroscopiques des colonies bactériennes obtenues après ensemencement par stries et par quadrant après incubation qui sont représentées dans le (**Tableau 9**) montrent une variété des bactéries remarquable par leurs tailles, formes et couleurs.

- Les aspects microscopiques nous a permet de détecter deux types de Gram (positif et négatif).
- Les tests complémentaires nous montrent les espèces bactériennes présentent au niveau de ces stations : E.coli, Enterocoques, Streptocoques, Staphylocoques, Salmonelles.

La présence de ces bactéries nous confirme la contamination des eaux des trois stations avec des degrés différents (**Annexe 03**).

### 2.5.2. Résultats de la galerie API 20 E

Les résultats de la galerie API 20 E qu'on a effectué montrent la présence de *Salmonelles spp* (**Figure 67**).



**Figure 67** : Résultats API 20E: *Salmonella spp*. (En prise par **BENDJEDDOU Youcef**).

Les résultats des API20E réalisés confirment la pathogénie des eaux prélevées. Pour mieux expliqué et comprendre nos résultats on peut citer quelques critères et processus de ces derniers :

#### ➤ *Salmonelles spp*

-Bacille Gram négatif mobile.

-Le réservoir principal de *Salmonella spp* est constitué par le tractus gastro-intestinal des mammifères (porcs, bovins) et des oiseaux (volailles domestiques).

#### ✓ **Ecologie (Habitat)**

-**Humain** : Malades et porteurs sains (cas d'élimination pendant plusieurs mois de *Salmonella Spp* dans les selles).

- **Animal** : En particulier les volailles, bovin, ovins.

#### ✓ **Epidémiologie**

Petites épidémies dans la population générale ; épidémies potentiellement importantes liées à la préparation industrielle des repas.

# « Conclusion »



## Conclusion

Pour conclure, il convient de rappeler que le barrage de Beni-Haroun est l'ouvrage de la réserve en eau le plus important dans le Constantinois, voire dans toute l'Algérie. Il demeure cependant un gigantesque accumulateur de tout type de rejets de diverses natures. Les cours d'eau, les affluents et les oueds qui alimentent cette structure subissent l'impact nocif de la démographie, industrie et l'agriculture.

L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux qui alimentent ce barrage.

Après réalisation des prélèvements et analyses selon les méthodes biologiques et chimiques, nous avons pu identifier un certains nombres de bactéries pathogènes au niveau des stations étudiées avec confirmation des résultats chimiques notamment les taux très élevés des nitrates et nitrites, ces derniers entrent dans le cycle de multiplication des bactéries et représentent un réservoir pour certains types de bactéries.

La concentration des ortho-phosphates confirment aussi nos résultats de recherche des bactéries sulfitoréductrices (ASR).

Les taux des résultats physicochimiques et bactériologiques se diffèrent d'un paramètre à autre, aussi d'une station à autre.

A noter que seul Oued Rhumel présente des taux très élevés par rapport aux autres stations.

Les bactéries isolées sont : *E. coli*, Streptocoques, *Salmonella.spp*, *Staphylococcus aureus*, *vibrio*. Ces bactéries ont un pouvoir pathogène pour l'homme et les animaux qui fréquentent ces Oueds.

Nos résultats bactériologiques dépassent les normes nationales (**Annexe 04**).

En perspective, cette étude n'est qu'un essai d'évaluer la qualité des eaux de ces quatre Oueds, malheureusement on ne peut pas juger ni met une évaluation finale à cause de manque d'analyses (**Année 2021 Pandémie COVID 19**).

Aussi, notre étude, pourrait servir comme référence et introspection les études à long terme.

# « Références bibliographiques »



### ➤ Références bibliographiques :

- Afri-Mehennaoui, F., Z., 1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de Magister en Ecologie .Université de Mentouri de Constantine. 238p.
- Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2009. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°13, 40p.
- Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2009. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°13, 40p.
- Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2004. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°08, 44p.
- Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2002. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°05, 32p.
- Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 1999. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°02, 33p.
- Ait Kaci, S., Hamdi, M.S., 2008. Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous".DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L).
- Aminot, A., Chaussied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395p.
- ANDI., (2013). Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- Aouissi, A., 2010. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister en : Hydro-écologie Option: Santé, Eau et Environnement.Université du 08 Mai 1945 de Guelma. 164.
- Aouissi, A., Fouzari, A., Meziane, N., 2007. Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybousse.Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
- Archibald, F., 2000. The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems – a cause for concern? Water Qual Res J. Canada, 35:1-22.
- Bagnouls F., et Gausson H., (1957). Les climats biologiques et leurs classifications. Annales de géographie. France. Vol. 66. N°355. 193-220 p

