

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur  
Et de la recherche scientifique  
Université Chadli Bendjedid  
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشاذلي بن جديد  
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم العلوم البيولوجيا



## Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie fondamentale et appliquée »

### THÈME

**ETUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET  
BACTERIOLOGIQUES DE QUELQUES SOURCES D'EAUX POTABLE  
DANS LA REGION D'EL TARF.**

Soutenu le : 28/06/2021

Présenté Par : M<sup>lle</sup> BOUTELDI Chaima & M<sup>lle</sup> MELLOUK Fatma Zohra

Devant le jury composé de :

Dr. BOUKACHABIA Alima	MCB	Présidente	UCBET
Dr. BOUMEDRIS Zinne Eddine	MCA	Examineur	UCBET
Dr. GHEID Samira	MCB	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2020 - 2021

## *Remerciement*

*Nous remercions en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce mémoire, il a été et sera toujours à côté de nous pour réussir à terminer n'importe quel travail.*

*La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le support continu de notre encadreur Mme GHEID Samira. Nous désirons lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui nous ont grandement aidé tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de ce mémoire.*

*Nous exprimons nos remerciements à Mme BOUKACHABIA et Mr BOUMEDRIS ; professeurs à l'université Chadli Ben Djdid El Tarf, qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce mémoire.*

*Nos respect et reconnaissance sont adressés à Madame GASMI Yousria ; professeur et chef de département de Biologie.*

*Nos remerciements les plus respectueux à Mme AMOURA Mounia responsable de spécialité de TFA au niveau de la faculté Chadli ben Djdid El Tarf.*

*Nous adressons nos vifs remerciements au corps professoral et administratif de l'Université Chadli Ben Djdid, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Egalement un fort remerciement à :*

*Le Chef Département de l'ADE d'El-Taref : Mellouk Badr.*

*Le Chef de laboratoire central de l'ADE Bouteldja El-Taref : Khanouchi Hamid.*

*Tous les fonctionnaires de laboratoire central de l'ADE Bouteldja El-Taref.*

*Tous les fonctionnaires de la directions de les forêts et particulièrement Mme BENTRAD Samiha et GUESMI Taher.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A la mémoire de ma Mère, la femme de ma vie, je ne saurais exprimer mon grand chagrin en ton absence, j'aurais aimé que tu sois à mes côtés ce jour, que Dieu t'accueille dans son vaste paradis.*

*Mon papa, aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand respect, et ma reconnaissance pour les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation. J'implore dieu le tout puissant de vous accorder bonne santé et longue vie.*

*Mes sœurs RIMA et IMAN pour leur soutien moral et conseils précieux tout au long de mes études.*

*Mes frères RIDA et LAMINE pour leurs amours et leurs encouragements.*

*Mon cousin ISLAM et mes cousines NOUR, AMINA & DJAMILA qui ont toujours cru en mon talent et m'ont toujours apporté beaucoup de soutiens.*

*Mes belles sœurs AMEL & KARIMA, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance. Je vous souhaite un avenir plein de réussite et du bonheur.*

*Mon beau frère AISSA pour toujours avoir eu confiance en moi, et de toujours me soutenir pour n'importe quelles décisions.*

*Mes neveux WAEL & WASSIM pour leur amours et gentillesse.*

*Mes amies FATIMA & YASMINA & HAFSA & OUISSAL, pour leur soutien moral, leurs patiences et leur compréhension tout au long de ce projet.*

*A mon amie la plus proche à mon cœur CHAHINEZ, je te souhaite une vie plein de bonheur.*

*Mon inséparable pour ses meilleurs encouragements, pour ses conseils précieux, son soutien si apaisant merci tu es le meilleur.*

*chaima*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mon très cher père Menaour , qui a été mon ombre durant toutes les années de mes études , qui a veillé à me donner l'aide , a m'encourager et me soutenir, que Dieu le garde et le protège .*

*A ma très chère maman Ghania, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés à toujours été ma source de force, bonheur et réussite, que Dieu la protège.*

*A ma petite sœur, ma sucre de joie et ma boîte de secrets : Khalida, je te souhaite que de bonheur de joie et de réussite dans tous les domaines de vie.*

*A mes très chers Frères : Abdel Karim, Wassim pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*A ma sœur Sabrina et son Mari Mouhamed Selami , et ses enfants mon prince LaithTadj Eddine , Mouhamed Idris .*

*A mon frère Badr et sa petite famille, sa femme Meriem et ses petites filles Jana et sérine que Dieu les protèges et son prince Mouhamed Nadir.*

*A mes cousines qui sont toujours à mes côtés dans mon cheminement de ma vie :Chahinez Mellouk ,Rihab Mellouk , Yousra Mellouk, Puisse Dieu vous donne santé , Bonheur , courage , surtout la réussite.*

*A mes très chers amies, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amies : Rihab Aouina, Nour Dabousse, Chaima Boutheldji , , Yasmina Ouchekdhidh , Ines Mekdiche. Ma deuxième famille, merci d'exciter, mon monde sans vous sera sans gout.*

*A ma très chère voisine : Ilham Ounnas, vous avez toujours été présents pour les bons conseils.*

*A tous personnes de lois et de prés qui ma souhaite le courage et le succès.*

*Fatma Zohra*



*Résumés*

## RESUME

---

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique.

L'objectif de notre travail est d'étudier les paramètres physico-chimiques (Température, pH, Conductivité, TDS, Salinité, TAC, Turbidité, TH, Calcium, Magnésium, Chlorure et Ammonium) et bactériologiques des deux sources Bourdim et Melloul durant quatre années pour les deux saisons sèche et pluvieuse.

Les résultats obtenus montrent que la source de Melloul présente des moyennes en pH, conductivité, TDS, salinité, TAC, dureté totale, calcium et magnésium supérieurs à celles de Bourdim, la turbidité et le chlorure de la source de Bourdim sont plus élevés que Melloul. Les analyses bactériologiques montrent l'absence totale des germes pathogènes pour les deux sources.

Ces résultats ont montré que les paramètres physico-chimiques et bactériologiques étudiés des deux sources répondent aux normes Algériennes et celle de l'OMS.

**Mots clés :** paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologiques, source Bourdim, source Melloul, OMS, l'eau potable.

## **ABSTRACT**

---

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene purposes requires excellent physicochemical and microbiological quality.

The objective of our work is to study the physico-chemical parameters (Temperature, pH, Conductivity, TDS, Salinity, TAC, Turbidity, TH, Calcium, Magnesium, Chloride and Ammonium) and bacteriological parameters of the two sources Bourdim and Melloul during four years for both dry and rainy seasons.

The results obtained show that the source of Melloul has averages in pH, conductivity, TDS, salinity, TAC, total hardness, calcium and magnesium higher than those of Bourdim, the turbidity and chloride of the source of Bourdim are higher than Melloul. Bacteriological analyzes show the total absence of pathogenic germs for the two sources.

These results showed that the physicochemical and bacteriological parameters studied from the two sources meet Algerian and WHO standards.

Keywords: physico-chemical parameters, bacteriological parameters, Bourdim source, Melloul source, WHO, drinking water.

الماء مورد طبيعي ثمين وضروري لاستخدامات متعددة. يتطلب استخدامه من اجل التغذية أو لأغراض النظافة جودة فيزيائية وكيميائية ومكروبيولوجية ممتازة.

الهدف من عملنا هو دراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الموصلية C، المواد الصلبة الذائبة، الملوحة، نسبة الاملاح الذائبة، العكارة، الصلابة الكلية، الكالسيوم، المغنيسيوم ، الكلوريد والأمونيوم) والمعايير البكتريولوجية لمنبعي بورديم وملول خلال أربعة سنوات لكل من المواسم الجافة والممطرة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن منبع الملول يحتوي على متوسطات في الأس الهيدروجيني، والتوصيلية، والمواد الصلبة الذائبة، والملوحة، ونسبة الاملاح الذائبة، والصلابة الكلية، والكالسيوم والمغنيسيوم أعلى من تلك الموجودة في بورديم ، وأن التعكير والكلوريد لمنبع بورديم أعلى من ملول. تظهر التحاليل البكتريولوجية الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض لكلا المنبعين.

أظهرت هذه النتائج أن المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية المدروسة للمنبعين تتوافق مع المعايير الجزائرية ومعايير منظمة الصحة العالمية.

**الكلمات المفتاحية:** المعايير الفيزيائية والكيميائية، المعايير البكتريولوجية، منبع بورديم ، منبع الملول ، منظمة الصحة العالمية ، مياه الشرب.

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 01</b> : Cycle de l'eau.	<b>05</b>
<b>Figure 02</b> : Situation de source Bourdim	<b>27</b>
<b>Figure 03</b> : Situation de source Melloul.	<b>28</b>
<b>Figure 04</b> : Le turbidimètre.	<b>30</b>
<b>Figure 05</b> : pH mètre.	<b>31</b>
<b>Figure 06</b> : Le conductivimètre.	<b>31</b>
<b>Figure 07</b> : un multi-paramètre $\text{NH}_4^+$ et $\text{Cl}^-$ .	<b>32</b>
<b>Figure 08</b> : Dosage de TAC	<b>33</b>
<b>Figure 09</b> : Dosage de TH.	<b>34</b>
<b>Figure 10</b> : Dosage de $\text{Ca}^{2+}$ .	<b>35</b>
<b>Figure 11</b> : eau prélevée pour les analyses bactériologiques.	<b>36</b>
<b>Figure 12</b> : Recherche et détermination des streptocoques fécaux.	<b>38</b>
<b>Figure 13</b> : Recherche et détermination de coliformes fécaux et totaux.	<b>41</b>
<b>Figure 14</b> : Variation saisonnière de la température de l'eau de source de A (Bourdim) et B (Melloul).	<b>42</b>
<b>Figure 15</b> : Variation saisonnière de PH de A (Bourdim) et B (Melloul).	<b>43</b>
<b>Figure 16</b> : Variation saisonnière de la conductivité électrique de A (Bourdim) et B (Melloul).	<b>44</b>
<b>Figure 17</b> : Variation saisonnière de TDS de source A (Bourdim) et B (Melloul)	<b>45</b>
<b>Figure 18</b> : Variation saisonnière de salinité de A (Bourdim) et B (Melloul).	<b>46</b>
<b>Figure 19</b> : Variation saisonnière de la turbidité A (Bourdim) et B (Melloul).	<b>47</b>
<b>Figure 20</b> : Variation saisonnière de titre alcalimétrique complet TAC de A	<b>48</b>

## LISTE DES FIGURES

---

(Bourdim) et B (Melloul).

**Figure 21** : Variation saisonnière de la dureté totale de A (Bourdim) et B (Melloul). **49**

**Figure 22** : Variation saisonnière du calcium de A (Bourdim) et B (Melloul). **50**

**Figure 23** : Variation saisonnière du magnésium de A (Bourdim) et B (Melloul). **51**

**Figure 24** : Variation saisonnière de l'ammonium de A (Bourdim) et B (Melloul). **51**

**Figure 25** : Variation saisonnière du chlorure de A (Bourdim) et B (Melloul). **52**

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau01:</b> Les principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines	<b>07</b>
<b>Tableau 02:</b> Qualité de l'eau en fonction de la valeur du TH	<b>13</b>
<b>Tableau 03:</b> La potabilité en fonction des résidus secs	<b>15</b>
<b>Tableau 04:</b> Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité	<b>16</b>
<b>Tableau 05:</b> Les paramètres physico-chimiques selon l'OMS et le journal officiel Algérien	<b>24</b>
<b>Tableau 06:</b> Les paramètres de toxicité selon OMS et JORA	<b>24</b>
<b>Tableau 07:</b> Les paramètres bactériologiques selon OMS et JORA	<b>25</b>
<b>Tableau 08 :</b> résultats du dénombrement bactériologique des eaux de sources de Bourdim et Melloul	<b>53</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

°C : Degré Celsius.

µg/l : microgramme sur litre.

µs : Micro-siémen par centimètre.

ADE : Algérienne des Eaux.

Ca<sup>2+</sup> : Calcium.

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium.

Cd<sup>2+</sup> : Cadmium.

CE : Conductivité Electrique.

CF : Coliformes Fécaux.

Cl : Chlorure.

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de Carbone.

CrO<sub>4</sub> : Chrome.

CT : Coliformes Totaux.

DBO<sub>5</sub> : Demande Biochimique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

F° : Farad.

Fe<sup>2+</sup> : Fer.

Fe<sup>2+</sup> et Fe<sup>3+</sup> : ions ferriques.

H<sup>+</sup> : Ion d'Hydrogène.

HCO<sub>3</sub> : Bicarbonates ou hydrogénocarbonates.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

K<sup>+</sup> : Potassium.

Km : Kilomètre.

Km<sup>2</sup> : Kilomètre Carré.

Km<sup>3</sup>:kilomètre cube.

L : Litre.

M : Mètre.

M<sup>3</sup> : Mètre Cube.

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

**MES** : Matière en Suspension.

**Mg** : Milligramme.

**Mg/l** : Milligramme / Litre.

**Mg<sup>2+</sup>** : Magnésium.

**ml** : Millilitre.

**mm** : Millimètre.

**Mn** : Manganèse.

**MO** : Matière Organique.

**Na<sup>+</sup>** : Sodium.

**NaCl** : Le chlorure de sodium.

**NH<sub>3</sub>** : Ammoniac.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium.

**Ni** : Nickel.

**NO<sup>-2</sup>** : Nitrites.

**NO<sup>-3</sup>** : Nitrate.

**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit (Unité de Turbidité Néphélométrique).

**O<sub>2</sub>** : L'oxygène.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**Pb** : Plomb.

**PH** : Potentiel Hydrogène.

**PO<sup>-4</sup>** : Phosphate.

**Rs** : Résidus Secs.

**SO<sub>2</sub><sup>-4</sup>** : Sulfate.

**T** : Température.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**TH** : Titre Hydrométrique.

**UFC** : Unité Formant Colonie.



*Table de  
matière*

# TABLE DES MATIERES

---

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE 01

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I	Notions générales sur l'eau	03
1-	L'importance de l'eau	03
2	Cycle de l'eau	03
2-1-	L'évaporation	04
2-2-	La condensation	04
2-3-	Les précipitations	04
2-4-	Le ruissellement	04
2-5-	L'infiltration	04
3-	Les sources naturelles de l'eau	05
3-1-	Les eaux de pluie	05
3-2-	Les eaux de mer	05
3-3-	Eaux de surface	06
3-4-	Eaux souterraines	06
4-	Pollution de l'eau	08
5-	Les différentes formes de pollution	08
a-	Les pollutions ponctuelles	08
b-	Les pollutions diffuses	08
6-	Les différents types de pollution	08
a-	Pollutions chimiques	08
b-	Pollutions biologiques	08
c-	Pollutions physiques	09

## TABLE DES MATIERES

---

7-	Les origines de la pollution	09
7-1-	La pollution d'origine urbaine	09
7-2-	La pollution organique	09
7-3-	La pollution bactériologique	10
7-4-	Pollution d'origine agricole	10
7-5-	Pollution d'origine industrielle	10
<b>Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable</b>		
1	Paramètres caractéristiques de la qualité d'eau	11
1-1-	Paramètre organoleptiques	11
1-1-2-	La turbidité	11
1-1-3-	La couleur	11
1-1-4-	L'odeur et Saveur	11
1-2-	Paramètres physico-chimiques	12
1-2-1-	Température	12
1-2-2-	Potentiel Hydrogène	12
1-2-3-	La conductivité électrique	12
1-2-4-	La dureté totale (TH)	13
1-2-5-	Taux alcalimétrique complet TAC	13
1-2-6-	Matières en suspension (MES)	13
1-2-7-	L'oxygène dissous (DO) et pourcentage % de saturation en oxygène	13
1-2-8-	Résidu sec	14
1-2-9-	La minéralisation de l'eau	15
1-3-	Eléments minéraux majeurs	16
1-3-1-	Cations	16
a-	Calcium (Ca)	16
b-	Magnésium (Mg)	16
c-	Sodium (Na)	16
d-	Potassium (K)	16
1-3-2-	Anions	17
a-	Chlorures (Cl)	17
b-	Sulfates (SO <sub>4</sub> )	17

## TABLE DES MATIERES

---

c-	Bicarbonates ou hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3$ )	17
1-4-	Les paramètres indésirables	17
a-	Manganèse (Mn)	17
b-	Fer	17
c-	Zinc	18
d-	Cuivre	18
e-	Aluminium	18
1-5-	Les paramètres de toxicité	18
a-	Arsenic	19
b-	Nickel	19
c-	Cadmium	19
d-	Chrome	19
e-	Plomb	19
f-	Mercuré	20
1-6-	Les paramètres organiques	20
a-	La demande biochimique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ )	20
b-	La demande chimique en oxygène (DCO)	20
c-	Phosphates	20
d-	Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	20
e-	Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )	21
f-	Nitrites ( $\text{NO}_2$ )	21
1-7-	Les paramètres bactériologiques	21
1-7-1-	Coliformes totaux	21
1-7-2-	Coliformes fécaux	22
1-7-3-	Streptocoques fécaux	22
2	Norme de la qualité d'eau	22
2-1-	Introduction	22
2-2-	Objectifs sanitaires	23
2-3-	Norme de potabilité	23

# TABLE DES MATIERES

---

## DEUXIEME PARTIE : Matériels et méthodes

1-	Echantillonnage	27
1-1-	Lieux de l'étude	27
1-2-	Présentation de la zone d'étude :	27
1-2-1-	Source du marais de Bourdim	27
1-2-2	Source Melloul	27
2-	Matériel	28
2-1-	Verriers	28
2-2-	Appareillage	28
2-3-	Réactifs utilisés	29
2-4-	Milieus de cultures	29
3-	Méthode d'analyse de la qualité d'eau	29
3-1-	Analyse organoleptique	29
3-1-1-	Turbidité	29
3-2-	Analyses physico-chimiques	30
3-2-1-	Température	30
3-2-2-	Le potentiel d'Hydrogène (pH)	30
3-3-3-	La conductivité électrique	31
3-3-4-	L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	31
3-3-5-	Taux alcalimétrique complet TAC	33
3-3-6-	Dureté totale (TH)	33
3-3-7-	Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	34
3-3-8-	Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	35
3-3-	Analyses bactériologiques	35
3-3-1-	Recherche des streptocoques fécaux	36
3-3-2-	Recherche des coliformes fécaux et totaux	39

## TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I	Les paramètres physico-chimiques	42
1-	La température	42
2-	Le potentiel d'Hydrogène (pH)	43
3-	La conductivité électrique	43
4-	Taux de sels dissous (TDS)	45

## TABLE DES MATIERES

---

5-	La salinité	46
6-	La turbidité	47
7-	Le titre alcalimétrique complet(TAC)	48
8-	La dureté totale (TH)	48
9-	Les éléments majeurs	49
a-	Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	49
b-	Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	50
c-	L'ammonium $\text{NH}_4^+$	51
d-	Le chlorure $\text{Cl}^-$	52
II	Les analyses bactériologiques	53
	Conclusion	54
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
	Annexes	



*Introduction  
générale*

## INTRODUCTION GENERALE

---

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (KIRKPATRICK & FLEMING, 2008). Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (HENRI, 2012).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (JOHN & DONALD, 2010). Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (BOSCA, 2002). Selon MERZOUG *et al.* (2010), 75 à 90 % de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture (NOUAYTI *et al.*, 2015 ; AKA *et al.*, 2013 ; AHOUSSE *et al.*, 2013 ; LAGNIKA *et al.*, 2014 ; AMADOU *et al.*, 2014). D'autres études ont révélés que la pollution des eaux souterraines est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence du traitement, au manque du réseau d'assainissement et au non-respect des conditions d'hygiène publique (GUESSOUM *et al.*, 2014 ; FAKIH *et al.*, 2014 ; DEGBEY *et al.*, 2010).

