

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
العلمي والبحث العالي وزارة التعليم  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار ثليجي الأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
كلية العلوم  
FACULTÉ DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## **MÉMOIRE**

### ***En vue de l'obtention du diplôme Master LMD***

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Sciences Biologique  
**Option :** Parasitologie

### **THÈME :**

Analyse physico-chimiques et bactériologiques  
des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem  
Ouest (Nord-ouest Algérie).

### **Présenté Par :**

- BEKHICHE Wiam
- CHEIKH Nafissa

### **Jury :**

Mme ALLAL Farida	Maitre de conférences A	Université de Laghouat	Présidente
Mme BENTAHAR Fatiha	Maitre-assistant A	Université de Laghouat	Encadrant
M CHAIBI Rachid	Professeur	Université de Laghouat	Co-encadrant
Mme BENCHEIKH Imène	Maitre de conférences B	Université de Laghouat	Examineur
M HENICHE Ahmed	Chef de service	ADE Laghouat	Examineur

**Année universitaire 2021/2022.**

## DÉDICACES

*Louange à Dieu, le Tout puissant, qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail.*

*Je dédie ce mémoire: À mes très chers parents qui ont fait de moi ce que je suis maintenant, pour leurs amours et leurs sacrifices.*

*À mon cher frère : Mohammed habibe.*

*À mes chères sœurs.*

*À mes oncles et mes tantes, et*

*À toute la famille sans exceptionnelle.*

*Spéciale dédicace à toutes mes amies, je vous souhaite un avenir radieux et plein de réussite surtout : Wiam, Nabila et Ikram.*

*Ainsi que tous mes professeurs dans le but de leur exprimer ma reconnaissance Pour les multiples conseils qu'ils m'ont prodigués afin que je mène à bien ce travail, Et à toutes celles et ceux qui m'ont aidée et soutenue.*

*À toutes celles et ceux que j'aime et que je respecte.*

*En particulier, Je dédie cette mémoire à tous ceux qui ont dit que vous ne pouviez pas continuer. Merci de m'encourager.*

*Nafissa.*

## DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma mère « MERJIL Hadda »*

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, que dieu te garde dans ma vie, à toi mon père « BEKHCHE Naceur »*

*À mon Marie Abdellatif et mes très chers frères Ismail et Achref, ma belle-sœur Bouchra, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*À toute la famille BEKHCHE sans exception et la famille MERJIL. En particulier chère oncle Saeed.*

*À mes chers amis Nafissa, Nabila et Ikram, . Je vous souhaite un avenir plein de succès.*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Wiam*

## REMERCIEMENTS

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la volonté et le courage pour réaliser ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant Mme. BENTAHAR Fatiha pour ses conseils, ses encouragements et son soutien tout au long de ce mémoire, et surtout pour sa disponibilité qu'elle est faite preuve à notre égard malgré ses nombreuses obligations Merci beaucoup.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre Co-encadrant M. CHAIBI Rachid pour ses conseils, ses encouragements et son soutien tout au long de ce mémoire,

Nous exprimons notre reconnaissance : au directeur de l'ADE de nous avoir autorisé à suivre un stage de 15 jours au sein de son établissement.

A M. MECHRAOUI et M. HENICHE Ahmed, et tous les employés du laboratoire de l'ADE Laghouat Pour leurs conseils et leurs disponibilités.

Nous exprimons notre reconnaissance à tous les membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous les enseignants qui ont participés tout au le long de notre cursus universitaire au sein du département de Biologie, et TCSNV.

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

## ***Résumé***

Pour évaluer l'évolution hydrogéochimique des eaux souterraines pour les pratiques de consommation et d'irrigation dans et autour du Plateau de Mostaganem ,12 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés en Mars 2022.

A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une étude sur un ensemble de tests expérimentaux, incluant un certain nombre de paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, dureté, turbidité, calcium, les sulfates, nitrites et nitrates....) et un contrôle bactériologique afin de rechercher des agents pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les clostridium sulfite-réducteurs), pour déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des 12 sources d'eau de la nappe ouest du plateau de Mostaganem, au niveau du Laboratoire du L'ADE Laghouat. Les résultats des Analyses Physico-chimique et bactériologique ont montré que la plupart des forges d'eau sont de bonne qualité, acceptables et convenables pour l'industrie et l'irrigation, ceci comparé avec les normes d'OMS et les normes Algériennes de potabilité des eaux pour assurer la santé et le bien-être du consommateur .

**Mots clés :** Plateau de Mostaganem, Eaux souterraines, Analyses physico-chimiques, Analyses Bactériologiques, Forages, Contamination.

## الملخص

لتقييم التطور الهيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية للاستهلاك وممارسات الري في وحول هضبة مستغانم،

تم أخذ 12 عينة من المياه الجوفية في مارس 2022.

تحقيقا لهذه الغاية ، يتمثل العمل الحالي في إجراء دراسة على مجموعة من الاختبارات التجريبية ، بما في ذلك عدد معين من المعلمات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة ، والتوصيل الكهربائي، والصلابة ، والعكارة ، والكالسيوم ، والكبريتات ، والنترت والنترات ... ) والتحكم البكتريولوجي من أجل البحث عن العوامل المسببة للأمراض (القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، العقيدات البرازية و المطثيات مخفضات الكبريت) ، لتحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية للبكتريولوجيا لمصادر المياه الاثني عشر لطبقة المياه الجوفية الغربية لهضبة مستغانم في مخبر تحليل المياه الأغواط. أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية أن معظم تشكيلات المياه ذات نوعية جيدة ومقبولة ومناسبة للصناعة والري مقارنة بمعايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية لشرب المياه لضمان صحة المستهلك وبصحة جيدة.

**الكلمات المفتاحية :** هضبة مستغانم ، المياه الجوفية ، التحليلات الفيزيائية والكيميائية ، التحليلات البكتريولوجية، الابار ، التلوث.

# ***ABSTRACT***

To assess the hydrogeochemical evolution of groundwater for consumption and irrigation practices in and around the Mostaganem Plateau, 12 groundwater samples were taken in March 2022.

To this end, the present work consists in carrying out a study on a set of experimental tests, including a certain number of physico-chemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, hardness, turbidity, calcium, sulphates, nitrites and nitrates ...) and a bacteriological control in order to search for pathogenic agents (total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci and clostridium sulphite-reducers), to determine the physicochemical and bacteriological quality of the 12 water sources of the western aquifer of the plateau of Mostaganem, at the Laboratory of ADE Laghouat. The results of the Physico-chemical and bacteriological analyzes showed that most of the water forges are of good quality, acceptable and suitable for industry and irrigation, This Compared with the WHO standards and the Algerian standards of potability of waters to ensure consumer health and well-being.

**Key words :** Plateau de Mostaganem, Groundwater, Physico-chemical analyses, Bacteriological analyses, Boreholes, Contamination.

## Table des matières

### Liste des tableaux

### Liste des figures

### Liste des abréviations

## INTRODUCTION GÉNÉRALE..... 01

### CHAPITRE I : *Synthèse bibliographique*

I.	Normes de la qualité de l'eau .....	02
II.	Présentation de la zone d'étude .....	03
III.	Aperçu Géologique et Hydrogéologique .....	04
III.1.	Aperçu Géologique .....	04
III.1.	Aperçu Hydrogéologique .....	06

### CHAPITRE II : *Matériels et Méthodes*

I.	Analyses bactériologiques .....	08
I.1.	Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide .....	08
I.2.	Recherche et dénombrement des Streptocoques en milieu liquide .....	09
I.3.	Numérotation des germes totaux .....	09
I.4.	Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfite-réducteur .....	09
II.	Analyse physico-chimiques .....	10
II.1.	Analyse partielle .....	10
A.	Mesure du pH et température .....	10
B.	Mesure de la conductivité électrique, de la turbidité, des matières solides totales dissoutes, de la salinité et de la minéralisation globale .....	11
C.	Mesure de l'oxygène dissous (Méthode électrochimique) .....	11
II.2.	Analyses complètes .....	12
II.2.1.	Minéralisation Globale .....	12
A.	Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme .....	12
B.	Détermination du calcium ( $Ca^{2+}$ ) et du magnésium ( $Mg^{2+}$ ) .....	13
C.	Détermination des chlorures ( $Cl^-$ ) .....	14
D.	Détermination des sulfates ( $SO_4^{3-}$ ) .....	15
E.	Détermination de l'alcalinité ( $HCO_3^-$ ).....	16
F.	Détermination de la dureté totale par titrimétrie à l'EDTA .....	16
II.2.2.	Paramètres de pollution .....	17
A.	Détermination de l'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ) .....	17

<b>B. Dosage des nitrites (<math>\text{NO}_2^-</math>)</b> .....	<b>18</b>
<b>C. Dosage des nitrates (<math>\text{NO}_3^-</math>)</b> .....	<b>18</b>
<b>D. Détermination des phosphates (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>)</b> .....	<b>19</b>
<b>II.2.3. Eléments indésirables</b> .....	<b>20</b>
<b>A. Détermination du fer</b> .....	<b>20</b>