- Barkat, K., 2016. Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun .Mémoire de Master 2 : Gestion durable des Ecosystèmes et protection de l'environnement. Université des Frères Mentouri Constantine, 35p.
- Belattar H., (2007). Diversité dans la végétation cultivée de la région de Mila: inventaire et caractéristiques biologiques. Thèse de magistère en Biologie végétale. Université Mentouri, Constantine. 99p.
- Belmehdi I., Boudjadjoua S., (2017). Etude comparative des oiseaux d'eau hivernant dans les barrages de la Wilaya de Mila : Cas du barrage de beni Haroun et Sidi Khelifa. Mémoire Master II. Centre universitaire de Mila. 80p.
- Bengati, S., Boudraa, W., Djamaa F., 2011. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau des plages de la ville d'Annaba
- Berkal K., et Elouaere F., (2014). Inventaire et écologie des oiseaux d'eau au niveau du barrage de béni Haroun (Wilaya de Mila): saison d'hivernage 2013/2014. Mémoire Master II. Centre Universitaire de Mila. 85p.
- Bernard, 2007. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar.
- Bioret F., Estève R., Sturbois A., (2010). Dictionnaire de la protection de la nature. Presses Universitaires de Rennes. 357p.
- Bliefert Claus & Perraud Robert. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.
- Boglin Jean-claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- Boglin Jean-claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- Boissonneault, Y., Campeau, S., Lavoie, I., Grenier, M., et Lacoursière, S., 2009. Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC. Guide d'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Université du Québec à Trois Rivières, 18p.
- Bouchareb, N., 2013. Transferts Et Géochimie De L'azote, Du Phosphore Et Du Silicium Des Bassins Des Oueds Kebir-Rhumel, Kebir Ouest Et Saf-Saf Au Littoral. Thèse de doctorat : Environnement littoral. Université Badji Mokhtar-Annaba, 95p.
- Bouchareb, N., 2013. Transferts Et Géochimie De L'azote, Du Phosphore Et Du Silicium Des Bassins Des Oueds Kebir-Rhumel, Kebir Ouest Et Saf-Saf Au Littoral. Thèse de doctorat : Environnement littoral. Université Badji Mokhtar-Annaba, 95p.
- Boucheliga, O., Haouam, C., 2020. Evaluation de la résistance aux antibiotiques des bactéries

isolées du milieu hospitalier : cas de l'hôpital Khaledi Abdelaziz, Tébessa. Master 2 : Microbiologie Appliquée, Université 8 Mai 1945 Guelma, 50p.

- Boucherit, K., Kadi, K., Dafri, F., 2009. Caractérisation microbiologique et physico-chimique de l'eau durant un traitement au niveau de la STEP de la ville de Guelma. Mémoire de l'Ingénieur d'état. Université 08 Mai 1945, Guelma. 89p.
- Boucheseiche C., Cremille E., Pelte., Pojer K., (2002). Guide technique n° 7 – Pollution Toxique et écotoxicologie. Agence de l'Eau Artois Picardie. 11p.
- Boudraa, W., 2016. Contribution à l'étude écologique de l'avifaune aquatique d'une zone humide péri-urbaine : cas du marais de Boussehra (Nord-est de l'Algérie). Thèse de Doctorat : Biologie Animale Biodiversité, Evolution Et Ecologie De La Santé. Université Badji Mokhtar – Annaba, 146p.
- Boukroma. N., 2008. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire d'Ain Fakron, wilaya d'Om El Bouaghi. Mémoire de Magister. Université de Guelma. P 64.
- Boulbair, N.E., et Soufane A., (2011). Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire de fin d'études.
- Brémond, R., Vuichard, R., 1973. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française, Paris, France, 173p.
- Brouillette, D., Ouellet, M., (2003). Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Ministère du Développement durable. de l'Environnement. De la Faune et des Parcs. Canada, Québec Montréal. 8-22 p.
- Camille. Delarras. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Lavoisier. Editions TEC and DOC. 11, rue la voisier F-75008 Paris : 2007 ; p463. ISBN : 978-2-714-30-0945-8 Pages: 102, 103, 105, 128, 129
- CEAEQ., 2015. Recherche et dénombrement simultané des coliformes fécaux et d'Escherichia coli dans l'eau potable avec le milieu de culture MI; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, p 5-19.
- CETIC., (2009). Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.
- Chaâlal O.M., (2012). la wilaya de Mila .Edition, Albayazin. Alger. 209p. compartiments Eau /Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et Beni Haroun.