À l'échelle mondiale, la demande d'eau potable de haute qualité augmente. L'eau est un élément important pour le développement et le maintien de la vie sur terre. En plan La physiologie et les cellules, l'eau et ses composants ioniques auront un impact physiologie très précise des échanges membranaires, en particulier dans les cellules nerveuses. D'autres effets directs sur la physiologie rénale montrent une bonne eau la qualité nutritionnelle comme facteur important.

Pour cela, il est nécessaire d'effectuer divers contrôles physico-chimiques et bactériologie. Notre objectif est d'étudier la qualité de l'eau de source de BOURDIM et MELLOUL qui sont situés au sein de wilaya d'El Tarf. Ce manuscrit est divisé en trois parties suivis d'une conclusion générale.

## INTRODUCTION GENERALE

---

**La première partie** est consacrée pour l'étude bibliographique qui est composée de deux chapitres.

) Le premier chapitre est un rappelle sur l'eau d'une façon générale, et les diverses pollutions qui affectent l'eau.

) Le deuxième chapitre montre les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques ainsi que les normes de la qualité de l'eau.

**La seconde partie** intitulé matériel et méthodes, est essentiellement consacrée à la présentation des caractéristiques générales des zones d'étude et représente la démarche pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau.

La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet de **la dernière partie** de ce manuscrit.



*PREMIERE PARTIE :*  
*Synthèse bibliographique*



*CHAPITRE I :*  
*Généralité sur l'eau*

# Chapitre I : Généralité sur l'eau

---

## I. Notions générales sur l'eau :

L'eau est partout présente dans la nature, c'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre, (ZOUAG&BELHADJ, 2017). C'est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. Il est gazeux au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C, sa formule chimique est H<sub>2</sub>O (HAMED et al., 2012). L'eau est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. (ZOUAG&BELHADJ, 2017).

### 1- L'importance de l'eau :

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. (BELDJILALI & ARAB, 2018). L'organisme élimine en permanence de l'eau, en fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration) (BELDJILALI & ARAB, 2018).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports, La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme "avertit" qu'il est en état de déshydratation. (BELDJILALI & ARAB, 2018).

### 2- Cycle de l'eau :

Toute l'eau de la terre appartient, perpétuellement régénéré. C'est la même eau qui en permanence passe dans les océans et de la surface du sol à l'atmosphère par évaporation, tombe sur le sol sous forme de précipitation et retourne à la mer par les courants d'eau et les eaux souterraines. Cette circulation incessante s'appelle « cycle hydrologique ». (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, si cette dernière qui entraîne les changements d'états de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

Tout au long de son cycle, l'eau se transforme et adopte trois états différents :

- L'état liquide, lorsqu'elle s'écoule via les cours d'eau jusqu'à la mer.
- L'état gazeux, lorsque sous l'effet de la chaleur du soleil, elle s'évapore pour former les nuages.
- L'état solide, que l'on peut observer quand, sous l'effet du froid, l'eau se transforme en neige ou en glace (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

## **Chapitre I : Généralité sur l'eau**

---

L'eau est donc constamment en mouvement, transportée d'une masse d'eau à une autre au fil d'un cycle en plusieurs étapes : l'évaporation, la condensation, les précipitations, le ruissellement et l'infiltration. Ce cycle de l'eau est crucial pour l'équilibre de la vie sur terre (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

### **2-1- L'évaporation :**

L'évaporation est le passage de l'eau de l'état liquide vers l'état gazeux, sous l'effet de la chaleur de soleil, l'eau des océans et l'eau des surfaces (fleuves, lacs, rivières ...) s'évaporent et passe à la phase gazeuse pour se mêler au gaz de l'atmosphère. On estime à 1000Km<sup>3</sup> l'eau des océans qui s'évapore chaque jour (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

Les feuilles des plantes dégagent aussi de la vapeur d'eau par le phénomène de la transpiration, une plante en croissance transpire ainsi chaque jour de 5 à 10 fois la quantité d'eau qu'elle peut contenir (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

### **2-2- La condensation :**

Au contact des couches d'air froids, la vapeur d'eau se refroidie en formant des gouttelettes, c'est la condensation des eaux qui est l'origine des nuages (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

### **2-3- Les précipitations :**

Les précipitations surviennent lorsque l'eau présente dans les nuages retourne au sol. En effet, lorsque les gouttelettes d'eau contenues dans les nuages deviennent trop lourdes, elles retombent sur terre sous forme de précipitation. Selon la température, ces précipitations tombent sous forme liquide (pluies, bruine) ou sous forme solide (neige, grêle). La neige peut s'accumuler et former des calottes polaires et des glaciers (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

### **2-4- Le ruissellement :**

Le ruissellement désigne l'écoulement des précipitations sur le sol, sans qu'il ne se produise d'infiltration. L'eau peut ruisseler en surface, une partie de cette eau se stockant dans des réservoirs d'eau douce (lacs, etc...), l'autre partie retournant directement à la mer. La neige fondue apporte également de l'eau douce dans les lacs et les rivières (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

### **2-5- L'infiltration :**

L'infiltration se produit lorsque l'eau pénètre dans le sol. Une partie des précipitations et de l'eau provenant de la fonte des neiges peut s'infiltrer dans les fissures, les joints et les pores du sol et de la roche pour arriver dans les nappes souterraines, appelé aussi nappe phréatique. L'eau contenue dans ce réservoir trouve parfois un chemin naturel vers l'extérieur par des fissures dans le sol: ce sont les sources. Les nappes phréatiques alimentent traditionnellement les puits et les sources en eau potable.

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

Le cycle de l'eau est ainsi comme une boucle qui tourne en continu et que l'homme a intercepté pour ses usages domestiques, sanitaires et économiques (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

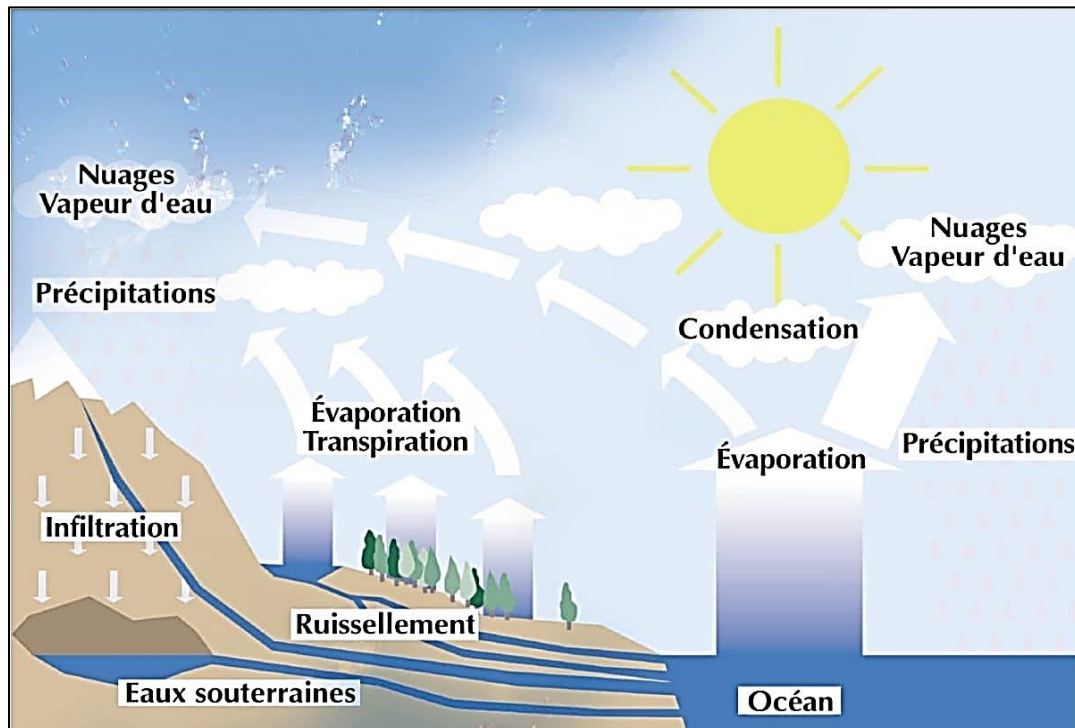


Figure 01 : Cycle de l'eau (CIE, 2013)

### 3- Les sources naturelles de l'eau :

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant (AYAD, 2017).

#### 3-1- Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, elles sont donc très douces (CHENAH, 2019).

#### 3-2- Les eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg. L-1), elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment le coût très élevé pour leurs traitement (AYAD, 2017).

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

---

### 3-3- Eaux de surface :

On peut répartir ces eaux en trois catégories, dont la dureté est modérée :

- ❖ **Les eaux de rivières (partie amont)** : Elles sont généralement situées dans les régions montagneuses où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes.
- ❖ **Les eaux de rivières (partie aval)** : Ce sont des eaux situées dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et l'industrie plus ou moins présente. Elles sont donc habituellement de moins bonne qualité, et plus difficile à traiter qu'en amont.
- ❖ **Eau de lac** : On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue (CHENAH, 2019).

### 3-4- Eaux souterraines :

Les eaux souterraines résultent de l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles ruissellent vers les nappes. Il existe plusieurs types dont la nappe libre est directement alimentée par les eaux de ruissellement. Elle est très sensible à la pollution. Les eaux souterraines alimentent un grand nombre de petites municipalités. Elles ont des caractères très diversifiés, elles sont généralement limpides, incolores, peu minéralisées et ne contiennent pas de microorganismes dangereux. Elles sont potables variables, selon la nature du sol, et la profondeur du puits (GUERMAH & TADJADIT, 2017).

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

**Tableau01:** Les principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines (GOUDJIL & BENCHEIKEH, 2011).

CARACTERISTIQUES	EAUX DE SURFACE	EAUX SOUTERRAINES
Température	Variable suivant saisons.	Relativement constante.
Turbidité, MES	Variable parfois élevée.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides.	Liée surtout aux matières en solution (acide humique).
Minéralisation 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 présents.
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent.	Souvent présent en grande quantité.
O <sub>2</sub> dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le lac d'eaux très polluées.	Absent la plupart du temps.
H <sub>2</sub> S	Généralement présent.	Souvent présent.
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.
Nitrates, Nitrites	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Silice	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développés, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absent, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

---

Éléments vivants	Bactéries (dont certains pathogènes), virus, plancton (animal et végétal).	Ferro bactéries fréquents.
------------------	--	----------------------------

### 4- Pollution de l'eau :

La contamination de l'eau provient par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels et autres. Ces corps et substances dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

La pollution concernait des substances ajoutées volontairement ou involontairement dans les eaux par l'homme. Une nouvelle définition de la pollution des eaux serait plutôt : toute substance qui interdit un usage de l'eau (ATTIA & GHEZALI, 2015).

### 5- Les différentes formes de pollution :

Les polluants sont émis dans l'atmosphère, évacués dans les eaux usées ou épandus sur les sols, sous forme de gaz, de substances dissoutes ou de particules. La plupart finissent par rejoindre les milieux aquatiques (DIALLO, 2005).

On distingue deux grandes formes de pollution :

#### a. Les pollutions ponctuelles :

Souvent relativement immédiates, qui proviennent de sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels, effluents d'élevage...) et peuvent être traitées par des stations d'épuration (DIALLO, 2005).

#### b. Les pollutions diffuses :

Comme celles dues aux épandages de pesticides et d'engrais sur les terres agricoles, qui concernent l'ensemble d'un bassin versant, mettent plus de temps à atteindre les milieux aquatiques et ne peuvent être traitées qu'à la source en diminuant l'usage des substances responsables (DIALLO, 2005).

### 6- Les différents types de pollution :

#### a. Pollutions chimiques :

Ce sont des pollutions dues au déversement de substance chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les pesticides et les métaux lourds (JUSTIN, 2013).

#### b. Pollutions biologiques :

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes : les germes (bactéries, virus, champignons, etc.) provenant des égouts peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes. Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

---

une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (ex:*Caulerpataxifolia*). (JUSTIN, 2013).

### c. Pollutions physiques :

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs.

Il peut s'agir :

- D'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu.
- D'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide).
- D'un rejet de liquide ou solide de substance modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, ...), d'une source de radioactivités.

La plupart du temps, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent les uns sur les autres. Ainsi, un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique) (JUSTIN, 2013).

### 7- Les origines de la pollution :

Selon l'origine de pollution, on peut distinguer trois grands groupes et de pollution : urbaine, agricole et industrielle (ADDA, 2013).

#### 7-1- La pollution d'origine urbaine :

La pollution d'origine urbaine, correspond à des apports hétérogènes liés d'une part aux activités physiologiques et domestiques, et d'autre part aux activités économiques, industrielles et commerciales pratiquées dans le milieu urbain. Pour celles liées aux activités physiologiques et domestiques, elle est essentiellement de type organique et bactériologique (ADDA, 2013).

#### 7-2- La pollution organique :

Deux formes peuvent être distinguées :

- a) **La pollution organique biodégradable** : issue des eaux ménagères (toilettes, lavages, divers, etc.). Ce type de pollution est facilement éliminé, soit par le pouvoir auto-épuration au niveau du sol, soit par l'épuration biologique dans les stations d'épuration.

## Chapitre I : Généralité sur l'eau

---

- b) **La pollution organique difficilement biodégradable** : elle correspond en grande partie aux détergents synthétiques contenus dans les produits de nettoyage domestique.

L'inconvénient de leur présence dans l'eau réside dans l'apparition de mousse qui diminue l'oxygénation de l'eau et perturbe le fonctionnement de station d'épuration (ADDA, 2013).

### 7-3- **La pollution bactériologique** :

Elle est due aux micro-organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (ADDA, 2013).

### 7-4- **Pollution d'origine agricole** :

L'agriculture est entrée dans un stade de modernisation où les cultivateurs font parfois recours à une utilisation abusive chimique et des produits phytosanitaires (insecticides, fongicides, herbicides, etc...). L'utilisation irrationnelle de ces produits peut entraîner des risques graves et polluer les eaux souterraines (ADDA, 2013).

### 7-5- **Pollution d'origine industrielle** :

Elle peut être provoquée par les rejets industriels, thermiques et chimiques. Sa nature est aussi variée que celle des industries. La pollution par les éléments toxiques est la plus dangereuse (ADDA, 2013).



*Chapitre II :*  
*Les paramètres et caractéristiques*  
*de l'eau potable*

### II. Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

#### 1- Paramètres caractéristiques de la qualité d'eau :

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous éléments nocifs (ALPHA,2005). Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilités très strictes dictées par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'hygiène Publique (PHILIPPE,2019). On peut regrouper ces critères dans les paramètres suivants :

##### 1-1- Paramètre organoleptiques :

Les propriétés organoleptiques de l'eau font référence à la sensation, bonne ou mauvaise, que le consommateur peut ressentir en buvant de l'eau. Les paramètres organoleptiques sont ceux que le consommateur perçoit immédiatement : la couleur, l'odeur ou la saveur et de la turbidité (CLOUD,2013).