### **CHAPITRE III : Résultats et discussions**

<b>I. Analyse bactériologique</b> .....	<b>21</b>
<b>I.1. Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide</b> .....	<b>21</b>
<b>I.2. Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide</b> .....	<b>22</b>
<b>I.3. Résultats de numérotation des germe totaux</b> .....	<b>22</b>
<b>I.4. Résultats de dénombrement des clostridies sulfite-réducteur</b> .....	<b>22</b>
<b>II. Analyse physico-chimique</b> .....	<b>23</b>
<b>II.1. Température</b> .....	<b>23</b>
<b>II.2. pH</b> .....	<b>23</b>
<b>II.3. Résultats d'O<sub>2</sub> dissout</b> .....	<b>25</b>
<b>II.4. Conductivité</b> .....	<b>26</b>
<b>II.5. Calcium et magnésium</b> .....	<b>26</b>
<b>II.6. Sodium et potassium</b> .....	<b>27</b>
<b>II.7. Bicarbonates</b> .....	<b>28</b>
<b>II.8. Chlorures</b> .....	<b>28</b>
<b>II.9. Sulfates</b> .....	<b>29</b>
<b>II.10. Nitrates</b> .....	<b>30</b>
<b>II.11. Nitrites</b> .....	<b>30</b>
<b>II.12. Ammonium</b> .....	<b>31</b>
<b>II.13. Ortho phosphates</b> .....	<b>31</b>
<b>II.14. Turbidité</b> .....	<b>32</b>
<b>II.15. Dureté totale ( TH)</b> .....	<b>32</b>
<b>II.16. Résultats de fer</b> .....	<b>33</b>
<b>II.17. Minéralisation globale</b> .....	<b>33</b>
<b>II.18. Salinité</b> .....	<b>34</b>
<b>II.19. Matières solides totales (TDS)</b> .....	<b>34</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	<b>35</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>37</b>

<b>Liste des Tableaux</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau 1</b> : Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable ( <b>OMS. 2003</b> )	<b>2</b>
<b>Tableau 2</b> : Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable ( <b>OMS. 2003</b> )	<b>3</b>
<b>Tableau 3</b> : Points d'eau mesurées dans la campagne d'échantillonnage de Mars 2022	<b>7</b>

<b>Liste des Figures :</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1 :</b> Situation géographique du plateau de Mostaganem ( <b>BELLAL S. et al. 2016</b> ).	<b>4</b>
<b>Figure 2 :</b> Carte géologique du plateau de Mostaganem.	<b>5</b>
<b>Figure 3 :</b> Log stratigraphique du plateau de Mostaganem ( <b>Saibi.H.2008</b> )	<b>6</b>
<b>Figure 4 :</b> Variations du pH des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>24</b>
<b>Figure 5 :</b> Variations des valeurs du pH (au laboratoire) des eaux de la nappe du Plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022)	<b>24</b>
<b>Figure 6 :</b> Variations des Taux de saturation en O <sub>2</sub> des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>25</b>
<b>Figure 7 :</b> Variation des teneurs en calcium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022)	<b>27</b>
<b>Figure 8 :</b> Variations des teneurs du potassium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022)	<b>28</b>
<b>Figure 9 :</b> Variations des teneurs des sulfates des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022)	<b>29</b>
<b>Figure 10 :</b> Variations des teneurs des nitrites des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>31</b>
<b>Figure 11 :</b> Variations des teneurs de l'ammonium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>31</b>
<b>Figure 12 :</b> Variations des teneurs des phosphores des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>32</b>
<b>Figure 13 :</b> variations des teneurs de la dureté des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>33</b>
<b>Figure 14 :</b> Variations des teneurs en fer des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>33</b>
<b>Figure 15 :</b> Variations des teneurs de la Salinité des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022).	<b>34</b>

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol.  
**C°** : Degré celsius .  
**C** : Conductivité .  
**Ca<sup>2+</sup>**: Cations calcium.  
**Cl<sup>-</sup>** : Ions chlorures .  
**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.  
**CT** : Coliformes totaux.  
**EDTA** : Ethylène Diamine Tétra-Acétique.  
**ENE** : Est nord est.  
**Fe<sup>2+</sup>** : Cations ferreux .  
**g** : Le gramme.  
**g/mol** : gramme par mole  
**Glu** : Glucose.  
**H<sup>+</sup>** : Le cation hydrogène.  
**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Ions Bicarbonate.  
**K<sup>+</sup>**: Cations potassium.  
**Kg** : Kilogramme.  
**L** : litre.  
**mg/l** : Milligramme par litre  
**NA** : Normes Algériennes.  
**Na<sup>+</sup>**: Cations sodium.  
**NaCl** : Chlorure de sodium .  
**NET** : Noir Eriochrome T  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Cations ammonium.  
**NO<sup>2-</sup>** : Ions nitrite.

**NO<sup>3-</sup>** : Ions nitrate.  
**NTU**: Unité Néphélométrique de turbidité.  
**O<sub>2</sub>** : Oxygène.  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.  
**pH** : potentiel Hydrogène.  
**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Ions phosphate.  
**q.s.p** : Quantité suffisante pour .  
**ROTHER** : Azide dextrose broth (peptone + glucose+ NaCl +dihydrogénophosphate de potassium +hydrogénophosphate de potassium + azoture de sodium).  
**S** : Solution.  
**S/cm** : Siemens par centimètre.  
**S/m** : Siemens par mètre.  
**SF** : Streptocoques fécaux.  
**SM** : Solution Mère.  
**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : Ions sulfates.  
**TDS** : Solides dissous totaux.  
**TGEA** : Tryptone glucose extract agar  
**TH** : Titre Hydrométrique ( Durté totale).  
**UV**: Ultra-violet.  
**VF** : Viande Foie.  
**V** : Volume  
**WSW** : Ouest sud ouest.  
**µS/cm** : Micro Siemens par centimètre.

# **INTRODUCTON GÉNÉRALE**

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe au recyclage. L'évaporation, l'énergie solaire, les précipitations, le ruissellement de surface et souterrain sont les étapes du cycle. Le problème de l'eau est un problème de quantité et de qualité. **(JOHN P. et DONALD A. 2010).**

L'eau souterraine, bien qu'elle soit cachée et invisible, est fragile et souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination, découlant des activités humaines. Le traitement d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer long et coûteux, voire impossible dans certains cas. Voilà pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent **(MYRAND D. 2008).**

Pour la qualité, du point de vue physico-chimique, elle ne doit pas contenir d'élément chimique indésirable (fer [Fe], manganèse [Mn]) ou de pollution (nitrate [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>], nitrite [NO<sub>2</sub><sup>-</sup>] ...) qui entraîneraient des risques sanitaires à court, moyen et long terme.

De même, bactériologique, elle ne doit pas contenir de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites...) qui provoqueraient des maladies chez le consommateur. C'est la qualité la plus importante de la potabilité d'une eau.

L'eau est devenue un enjeu stratégique mondiale dont la gestion, doit impérativement l'intégrer dans une perspective politique de développement durable. Certains affirment en effet, qu'elle sera, au troisième millénaire, un enjeu de guerres comme le pétrole l'a été l'est encore aujourd'hui **(GARCIA. 2006).**

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable pour avoir accès à des disponibilité limitées en eau **(REMINI B. 2010).**

L'eau est essentielle pour la vie, cependant elle peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques, dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson.

L'objectif principal de ce travail se concentre sur l'évaluation de la qualité des eaux souterraines du plateau de Mostaganem pour les différentes utilisations. A cet effet, nous avons procédé aux prélèvements des échantillons d'eaux de la région Ouest du plateau de Mostaganem. Nous avons structuré notre démarche en trois chapitres interdépendantes :

- ✓ Après l'introduction, une première partie théorique nous avons présenté une synthèse bibliographique.
- ✓ Une deuxième partie réservée à la présentation de la zone d'étude, du matériel et des méthodes analytiques mises en œuvre dans ce travail.
- ✓ Une troisième partie porte sur la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation et leur discussion, suivie par une conclusion générale et des perspectives.

# **CHAPITRE I :**

## **Synthèse bibliographique**

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours. La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marine (97%). Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure. Elles constituent une source importante d'eau potable (BOUCENNA F. 2009).

## I. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies, qui fixe notamment (Tableau 2), les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales. (OMS. 1994).

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la république algérienne, qui représente les valeurs limites des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine . (JORA. 2011).

**Tableau 1 :** Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS. 2003).

Variable	Concentration maximale admissible
Coliforme totaux /100ml	0
Coliforme fécaux /100ml	0
Streptocoque fécaux /100ml	0