- Chaouch, R., 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba: aspect physico-chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 105p.
- Chebbah, N. 2015. Eco-éthologie du Grand cormoran hivernant au niveau du barrage de Beni-Haroun. Mémoire de fin d'étude (Master2). Centre universitaire de Mila. 65p.
- Chifflet, S., Gerard, P., Fichez, R., 2004. Manuel d'analyses chimiques dans l'eau de mer. Biologie marine. Laboratoire de Chimie Marine, Institut de recherche pour le développement (IRD), Nouméa, Calédonie, 83p.
- De Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C., 2005. Qualité Physico-Chimique Et Chimique Des Eaux De Surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- Debabza, 2005 Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie), (2005).
- Detaille J., Ferrari R., Garufo S., Granatorowicz D., Halusiak E., Ledent C., Ledoupe E., Stegen C., Ucyeye H., Warnier L., (2013). L'épuration de l'eau dossier pédagogique. 2 p.
- DRE. (2018). Direction des ressources en eau Dreux P. (1980).
- Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Scien. Montpellier, France. 343 p.
- Engelkirk, P.G., 2008. Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of
- European Environment Agency EEA. 1999. State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment. Environmental assessment series. Office for Official Publications/EE, L-2985 Luxembourg. 5: 137p.
- Faurie C., Ferra C., Medori P., (1980). Ecologie. Edition. J. B. Baillière. Paris. 168p.
- Frank, R., 2002. Analyse des eaux. Edition, Tec et DOC, 18-188 p.
- Galax E., Landry Y., ( 2009). La gouvernance de la biodiversité marine et côtière dans le golfe de Guinée. Diplôme, Division des Affaires Juridiques et des Traités. Ministère des Relations Extérieures. Cameroun. 7 p.
- Garcia-Armisen, T., (2006). Etude de la dynamique des Escherichia coli dans les rivières du bassin de la Seine. Thèse Doctorat. Université Libre de Bruxelles. P 15-16.
- Gaujous, 1995. La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire, 2<sup>ème</sup> Edition.
- Gisèle. B., (2007). Pollution des eaux des rivières et impact sur les populations riveraines. Université de Dschang, Cameroun, en gestion de l'eau. 6-117 p.

- Godard A. & Tabeaud M. (2002). « Les climats, mécanismes et répartition », édi. Cursus, Armand Colin, Paris. 76 p.
- Guibert, J., Goldstein, F.W., Lafaise, C., Gaudin, H., 1981. infection à entérobactérie EMC, Paris, Maladies infectieuses, 80-16 J 10 5.
- Guichard. S., 2009. La médiathèque de la citer de la mer. Institut français de recherche pour l'exploitation. Disponible sur le site Internet : [www.mediathequeciterdelamer.com](http://www.mediathequeciterdelamer.com).
- Hamed. M., Guettache. A., Bouamer. L., Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Université de Bechar (2012).
- Herbet, S., Lecar, B., 2000. Suivi de la qualité des rivières et des petits cours d'eau. Québec, direction des suivie de l'état de l'environnement. Ministère de l'environnement, rapport n°=QE.123.24.
- Kerdoud, S., (2006). Les bassines versent de Beni Haroune eau et pollution. Présenté pour l'obtention du Diplôme de magister. Université Mentouri- Constantine, 7-31 p
- Kudri nee belalia. Z., Etude et traitement de l'eau du Barrage Djorf-eltor de la wilaya Bechar par filtration sur sables. Mémoire de Magister en Eau et environnement. Université Hassiba Benbouaali de chlef (2006).
- Lallogo H., (1992). Concentration de certains métaux d'importance médicale dans les poisons: cas des poisons de la lagune de Lomé. Mémoire de Technicien Supérieur en Génie Sanitaire (EAM), UL, p: 36.
- Lightfoot, N.F., 2002. Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. p387.
- Lothaire Z., (2000). Pollution et épuration des eaux. Texte de la 287e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 13 octobre 2000. 11 p.
- Madoui F., Sahraoui M., ( 2011). Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eaux de la région d'oued Athmenia. pp 11.
- Marchand M., Tissier C., Tixier C., Tronczynski V., (2004). Les contaminants chimiques dans la Directive Cadre sur l'Eau, centreifremer de nantes. 5 p.
- Mayat, S., 1994. Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- Mebarki, A., 2009. Ressources et aménagement Algérie-les bassins hydrographique de l'est .5015 éd, O.P.U, Alger, Algerie, 389p.
- Merabet, S., 2010. Evaluation de la qualité physicochimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Mémoire de magister en chimie analytique. Université Mentouri de Constantine. P 1.