##### 1-1-1- La turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières (LOUNNAS,2009).

- NTU < 5 => eau claire
- NTU < 30 => eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble (Fisli).

##### 1-1-2- La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER,2005).

##### 1-1-3- L'odeur et Saveur :

Ces deux propriétés sont simultanément stimulées et ils sont extrêmement difficile de les distinguer l'un de l'autre, sont extrêmement subjectives, il n'existe aucun appareil pour les mesures. Les problèmes de goût et d'odeur sont la cause principale des plaintes formulées par les usages. Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréable (MANACEUR & DJABALLAH,2016).

### 1-2- Paramètres physico-chimiques :

Les méthodes utilisées lors des analyses physico-chimiques suivent de près celles adoptées par l'ONEP d'après le guide des méthodes d'essai de Janvier 1990. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des bouteilles de 1,5L afin de mesurer les paramètres de pollution suivants : (GHAZALI & ZAID,2013).

#### 1-2-1-Température :

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C.

Ainsi, l'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température est élevée par le rejet potentiel d'eaux usées chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes (ANONYME,2005).

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs :

- Situation géographique, la saison.
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface).
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur).
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température) (BAIRI & BELLILI,2020).

#### 1-2-2-Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ion H<sup>+</sup> de l'eau (ILLALI & CHERFAOUI,2018). Il représente l'acidité ou l'alcalinité de l'eau.

$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$ . L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

- $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} > 7$  : l'eau est basique ;
- $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} < 7$  : l'eau est acide ;
- $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} = 7$  : l'eau est neutre (DJEMMAL,2009).

Le pH n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certain inconvénient (MANACEUR & DJABALLAH, 2016).

#### 1-2-3- la conductivité électrique :

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration (GHAZALI & ZAID,

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

2013). Ce paramètre permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (ABBOUDI., *et al*2014).

### 1-2-4- La dureté totale (TH) :

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique totale (TH) correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) et H<sup>+</sup>. Elle est souvent due aux ions Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO<sub>3</sub> par litre (ANONYME,2005).

**Tableau 02 :** Qualité de l'eau en fonction de la valeur du TH (ADE, 2005).

Eau	Eau douce	Eau calcaire	Eau dure
Th (°F)	0 à 15	15 à 25	Au-delà de 25

### 1-2-5- Taux alcalimétrique complet TAC :

Le taux alcalimétrique complet traduit l'alcalinité d'une eau. Il permet de connaître la quantité d'hydroxydes, de carbonates ou d'hydrogencarbonates. La connaissance de la valeur de ce paramètre est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau. Le TAC d'une eau potable ne doit pas dépasser 2,5°F (RODIE., *et al* 2009).

### 1-2-6- Matières en suspension (MES) :

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, réduisent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique (HAKMI, 2006). Pour une eau qui contient des matières en suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (DEGREMONT,2005).

### 1-2-7- l'oxygène dissous (DO) et pourcentage % de saturation en oxygène :

Le terme oxygène dissous est communément employé pour "dioxygène dissous". Lorsque l'on parle de cette mesure on fait exclusivement référence à l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). Le dioxygène dissous est indispensable car il intervient dans la plupart des processus biologiques qui permettent la vie, sur terre comme en mer (ANONYME,2017).

L'oxygène est un indicateur qui renseigne quant à l'aptitude du milieu à maintenir la vie ou à absorber un excédent momentané de pollution à forte "Demande Biochimique en Oxygène (DBO)", pour l'oxydation de matières organiques par exemple. Elles sont concernées toutes les eaux qui sont soumises à des apports nutritifs ou organiques d'origine anthropique (agriculture/aquaculture, zones urbaines et industrielles...) ou situées dans des zones d'accumulation de matières organiques (AMINOT & KEROUËL, 2004).

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

La concentration et la saturation en oxygène dissous constituent les deux principaux paramètres. Ils peuvent être mesurés avec le même appareillage, de façon simultanée ou indépendante.

- La concentration en oxygène dissous (en mg/L) : en dessous d'un certain seuil (hypoxie, anoxie) des conséquences sur les organismes sont observées (stress physiologique, comportement d'évitements, mortalités).
- La saturation en oxygène dissous (en % de saturation) : le pourcentage de saturation exprime la quantité d'oxygène présente dans l'eau par rapport à la quantité totale d'oxygène que l'eau peut contenir (fonction de la température, salinité, pression). L'écart au 100% renseigne onc sur l'équilibre entre la consommation et la production d'oxygène, généralement déterminé par l'état d'eutrophisation d'un milieu (apports en nutriments ou matière organique) (ANONYME,2017).

Selon le processus principal, l'oxygène dissous est fondamentalement en équilibre avec l'oxygène dissous atmosphérique, ce qui tend à réduire l'oxygène dissous l'au taux de saturation. Mais dans les eaux riches en matières organiques comme c'est le cas de la Loire, l'oxygène dissous se trouve rarement à l'équilibre. Il est plus souvent :

- Soit en saturation, pendant le jour, du fait de l'oxygène produit par la photosynthèse, qui excède les processus de consommation.
- Soit en sous-saturation pendant la nuit, du fait de l'oxygène dissous consommés par la respiration la décomposition de la matière organique et des réactions chimiques. La part prise par ces différents processus dans le bilan de l'oxygène dissous est difficile à estimer (FLORENTINA., *et al*,1999).

### 1-2-8- Résidu sec :

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (RODIER,2005).

Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son gout plat et insipide (OMS, 1994).

La potabilité des eaux en fonctions des résidus secs recommandée par OMS est de 1000 mg/L, quand celui-ci est extrait à 180°C.

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

**Tableau 03 :** La potabilité en fonction des résidus secs (RODIER, 2005).

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

### 1-2-9-La minéralisation de l'eau :

La minéralisation de l'eau est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout des nourrissons ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (BENAOUDA, 2016).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODIER., *et al*, 2009).

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

**Tableau 04** : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (RODIER., *et al*, 2009).

Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Minéralisation
Conductivité < 50	Minéralisation très faible
50 < Conductivité < 166	Minéralisation faible
166 < Conductivité < 333	Minéralisation moyenne accentuée
333 < Conductivité < 666	Minéralisation accentuée
666 < Conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité > 1000	Minéralisation élevée

### 1-3- Eléments minéraux majeurs :

Les minéraux majeurs ou macroéléments sont le calcium, le chlore, le magnésium, le phosphore, le potassium et le sodium. Ils sont nommés « majeurs » car ils représentent une part importante du contenu de l'organisme, un homme adulte sain va par exemple contenir dans la structure de son squelette plus d'1kg de calcium (ANONYME,2020).

#### 1-3-1-Cations :

- a- **Calcium (Ca)** : Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. C'est aussi un composant majeur de la dureté de l'eau. Les eaux de bonne qualité renferment de 200 à 250 mg en  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  (BERNE & JEAN,1991)
- b- **Magnésium (Mg)** : Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il peut être d'origine naturelle ou industrielle. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau (MOUAZ & BENTCHICH,2017). La valeur normale du magnésium selon l'OMS (2004) est égale à 50 mg/l.
- c- **Sodium (Na)** : C'est un métal alcalin. Son origine peut être :
  - Naturelle (mer, terrain salé...)
  - Humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines /jour)
  - Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées. C'est un élément constituant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de mg/l à 500 mg/L. (RODIER., *et al*, 2009).

- d- **Potassium (K)** : Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants (BENAOUA, 2016).

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

Il est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est à peu près constante dans les eaux naturelles elle ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (RODIER., *et al*, 2009).

### 1-3-2-Anions :

- a- **Chlorures (Cl<sup>-</sup>)** : Ce sont des anions avec une formule brute Cl<sup>-</sup> et ils peuvent être analysés par la technique de Mohr. Ils proviennent majoritairement du salage des routes. Le chlorure de sodium est nocif en excès, il provoque la salinisation des sols. Les espèces animales et végétales peuvent être intoxiquées par un excès de ce sel (SAPAN., *et al*,2013).
- b- **Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)** : Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (GHAZALI &ZAIID, 2013). Ce sont laxatifs pour l'adulte lorsque leur concentration est comprise entre 500 et 600 mg/L. (OMS, 2004).
- c- **Bicarbonates ou hydrogénocarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : L'usage d'eau gazeuse ou gazéifiée n'est pas approprié pour la préparation des biberons. Ceci pour des raisons pratiques (préparation du biberon), pour éviter les ballonnements et régurgitations liés aux éructations, et pour éviter une potentielle charge en bicarbonates. Les bicarbonates sont d'origines diverses. Ils ont un rôle par les cations auxquels ils sont liés (Sodium, Calcium). (OMS, 2004).

### 1-4- Les paramètres indésirables :

- a- **Manganèse (Mn)** : Dans les eaux, il provient du sous-sol ou il est mis en solution par le CO<sub>2</sub> des eaux d'infiltration. Il peut aussi provenir de dépôts de déchets industriels. Sur les parois des rivières souterraines, des dépôts noirâtres de manganèse sont souvent visibles. C'est un oligo-élément indispensable aux organismes vivants. Maximum à ne pas dépasser dans l'eau du robinet 0.05 mg/l. En concentration trop élevée il peut être toxique pour l'homme et donner à l'eau une couleur noirâtre qui peut lors de lessives tacher le linge. Des procédés permettent d'éliminer le manganèse au niveau des stations captages d'eaux potables (ANONYME,2015).
- b- **Fer** : Il est le deuxième métal par ordre d'abondance dans la croûte terrestre, dont il constitue environ 5%. Le goût du fer est détectable dans l'eau distillée à la concentration de 40 µg/litre (sous forme de Fe<sup>2+</sup>). (OMS,1994).

Dans les réseaux d'eau potable, les sels de Fe<sup>2+</sup> sont instables et précipitent sous forme d'hydroxyde de Fe<sup>3+</sup> insoluble qui se dépose en formant des boues de couleur rouille. Les eaux souterraines anaérobies peuvent contenir plusieurs milligrammes par litre de Fe<sup>2+</sup> sans présenter de turbidité ni de coloration à la sortie du forage, mais la turbidité et

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

la coloration peuvent se développer dans les canalisations lorsque la concentration en fer dépasse 0,05-0,1 mg/litre. Les concentrations supérieures à 0,3 mg/litre peuvent tâcher le linge et les sanitaires (OMS,1994).

- c- **Zinc** : Il est présent en petites quantités dans presque toutes les roches ignées. Le zinc communique à l'eau un goût astringent désagréable. (OMS,1994). La teneur en zinc des eaux de surface naturelles est généralement inférieure à 10 µg/l et celle des eaux souterraines est comprise entre 10 et 40 µg/l. L'eau du robinet peut en contenir des quantités beaucoup plus importantes du fait du passage en solution du zinc présent dans les conduites et les robinets. Les eaux les plus corrosives sont celles qui ont un faible pH, une forte teneur en dioxyde de carbone et une faible teneur en sels minéraux. (OMS,1994).
- d- **Cuivre** : Il est un métal stable pouvant être présent sous diverses formes minérales dans l'environnement, telles que les sels de chlorure ou de sulfate. Il donne également à l'eau un goût amer ou métallique désagréable à des concentrations variant entre 0,04 et > 5 mg/l (OMS, 2004). Il peut être détecté dans les eaux de surface, les eaux souterraines ou l'eau de mer. Sa présence fait suite à l'érosion du sol ou des rochers, de la dislocation du sol, ou encore à des activités anthropogéniques, telle que l'activité minière ou agricole, et les effluents provenant des usines de traitement des eaux usées (CELINE., *et al*,2013).
- e- **Aluminium** : L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant et il constitue environ 8 % de la croûte terrestre. Les sels d'aluminium sont abondamment utilisés comme coagulants dans le traitement de l'eau pour réduire la teneur en matière organique, la coloration, la turbidité et la charge microbienne. De telles utilisations s'entraînent une augmentation des concentrations d'aluminium dans l'eau finie. Lorsque les concentrations résiduelles sont élevées, elles peuvent entraîner une coloration et une turbidité indésirables. Les concentrations d'aluminium auxquelles de tels problèmes peuvent apparaître dépendent fortement d'un certain nombre de paramètres de qualité de l'eau et de facteurs opérationnels au niveau de l'installation de traitement de l'eau (OMS,2017).

### 1-5- Les paramètres de toxicité :

Le suivi des concentrations en métaux lourds (densité > à 5 g/cm<sup>3</sup>) est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les concentrations en cuivre, nickel, chrome, plomb, zinc, cadmium, arsenic sont régulièrement mesurées. Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple : La présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux. (ANONYME, 2005).

- a- Arsenic :** L'arsenic est un métalloïde présent naturellement dans notre environnement majoritairement sous sa forme minérale (90%). Entrant dans la composition des roches métamorphiques ou cristallines, sa présence dans l'eau est principalement d'origine naturelle. Les formes minérales de l'arsenic sont les plus toxiques qui sont absorbés par le corps, il est transporté dans les divers organes par le flux sanguin. L'arsenic inorganique est classé dans le groupe 1 (cancérogène certain pour l'homme) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), et les personnes exposées présentent un risque accru de cancers de la vessie, du poumon et de la peau. (ANONYME,2019). L'OMS recommande une valeur guide provisoire de 0,01 mg/L pour l'eau destinée à la consommation humaine (RODIER., *et al*, 2009).
- b- Nickel :** Il est présent dans le minerai de fer lorrain à des concentrations variant de 60 à 120 mg/kg, en compagnie d'autres métaux toxiques ou indésirables présents à des teneurs pouvant être supérieures. (VAUTE,1999). Le nickel (Ni) à très faible quantité (>50 microgrammes) est considéré comme un oligo-élément serait utile à la fonction pulmonaire dans l'organisme, au-delà c'est une substance considérée comme cancérogène. C'est aussi le plus allergisant des métaux. (ANONYME,2015).
- c- Cadmium :** Il n'existe pas à l'état natif, il est présent dans presque tous les minerais de zinc (la teneur en cadmium varie de 0.01 à 0.05%). Le cadmium est également présent dans des minerais de plomb et de cuivre, ainsi que dans des phosphates naturels. Dans les eaux naturelles l'ion  $Cd^{2+}$  prédomine au-dessous de pH 8,  $CdCO_3$  est prédominant entre les pH de 8 à 10 unités. Très toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques). Chez l'Homme, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension est aussi toxique pour les végétaux et les animaux. (MATIAS,2008).
- d- Chrome :** c'est un métal très dur utilisé en traitement de surface des métaux pour améliorer leur résistance. Ce n'est que dans les process industriels de traitements de surfaces qu'utilisé sous la forme de chrome hexavalent ou chrome VI et de chromates ( $CrO_4$ ) qu'il devient extrêmement toxique pour la vie et cancérogènes. (ANONYME,2015).
- e- Plomb :** Les apports naturels de plomb dans l'environnement ne représentent qu'environ 4% des émissions totales et se font essentiellement sous forme inorganique, il possède un caractère toxique bien connu. Les formes organiques et inorganiques du Pb ont des effets toxiques chez l'homme. Cependant, la toxicité des espèces organiques est beaucoup plus grande que celle des espèces inorganiques (MATIAS,2008). L'OMS signale aussi le risque grave produit par la forme de Pb inorganique introduite dans l'homme par la voie de la consommation de l'eau. (MATIAS,2008).

**f- Mercure** : c'est un métal d'apparence gris-argenté qui a la particularité d'être liquide dans des conditions normales de température et de pression (OLIVIER, 2009). Il est naturellement présent dans l'environnement sous plusieurs formes. Il est rarement présent sous sa forme de métal liquide pur, mais se trouve plutôt sous forme de composés ou de sels inorganiques. La toxicité du mercure dépend de sa forme chimique (organique, élémentaire ou inorganique). Il a la capacité de se bioaccumuler dans les organismes vivants pouvant ainsi créer un phénomène de bioamplification dans la chaîne alimentaire. Il peut passer à la barrière hémato-encéphalique et créer des troubles graves et irréversibles (OLIVIER, 2015).

### 1-6- Les paramètres organiques :

**a- La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)** : La (DBO), constitue une mesure de la pollution de l'eau ou de sa qualité par les matières organiques (LOUNNAS, 2009). La demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>), représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique biodégradable présente dans un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. La mesure de la DBO<sub>5</sub> est utilisée pour surveiller les rejets. Les valeurs de DBO sont variables selon la nature de source d'eau. La DBO<sub>5</sub> doit être inférieure ou égale à 3 mg/l. (OMS, 2006).

**b- La demande chimique en oxygène (DCO)** : La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité consommée par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale. Cette technique mesure en laboratoire la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation chimique (à l'aide d'un oxydant et à chaud, pendant 2 heures) des matières organiques ou minérales présentes dans l'eau. Il existe des systèmes permettant d'effectuer des analyses sommaires rapides de la DCO d'un échantillon d'eau (environ 2 heures). Le résultat est donné en mg/L. de (O<sub>2</sub>). (ANONYME, 2015).

**c- Phosphates** : Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (décomposition de la matière organique et lessivage des minéraux), ou aussi résulter des rejets industriels (agroalimentaires), des rejets domestiques (polyphosphate des détergents) et de l'utilisation des engrais et des pesticides (MOUAZ & BENTCHICH, 2017). S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration. (RODIER, 2005).