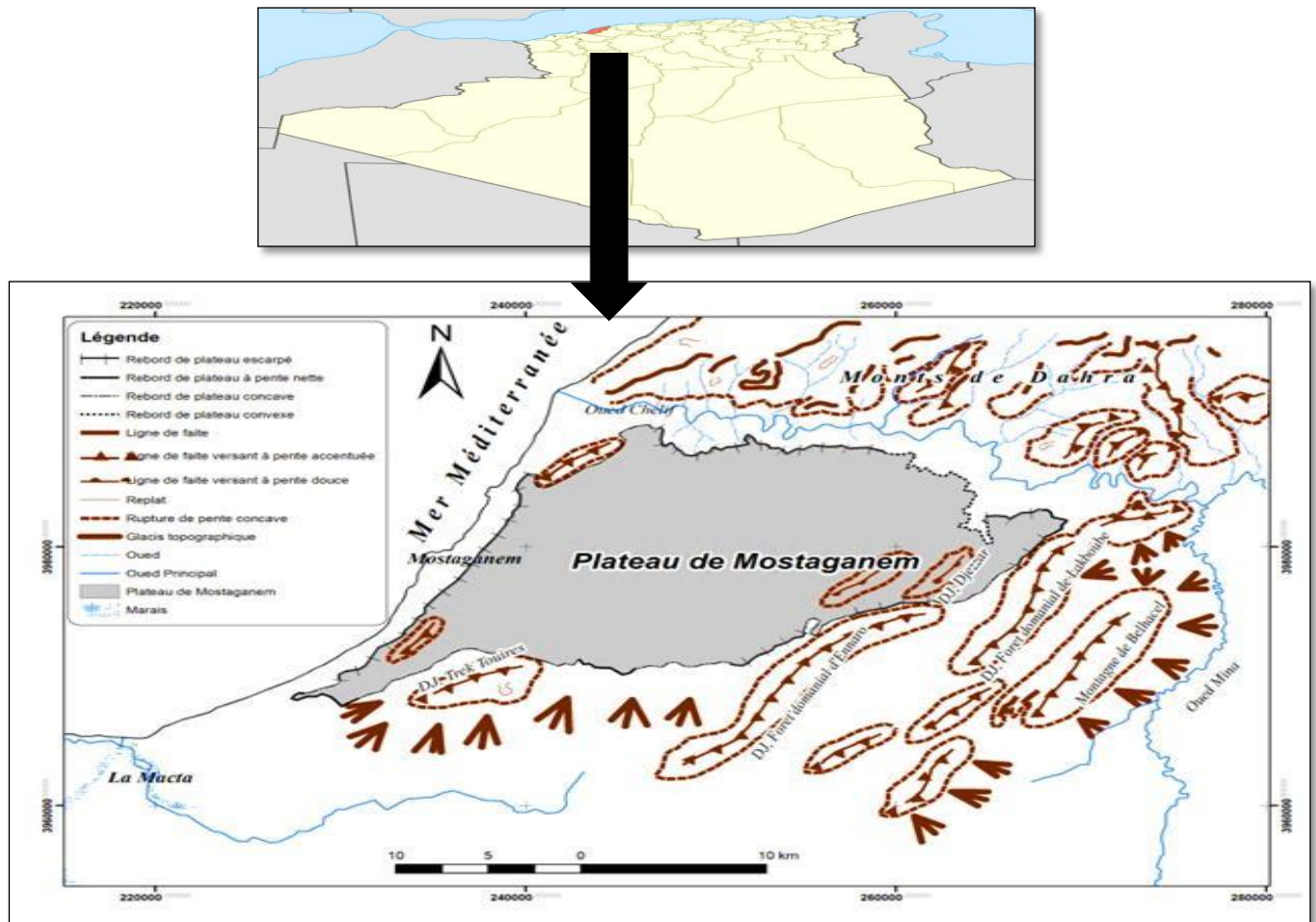
**Tableau 2 : Normes OMS et Algérienne des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS. 2003).**

Substances	Unité	Norme OMS	Norme algérienne
Turbidité	NTU	≤ 2.5	≤ 5
Température	°C	≤ 25	≤ 25
Calcium	mg/l	≤ 270	≤ 200
Magnésium	mg/l	≤ 50	≤ 50
Chlorure	mg/l	≤ 500	≤ 500
PH		6.5 ≤ PH ≤ 9.5	6,5 ≤ PH ≤ 9
Dureté	mg/l	≤ 500	≤ 500
Conductivité	µs/cm	≤ 2100	≤ 2800
Ammonium	mg/l	≤ 0.5	≤ 0.5
Potassium	mg/l	≤ 20	≤ 12
Oxygène dissout	mg/l	≤ 6.5	≤ 5
Fer	mg/l	≤ 0.3	≤ 0.3
Nitrate	mg/l	≤ 50	≤ 50
Nitrite	mg/l	≤ 0.1	≤ 0.2
Sulfate	mg/l	≤ 250	≤ 250
Phosphate	mg/l	≤ 0.5	≤ 0.5

## II. Présentation de la zone d'étude :

Le Plateau de Mostaganem est situé au Nord-ouest de l'Algérie, dans la wilaya de Mostaganem, à 363 km à l'ouest de la capital Alger. Limité au Nord par la plaine du bas Cheliff et les monts du Dahra, à l'Ouest par la mer Méditerranée, au Sud par la plaine des Bordjias et à l'est par la plaine de la MINA. (**Figure 1**). La région d'étude se trouve entre les coordonnées N35°46'E0°, N36 00'E0° .N35°44'E0° .N36°00, E0°23' . (**SRTM. 2011**). Le plateau de Mostaganem est situé dans une zone à vocation agricole et touristique de premier rang, c'est une aire tabulaire avec une superficie de 700km<sup>2</sup>.

Pendant la colonisation française, la culture de la vigne a été introduite sur le plateau. Après l'indépendance du pays, elle a été remplacée par le maraichage irrigué, les agrumes et la culture céréalière. (Marc cote. 1996)



**Figure 1** : Situation géographique du plateau de Mostaganem (BELLAL S. et al. 2016).

### III. Aperçu Géologique et hydrogéologique

#### III.1. Aperçu Géologique

Au niveau du plateau de Mostaganem (**Figure 2**), on distingue deux types de formations :

- Des formations allochtones, ce sont les terrains les plus anciens, on peut définir le trias qui est constitué de gypse blanc, situé au Nord du plateau de Mostaganem. Les nappes sont situées au Nord de Mostaganem (**Karouba, Djebel Diss**), où apparaît tout un ensemble de terrains

appartenant aux nappes d'âge Numidien, qui se prolongent dans la région de la Mina. Le diapirisme se manifeste à l'Est d'Ain Nouissy.

- Des formations autochtones nettement prédominantes, elles comprennent : le Miocène inférieur qui correspond à un niveau de marnes bleues ; le Miocène supérieur est caractérisé par des marnes bleues intercalées par des niveaux de grès à ciment calcaro-argileux, de cinérites de 0.20 m d'épaisseur, (Perrodon A. 1957).
- Les marnes bleues affleurent très bien au niveau de la forêt domaniale de l'Akboube, où elles s'étendent largement sur l'axe de cet anticlinal sous des dépôts quaternaires.
- Le Pliocène affleure presque partout sur les bordures du plateau de Mostaganem. Il est constitué par un Plaisancien marneux où on peut trouver des horizons sableux de 200 à 500 m d'épaisseur, et l'Astien formé de grès à ciment calcaire avec 100 m d'épaisseur au maximum. Le Quaternaire est représenté par le Calabrien transgressif et discordant sur les dépôts du Mio-Pliocène. Il est formé par des grès calcaires. Le Calabrien recouvre tout le plateau de Mostaganem.

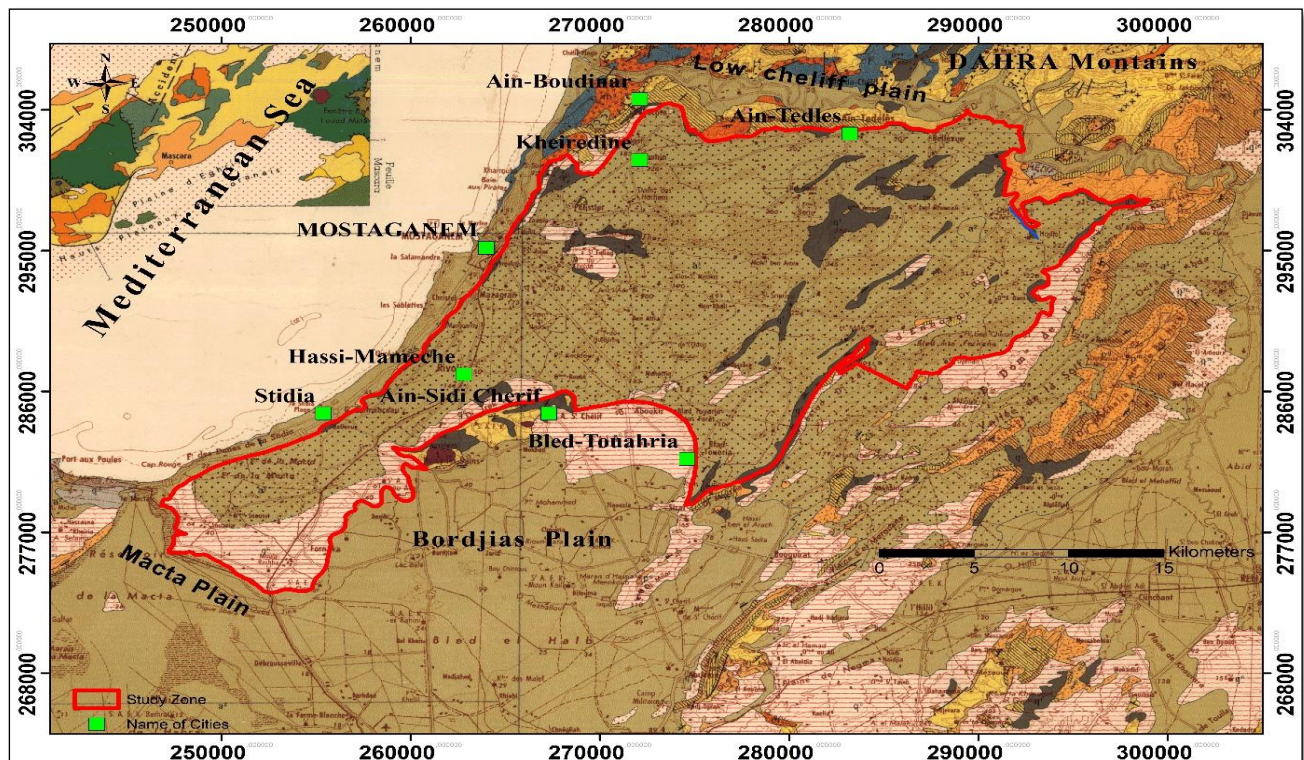


Figure 2 : Carte Géologique du Plateau de Mostaganem.