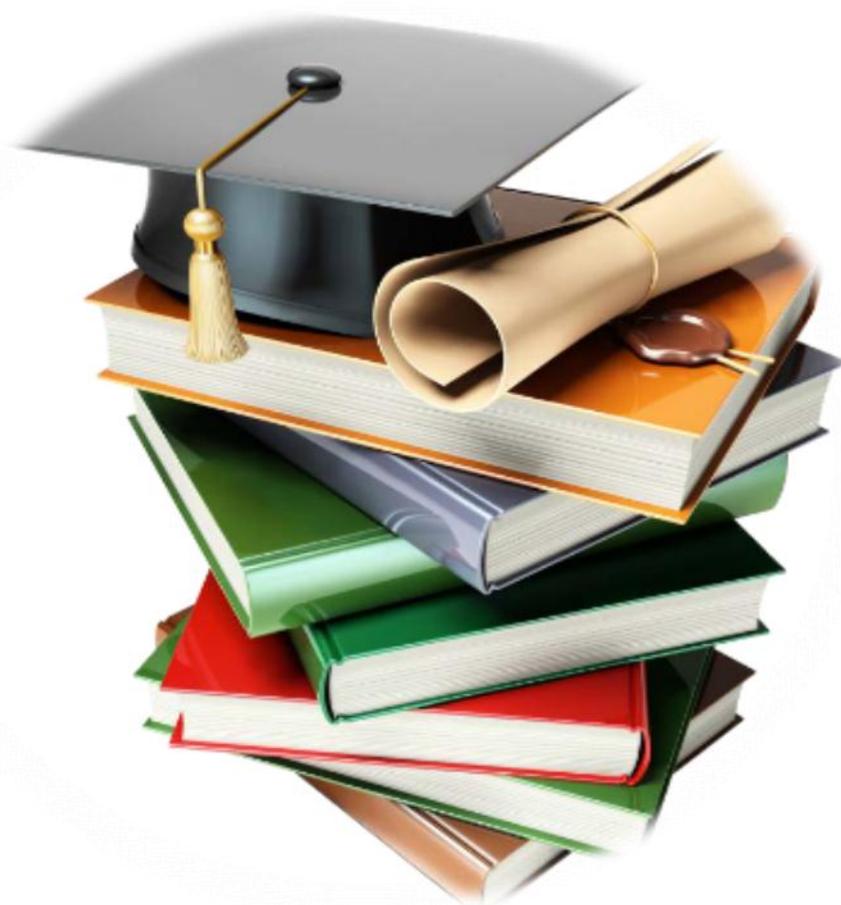
- Merghadi, A., Abderrahmane, B., et Tien Bui, D. (2018). Landslide susceptibility assessment at Mila Basin (Algeria): a comparative assessment of prediction capability of advanced machine learning methods. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(7), 268.
- Metallaoui S., (2010). Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans garaet hadj-taher (Numidie occidentale, nord- est de l'Algérie). Thèse de doctorat. Université d'annaba. 170 p.
- Mokdadi. H., Messai Ahmed. N.,: Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-oued (Cas du Lac Ayata, Chott Marouam, Lac Sif El-Menadi et Chott Halloufa (2015).
- Mrabet, S., 2010. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage de béni Haroun.
- Mutin. G., 2000. De l'eau pour tout. Dossier n° 8014 de la documentation photographique française. P 64 disponible sur le site internet : [www.edu.ge.ch/sem./documentation/documents/eau2.pdf](http://www.edu.ge.ch/sem./documentation/documents/eau2.pdf).
- Nalco., 1983. Manuel de l'eau. 14<sup>ème</sup> édition, Tec- Doc– Lavoisier, Paris, France, 452p.
- Organisation mondiale de la santé (OMS), 2010
- Osseyrane M., (2006). Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain. Guide de gestion des eaux pluviales. Montréal, Canada. 11– 12 p.
- Rakrek Z., 2013. La station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Master Hydraulique, Université de Tlemcen.
- Ramade F., (1984). Eléments d'écologie fondamentale. Ed. mc. Graw hill, Paris, 397p.
- Ramade F., (2003). Dictionnaire encyclopédie de l'écologie et des sciences de l'environnement.
- Ramade, F., 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale, Paris, France, 822p.
- Ramade, F., 2002. Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement. 2<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, France, 1100 p.
- Raven P.,H., Berg L.,R., Hassanzahl D.,M, (2009). Américaine par marie pascale la ceannehancock Guy lemperiere, 6<sup>ème</sup> édition, 97-98P.
- Rejsek, F., 2002. Analyse des eaux- Aspects réglementaires et techniques, Biologie technique CRDP d'aquitaine. 358p.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.
- Rodier, J., 1984. L'analyse de l'eau. Dunod, Paris, France, 1365p.