**d- Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)** : L'azote peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. En général, s'agissant des eaux naturelles, ce sont les formes minérales qui sont de loin les plus importantes (CHEICK, 2007). L'azote ammoniacal est souvent le principal indicateur chimique de pollution directe d'une eau de rivière à l'aval d'un rejet polluant (plus encore en aval elle se transforme en nitrites puis en nitrates). C'est en détectant la présence

d'ammonium que l'on peut situer le long d'un cours d'eau les arrivées d'eaux usées car les déjections humaines et animales sont sources d'ammoniac naturellement dans les eaux la présence d'ammoniac ne dépasse pas 0,1mg/L. (ANONYME,2015).

- e- **Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )** : Ils sont présentés dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matières organiques azotées telles que les protéines végétales et les protéines ou les excréments des animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote (MOUAZ&BENTCHICH,2017). Selon l'OMS (2004), La valeur normale des nitrates dans l'eau de surface est 50 mg/l.
- f- **Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )** : Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates (BOUALEM, 2009). Selon l'OMS (2004), la valeur normale des nitrites dans les eaux de surface est 0.1ml/g.

### 1-9- Les paramètres bactériologiques :

L'analyser de la qualité microbiologique de l'eau on utilise des « micro-organismes indicateurs » de la contamination fécale, généralement non pathogènes, mais indiquant la présence de pathogènes issus des matières fécales. Deux indicateurs sont appropriés : *Escherichia coli* et *Entérocoques intestinaux* bien corrélés aux maladies gastro-intestinales. *Escherichia coli* est une bactérie présente dans les matières fécales humaines et animales indicatrice entre autres des salmonelles et des streptocoques. Sa durée de vie dans les eaux naturelles, les sédiments peut varier de quelques heures à plusieurs jours selon les conditions environnementales (LE DUC &VAURETTE,2016).

#### 1-9-1- Coliformes totaux :

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C. Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (BOUCENINA,2018). Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels. La valeur normale des coliformes totaux fixée par l'OMS (2004) est égale à 0 UFC/100ml. (MOUAZ&BENTCHICH,2017).

#### 1-9-2- Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des Coliformes totaux, donc ils présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

totaux. (MOUAZ&BENTCHICH,2017), qui fermentent le lactose à  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  sous 24 heures (FNS,2013).

*Escherichia coli* (*E. coli*) est l'espèce la plus fréquente de ce groupe qui comprend également des espèces des genres suivants : *Citrobacter*, *Yersinia*, *klebsiella*, et *Entérobacter* (Rodier *et al.*,1996). La présence d'*E.coli* dans l'eau est un indicateur d'une pollution d'origine fécale, humaine ou animale, et la présence possible de pathogènes entériques. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée. (ANONYME,2009).

### 1-9-3- Streptocoques fécaux :

Ce sont les streptocoques du groupe D. Elles sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négative et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. (MANCEUR&DJABALLAH,2016). Dans l'eau, les entérocoques ne se multiplient pas disparaissent plus ou moins rapidement comme *E. coli*, en tous cas plus vite que les autres coliformes ; par conséquent, la caractérisation de l'entérocoque dans un échantillon d'eau est un signe certain d'une pollution fécale récente. Quand l'entérocoque est rencontré, il est très rare que *E. coli* ne soit pas présent en même temps. On admet qu'une eau potable ne soit contenir aucun entérocoque dans 100 millilitres (LE DUC &VAURETTE,2016). Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieurs à celles des coliformes fécaux (ARAB&OUDAFAL,2019).

### 2- Norme de la qualité d'eau :

#### 2-1- Introduction :

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire. L'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau distribuée par réseau constitue un des produits alimentaires les plus contrôlés. Ses analyses sont réalisées depuis son origine jusqu'au robinet. L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité (ARAB & OUDAFAL,2019). La nature et la forme des normes s'appliquant à l'eau de boisson peuvent varier d'un pays ou d'une région à l'autre. Il n'existe pas d'approche unique, universellement applicable. Lors du développement et de la mise en œuvre des normes, il est essentiel de prendre en compte la législation actuelle et la préparation concernant l'eau, la santé, l'administration locale,

## **Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable**

---

et d'évaluer la capacité du pays à établir des réglementations est les faire appliquer. Des démarches susceptibles de fonctionner dans un pays ou une région ne sont pas nécessairement transposables à d'autres pays ou régions. Il importe que chaque pays fasse le bilan de ses besoins et de ses capacités pour la mise au point d'un cadre réglementaire (OMS, 2004).

### **2-2- Objectifs sanitaires :**

Les objectifs sanitaires font partie des composantes clés du cadre destiné à garantir la sécurité sanitaire de l'eau de boisson. Ils doivent être établis par une autorité de haut niveau responsable de la santé en consultation avec d'autres entités, parmi lesquelles les fournisseurs d'eau et les communautés concernées. Ces objectifs doivent prendre en considération la situation globale en matière de santé publique et la contribution de la qualité de l'eau de boisson aux maladies dues à des microbes ou à des substances chimiques véhiculés par l'eau, dans le cadre d'une politique globale de l'eau et de la santé. Ils doivent aussi tenir compte de l'importance d'assurer à tous les consommateurs un accès à l'eau. Les objectifs sanitaires sont établis pour les constituants de l'eau potentiellement dangereux et fournissent une base pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Les différents paramètres peuvent imposer des priorités diverses en matière de gestion, avec toujours pour objectif d'améliorer et de protéger la santé publique (OMS, 2017).

### **2-3- Norme de potabilité :**

Dans tous les cas, l'eau mise à disposition du consommateur dans le réseau de distribution doit avoir été traitée de façon à être « potable », c'est-à-dire répondre à la réglementation en vigueur pour les eaux destinées à la consommation humaine. L'OMS établit pour chaque paramètre des recommandations qui peuvent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des conditions économiques, pour aboutir aux normes réglementaires nationales (ANONYME, 2021). En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2011) qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites. La présente norme Algérienne est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE).

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

**Tableau 05 :** Les paramètres physico-chimiques selon l'OMS et le journal officiel Algérien (OMS, 2002; JORA,2011).

Paramètres physico-chimiques	Normes OMS	Normes Algériennes	Unité
Température	25	25	°C
PH	7 - 8.5	6.5 - 9	
Conductivité électrique	1000	2800	µs/cm
Turbidité	5	5	NTU
Oxygène dissous	5	5	Mg/l O <sub>2</sub>
Chlorure	600	500	Mg/l
Dureté totale	500	500	Mg/l en CaCO <sub>3</sub>
Calcium	100	75 - 200	Mg/l
Magnésium	50	150	Mg/l
Nitrate	50	50	Mg/l
Nitrite	0.1	0.1	Mg/l
Ammonium	0.2–0.3	0.5	Mg/l
Sulfate	250	400	Mg/l
Phosphate	5	5	Mg/l
Sodium	150	200	Mg/l
Potassium	12	12	Mg/l

**Tableau 06 :** Les paramètres de toxicité selon OMS et JORA (OMS, 2002; JORA,2011).

Paramètre de toxicité	Norme OMS	Norme Algérienne	Unité
Argent	0.05	0.1	Mg/L
Arsenic	0.05	0.01	Mg/L
Cadmium	0.05	0.003	Mg/L
Chrome	0.05	0.05	Mg/L
Cuivre	1	2	Mg/L
Fer	0.2	0.3	Mg/L
Manganèse	0.5	0.5	Mg/L
Mercure	0.001	0.006	µg/l
Plomb	0.05	0.01	µg/l
Zinc	5	5	Mg/L
Aluminium	0.2	0.2	Mg/L

## Chapitre II : Les paramètres et caractéristiques de l'eau potable

---

**Tableau 07** : Les paramètres bactériologiques selon OMS et JORA (OMS,2002 ; JORA,2011).

Microorganismes	Norme OMS	Norme Algérienne	Unité
Coliformes totaux	0/100	0/100	MI
Coliformes fécaux	0/100	0/100	MI
Streptocoques fécaux	0/100	0/100	MI



*DEUXIEME PARTIE :*  
*Matériels et méthodes*

## Matériels et Méthodes

---

### Matériels et Méthodes :

Les études de qualité des eaux naturelles comportent deux étapes :

- L'échantillonnage.
- L'analyse.

Les techniques utilisées sont répondues aux normes algériennes.

#### 1- Echantillonnage :

##### 1-1- Lieux de l'étude :

Notre étude a été réalisée au niveau de laboratoire de l'ADE El-Tarf- Bouteldja.

##### 1-2- Présentation de la zone d'étude :

##### 1-2-2- Source du marais de Bourdim :

L'étude est effectuée sur la source d'eau du marais de Bourdim, c'est une eau douce de faible profondeur, alimenté au nord par la nappe libre dunaire à partir de l'oued Bourdim.



**Figure 02 :** Situation de source Bourdim (Google Earth).

La source Bourdim est située Latitude : 36,794211°N, Longitude : 8,281988°E. Elle se situe à 50 Km à l'Est de la ville d'Annaba et à 12 Km au Nord-est de la commune de Bouteldja, dans la Wilaya d'El Tarf. On y accède par une piste à partir du village de Bouteldja. Elle est limitée au sud par l'Oued el Kébir, à l'Est par Ain Khiar, le bassin versant du Lac Obéira au Nord et Nord-est par la forêt de khourata et le bassin versant du Lac Mellah et à l'Ouest par le Djebel Bourdim et la Mechta Oum El Agureb. (RAMSAR, 2018)

Le marais de Bourdim n'est pas exposé à aucune source de pollution du fait de sa localisation assez éloignée des divers rejets.

##### 1-2-3- Source Melloul :

L'eau de source Melloul est une eau douce à consommation humaine. Cette source est positionnée sur la route national N°44.



**Figure 03 :** Situation de source Melloul (Google Earth)

Les coordonnées de la source Melloul sont : Latitude : 36,885852°, Longitude : 8,575643°E. La source d'étude Melloul est située dans la commune d'Oum Teboul, dans la Wilaya d'El Tarf. Elle est à coté de Machta Ain-Vangara. Elle est délimitée à l'Est par Machta Addeda et au Nord-est par Ain-El-Ayechet au Sud par Ain-El-Ouirat.

Cette source aussi n'est pas exposée à une source de pollution.

### 1-3- Prélèvement :

Des prélèvements destinés aux analyses ont été effectués à partir des deux sources d'étude :

- Dans des flacons en plastique, un volume de 1.5 litre est destiné aux analyses physico-chimiques.
- Dans des flacons en verre stérilisé, un volume de 500 ml est destiné aux analyses bactériologiques.

### 1-4- Matériel :

#### 2-4-1-Verriers :

- Flacon en verre stérilisé de 500 ml.
- Bécher.
- Cuvette en verre.
- Burette.
- Eprouvette gradué.
- Pipettes graduées : 100 ml, 10ml.
- Support.
- Fiole Erlenmeyer.
- Pipette Pasteur.
- Tube à essai stériles.

#### 2-4-2- Appareillage :

- Etuve réglé à 37°C.
- Bec benzène.
- PH-mètre + Température marque (HACH).
- Conductivimètre marque (HACH).
- Turbidimètre marque (HACH), modèle TL 2300.

## Matériels et Méthodes

---

- Multimètre de Cl<sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

### 2-4-3- Réactifs utilisés :

- Méthyle orange.
- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Complexe.
- EDTA (Éthylènediaminetétraacétique).
- Murexide.
- NaOH.
- Noir ériochrome.

### 2-4-4- Milieux de cultures :

- BCPL S/C + Cloche.
- BCPL D/C + Cloche.
- Bouillon de Evalitsky à l'éthyle-violet.
- Bouillon de Rothe.
- Bouillon de VBL.
- Bouillon Schubert.

## 1-5- Méthode d'analyse de la qualité d'eau :

### 2-5-1- Analyse organoleptique :

#### 2-5-1-1- Turbidité :

- Principe :

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie marque HACH modèle (TL2300), l'unité est néphélométrie turbide unité (NTU). Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident ; en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

- Mode opératoire :

- Mettre appareil sous tension.
- Simple agitation d'eau.
- Remplie la cuvette 'tube spéciale de l'appareil' par l'eau a analysé jusqu'au tiré du cuve.
- Il faut la présence de la bulle d'air.
- Il faut toucher la cuvette en bas pour éviter la contamination.
- Sécher bien la cuvette avec un papier hygiénique avant de le mettre dans l'appareil.
- Mètre la cuvette dans l'appareil et attendez quelque seconde pour lire le résultat qui été afficher sur l'écran de turbidimètre.

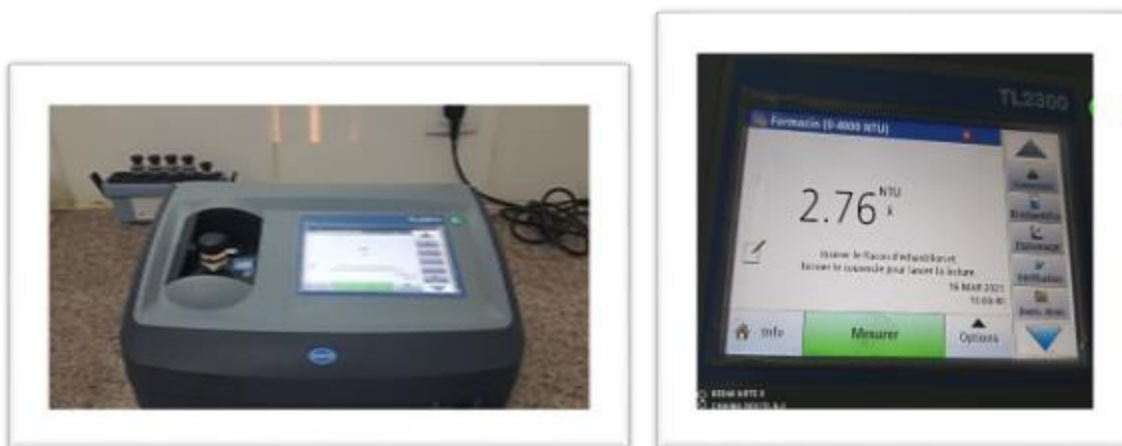


Figure 04 : Le turbidimètre (BOUTELDEJI& MELLOUK, 2021).

### 2-5-2- Analyses physico-chimiques :

- 1<sup>ère</sup>; les paramètres qui sont réalisés par la méthode électro-métrique avec des appareils précis par une électrode combiné.

#### 2-5-2-1- Température :

- L'appareil mesurant le pH le pH-mètre donne également la température de l'échantillon en degré Celsius (°C).
- On introduit une électrode dans l'eau étudiée, et la lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil.

#### 2-5-2-2- Potentiel d'Hydrogène (pH) :

##### ○ Principe :

Le pH détermine l'acidité ionique, par le dosage des ions de  $H^+$  présents dans l'eau. Il est mesuré au niveau du laboratoire à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui s'appelle le pH mètre marque HACH modèle (sension3) qui mesure le pH et la  $T^\circ$ .

##### ○ Mode opératoire :

- Rincer la sonde du pH mètre par l'eau distillée ou l'eau à analyser.
- Mettre la sonde du pH mètre dans le bécher d'eau à analyser.
- Cliquer sur le bouton entré.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture et éviter les bulles d'air pour ne pas fausser le résultat.
- Lire le résultat affiché sur l'écran du PH mètre.



Figure 05 : pH mètre (BOUTELDJI& MELLOUK, 2021).

### 2-5-2-3- La conductivité électrique :

#### ○ Principe :

La détermination est directe à l'aide d'un conductivimètre marque HACH modèle (HQ14d). Elle s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). Cet appareil nous à permet de mesurer aussi la température, la salinité (%) et taux des sels dissous (TDS) en (g/l).

#### ○ Mode opératoire :

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer la sonde du conductivimètre par l'eau distillée ou l'eau à analyser.
- Mettre la sonde du conductivimètre dans le bécher d'eau à analyser.
- Choisir le paramètre à analyser et lire le résultat (conductivité, température, salinité, TDS).



Figure 06 : Le conductivimètre (BOUTELDJI& MELLOUK, 2021).

### 2-5-2-4- L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

#### ○ Principe :

L'azote ammoniacal est un paramètre de pollution qui est mesuré au niveau de laboratoire par un appareil multi-paramètre qui mesure le  $\text{NH}_4^+$  et le  $\text{Cl}^-$  en même temps.

## Matériels et Méthodes

---

### ○ Mode opératoire :

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer la sonde du multi-paramètre par l'eau distillée ou l'eau à analyser.
- Mettre la sonde du multi-paramètre dans le bécher d'eau à analyser.
- Choisir le paramètre à analyser et lire le résultat qui est exprimé en mg/l ( $\text{NH}_4^+$ , Cl<sup>-</sup>).



**Figure 07** : un multi-paramètre  $\text{NH}_4^+$  et Cl<sup>-</sup>(BOUTELDJI& MELLOUK, 2021).

- ✚ 2<sup>ème</sup> ; les paramètres qui sont effectués par la méthode volumétrique à l'aide des solutions et des réactifs

### 2-5-2-5- Taux alcalimétrique complet TAC :

#### • Principe :

Le taux alcalimétrique complet traduit l'alcalinité d'une eau. Il se mesure par la neutralisation d'eau par une solution acide et en présence de Méthyle orange.

#### • Mode opératoire :

- Mettre en bécher de 100 ml d'eau a analysé ;
- Mettre  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dans la burette ;
- Prendre une goutte de l'indicateur coloré le méthyle orange dans le bécher ;
- Le mélange est de couleur jaune et on faire le dosage ;
- Le point d'équivalence étant déterminé par le changement de couleur en rouge brique.