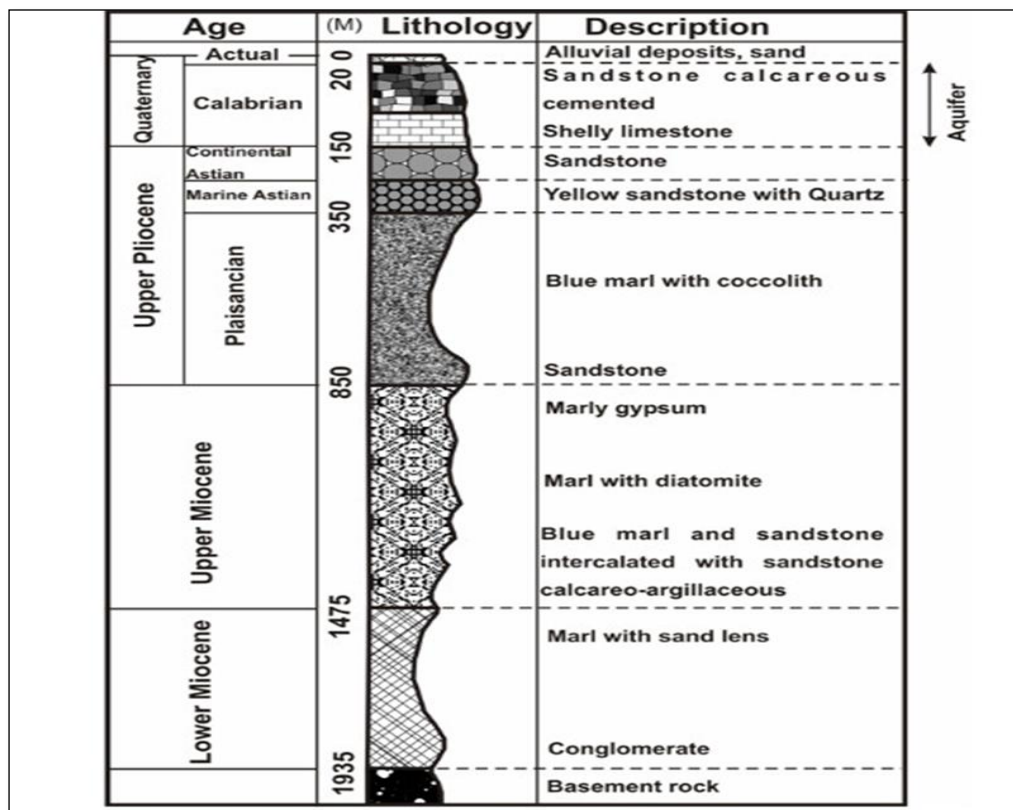
### III.2. Aperçu Hydrogéologique

Le plateau de Mostaganem, comporte un substratum marneux imperméable, surmonté de grès à passées sableuses ou argilo-sableuses qui contient l'aquifère principal (**Figure 3**). Les sables surmontent le tout, de faciès et d'épaisseur variable en fonction de leur localisation, où l'on peut montrer la présence d'une croûte calcaire gréseuse associée ou non à un sol rouge.

Le **Calabrien** représente la formation aquifère principale et avec des épaisseurs variables. Ainsi il peut atteindre une puissance de 100 à 120m dans les dépressions topographiques, alors que sur les bombements du socle, la formation sera de 20 à 30 m. D'une façon générale, l'épaisseur de cette série va en diminuant d'ENE à WSW.

Les formations du Miocène et pliocène inférieur constituent le substratum imperméable de l'aquifère principal. Le Miocène est essentiellement représenté par des marnes bleues comportant parfois des niveaux gypseux.

Le Quaternaire est transgressif et discordant sur les séries antérieures.



**Figure 3** : Log stratigraphique du plateau de Mostaganem ( Saibi.H. 2008).

# **CHAPITRE II :**

**Matériels et méthodes**

La chimie des eaux souterraines du Plateau de Mostaganem, a fait l'objet d'un suivi de plusieurs sites. Une campagne d'échantillonnage a eu lieu entre le 01 et 5 Mars 2022. La campagne d'échantillonnage a porté sur 12 échantillons (**Tableau 3**), répartis sur tout le Plateau de Mostaganem. Le prélèvement des échantillons pour l'analyse physico-chimique est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de l'eau prélevée. Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une contamination, d'où la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles. Les flacons utilisés pour les prélèvements sont en verre de 500ml avec un bouchon en téflon, bien lavés, rincés à l'eau distillée est mis dans un autoclave à 120 °C pendant deux heures.

La majorité des forages analysés sont équipés de pompes, lesquelles ont été systématiquement mis en marche pendant un quart d'heure. Mais la plupart était déjà en marche car les agriculteurs étaient en train d'irriguer leurs terres respectives. Au moment de l'échantillonnage, les flacons seront de nouveau rincés 3 fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les échantillons ont été conditionnés dans des glacières et à l'abri de la lumière. Les dosages des éléments physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisés au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques et bactériologique de l'ADE Laghouat, durant la période allant du 06 au 20 Mars, période durant laquelle nous avons bénéficié d'un stage afin d'apprendre les différentes techniques utilisées pour les analyses de l'eau.

**Tableau 3 :** Points d'eau mesurés dans la campagne d'échantillonnage de Mars 2022

FORAGES	Nom	FORAGES	Nom
F1	Khierdine	F7	Yanarou 2 Ouled Ahmed
F2	Yanarou 1 Douar TORCH	F8	Ain Nouissy
F3	Hassi Mameche 1	F9	Mazagran puit Hanifi
F4	Sayada	F10	Masra
F5	Nadour Mazagran	F11	Fornaka
F6	Mostaganem centre Debdaba	F12	Hassi Mameche 2

## I. Analyse Bactériologique

### I.1. Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide

#### ✓ Technique en milieu liquide sur BCPL :

Cette technique est utilisée pour la recherche des coliformes qui sont des bactéries appartenant à la famille des Entérobactéries Aero-anaérobie facultatif.

#### ❖ Matériels utilisés

Pour chaque échantillon à analyser nous avons pris :

- Deux tubes de Bouillon BCPL D /C (double dose).
- Quatre tubes de Bouillon BCPL S/C (simple dose).
- Un bec bunsen - Une Pipette - Portoirs - Autoclave à 37°C.

#### ❖ Mode opératoire

Tout d'abord, on commence par la désinfection de la paillasse à l'eau de javel, mettre tous les échantillons d'eau à analyser sur la paillasse, enflammer le bec bunsen et l'ajuste jusqu'à ce que la flamme devienne bleue. Ensuite on prend pour chaque forage deux tubes BCPL double dose et 4 tubes BCPL simple dose (**Figure 4**), les tubes à D/C sont remplis de 10ml d'eau à analyser, deux tubes à S/C sont remplis avec 1ml d'eau à analyser et deux tubes à S/C seront également remplis avec 0,1ml d'eau à analyser. Cette manipulation doit se dérouler dans la zone de stérilisation, qui est d'environ 20 cm de toutes les directions par rapport au bec bunsen, une fois les tubes remplis d'eau, ils devront être flambés avant la fermeture et vider la cloche de rostre de l'air. Le tube ne doit pas fermer complètement. Une fois l'opération terminée, les tubes sont mis dans le portoir puis dans l'autoclave à 37°C pendant 24 heures.

Pour faire la lecture, Il faut noter deux caractéristiques importantes : Les résultats sont considérés comme positifs, si les tubes présentent à la fois :

1. Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
2. Un trouble microbien accompagné d'un virage de couleur vers le jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Pour l'ensemble de nos échantillons nous avons utilisé 46 tubes BCPL double dose et 92 tubes BCPL simple dose.

## **I.2. Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide**

### **✓ Technique en milieu liquide ROTH**

Cette technique est utilisée pour la recherche des streptocoque ou Entérocoque de type D (Antigène D) et ce sont des anaérobies stricts.

#### **❖ Le matériel utilisé**

- Tube de bouillon de Rothe D/C. - Tube de bouillon de Rothe S/C.
- Bec Bunsen - Pipette - Portoirs - Autoclave

#### **❖ Mode opératoire**

Le même mode opératoire utilisé pour la technique BCPL est adopté pour la technique ROTH. La seule différence entre les deux techniques, c'est qu'à la fin de l'opération les tubes doivent être bien fermés, ensuite mis dans les portoirs, puis dans l'autoclave à 37°C pendant 16 heures.

## **I.3. Numérotation des germes totaux**

Cette méthode, consiste à la recherche et le dénombrement des germes totaux en milieux liquides.

#### **❖ Matériel utilisée**

- Boite de pétri - Bec bunsen - Gélose TGEA - Bain-marie - Autoclave

#### **❖ Mode opératoire**

On met les flacons de gélose TGEA dans un bain-marie à une température de 90°C afin de le liquéfier. Pour chaque échantillon à analyser, on a besoin de deux boites de pétri, sur les quelles doit être noté la température de 22 °C et le numéro de l'échantillon, sur la deuxième boite de pétri, on écrit la température de 37°C et le numéro de l'échantillon. Cela signifie que chaque forage aura deux boites de pétri, l'une à 37°C et l'autre 22°C.

On fait sortir la gélose du bain marie avec une pince, on verse dans chaque boite de pétri 9 ml, puis on rajoute 1 ml de l'eau à analyser. Après cette opération on agite la boite à pétri 3 à 4 fois en suivant un mouvement sous forme de huit (8), nous laissons refroidir ces boites à pétri sur la paillasse, puis elles seront mises dans les autoclaves respectifs à 22°C et 37 ° C pendant 24 heures. (NF EN ISO 6222. 1999).

## **I.4. Recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfite-réducteur**

Cette méthode consiste à la recherche des spores des bactéries anaérobies et de clostridium sulfite-réducteur par une incorporation en gélose en tube profond.