- Rodier, J., 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, 1383p.
- Rodier, J., 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, 1383p.
- Rodier, J., 2009. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition, Dunod, Paris, France, 1600p.
- Rodier, J., 2009. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition, Dunod, Paris, France, 1600p.
- Rodier, J., 2009. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition, Dunod, Paris, France, 1600p.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L., 1996.
- Rouaiguia, M., 2010. Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de master 2. Université 8 mai 1945 Guelma. 78p.
- Roux., 2003. TP de microbiologie : Analyses de l'eau. Novello Célia. Iup sial, Université Paris. 12p.
- Santé Canada., 2012. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada; document technique, les coliformes totaux, 43P.
- Seltzer A., (1946). Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Phys. glob. Université. Alger. 219 p.
- Singleton, P., 1999. Bactériologie. 4ème édition *Dunod*. 542p  
Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. P 220-520.
- Touati. M., (2002). Consommation D'eau par Les Secteurs Industriels. Étude conduite par Planiste France pour le compte du Ministère de l'Écologie et du Développement durable Direction des Études et de l'Évaluation Environnementale Sous-directions des Politiques Environnementales. 97 p.
- Vaillant, J., (1974). Perfectionnements et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires, eaux usées urbaines, eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. 21-22 p.
- Villemeuve O., (1974). Glossaire de météorologie et de climatologie. Les presses l'Université, Laval. Imprimé au Canada. 560 p.
- World Health Organization ., 2011. Guidelines for drinking-water quality, Third edition incorporating the first and second addenda, volume 1, 668p.
- Zouaidia H., (2006). Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien. Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras. Mémoire de magister, Université de Constantine, Algérie. 5 p.

➤ **Références Internet :**

- **Anonyme 1 :** Le cycle de l'eau, CE2 MIRI école de Matairea. French ACF. 1. Qualité de L'eau .DOC.
- **Anonyme 2 :** [www.septiemecontinent.com](http://www.septiemecontinent.com), (visité le 5/04/2021).
- **Anonyme 3 :** <https://solidarites-sante.gouv.fr>, (visité le 10/04/2021).
- **Anonyme 4 :** <http://www.technobio.fr/>.

# « Annexes »



Annexe 01 : Normes physicochimiques.