**Figure 08 :** Dosage de TAC (BOUTELDJI& MELLOUK, 2021).

Le TAC est déterminé par la relation suivante :

$$\text{TAC} = V_{\text{éq}} - 0.5$$

$$V_{\text{éq}} = 1$$

$$\text{TAC} = 1 - 0.5$$

$$\text{TAC} = 0.5$$

### 2-5-2-6- Dureté totale (TH) :

- **Principe :**

La dureté totale détermine la concentration du calcium et du magnésium dissous. Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait avec une solution aqueuse de l'EDTA (éthylène-diamine-tétra-acétique). L'indicateur utilisé est le noir ériochrome qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

- **Mode opératoire :**

- Une quantité de 10 ml d'eau a analysé ;
- Ajouter au mélange l'indicateur coloré noir ériochrome et 10 gouttes de complexe ;
- Mettre l'EDTA dans la burette ;
- On obtient une solution de couleur rose et on fait le dosage jusqu'à le point d'équivalent ;
- Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu et s'exprime par le TH ou la dureté.



**Figure 09 :** Dosage de TH (BOUTELDJJI& MELLOUK, 2021).

La dureté totale est déterminée par l'équation suivante :

$$TH = V_{\text{éq}} * 100$$

$$V_{\text{éq}} = 0.4$$

$$TH = 0.4 * 100$$

$$TH = 40 \text{ } ^\circ$$

### 2-5-2-7- Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

- **Principe :**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA. Ce dosage se fait en présence de Murexide et le NaOH. L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur coloré, qui va alors de la couleur rouge à la couleur violette.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml l'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter 5 gouttes de NaOH ;
- Ajouter une pincée de Murexide ;
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au point d'équivalence ;



**Figure 10** : Dosage de  $\text{Ca}^{2+}$  (BOUTELDEJI & MELLOUK, 2021).

Le  $\text{Ca}^{2+}$  est déterminé à partir de l'équation suivante :

$$\text{Ca}^{2+} = V_{\text{éq}} * 40$$

$$V_{\text{éq}} = 0.2$$

$$\text{Ca}^{2+} = 0.2 * 40$$

$$\text{Ca}^{2+} = 8 \text{ mg/l}$$

### 2-5-2-8- Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

À partir de TH et  $\text{Ca}^{2+}$  le  $\text{Mg}^{2+}$  est égale à :

$$\text{Mg}^{2+} = V_{\text{éqTH}} - V_{\text{éqCa}} = V_{\text{éqMg}} * 24$$

$$\text{Mg}^{2+} = 0.4 - 0.2 = 0.2 * 24$$

$$\text{Mg}^{2+} = 4.8 \text{ mg/l}$$

### 2-5-3- Analyses bactériologiques :

Ces analyses ont été effectuées dans le laboratoire de l'ADE Bouteldja-El-Tarf. Les analyses microbiologiques habituellement effectuées sur une eau destinée à la consommation humaine

## Matériels et Méthodes

---

qui est prélevé dans un flacon en verre par la méthode du nombre le plus probable (NPP) selon **Rodier (2005)**.



**Figure 11** : eau prélevé pour les analyses bactériologiques (BOUTELDJJI& MELLOUK, 2021).

Elles sont basées sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- ✓ Recherche des streptocoques fécaux.
- ✓ Recherche des coliformes fécaux.
- ✓ Recherche des coliformes totaux.

### 2-5-3-1- Recherche des streptocoques fécaux :

- **Principe :**

Le dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide qui sont considérés comme des témoins de pollution fécale par les déchets des animaux.

Il se fait en deux étapes :

- ✓ Etape présomptive des streptocoques fécaux.
- ✓ Etape confirmative des streptocoques fécaux.

- **Mode opératoire :**

#### 1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif :

La recherche est effectuée en bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Rothe) double et simple concentration.

- **On ensemence :**
  - Trois tubes de 10 ml de bouillon Rothe D/C avec 10 ml d'eau.
  - Trois tubes de 10 ml de bouillon Rothe S/C avec 1 ml d'eau.
  - Trois tubes de 10 ml de bouillon Rothe S/C avec 0.1 ml d'eau

## Matériels et Méthodes

---

- Incubation des tubes pendant 48h à 37°C.
- o **Lecture :**

Après 48h les tubes sont considérés comme positive celle qui sont présentent des changements de couleur, un anneau blanc en bas de tube avec un trouble, qu'ils seront obligatoirement soumis au test confirmatif.

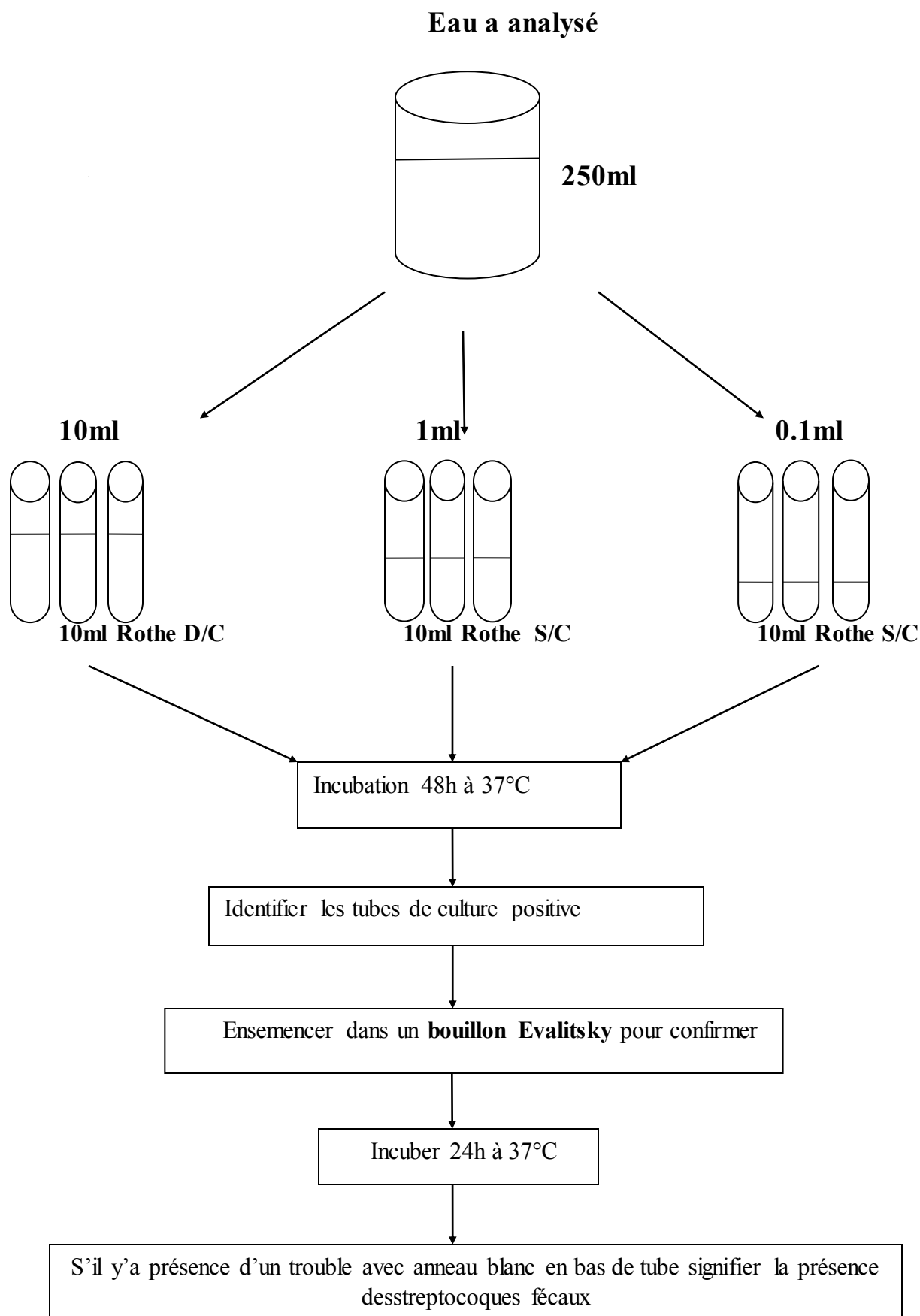
### **2<sup>ème</sup> étape : test confirmatif :**

- o **On ensemence :**
  - 2 à 3 gouttes d'échantillon dans un bouillon à l'éthyle violet (Evalitsky), à partir de chaque tube positif (+).
  - Incubation pendant 24h à 37°C.
- o **Lecture :**

Après 24h ; Tous les tubes présentant une trouble et un jaunissement sont considérés comme positifs (+).

- o **Expression des résultats :**

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux contenus dans 10ml d'eau à analyser.



**Figure 12 :** Recherche et détermination des streptocoques fécaux (RODIER, 2005).

## Matériels et Méthodes

---

### 2-5-3-2- Recherche des coliformes fécaux et totaux :

- **Principe :**

Cette recherche consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes. Elle se fait aussi en deux étapes :

- ✓ Etape présomptive des coliformes.
- ✓ Etape confirmative des coliformes.

- **Mode opératoire :**

#### 1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif :

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol. Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

- **On ensemence :**

- Trois tubes de 10 ml de bouillon BCPL D/C avec 10 ml d'eau.
- Trois tubes de 10 ml de bouillon BCPL S/C avec 1 ml d'eau.
- Trois tubes de 10 ml de bouillon BCPL S/C avec 0.1 ml d'eau
- Incubation des tubes pendant 48h à 37°C.

- **Lecture :**

Après 48h, tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune (en raison de la fermentation de lactose qui se manifeste par la production d'acide) avec du gaz dans la cloche sont considérés comme positif notés (+) c'est-à-dire qu'ils renferment des coliformes totaux.

- **Expression des résultats :**

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporte à la table NPP pour obtenir le nombre de coliformes contenus dans 100 ml d'eau a analysé.

#### 2<sup>ème</sup> étape : Test confirmatif :

##### A. Les coliformes fécaux :

- **On ensemence :**

- Tube d'inoculation positif sur un milieu spécifique : Milieu de Schubert munis d'une cloche de Durham (tube de milieu indole mannitol).
- En rajoute 2 à 3 gouttes de chaque tube BCPL positive dans un milieu de Schubert et incubé à 44°C pendant 24h.
- En rajoute deux gouttes de réactif d'Erlich Kovacs.

- **Lecture :**

- Les tubes on vert sont considérés comme négatif (-).
- Tous les tubes présentant une réaction indole positive (anneau rouge en surface) avec un dégagement du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs (+).

## Matériels et Méthodes

---

### B. Les coliformes totaux :

#### ○ **On ensemence :**

- Tube d'inoculation positif sur un milieu spécifique : Milieu de VBL.
- En rajoute 2 à 3 gouttes de chaque tube BCPL positive dans un milieu VBL.
- Incubation à 37°C pendant 24h.

#### ○ **Lecture :**

Les tubes qui présentent un dégagement du gaz dans la cloche avec un trouble sont considérés comme positifs (+).

## Matériels et Méthodes

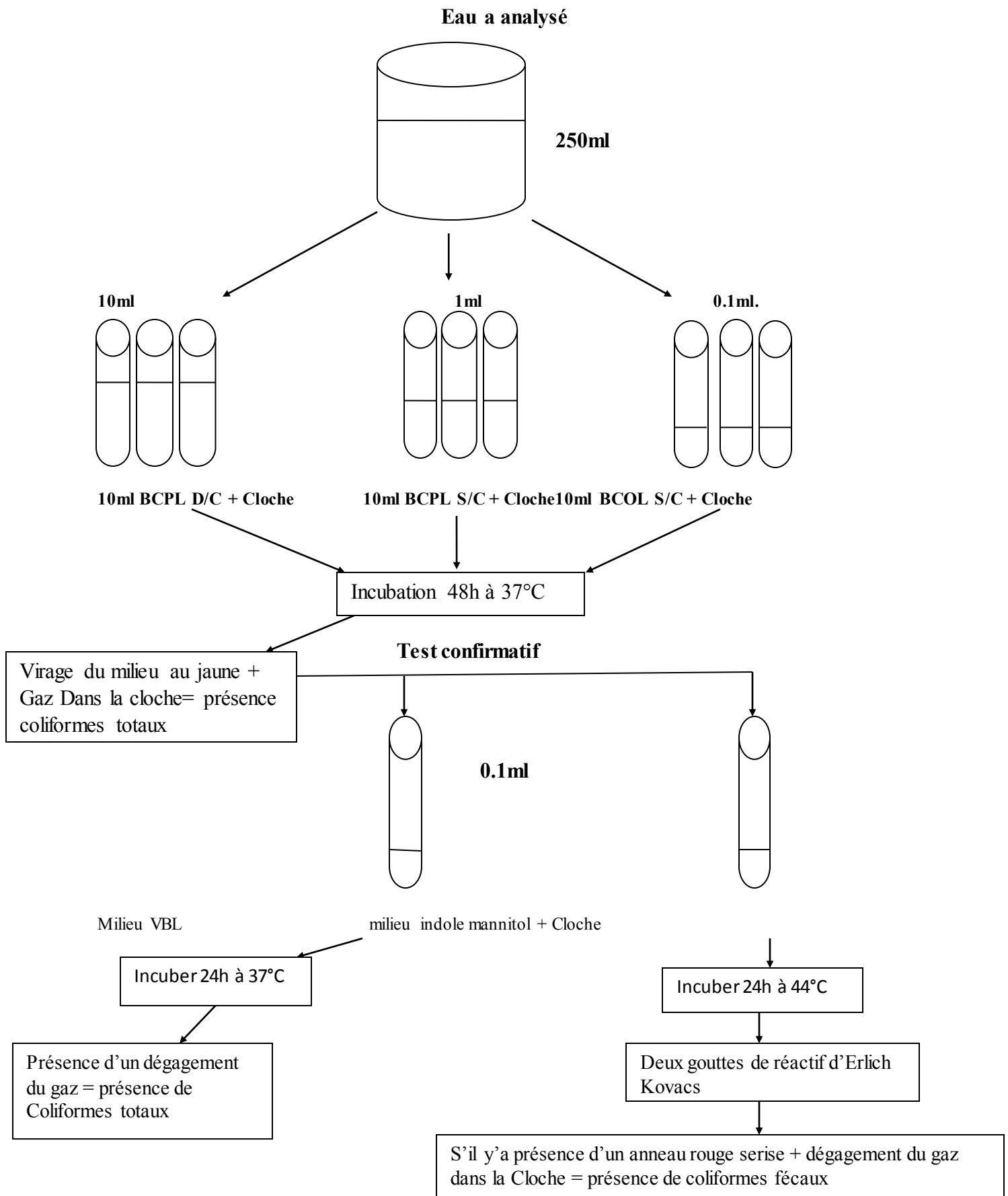


Figure 13 : Recherche et détermination de coliformes fécaux et totaux (RODIER, 2005).



*TROISIEME PARTIE :*  
*RESULTATS ET DISCUSSION*

## Résultats et discussions

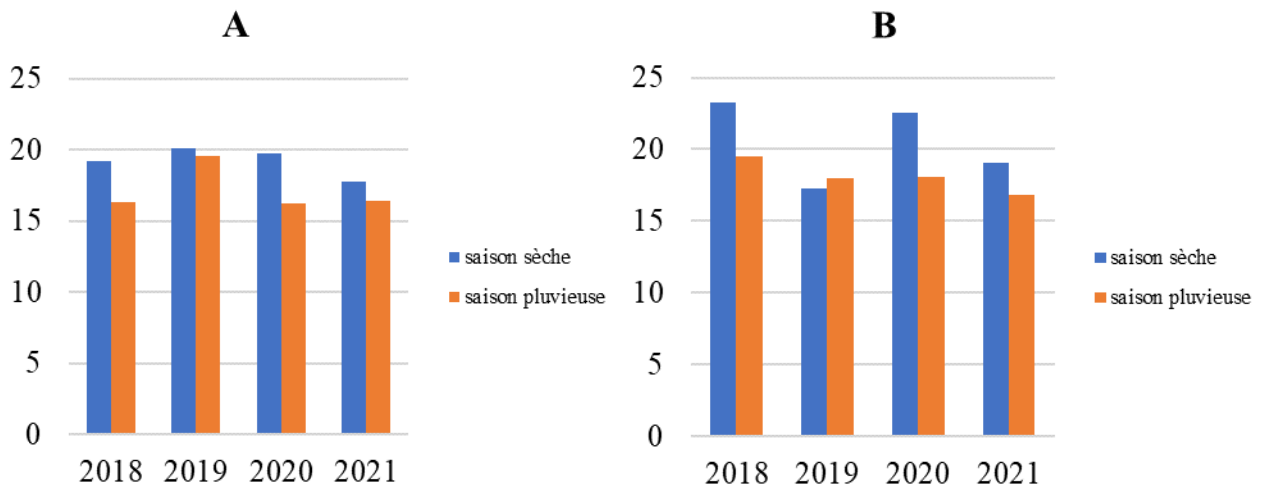
### Résultats et discussions :

Le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de Bourdim et de Melloul au niveau de laboratoire de L'ADE de BOUTELDJA -El Tarf pendant les saisons (sèche et pluvieuse) durant les quatre années (2018, 2019, 2020, 2021).

#### I. Les paramètres physico-chimiques :

##### 1- La température :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle influe sur beaucoup d'autres paramètres comme la conductivité, le Ph, l'oxygène dissous...etc. D'une façon générale, La température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques (KADRI & BOUDERSA, 2018). La figure représente la variation de la température saisonnière de l'eau de source de Bourdim et de Melloul durant la période (2018-2019-2020 et 2021).