**❖ Matériel utilisée**

- Tubes stériles - Les additifs : Sulfite de sodium et Alun de fer
- Gélose viande de foie - Bec bunsen - Bain- marie - Pipette de pasteur - Autoclave

**❖ Mode opératoire**

Pour chaque échantillon à analyser on prend 20 ml d'eau que nous mettons dans un tube en verre stérile, qui sera mis au bain-marie a une température de 65°C pendant 10 minutes afin de détruire toutes les formes végétatives. La gélose viande foie appelé **VF** est mise au même temps au bain marie.

Après 10 minutes, le tube est retiré du bain marie, l'eau sera ensuite répartie à part également sur trois autres tubes stériles en verre, c'est-à-dire qu'au total on va avoir 4 tubes chacun avec 5 ml d'eau a analyser. Pour chaque tube on rajoute 9 ml de gélose **VF**. On mélange bien le contenu du tube. Ces quatre tubes seront mis en position inclinée pour que le liquide refroidit et se gélifie pendant 30 minutes avant d'être mis à l'autoclave à 37°C pendant 24 heures. (**NF T 90-417. 1993**).

**II. Analyse physico-chimique**

Cette analyse est divisée en deux parties : la première est l'analyse partielle et la deuxième est l'analyse complète, Le but de ces analyses est l'auto contrôle des eaux potables avant consommation.

**II.1. Analyse partielle**

Consiste à mesurer les paramètres suivants : températures, pH, turbidité et la conductivité.

**A. Mesure du pH et température****❖ Matériels utilisés**

- Appareil : pH Mètre
- Electrode : Electrode de pH (combiné et référence)
- Réactifs : Tampon pH= 10 ; pH = 7 ; pH = 4
- Agitateur

**❖ Mode opératoire**

Prendre 100 ml d'eau à analyser dans le bêcher, dont lequel on fait tremper l'électrode (**Figure 8**), la valeur du pH et la température directement lues (**NF T90-008. 2001**).

## B. Mesure de la conductivité électrique, de la turbidité, des matières solides totales dissoutes, de la salinité et de la minéralisation globale

### ❖ Matériel utilisé

- Le multi-paramètre.
- Electrode : Electrode de multimètre combiné et électrode de référence
- Barreau magnétique
- Agitateur

### ❖ Mode opératoire

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à analyser, en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Puis Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant.

Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Les résultats de conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), la turbidité (NTU) et TDS (mg/l) sont donnés directement. (NF T90-031. 2016).

Nous extrayons les valeurs de la salinité avec l'équation suivant :

$$\text{Salinité (mg/l)} = \text{TDS}/1000$$

Pour la minéralisation globale :

Si :

$$333 (\mu\text{S}/\text{cm}) < \text{Conductivité électrique} < 833 (\mu\text{S}/\text{cm})$$

Donc :  $M = C \times F. \longrightarrow M = C \times 0,715920.$

Si :

$$833 (\mu\text{S}/\text{cm}) < \text{Conductivité électrique} < 10000 (\mu\text{S}/\text{cm})$$

Donc :  $M = C \times F. \longrightarrow M = C \times 0,758544.$

## C. Mesure de l'oxygène dissous (méthode électrochimique)

### ❖ Matériel utilisée

Appareil de mesure spécifique (oxymètre), comportant une sonde à oxygène. Cette sonde est constituée d'une cellule électrochimique, contenant 2 électrodes métalliques baignant dans un électrolyte et fermée par une membrane perméable à l'oxygène.

### ❖ Mode opératoire

Effectuer le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser. La concentration en oxygène dissous, à la température de mesure (37°C), est exprimée en mg / l. et le taux de saturation en %. (RODIER J. et al. 2009).

## II.2. Analyses complètes

### II.2.1. Minéralisation Globale

#### A. Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme

##### ❖ Matériels utilisés

- Appareil Dr LANGE (JENWAY) (Figure 9)
- Bouteille de gaz propane
- Une cuvette remplie de l'eau distillée

##### ❖ Préparation des étalons

- Solution fille de sodium ( $\text{Na}^+$ ) à 10 mg/l de la solution mère de ( $\text{NaCl}$ ) à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée (2.54 mg de ( $\text{NaCl}$ ) 1000 cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de  $\text{Na}^+$  a 1g/l).
- Solution fille de potassium ( $\text{K}^+$ ) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de ( $\text{K Cl}$ ) à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée . (1.91g de ( $\text{K Cl}$ ) 1000 cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de ( $\text{K}^+$ ) à 1g/l).

##### ❖ Mode opératoire

L'allumage de l'appareil à l'aide du bouton vert « Power ». Après nous ouvriront le robinet de la bouteille du gaz. Et Allumons la flamme à l'aide du bouton noir « IGNITION » sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage « FLM » en rouge sur l'écran. Ensuite nous mettons le pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette, et nous optimisons la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton « fuel » jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacé, encore nous optimisons à zéro à l'aide du bouton « Blank », Nous Laissons se stabiliser 5 à 10 minutes. Une fois qu'elle se stabilise à zéro, remplaçons la cuvette d'eau distillée par une autre cuvette remplie par une solution étalon de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{K}^+$  à 10 mg/l. et l'optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton « FINE » .

Après nous retirons la cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et la remplaçons par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifions si l'écran affiche zéro. Encore, nous réputons la dernière étape par une autre solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10). Et nous Retirons la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée. Puis, passons nos échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon). A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe. Le résultat est donné directement en mg/l. (ISO 9964/3. 1993).

- **Remarque**

Avant de doser le sodium ( $\text{Na}^+$ ) il faut toujours vérifier les valeurs de la " conductivité " car cette dernière a un rapport proportionnel à la dilution, c'est à dire plus que la conductivité est grande plus que la dilution du ( $\text{Na}^+$ ) est grande et vice versa. Alors pour le cas de ( $\text{K}^+$ ) on ne fait pas la dilution sauf que la conductivité est grande. (ISO 9964/3. 1993).

**B. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )**

❖ **Matériel**

- Béchers
- Pipette de pasteur
- Pipette de titrage (burette)
- Fiole conique de 500 ml
- Fiole jaugée de 1000 ml

❖ **Réactifs**

- Solution d'E.D.T. A N/50 ( $\text{C}_{10} \text{H}_{14} \text{N}_2 \text{Na}_2 \text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) : (0,02N)

EDTA ..... 3,725 g.

- Après déshydratation à  $80^\circ\text{C}$  pendant 2 h.

$\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000 ml.

- Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) 2N :

$\text{NaOH}$  (pastilles) ..... 80 g.

$\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000 ml.

- Solution d'hydroxyde d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) pH = 10,1

Chlorure d'ammonium .....67,5 g.

$\text{NH}_4\text{OH}$  (25%) .....570 ml.

H Cl concentré .....PH = 10,1

$\text{H}_2\text{O}$  distillée..... q.s.p 1000 ml.

Noir Eriochrome T (NET).

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2 heures à  $150^\circ\text{C}$ .en introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Eviter un excès d'acide. Puis ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution

ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange. Enfin, Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. Donc, 1ml de la solution contient 0.4008mg (0.01 mol/l) de calcium.

#### ❖ Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser à laquelle on ajoute 2 ml de solution tampon PH=12, encore ajoutons quelque gramme du calcon pour obtenir une coloration rose (**Figure 10**), on met se produit sur l'agitateur et sous la pipette de titrage à laquelle se trouve l'E.D.T.A. Ouvrir la pipette de titrage jusqu'au virage au bleue (**Figure 10**). Fermer la pipette et arrêter l'agitation et on lit la différence V2-V1. La valeur obtenue sera multipliée par un coefficient 40,08 et on obtient ainsi la concentration des calciums en mg/l pour les eaux à analyser. (**NF T90-003. 1984**).

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times M_{\text{Ca}^{2+}}$$

V<sub>2</sub> : Volume total d'EDTA

V<sub>1</sub> : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

M<sub>Ca<sup>2+</sup></sub> : Masse molaire du calcium en g/mol.

Donc :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times 40,08$$

Pour le magnésium nous extrayons les résultats par l'équation suivante :

$$\text{TH} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \quad \longrightarrow \quad \text{Mg}^{2+} = \text{TH} - \text{Ca}^{2+}$$

Donc :

$$\frac{\text{Mg}^{2+}}{(M_{\text{Mg}^{2+}}/2)} = \frac{\text{TH}}{(M_{\text{TH}}/2)} - \frac{\text{Ca}^{2+}}{(M_{\text{Ca}^{2+}}/2)} \rightarrow \text{Mg}^{2+} = \left( \frac{\text{TH}}{50} - \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} \right) \times 12,16$$

M<sub>Mg<sup>2+</sup></sub> : Masse molaire du magnésium en g/mol.

M<sub>TH</sub> : Masse molaire du durté total en g/mol.

M<sub>Ca<sup>2+</sup></sub> : Masse molaire du calcium en g/mol.

### C. Détermination des chlorures

#### ❖ Matériels

- Béchers
- Pipette de pasteur
- Pipette de titrage (burette)

❖ **Réactifs :**

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N : 1,6987g d'AgNO<sub>3</sub> → 1000 ml d'eau distillée
- Indicateur coloré K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> à 10 % : 10 g de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> → q.s.p 100 ml d'eau distillée.
- Solution de chlorures à 71 mg/l : 0.107g de NH<sub>4</sub>Cl.....1000ml d'eau distillée.