Rivière (Oued)													
	Moy		Max		Min		σ		CV%		Norme OMS		
	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	DL	MPL	
pH	8,14	8,82	9,03	9,33	7,6	8,08	0,43	0,43	5,28	4,88	6,5-8,1	9,2	
T <sub>1/2</sub> (°C)	14,55	22,67	20	26,5	13	19,5	1,87	2,25	12,84	9,91			
CT (µs/cm)	1281,86	3114	2040	6750	865	2420	366,36	1320	28,58	42,38	900	1400	
TDS (mg/l)	682,46	1663	1090	3630	464	1300	196,28	712,86	28,76	42,86	600	900	
SAL (mg/l)	620	1530	1200	3400	400	1200	221,03	679,95	35,65	44,44			
Dureté total	478,06	600	828	860	398	400	100,3	132,32	20,98	22,05	100	500	
Alcalinité	323,4	714	519	840	252	510	67	109,96	20,71	15,4	200		
Turb (NTU)	12,92	155,5	32,3	204	1,11	107	11,12	68,59	86,07	44,1	5	10	
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	127,93	131,5	165	185	98	80	22,21	40,21	17,36	30,57	75	200	
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	70,53	43,1	137	70	42	7	29,83	16,35	42,29	37,94	50	150	
K <sup>+</sup> (mg/l)	35,4	127,2	172,5	190	2,9	56	46,72	38,32	131,97	30,12	12		
Na <sup>+</sup> (mg/l)	238,47	221,97	272,11	295,77	162	163,38	35,27	32,11	14,79	14,46		200	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	276,6	665,6	465	808	196	490	61,89	106,18	22,37	15,95	125	350	
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	46,8	48,4	100	72	28	20	16,47	17,01	35,19	35,16	125	350	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	184,53	77,85	284	160	126	41,5	41,27	53,3	22,36	36,72	200	500	
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	398,93	394	460	525	360	290	27,6	56,99	6,92	14,46	250	600	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	62,81	2,8	108	13,64	13,2	0,416	28,98	3,91	46,14	139,71	50		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	9,86	29,6	27	39	1	24	8,24	5,71	83,56	19,32	200		
P (mg/l)	3,10	9,63	8,90	12,6	0,40	7,9	2,60	1,78	83,89	18,53			
Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	0,17	0,3	0,45	0,57	0,05	0,007	0,18	0,18	69,06	60,57	0,3		
Al <sup>3+</sup> (mg/l)	0,024	0,007	0,11	0,02	0	0	0,029	0,007	121,78	100,2	0,2		
Cu <sup>2+</sup> (mg/l)	0,25	0,85	0,64	2,1	0	0,12	0,17	0,59	67,61	69,06	2		
Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	0,0034	0,103	0,008	0,36	0,002	0,01	0,001	0,109	50,7	106,55	0,4		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,031	65,12	0,085	85,5	0,003	26,2	0,023	20,068	74,65	30,81	0,1		
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,07	1,31	2,97	4,03	0,076	0,09	1,007	1,26	93,86	96,56	0,1		
Si(OH) <sub>4</sub> <sup>0</sup> (mg)	4,98	33,3	14,07	51,59	0,37	19,55	3,68	8,24	73,91	24,76	10		

Moy : moyenne arithmétique, σ : écart type, Cv : coefficient de variation en %, Min : valeur minimale, Max : valeur maximale.

CT variait de 360 à 460 mg /L avec une valeur moyenne de 398,9 mg/L en saison humide entre 525 à 290 mg/L avec une valeur moyenne de 394 mg/L en saison sèche. Le bicarbonate

**Annexe 02 :** Evolution d'nombre des coliformes totaux, fécaux et Streptocoque fécaux.

<b>Coliformes totaux</b>	<b>Station 1</b>	<b>Station 2</b>	<b>Station 3</b>	<b>Station 4</b>
<b>Avril 2021</b>	15000	10000	20000	7000
<b>Mai 2021</b>	22000	10000	24000	11000

<b>Coliformes fécaux</b>	<b>Station 1</b>	<b>Station 2</b>	<b>Station 3</b>	<b>Station 4</b>
<b>Avril 2021</b>	8000	5000	12000	5000
<b>Mai 2021</b>	11000	9000	18000	8000

<b>Streptocoques fécaux</b>	<b>Station 1</b>	<b>Station 2</b>	<b>Station 3</b>	<b>Station 4</b>
<b>Avril 2021</b>	600	700	100	500
<b>Mai 2021</b>	700	900	700	700

## Annexe 03 : Table NPP.

Tables NPP (d'après la norme ISO 7218 :1996(F))

Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

**Annexe 04** : Classification de la qualité de l'eau utilisée pour les usages récréatifs.

<b>CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU UTILISÉE POUR LES USAGES RÉCRÉATIFS</b>			
<u>Qualité de l'eau</u>	<u>Selon le programme environnement-plage</u>	<u>Coliformes fécaux (UFC)/ 100 millilitres</u>	<u>Explication</u>
Excellente	A (Excellente)	0-20	Tous les usages récréatifs permis
Bonne	B (Bonne)	21-100	Tous les usages récréatifs permis
Médiocre	C (Passable)	101-200	Tous les usages récréatifs permis
Mauvaise	D (Polluée)	Plus de 200	Baignade et autres contacts directs avec l'eau compromis
Très mauvaise	D (Polluée)	Plus de 1000	Tous les usages récréatifs compromis