**Figure 14 :** Variation saisonnière de la température de l'eau de source de A (Bourdim) et B (Melloul).

Au niveau de source de Bourdim, les moyennes de la température varient selon les saisons. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison sèche, et les plus faibles sont enregistrées pendant la saison pluvieuse. Ces valeurs ne dépassent pas les normes Algériennes de potabilité (25 °C), durant les 4 ans (2018-2019-2020 – 2021). La température maximale est enregistrée pendant la saison sèche (20,1°C) en 2019, et la minimale est observé (16,25 °C) pendant la saison pluvieuse 2020.

Les résultats obtenus de la source de Melloul, montrent que les degrés de la température varient selon les saisons, en saison pluvieuse la température est inférieure à 20°C avec un minimum de 16,85 °C, par contre en saison sèche, elle est supérieure à 20°C avec un maximum de 23,26°C, ceci est due au changement climatique.

## Résultats et discussions

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une faible variation de ce paramètre. D'après la grille d'appréciation de la qualité des eaux souterraines les paramètres enregistrés durant les 4 ans au niveau des deux sources; traduisent une qualité très bonne. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par AYAD, 2017 au niveau des eaux souterraines de wilaya de SKIKDA.

### 2- Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'alcalinité de l'eau. La figure suivante présente la variation saisonnière de pH de source de Bourdim et Melloul durant les quatre dernières années.

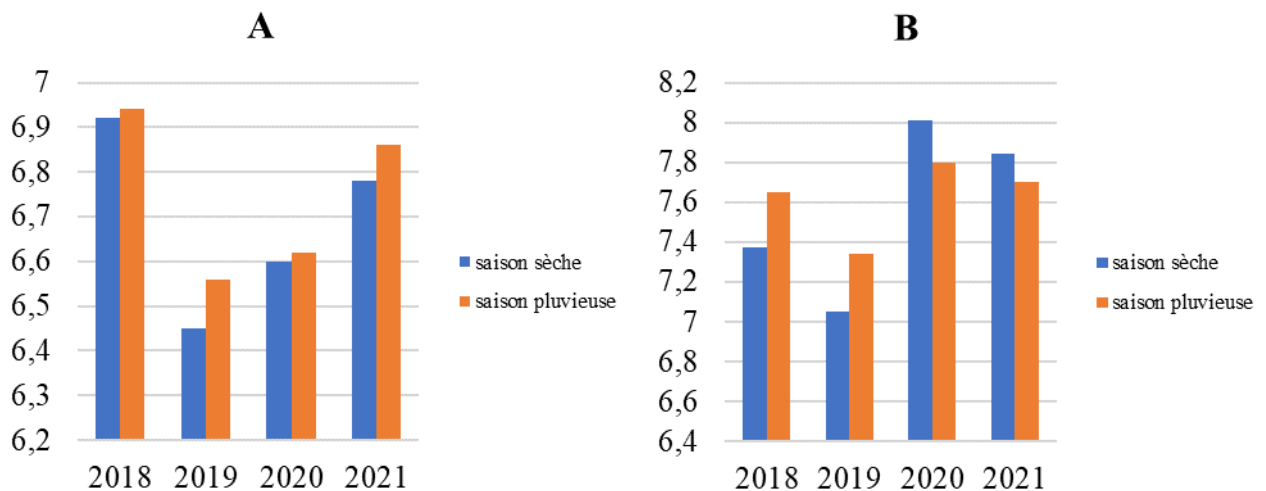


Figure 15 : Variation saisonnière de PH de A(Bourdim) et B(Melloul).

Dans notre étude, les résultats obtenus au niveau de source de Bourdim, montrent que le pH durant les quatre années d'étude présente une très faible variation. Dont le minimum a été enregistré durant la saison sèche 2019 avec 6,45, et le maximum durant la saison pluvieuse 2018 avec 6,92.

La valeur la plus élevée au niveau de la source de Melloul est de 8,01 en 2020, et la plus faible est observée en 2019 en saison sèche.

On remarque que les valeurs de pH de source de Melloul sont supérieures que celle de Bourdim, ceci est liée à la nature du terrain traversé. Ces valeurs n'ont pas dépassé les normes algériennes. Nos résultats correspondent à ceux de SAIDI *et al.*, 2013 au niveau des sources de région de Saïda.

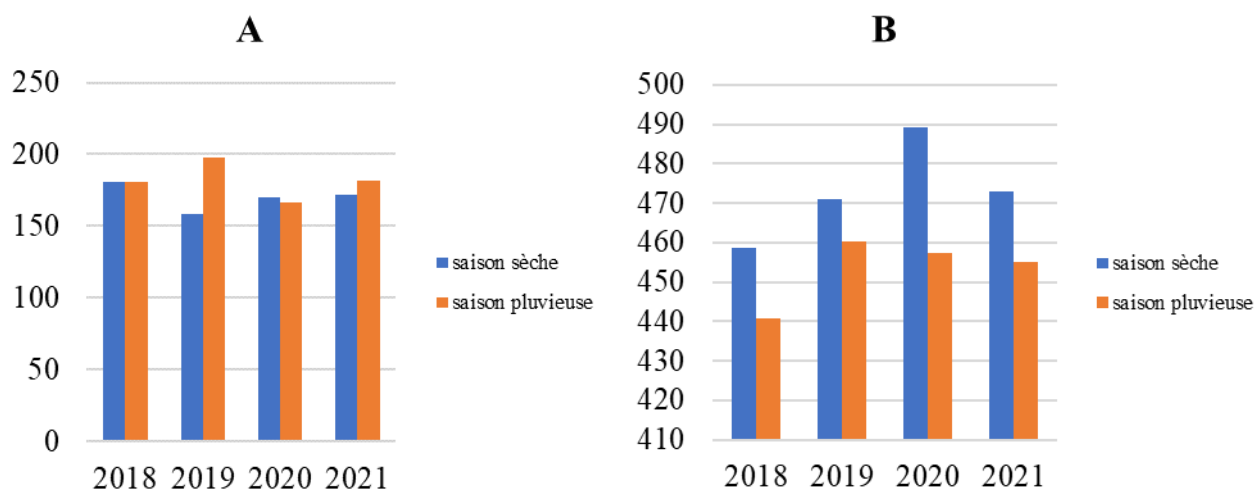
### 3- La conductivité électrique (CE) :

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment. La mesure de conductivité donne une idée approximative de la minéralisation globale (HAMEL, 2013). Généralement, la

## Résultats et discussions

conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température. (AYAD, 2017)

La figure montre la variation saisonnière de la conductivité électrique des deux sources durant la période (2018, 2019, 2020 et 2021).



**Figure 16 :** Variation saisonnière de la conductivité électrique de A(Bourdim) et B(Melloul).

Les résultats de Bourdim présentent une faible variation durant la période d'étude, dont la valeur minimale est enregistrée pendant la saison sèche avec  $158\mu\text{S/cm}$ , et une valeur maximale de  $197,55\mu\text{S/cm}$  durant la saison pluvieuse en 2019.

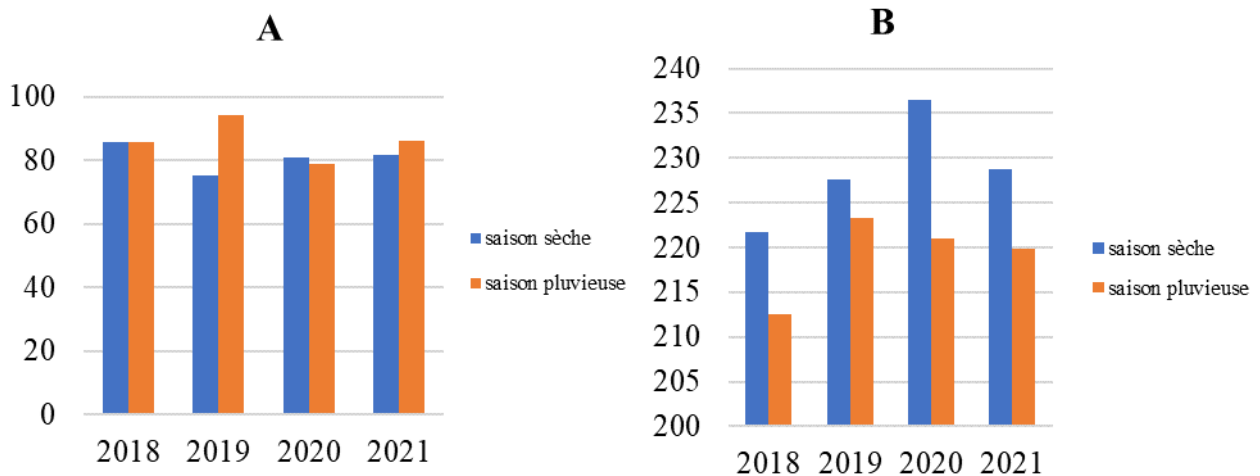
Les résultats de Melloul montrent que la conductivité de l'eau mesurée sont variées entre  $440,8\mu\text{S/cm}$  et  $489,11\mu\text{S/cm}$  durant les deux saisons.

D'après A et B, toutes les valeurs de la conductivité enregistrées pendant les quatre années sont inférieures à  $2800\mu\text{S/cm}$  fixé par les normes algériennes de potabilité. On remarque que la source de Melloul est la plus minéralisée: elle présente une conductivité plus forte par rapport à celle de Bourdim due à la nature géologique et du terrain. Ces deux sources sont faiblement minéralisées, par rapport aux résultats obtenus par BENBOUZID & FARES, 2017 au niveau de source de Abdelmelek Ramdane à Mostaganem.

## Résultats et discussions

### 4- Taux de sels dissous (TDS) :

Ce paramètre permet de mesurer le taux de sels dissous dans l'eau en (mg /l) (BAIRI et BELLILI, 2020).



**Figure 17 :** Variation saisonnière de TDS de source A (Bourdim) et B (Melloul).

Les valeurs de TDS de source de Bourdim fluctuent entre 75,3mg/l et 94,27 mg/l, dont le maximum est enregistré pendant la saison pluvieuse, et le minima est marquée durant la saison sèche en 2019.

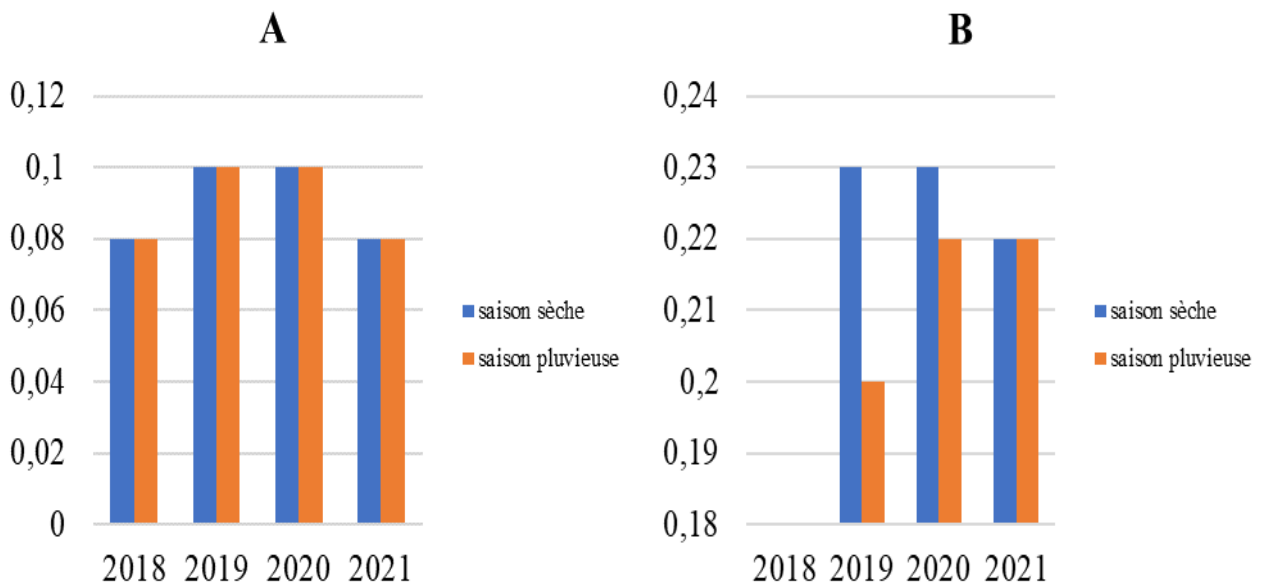
Concernant la source de Melloul les résultats obtenus durant les quatre ans montrent que ce paramètre présente une faible variation. Dont la valeur maximale est enregistrée en saison sèche 2020 avec 236,44 mg/l, et le minimum pendant la saison pluvieuse 2018 avec 212,6 mg/l.

D'après les résultats des deux sources on remarque que le taux de sels dissous de source de Melloul est très élevé par rapport à ceux trouvée dans la source de Bourdim en raison de la présence des ions de Chlorures, Potassium et Sodium dans l'eau de Melloul. Ces résultats respectent les normes internationales, en effet, elles ne dépassent pas les 1500 mg/l.

### 5- La salinité :

La salinité traduit le caractère salin de l'eau, elle varie considérablement d'une saison à une autre et d'une région à une autre. (BAIRI et BELLILI, 2020).

## Résultats et discussions

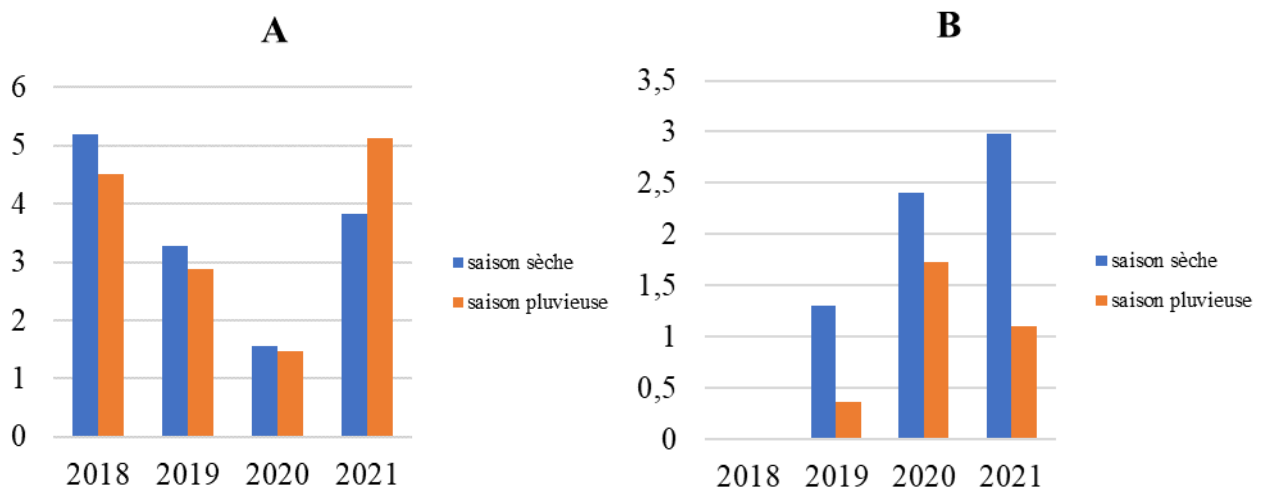


**Figure 18 :** Variation saisonnière de salinité de A (Bourdim) et B (Melloul).

Les moyennes de salinité au niveau de source de Bourdim sont variables entre 0,08% et 0,1 %, dont la moyenne maximale est observée en 2019 et 2020 et le minima en 2018 et 2021 durant les deux saisons. Tandis que les moyennes de salinité de source de Melloul sont faiblement variables, elles fluctuent entre 0,2% et 0,23%. D'après A et B les valeurs de salinité de Melloul est supérieure à celle de Bourdim, ceci est liée à la nature géologique du terrain traversé

### 6- La turbidité :

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris, organiques, argiles, organismes microscopiques...) (BENBOUZID& FARES, 2017).