❖ **Mode opératoire:**

On prend 5 ml d'eau à analyser, à laquelle on ajoute 2 gouttes de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, on obtient une coloration jaunâtre. On met ce produit sur l'agitateur et sous la pipette de titrage, on laisse couler l'AgNO<sub>3</sub> jusqu'à obtention d'une coloration brun rougeâtre. On ferme la pipette et on lit V<sub>2</sub>-V<sub>1</sub> cette valeur sera multiplier par un coefficient 71 et on obtient ainsi la concentration des chlorures pour les eaux à analyser. (NF T 90 – 014. 1952).

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (V_2 - V_1) \times M_{\text{Cl}^-} \longrightarrow \text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (V_2 - V_1) \times 71$$

V<sub>2</sub> : Volume total d' AgNO<sub>3</sub>

V<sub>1</sub> : Volume d' AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour une concentration donnée.

M<sub>Cl<sup>-</sup></sub> : Masse molaire du chlorures en g/mol.

**D. Détermination des sulfates**❖ **Matériels :**

- Spectrophotomètre UV Visible - Bêchers - Lavette - Fioles - Pipettes

❖ **Réactifs :**

- Solution mère de sulfates de sodium à 1 g/l à partir de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :

Peser 1,479 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .....1000 ml d'eau distillée.

- Solution stabilisante :

Acide chlorhydrique ( c ) .....60 ml.

Ethanol.....200 ml.

Chlorure de Sodium.....150 g.

Glycérol.....100 ml.

Eau distillée.....q.s.p. 1000 ml.

- Solution de chlorure de baryum :

Chlorure de baryum.....150 g.

Acide chlorhydrique.....5 ml.

Eau distillée ..... q.s.p. 1000 ml.

#### ❖ Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis ajoute 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Ce produit est agité énergiquement pendant 1 mn avant de le passer au spectrophotomètre  $\lambda = 420$  nm. A la fin les résultats obtenir en mg/l (ISO 5667. 2004).

### E. Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

#### ❖ Matériels

- Erlenmeyer - Eprouvette de 100ml - Pipettes - Pissette d'eau distillée

#### ❖ Mode opératoire

On prend 100 ml d'eau à analyser (Figure 11), à laquelle on ajoute quelques goutte de méthyle orange, on obtient une coloration orange, cette solution sera mise sur l'agitateur à faible vitesse qui est placée sous la pipette de titrage dans laquelle on mit le  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , cette solution sera versée dans l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au jaune (Figure 11). A ce moment on arrête l'agitation, et on lit la différence entre le V2-V1, la valeur sera multipliée par un coefficient (527) pour obtenir au final la valeur du  $\text{HCO}_3^-$ . (NF T0-036. 1994).

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = \frac{\text{Volume H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalité H}_2\text{SO}_4}{\text{Volume d'eau à analyser}}$$

### F. Détermination de la dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

#### ❖ Matériels

- Erlenmeyer - Eprouvette de 100 ml - Pipettes et fioles - Pissette d'eau distillée

#### ❖ Réactifs :

- Solution d'EDTA qui se compose de sel disodique de l'acide éthylène diamine Tétracétique 3,725 g et d'eau désionisée a q.s.p.1000ml
- Solution du noir d'Eriochrome T à 0.5% : qui se compose du noir d'Eriochrome a 0.5 g et du tri-éthanol-amine a q.s.p. 100ml
- Solution tampon pH=10, qui se compose de :
  - Chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) .....67.5g
  - Ammoniaque concentrée (d=0.925) .....570ml
  - Sel disodique de magnésium de l'EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) .5g

Eau désionisée.....q.s.p 1000 ml

❖ **Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique (**Figure 12**), à laquelle on ajoute 4 ml de solution Tampon pH=10 et 3 gouttes de la solution du noir d'ériochrome T, la solution se colore en violet. La solution a été placée sur l'agitateur a une faible vitesse, qui est placée sous la pipette de titrage, dont laquelle on a mis de l'EDTA, cette solution est versée sur l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au bleu (**Figure 12**), on arrête l'agitateur. et on lit la différence entre le V2 -V1. La valeur obtenue est multipliée par un coefficient (100) afin d'avoir la valeur de la dureté totale de l'échantillon à analyser. (**BENAAKAME. et al. 2019**).

$$TH \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times M_{TH} \longrightarrow TH \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times 100$$

V<sub>2</sub> : Volume total d' EDTA

V<sub>1</sub> : Volume d' EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

M<sub>TH</sub> : Masse molaire du durteé total en g/mol.

## II.2.2.Paramètres de pollution

### A. Détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

❖ **Matériels**

- Appareil Spectrophotomètre UV-Visible

❖ **Réactifs**

• Réactif I :

Acide dichloroisocyanurique.....2 g.

Hydroxyde de Sodium (NaOH).....32 g.

H<sub>2</sub>O distillée.....q.s.p 1000 ml.

• Réactif II (coloré) :

Trictrate de sodium.....130 g.

Salicylate de sodium.....130 g.

Nitropruciate de sodium.....0.97 g.

H<sub>2</sub>O distillée .....q.s.p 1000 ml

❖ **Mode opératoire**

On prend 40 ml d'eau à analyser, à laquelle on ajoute 4 ml du réactif I et 4 ml du réactif II, rajouter l'eau distillée afin d'atteindre 50 ml, la couleur a virée au vert clair, L'apparition de la

coloration verdâtre indique la présence de :  $\text{NH}_4^+$ . Ensuite on doit attendre 1 heure et 30 minutes. Après l'échantillon est mis dans le spectrophotomètre la lecture à 655 nm en mg/l pour la lecture. La concentration du  $\text{NH}_4^+$  est directement lu sur l'appareil en mg/l. (ISO N°7150. 1986).

### B. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### ❖ Matériels

- Appareil : Spectrophotomètre UV-Visible - Fioles - Pipettes

#### ❖ Réactifs

• Réactif Mixte qui se compose de :

Sulfanilamide.....40 g. ———> Former un composé diazoïque

Acide phosphorique.....100 ml.

N-1- Naphthyle éthylène diamine .....2 g. ———> Indicateur de coloration rose

$\text{H}_2\text{O}$  distiller.....q.s.p 1000 ml.

#### ❖ Mode opératoire :

On prend 50 ml d'eau à analyser à laquelle on ajoute 1 ml du réactif mixte et attendre 10mn, L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ . L'échantillon sera mis dans le spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 543 nm en mg/l. La concentration des nitrites sera directement affichée sur l'appareil. (ISO 5667. 2004).

### C. Dosage des nitrates $\text{NO}_3^-$

#### ❖ Matériels

- Etuve - Spectrophotomètre U.V visible - Fioles - Bêchers -Pipettes

#### ❖ Réactifs

• Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

○ 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

• Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :

○ 30 g de Na OH dans 100 ml d'eau distillée.

•  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré.

• Tartrate double de sodium et de potassium.

○ Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.

○ Tartrate de sodium et de potassium ..... 60 g.

○ Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

- Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc et conservé dans un flacon de polyéthylène.
- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l :
  - Nitrate de potassium anhydre ..... 0.722 g.
  - Eau distillée ..... 1000 ml.
  - Chloroforme..... 1 ml.
- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

#### ❖ Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser, Ajouter 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium. Les échantillons analysés seront mis dans une étuve 75 - 88° C afin que l'eau soit complètement évaporée. Puis laisser les échantillons refroidir. Après le refroidissement on rajoute aux résidus 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, laisser reposer 10mn, on rajoute ensuite 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium, puis les échantillons seront mis dans le Spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm. Les résultats sont donnés directement en mg/l (T90-012. 1994).

#### D. Détermination des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

##### ❖ Matériels

- Appareil Spectrophotomètre UV visible

##### ❖ Réactifs

###### ● Réactif Mixte :

- Heptamolybdate d'ammonium ..... 13 g.
- Eau distillée.....100 ml.
- Tartrate d'antimoine..... 0.35 g.
- Eau distillée..... 100 ml.
- Acide sulfurique pur..... 150 ml
- Eau distillée..... 150 ml.

###### ● Acide ascorbique à 10 % :

- Acide ascorbique.....10g.
- Eau distillée .....100ml.

###### ● Solution mère à 50 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

- Solution fille à 2 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$

#### ❖ Mode opératoire

On prend 40 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte laisser reposer 10 mn jusqu'au développement de la couleur bleue. Puis passer au Spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm (**Figure 14**). Les résultats est donné directement en mg/l. (**ISO N° 6878. 2004**).

### II.2.3. Eléments indésirables

#### A. Détermination du fer

##### ❖ Matériels

- Appareil spectrophotomètre

##### ❖ Réactifs

- Tampon Acétate qui se compose d'acétate d'ammonium (40 g), d'acide acétique cristallisable (50 ml) et d'eau distillée a q.s.p 100 ml
- Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 % qui se compose de chlorhydrate d'hydro a 10 g et d'eau distillée a q.s.p 100 ml. Cette solution est stable pendant une semaine.
- Solution de Phénanthroline-1,10 :

Dissoudre 0,42 g de Phénanthroline-1,10 monohydrate ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dans 100ml d'eau distillée contenant 2 gouttes d'Acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

- Solution mère étalon de fer à 1 g/l
- Solution fille étalon de fer à 0,01 g/l (à préparer extemporanément) et diluer au 1/100 la solution précédente.

##### ❖ Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine, Mélanger soigneusement. Ajouter 2ml de tampon acétate. Ajouter 2 ml de la solution 1.10 de phénanthroline et conserver à l'obscurité pendant 15min. Enfin passer au spectrophotomètre pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm. Les résultats est donné en mg/l. (**ISO 6332. 1988**).

# **CHAPITRE III :**

**Résultats et discussions**

## I. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale, ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène (Rodier et al. 2009).

### I.1. Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide

- **Les Coliformes totaux**

Selon l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydases négatives, 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 (Rodier et al. 2009).

- **Les Coliformes fécaux (*Escherichia coli*)**

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermotolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aérogènes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella*, etc.

Le terme « *Escherichia coli* » correspond à des coliformes thermos tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane et ont les caractères biochimiques propres à cette espèce. Aujourd'hui la réglementation parle de recherche de coliformes totaux. On ne distingue pas les coliformes d'origine fécale des autres origines (telluriques, cliniques, etc.) et de *Escherichia coli* (coliformes d'origine fécale) (Rodier et al. 2009).

Les résultats montrent la présence des coliformes dans 2 forages ( Hassi mameche 2 et Masra ) sur 12 forages.

### **I.2. Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide**

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* (**RODIER J. et al. 2009**). Ce sont les streptocoques du groupe D, Ils sont définis comme étant des Cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. Ce groupe est divisé en deux **sous-groupes** : *Enterococcus* et *Streptococcus* (**JOHN P. et DONALD A.2010**). Recherche des Streptocoques Fécaux (37 C°). Il s'agit de Cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes Pius ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (**LEYLA G. et al. 2002**). Il n'y a pas de contamination des streptocoques dans tous les forages.

### **I.3. Numérotation des germes totaux**

La numérotation des germes aérobie mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophile soit à 20 °C et ceux franchement mésophile soit à 37 °C. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination. (**AYED W. 2016**).

Recherche des germes totaux à 22 C° et 37 C° pathogène certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des microorganismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra (**HAMED M. et al. 2012**).

Il y a une contamination des germes totaux dans 2 forages (Khierdine et Hassi Mameche 1) sur 12 forages.

### **I.4. Résultats de dénombrement des clostridies sulfite-réducteur**

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau de consommation, les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont pris en compte aussi. Ces dernières, sont des

bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6  $\mu\text{m}$  de long et 1 à 2  $\mu\text{m}$  de large, produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens*.

Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien retrouvées dans les matières fécales humaines et animales. De ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside souvent dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection (GLEESON C. GRAY N. 1997).

Les résultats montrent la présence des clostridies dans 2 forages (Hassi mameche 2 et Masra) sur 12 forages.

## **II. Analyses physico-chimiques**

### **II.1. Température**

La température de l'eau est un paramètre d'une grande utilité pour le diagnostic hydrogéologique. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence (Ions, molécules non dissociées, gaz, solides). On peut en déduire des informations sur la profondeur de l'écoulement souterrain, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère, son origine et la présence d'éventuelles pollutions ou influences humaines. Habituellement, on mesure la température de l'air qui permet de vérifier les conditions climatiques dans lesquelles l'échantillonnage s'est déroulé et d'expliquer d'éventuelles anomalies dans les résultats. La température fait augmenter la dégradation des matières organiques (KIRSCHBAUM M. 1995).

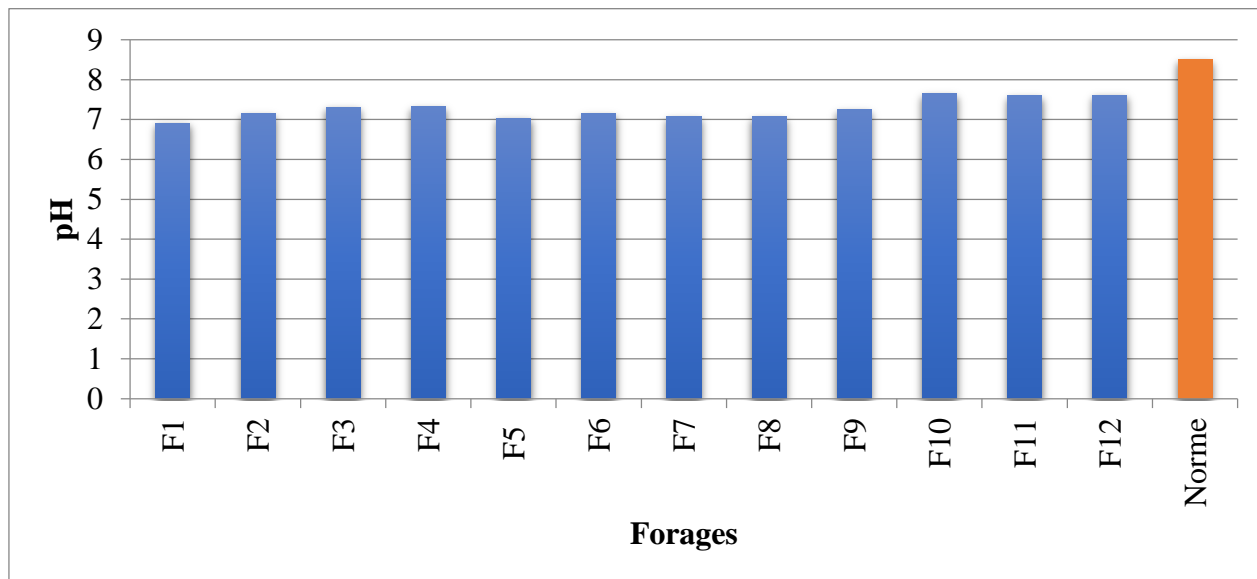
En rapport avec les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS, l'eau est excellente lorsque la température est inférieure à 25°C et moyenne lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C.

La température mesurée dans les échantillons d'eau prélevés varie entre 16,7°C dans Mostaganem centre debdaba et 32,3°C (Hassi mameche 2), ces valeurs sont inférieures à 25°C avec une seule valeur supérieure à 30°C.

### **II.2.pH**

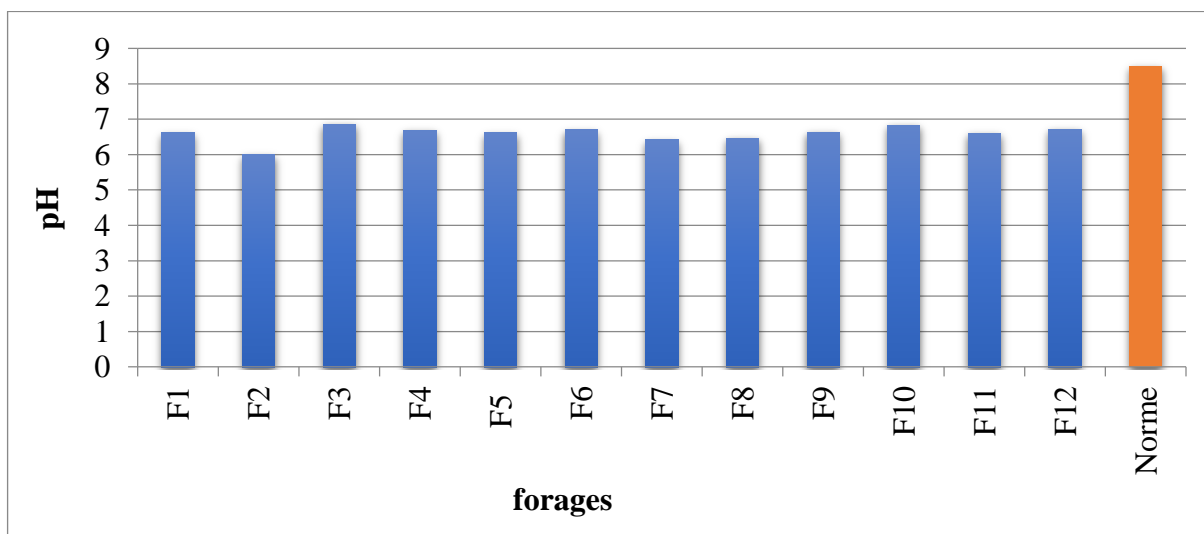
Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[\text{H}^+]$  présent dans l'eau ou les solutions. Les normes de pH des eaux souterraines selon l'OMS est : 6,5 - 8,5

Le pH des eaux du Plateau varie entre 6.91 et 7.65. Les valeurs les plus fortes sont enregistrées dans la partie sud du plateau avec un pH de 7.65 au forage F10, les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans la partie Nord et Est du plateau (**Figure 4**).



**Figure 4 :** Variations du pH des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagan, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagan puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

❖ **pH de laboratoire**



**Figure 5 :** Variations des valeurs du pH (au laboratoire) des eaux de la nappe du Plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagan, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagan puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

Tous les forages n'ont pas dépassé les normes de l'OMS de pH. (Figure 5).

### II.3.Oxygène dissout O<sub>2</sub>

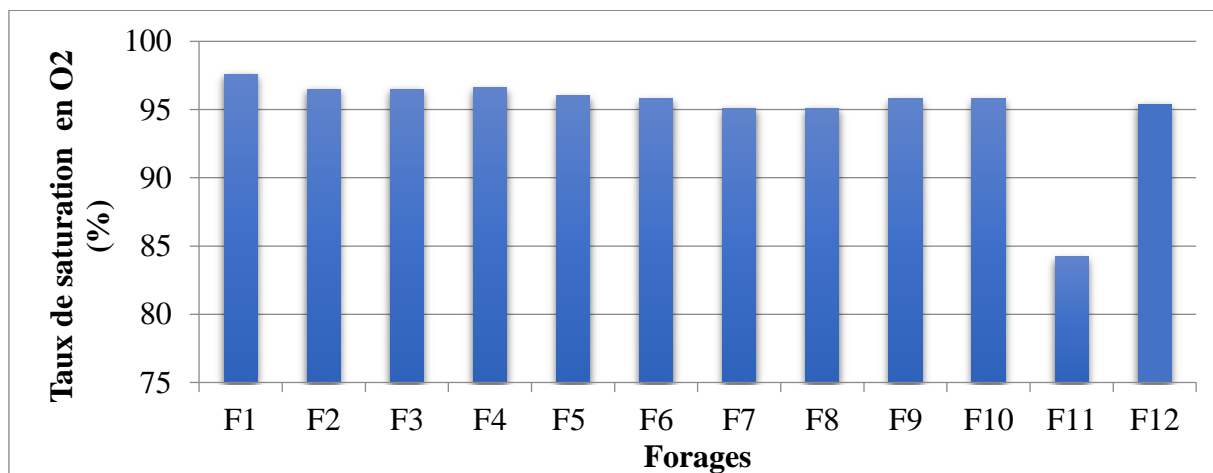
Le contenu en oxygène dissous de l'eau est influencé par la source, la température de l'eau brute, le traitement et les processus chimiques et biologiques qui se produisent dans le réseau de distribution.