**Figure 19 :** Variation saisonnière de la turbidité A (Bourdim) et B (Melloul).

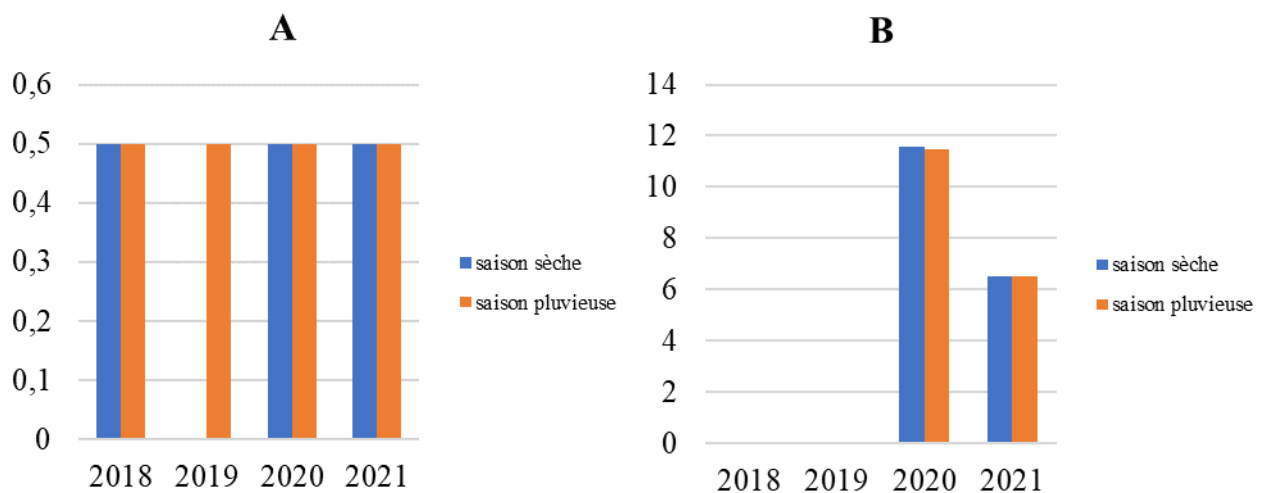
## Résultats et discussions

Les résultats obtenus au niveau de source de Bourdim pendant les quatre dernières années pour les deux saisons varient entre 5,2 NTU et 1,47 NTU. Au niveau de source de Melloul les moyennes variées d'une année à une autre et d'une saison à une autre. La valeur minimale est observée en 2019 durant la saison pluvieuse (0,37 NTU), et la maximale est enregistrée en 2020 durant la saison sèche (2,98 NTU). Les valeurs enregistrées au niveau de source de Bourdim sont supérieures à celle de Melloul. Ceci est peut-être liée à la pluie forte qui provoque l'érosion de sols. Ces valeurs sont au-dessous de la norme, sauf la valeur qui a été enregistrée pendant la saison sèche 2018 qui dépasse légèrement les normes algériennes. Nos résultats sont comparables à celle obtenus par HAMEL, 2013 au niveau de source SIDI BOUYASHAK à Tlemcen.

### 7- Le titre alcalimétrique complet (TAC) :

Le titre alcalimétrique complet ou T.A.C. correspond à la neutralisation par acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates. (ACHMIT *et al.*, 2017).

La figure indique la variation de Titre Alcalimétrique complet pour les saisons sèche et pluvieuse dans les eaux de sources de Bourdim et Melloul durant les quatre années.



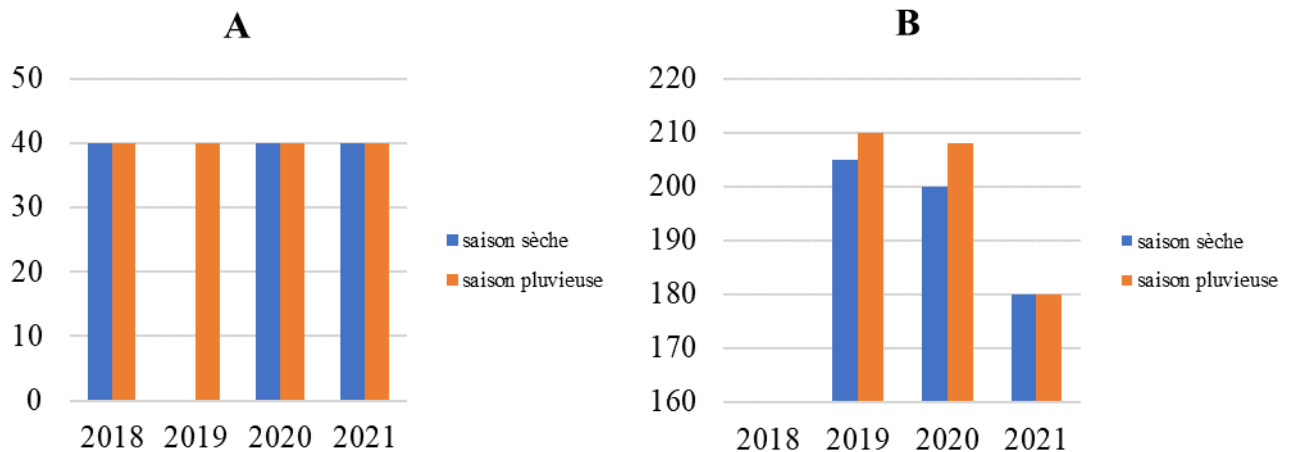
**Figure 20** : Variation saisonnière de titre alcalimétrique complet TAC de A (Bourdim) et B (Melloul).

Les moyennes de TAC au niveau de source de Bourdim sont stables à 0,5mg/l pour les deux saisons pendant les quatre années. La source de Melloul ne présente aucune différence saisonnière, on remarque que TAC est plus élevé en 2020 (pour les années 2018, 2019 nous avons constaté des manques des données). Les valeurs de TAC de la source de Melloul sont supérieures à celle de Bourdim. Ces résultats ne dépassent pas les normes algériennes de 500 mg/l, mais elles sont très faibles.

## Résultats et discussions

### 8- La dureté totale (TH) :

La dureté et un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversée et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. (CHENA & GRARA, 2015).



**Figure 21 :** Variation saisonnière de la dureté totale de A (Bourdim) et B (Melloul).

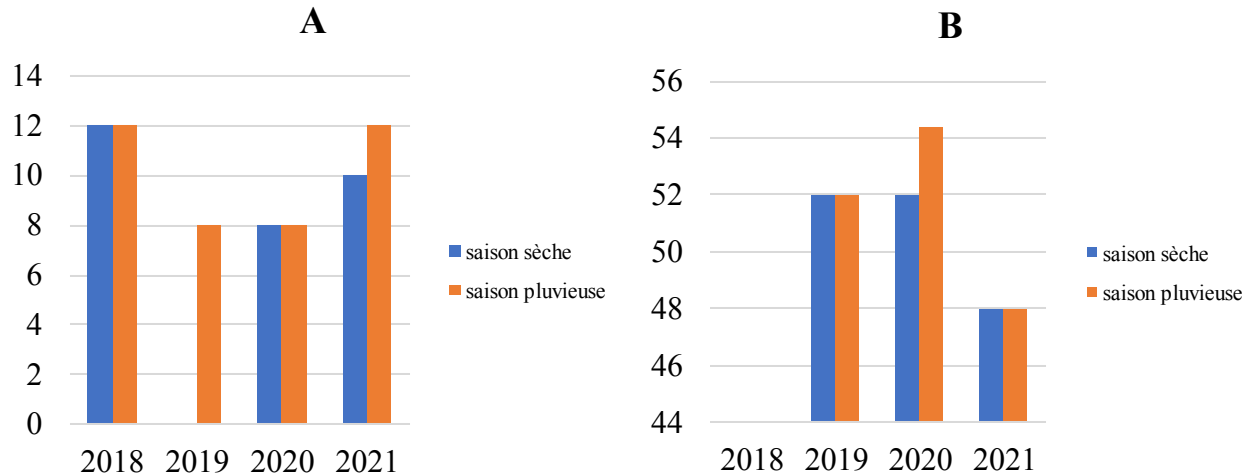
Les résultats obtenus durant les quatre ans sont stables à 40mg/l CaCO<sub>3</sub> pendant la saison sèche et saison pluvieuse au niveau de source de Bourdim. Les valeurs de TH au niveau de source de Melloul sont variées (manque des données 2018), elles fluctuent entre 180 et 210 mg/l CaCO<sub>3</sub>. Les résultats obtenus conformément aux normes algériennes qui recommande comme valeur limite 500 mg / litre CaCO<sub>3</sub> au maximum. Les valeurs de TH de source de Melloul sont très élevées par rapport à celle de Bourdim. Cette variation est dû à la présence des ions du calcium et de magnésium en quantité importante dans l'eau de Melloul. Nos résultats sont comparables à celles obtenues par HAMEL, 2013 au niveau de source Sidi Bouyashak -Tlemcen.

- **Les éléments majeurs :**

- 1- **Le calcium Ca<sup>2+</sup> :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. (BENBOUZID & FARES, 2017).

## Résultats et discussions



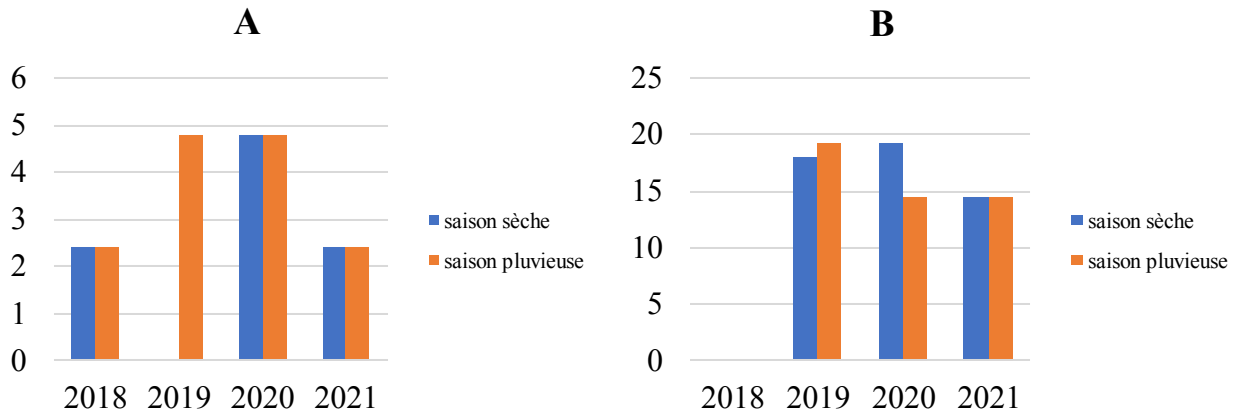
**Figure 22 :** Variation saisonnière du calcium de A (Bourdim) et B (Melloul).

Pour l'eau de source de Bourdim étudié pendant les 4 ans durant les deux saisons, les valeurs de calcium trouvées sont comprises entre 8 et 12 mg / l. Concernant Melloul, on note une valeur maximale du calcium en 2020 durant la saison pluvieuse avec 54,4 mg / l, et une valeur minimale en 2021 avec 48 mg / l. Cette valeur est stable en saison sèche comme en pluvieuse. Les valeurs de calcium de source de Melloul sont très élevées par rapport aux valeurs enregistrées dans la source de Bourdim. Cette variation est liée directement à la nature géologique de terrains traversés. Les échantillons analysés restent inférieurs à la concentration maximal admissible décrétée par les normes algériennes 200 mg / l. Nos résultats Concordent avec ceux trouvés par CHENA & GRARA, 2015 au niveau des sources de Guelma.

### 2- Le magnésium $Mg^{2+}$ :

C'est un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un goût désagréable à l'eau. La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques. Selon les normes Algériennes de l'eau potable pour le magnésium, fixées à 150 mg/L.

## Résultats et discussions

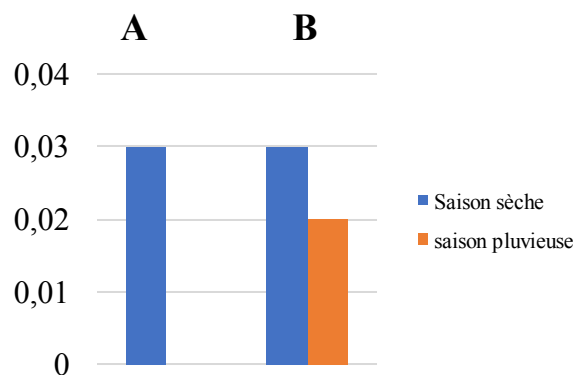


**Figure 23 :** Variation saisonnière du magnésium de A (Bourdim) et B (Melloul).

Le teneur de magnésium de Bourdim varie entre une valeur maximale de 4,8 mg/l enregistrer pendant les saisons sèches et pluvieuses des années 2019 et 2020, et une valeur minimale de 2,4 mg/l durant la saison sèche et la saison pluvieuse des années 2018 et 2021. Au niveau de source de Melloul, les valeurs enregistrées tout au long la période d'étude ne dépassent pas les normes algériennes 250 mg/l (19,3 mg/l et 14,4 mg/l). Les résultats de A et B montre que les valeurs de magnésium de Bourdim sont très faibles à celle de Melloul, puisque la source de Melloul est en contact avec les roches calcaires et dolomitiques. Ces valeurs conformément aux normes de OMS et les normes algériennes. Nos résultats sont comparables à celles obtenus par BENBOUZID & FARES, 2017 au niveau de source dans la localité de Abdelmelek Ramdane à Mostaganem.

### 3- L'ammonium $\text{NH}_4^+$ :

La teneur en azote ammoniacal dans les eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniaque est oxydée graduellement en nitrate et en nitrite (BAIRI & BELLILI, 2020). La figure suivante montre les variations saisonnières de l'ammonium au niveau des deux sources en 2021 (on note des carences des données des années 2018, 2019, 2020).



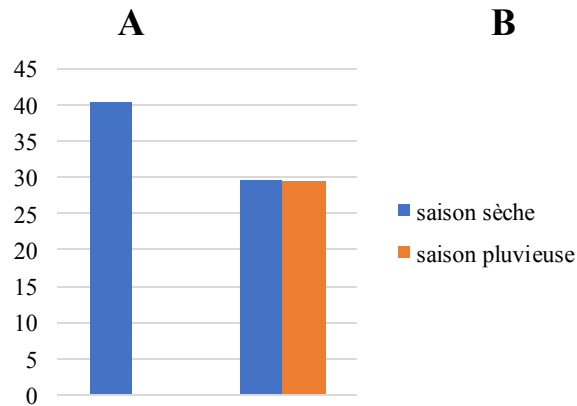
**Figure 24 :** Variation saisonnière de l'ammonium de A (Bourdim) et B (Melloul).

## Résultats et discussions

Nos résultats montrent que la concentration d'Ammonium  $\text{NH}_4^+$  dans l'eau de source de Bourdim est de 0.03 mg/l, la source de Melloul varie entre 0,02 mg/l et 0,02 mg/l, les valeurs obtenues sont dans les normes ils ne dépassent pas la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes 0.5 mg/. Ces valeurs sont similaires avec les résultats de HAMEL, 2013 au niveau de source de Sidi Bouyashak à Tlemcen.

### 4- Le chlorure $\text{Cl}^-$ :

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels, par la dissolution de la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl) (AYAD, 2017). Les variations de ce paramètre en 2021 sont mentionnées dans la fig. 25 (absence des données des années précédentes).



**Figure 25 :** Variation saisonnière du chlorure de A (Bourdim) et B (Melloul).

La teneur de chlorure dans la source de Bourdim est 40,05 mg/l. alors que dans la source de Melloul est 29,5 mg/l durant les deux saisons. Les résultats montrent qu'il y'a une variation entre les deux sources dont Bourdim présente un taux de chlorure plus élevé que Melloul. Ce qui donne à l'eau un mauvais gout et peut entraîner un risque de corrosion du réseau de distribution.

## Résultats et discussions

---

### II. Les analyses bactériologiques :

Les analyses bactériologiques en été réalisé au niveau du laboratoire de l'ADE de BOUTELDJA -EL Tarf. Ces résultats sont regroupés dans le tableau 08 :

**Tableau 08** : résultats du dénombrement bactériologique des eaux de sources de Bourdim et Melloul.

Sources	Bourdim	Melloul	Unités	Norme algérienne
Coliformes totaux	00	00	Germe/100ml	00
Coliformes fécaux	00	00	Germe/100ml	00
Streptocoques fécaux	00	00	Germe/100ml	00

Une eau de bonne qualité bactériologique est consistée au l'absence des germes pathogènes, ce qui conforme à la norme national et international. (BENBOUZID &FARES, 2013). Les résultats obtenus montrent une absence totale des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux dans les deux sources d'eau (Bourdim et Melloul), pendant la période d'étude, l'eau des deux sources est potable. Par contre BENBOUZID & FARES, 2017 ont trouvés que l'eau de source de Abdelmelek Ramdane est impropre à la consommation en raison de la présence des coliformes totaux. Donc elle nécessite un traitement efficace de désinfection afin d'amélioré sa qualité bactériologique est la rendre conforme à la consommation.



*Conclusion*

## CONCLUSION GENERALE

---

Les sources de Bourdim et Melloul sont situées dans la willaya d'El Tarf à l'extrême Nord-est Algérien près de la frontière Algéro-Tunisienne, destinées à la consommation humaine pour certaines communes de la wilaya d'El-Tarf et Annaba.

Cette étude a été menée dans le but d'étudier les caractéristiques physico –chimiques et bactériologiques relatives à la qualité des eaux de sources Bourdim et Melloul durant les années 2018, 2019, 2020 et 2021.

L'analyse des résultats obtenus, montrent que sur le plan qualitatif, les eaux de ces sources sont caractérisées par les paramètres physico-chimiques suivants :

- ) La température est variée entre 16°C et 23°C.
- ) Le pH des eaux est voisin de la neutralité.
- ) Les teneurs de conductivité, TDS, Salinité, TAC, TH, et les autres éléments majeurs Calcium, Magnésium, ainsi que Chlorure et Ammonium sont sur les normes Algériennes de potabilité.
- ) Le seul paramètre organoleptique qui est réalisé au niveau de laboratoire d'ADE Bouteldja c'est la turbidité. Ce paramètre répond aux normes de potabilité Algérienne et internationale.

Sur le plan bactériologique, les tests présentent une absence totale des germes indicateurs de pollution fécale (Streptocoques fécaux, coliformes fécaux, coliformes totaux).

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau des deux sources distribuées est de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique et dépourvue de tous les germes pathogènes.

Il est très important de noter afin de prendre des précautions pour la surveillance de la qualité des eaux de consommation il est nécessaire de réaliser des études similaires en permanences pour garantir leur propriété potable.

D'autre part, il faut sensibiliser les populations et les inciter à protéger les sources d'eau contre la pollution car elle perturbe les conditions de vie. Il faut aussi respecter les règles des gestions des déchets industriels, agricoles et les règles d'hygiène au niveau des points de prélèvements.



*Références  
Bibliographiques*

## REFERENCES

---

- A.D.E. Algérienne des eaux. (2005). Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions accidentelles, formation contenue en Entreprise. Ministère des ressources en eaux. Centre de formation aux métiers de l'eau de Tizi-Ouzou. Algérie.
- ABBOUDI, A., TABYAOUI, H., HAMICHI, F. (2014). Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigon, Maroc. J.E.S, 10 (23), 88pp.
- ACHMIT, M., SBAI, G., AOUNITI, A., et LOUKILI, M. (2017). Étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de barrage BAB LOUTA. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 20 No. 4 Jul. 2017, pp. 1246-1255.
- ADDA, M. (2013). Caractérisation hydro-chimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbain : cas de l'agglomération oranaise (Algérie). (Mémoire de magistère). Université d'Oran.
- AHOUSSE, K.E., KOFFI, Y.B., KOUASSI, A.M., SORO, G., BIEMI, J. (2013). Evolution spatiotemporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), International Journal of Pure & Applied Bioscience, Vol 1, N° 3, PP : 45-60.
- AKA, N., BAMBA, S.B., SORO G., SORO N., (2013). Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire), Larhyss Journal, N°16, PP : 31-52.
- ALPHA, S. (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDMSA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. (Thèse de Doctorat en Pharmacie). Université de Bamako.
- AMADOU, H., LAOUALI, M.S., MANZOLA, A. (2014). Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de Tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées, Larhyss Journal, N° 20, PP : 25-41.
- AMINOT, A., & KERONEL, R. (2004). Caractéristiques physico-chimiques majeures. Dans A. Ifremen & B. MEDD, *Hydrologie des écosystème marins : Paramètres et analyse* (P.3). France.
- ANONYME. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Dans A. Observatoire des données de l'environnement, Les données de l'IBGE : L'eau de Bruxelles (P.1-5). Bruxelles : Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- ANONYME. (2009). L'analyse bactériologique de l'eau potable interprétation des résultats, désinfection et conseils préventifs. EXOVA.
- ANONYME. (2015). Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires. Les Chiroptères.
- ANONYME. (2017). Paramètre hydrologique : oxygène dissous. Ifremer environnement.
- ANONYME. (2020). Tout savoir sur les minéraux. Alvityl.

## REFERENCES

---

- ANONYME. (2021). Normes de qualité. SUEZ.
- ARAB, L., & OUDAFAL, N. (2019). Evaluation de la qualité Physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de TAKSEBT de la ville de TIZI OUZOU. (Mémoire de Master). Université Mouloud Mammeri. TIZI-OUZOU.
- ATTIA, A., & GHEZALI, L. (2015). Analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage "AIN ZADA" Bordj Bou Arreridj. (Mémoire de fin d'étude). Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- AYAD, W. (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de skikda). (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar -Annaba-
- BELDJILALI, F., & ARAB, A. (2018). Etude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de barrage Kramis et des eaux de source naturelle Ain sidi abdelkader. (Mémoire de Master). Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem-
- BENBOUZID, H., & FARES, K. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de « AbdelmelekRamdane ». (Mémoire de master). Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem-
- BERNE, F., & JEAN, C. (1991). Traitement des eaux. Techniq.
- BOSCA, C. (2002). Groundwater law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, PP: 13-17.
- BOUCININA, H. (2018). Bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de Mila. (Mémoire de Master). Université des Frères Mentouri Constantine. Constantine.
- CELINE, C., LOUISE, N., DENIS, G., & PATRICK, L. (2013). Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Québec.
- CHEICK, T. T. (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible cout. Centre collaborant de l'OMS.
- CHENA, B., & GRARA, N. (2015). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelques eaux de sources dans le bassin de GUELMA. (Mémoire de master). Université 8 Mai 1945 -GUELMA-
- CHENAH, W. (2019). Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau traitée par la station de potabilisation des eaux de barrage Tilesdit (BechloulW.Bouira). (Mémoire de fin d'étude). Université de Bouira.
- CIE : centre d'information sur l'eau., (2013). Le cycle naturel de l'eau.
- CLOUD, T. (2013). L'importance des propriétés organoleptiques de l'eau. Média Terre.
- DEGBEY, C., MAKOUTODE, M., FAYOMI, B., BROUWER, C. (2010). La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, J Int Santé Trav, Vol 1, PP : 15-22.

## REFERENCES

---

- DIALLO, Y. (2005). Évaluation de la pollution des ressources en eau superficielle de la ville de Ouagadougou : établissement d'un profil des sources de pollution et proposition de solutions de mitigation. (Mémoire de fin d'études d'Ingénieur). École inter états d'ingénieurs de l'équipement rural - Ouagadougou – Burkina Faso.
- DJAMMAL, S. (2009). L'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie Sud-Est de la région de la boucle du sahel. (Thèse de Magister). Université de Constantine.
- F.N.S. (Fondation Nationale de la Santé). (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau. 4ème édition.
- FAKIH LANJRI, A., BRIGUI, J., EL CADI, A., KHADDOR, M., SALMOUNE, F., (2014). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, *Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 5, N° S1*, PP : 2230- 2235.
- FLORENTINE, M., ALAIN, P., & CHARLES, O. (1999). Analyse de séries temporelles de mesures de l'oxygène dissous et du pH sur la Loire au niveau du site nucléaire de Dampierre, *Hydroécol. Appl., 112 (11)*, (P.127).
- GHAZALI, D., & ZAID, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri : Maroc. *Larhyss Journal, (12)*, (P.25-36).
- GUERMAH, D., & TADJADIT, K. (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage Taksebt (cas de la station monobloc). (Mémoire de master). Université Mouloud MAMMARI -Tizi-Ouzou-
- HAMED, M., GUETTACHE, A., & BOUAMER, L. (2012). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. (Mémoire De Fin D'Etude). Université de Bechar.
- HAMEL, L. (2013). Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak » destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen. (Mémoire de Master). Université Aboubaker Belkaid -TLEMCEM-
- HENRI, L. (2012). L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.
- ILLAL, A., & CHERFAOUI, S. (2018). Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouirra. (Mémoire de Master). Université Akli Mohand. Bouirra.
- J.O.R.A. (Journal Officiel de la République Algérienne). (2011). Conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces. N°34. Alger.
- JOHN, P., DONALD, A. (2010). Microbiologie, 3ème Édition, 1216 p.
- JUSTIN, K. L. (2013). La pollution de l'eau : impact et perspective. (Mémoire de fin d'étude). Instituts supérieurs techniques -CONGO-

## REFERENCES

---

- KADRI, D., & BOUDERSA, K. (2018). Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux dans un établissement de santé (Hôpital d'Ali Mendjeli). (Mémoire de master). Université des Frères Mentouri Constantine.
- KIRKPATRICK, K., FLEMING, E. (2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p.
- LAGNIKA, M., IBIKOUNLE, M., MONTCHO, J.C., WOTTO, V.D., SAKITI N.G.(2014).Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin,Afrique de l'ouest), *Journal of Applied Biosciences*, N°79, PP :6887– 6897.
- LAIGNEL, H. (2009). Mesures de la matière en suspension (MES) et de la matière organique dissoute colorée (CDOM) dans le lagon Sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie et à l'aquarium de Nouméa. (Rapport de Stage). Institut de recherche pour le développement. Nouvelle Calédonie.
- LE DUC, F., & VAURETTE, D. (2016). Contrôle bactériologique de la potabilité des eaux. TREGOR SOLIDARITE NIGER.
- LOUNNAS, A. (2009). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. (Thèse de Magister). Université du 20 août 1955. Skika.
- MANACEUR, Y., & DJABALLAH, S. (2016). Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa. (Mémoire de Master). Université Larbi Tébessi. Tébessa.
- MATIAS, M. S. (2008). Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydro-chimique. (Thèse de Doctorat). UNIVERSITE Toulouse III – Paul Sabatier.
- MERZOUG, D., KHIARI, A., AÏT BOUGHROUS, A., BOUTIN, C. (2010). Faunaquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien),*HydroécolApplied*, PP : 77–97.
- MOUAZ, N., & BENTCHICH, K. (2017). Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff. (Mémoire de Master). Université de Khemis-Miliana.
- NOUAYTI, N., KHATTACH, D., HILALI, M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), *Journal de Matériel et Science de l'Environnement*, Vol 6, N° 4, PP : 1068-1081.
- OLIVIER, M.J. (2009). Chimie de l'environnement, 6<sup>ème</sup> édition, Québec, Les productions Jacques.
- OLIVIER, P. (2015). La problématique du mercure dans les eaux usées de Montréal. Université de Sherbrooke.
- OMS. (1994). Directive de qualité de l'eau de boisson. Recommandations. 2<sup>ème</sup> édition. Vol 1. Genève.

## REFERENCES

---

- OMS. (2000). Directive de qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. 2ème édition. Vol 2. Genève.
- OMS. (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1070 p.
- OMS. (2006). Les lignes directrices de l'OMS de la qualité de l'eau potable.
- OMS. (2017). Directive de qualité pour l'eau de boisson. Intégrant le premier additif. 4ème édition. Genève.
- OMS. Organisation mondiale de la santé. Traitement de l'eau brute pour la rendre potable.
- PHILIPPE, B. (2019). L'eau potable : sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements. Le C.I.EAU.
- RAMSAR. (2009). *Algérie Marais de Bourdim*.  
[https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/DZ1895RIS\\_1803\\_fr.pdf?language=fr](https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/DZ1895RIS_1803_fr.pdf?language=fr)
- RODIER, J. (2005). L'analyse d'eau. 5ème édition. Paris.
- RODIER, J., & LEGUBE, B., MERLET, N. (2009). L'analyse de l'eau. 9ème édition. (1579PP). Paris : Dunod.
- SAIDI, A., KEFIFA, A., & KADARI, M. (2013). Évaluation des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de sources de la région de SAIDA. *Proceeding du séminaire international sur l'hydrologie et l'environnement SIHE Ouargla*, 284-287.
- SAPAN, P., LAVERRIERE, R., TISSOT, J.M., MAGE, N., PACHOVA, T., N'DUAKULU, J. J. & STENLA-MARTINEZ, J.A. (2013). Sampling and analysis of natural water. University of Geneva, Switzerland.
- VAUTE, L. (1999). Identification d'éléments indésirables ou toxiques dans les ressources en eau potentielles du bassin ferrifère lorrain. BRGM.
- ZOUAG, B., & BELHADJ, Y. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta « Tlemcen ». (Doctorat en pharmacie). Université Abou BekrBelkaid -TLEMEN-



# *Annexes*

## ANNEXES

---

**Annexes 1 :** Composition des milieux de culture bactériologique:

### 1- Bouillon lactose au bromocrésol (B.C.P.L.)

Le bouillon lactosé au pourpre de bromocresol c'est un milieu de culture utilisé pour la détection des coliformes dans l'eau. Il permet de différencier les espèces fermentant le lactose de celles qui ne le fermentent pas. Il y'a deux types : milieu simple concentration et milieu double concentration.

🌈 Double concentration :

- ✓ Extrait de viande de bœuf : 6gr
- ✓ Peptone : 10gr
- ✓ Lactose : 10gr
- ✓ Pourpre de bromocrésol : 0.6gr
- ✓ Eau distillée : 1000 ml
- ✓ pH : 6,7
- ✓ Autoclavage : 20mn à 120°

🌈 Simple concentration :

- ✓ Extrait de viande de bœuf : 3 gr
- ✓ Peptone : 5 gr
- ✓ Lactose : 5 gr
- ✓ Pourpre de bromocrésol : 0,03gr
- ✓ Eau distillée : 1000ml
- ✓ pH : 6,7
- ✓ Autoclavage : 20mn à 120°C

### 2- milieu indole - mannitol (SCHUBERT)

Le bouillon de Schubert est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement de coliformes fécaux dans les eaux.

- ✓ Tryptophane : 0,2 gr
- ✓ Acide glutamique : 0,2 gr
- ✓ Sulfate de magnésium : 0,7 gr
- ✓ Sulfate d'ammonium : 0,4 gr
- ✓ Citrate de sodium : 0,5 gr
- ✓ Chlorure de sodium : 2 gr
- ✓ Tryptoneoxoid : 10 gr
- ✓ Mannitol : 7,5gr
- ✓ Eau distillée : 500 ml
- ✓ Tampon phosphate pH 7,6 : 500ml
- ✓ Autoclavage : 115°C pendant 10 mn
  - Préparation du tampon phosphate ;
- ✓ 500 ml d'eau distillée
- ✓ 1,44 gr de phosphate mono sodique
- ✓ 9,21 gr de phosphate disodique.

### 3- Bouillon glucosé à l'acide de sodium (milieu de ROTHE)

Le bouillon de Rothe est utilisé pour effectuer le test présomptif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux d'alimentation, les

## ANNEXES

---

produits surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable. Il y'a deux types : milieu simple concentration et milieu double concentration.

🌈 A double concentration :

- ✓ Tryptone : 40 gr
- ✓ Glucos : 10gr
- ✓ Chlorure de sodium : 10 gr .
- ✓ Phosphate bipotassique : 5,4 gr
- ✓ Phosphate mono potassique : 5,4 gr
- ✓ Azide de sodium : 0,4 gr
- ✓ Eau distillée : 1000 ml
- ✓ pH : 6,8 -7 Autoclavage : 15 mn à 121 °C

🌈 A simple concentration :

- ✓ Tryptonée : 20 gr
- ✓ Glucose : 5 gr
- ✓ Chlorure de sodium : 5 gr
- ✓ Phosphate mono potassique : 2,7 gr
- ✓ Azide de sodium : 0,2 gr
- ✓ Eau distillée : 1000 ml
- ✓ pH : 6.8 -7 Autoclavage : 15 mn à 121°C

#### 4- Bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA)

Le bouillon EVA-LITSKY est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux d'alimentation, les eaux résiduaires, les surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable.

- ✓ Peptone : 20 gr
- ✓ Glucose : 5 gr
- ✓ Chlorure de sodium : 5 gr
- ✓ Phosphate bi potassique : 2,7 gr
- ✓ Azide de sodium : 0,3 gr
- ✓ Ethyle violet : 0,0005 gr
- ✓ Eau distillée : 1000ml
- ✓ pH : 6,8 -7.

## ANNEXES

---

### Annexe 02 : Norme de potabilité

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs limites		
			Eau de surface	Eau souterraine	Eau traitée
Paramètre de pollution	Nitrate	Mg/l	50	50	50
	Nitrite	Mg/l	*	*	0.2
	Ammonium	Mg/l	4	0.5	0.5
	Phosphores	Mg/l	10	5	5
Paramètre indésirable	Fer	Mg/l	1	0.3	0.3
	Aluminium	Mg/l	*	*	0.2

## ANNEXES

### Annexe 03 : Techniques généralement appropriées pour la conservation des échantillons

Paramètre à analyser	Nature du récipient	Volume (ml)	Condition de conservation	Durée de conservation avant l'analyse	Observation
Chlore résiduel	Tube à essai en verre	10		5 min	Conserver les échantillons à l'abri de la lumière. Il convient d'effectuer l'analyse sur site, dans les 5 min qui suivent le prélèvement de l'échantillon
Conductivité	P ou VB	100 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	Analyse réalisée de préférence sur site
Oxygène	P ou V	300 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	4 jours	Fixer l'oxygène sur site et conserver les échantillons à l'abri de la lumière. La méthode électrochimique peut également être utilisée et réalisée sur site.
pH	P ou V	100 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	6h	Il convient de réaliser l'essai dès que possible et de préférence sur site immédiatement après le prélèvement
Turbidité	P ou V	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C Conserver les échantillons à l'abri de la lumière	24h	Détermination réalisée de préférence sur site
DBO	P ou V	100 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	Conserver les échantillons à l'abri de la lumière
Fer total	P ou VB	120	Acidifier à un pH compris entre 1 et 2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> à 18 mol/l	1 mois	
Nitrate	P ou V	100	Acidifier à un pH compris entre 1 et 2 avec HCL	7 jours	
Nitrite	P ou V	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	Il convient de réaliser l'analyse de préférence sur site
Couleur	P ou V	500	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	5 jours	Conserver les échantillons à l'abri de la lumière
Phosphore	P ou V ou VB	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	
Ammonium	P ou V	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	

## ANNEXES

	P ou v	100	Acidifier à un pH compris entre 1 et 2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21 jours	
Calcium	P ou V	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	1 mois	
	P ou V	100	Acidifier à un pH compris entre 1 et 2 avec HNO <sub>3</sub>		
CO <sub>2</sub>	P ou V	500 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	détermination réalisée de préférence sur site
Chlorure	P ou V	200	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	1 mois	
Acidité et alcalinité	P ou V	200500 remplir complètement le récipient pour chasser l'air	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	Il convient d'analyser les échantillons de préférence sur site .la réduction et l'oxydation peuvent modifier l'échantillon
Matière en suspension	P ou V	500	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	2 jours	Analyser des que possible
Sulfate	P ou V	200	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	1 mois	
Résidu sec	P ou V	100	Réfrigérer entre 0°C et 5°C	24h	
Dureté totale	Voir calcium				

P : Polyéthylène

V : Verre Blanc

VB : Verre Brun