Un appauvrissement en oxygène dissous des approvisionnements en eau peut stimuler la réduction microbienne des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures. Il peut également entraîner une augmentation de la concentration de fer ferreux en solution avec, par la suite, un changement de coloration au robinet quand l'eau est aérée. Aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'est recommandée. Cependant des niveaux très élevés d'oxygène dissous peuvent stimuler la corrosion des tuyaux métalliques. (OMS. 2017)

En rapport avec les normes fixées par l'OMS 6,5 mg/l. Nous obtenons que tous les résultats dépassent la norme.

#### ❖ Taux de saturation en O<sub>2</sub>:

On remarque que les taux de saturation en O<sub>2</sub> varient entre 84,2% comme pourcentage minimum et 97,6% comme pourcentage élevé. (Figure 6).



**Figure 6 :** Variations des Taux de saturation en O<sub>2</sub> des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

#### II.4. Conductivité

Les conductivités électriques nous renseignent sur le degré de minéralisation des eaux souterraines de la nappe et sont étroitement liées à la concentration des substances dissoutes et à leur nature (**RODIER J. et al. 1996**).

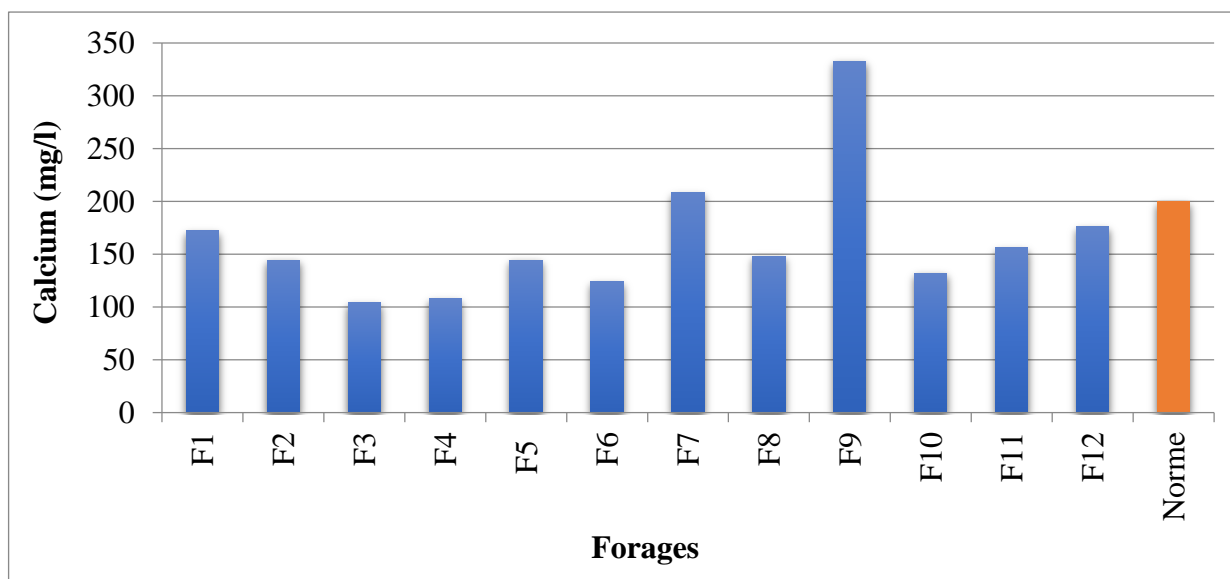
Les valeurs des conductivités des eaux souterraines établies montrent une distribution spatiale hétérogène. En effet, les valeurs mesurées sont comprises entre 1280 et 5650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les normes de conductivités selon l'OMS ne doivent pas dépasser les 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et les normes Algérienne ne doivent pas dépasser 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La partie sud du Plateau englobe Mesra F10 avec une valeur de 3270  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Mazagran puit hanifi F9 avec une valeur de 3760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Hassi Mameche 2 F12 avec une valeur de 4120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Fornaka F11 avec une valeur de 4260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Ain Nouissy F8 avec une valeur de 5650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### II.5. Calcium et magnésium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**RODIER J. et al. 2009**). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium (**RODIER J. 2005**). Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité. Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Cependant, Les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**GAUJOURS 1985**).

Les teneurs en calcium des échantillons d'eaux analysées de notre zone d'étude sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible, qui est de 200mg/l édictée par les normes de l'OMS pour l'eau potable (**Figure 7**), à l'exception du point d'eau (Yanarou 2 Ouled Ahmed F7 et Mazagran puit Hanifi F9) qui présente une concentration supérieure à la norme (208,416mg/l et 332,664 mg/l).



**Figure 7 :** Variation des teneurs en calcium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khiardine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Marsa, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

Les teneurs en magnésium des échantillons d'eaux analysées de notre zone d'étude sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible, qui est de 150mg/l édictée par les normes de l'OMS pour l'eau potable, à l'exception de point d'aux (Hassi mameche 2 F12) qui présente une concentration supérieure à la norme (177,537mg/l).

Le magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du  $MgSO_4$  des terrains gypseux.

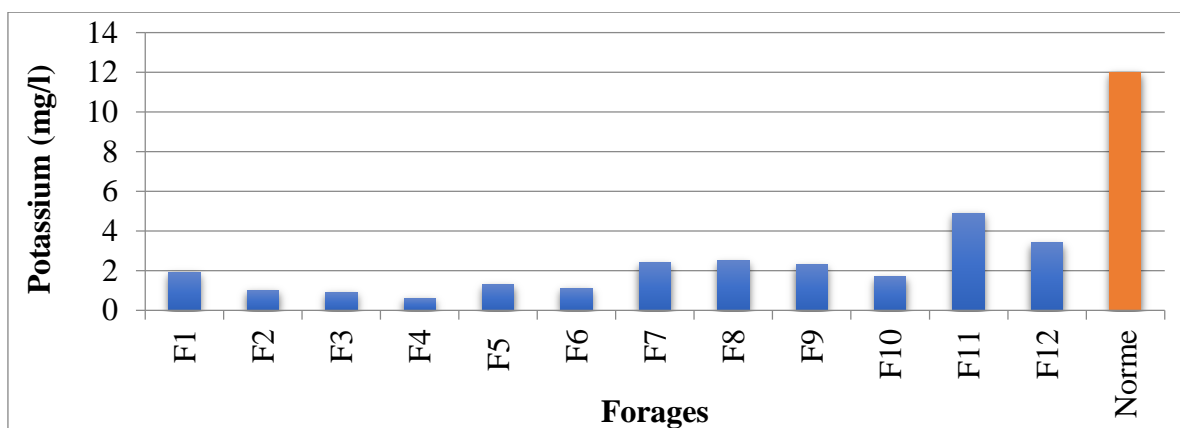
## II.6.Sodium et potassium

Le sodium provient de l'eau de mer introduit dans l'aquifère par les précipitations mais aussi de l'hydrolyse des silicates (Argiles), bien que sa cinétique soit très lente. Le sodium est apporté à l'aquifère par les pluies et peut être libéré par l'hydrolyse des feldspaths sodiques. (KESSASRA F. 2015)

En rapport avec les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS, l'eau est : excellente lorsque la concentration de sodium est inférieure à 150 mg/l et moyenne lorsqu'elle dépasse 150 mg/l (RODIER J. et al. 2009). La concentration de sodium mesurée dans les échantillons d'eau de notre zone varie entre 10,3 mg/l et 31,7 mg/l. Ces résultats montrent que l'eau de la nappe est dans les normes exigées par l'OMS.

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 (**HOUILLIER P. et al. 2004**).

Les normes édictées par la réglementation OMS en matière de potabilité de l'eau recommandent une concentration de potassium inférieur à 12mg/l (**RODIER J. et al. 2009**). En comparant les résultats obtenus lors des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude avec la grille normative (**Figure 8**), il ressort que les concentrations du potassium sont acceptables, ne dépassent pas la norme.



**Figure 8 :** Variations des teneurs du potassium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.7. Bicarbonates

Généralement, les valeurs élevées des hydrogencarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) correspondent à des valeurs également élevées de  $\text{Ca}^{2+}$  et de la minéralisation totale. Ce phénomène s'explique par l'abondance de  $\text{CO}_2$ , produit par les plantes.  $\text{CO}_2$  se dissout dans l'eau et la rend plus agressive vis-à-vis de la calcite. Les eaux qui ont un contact avec des roches carbonatées présentent des alcalinités supérieures et les silicates sont susceptibles d'être également responsables de minéralisation des eaux. Les bicarbonates ne possèdent pas un comportement conservatif. (**KESSASRA F. 2015**).

## II.8. Chlorure

Fréquent dans la nature, cette forme de sel de sodium ( $\text{Na Cl}$ ), de potassium ( $\text{K Cl}$ ) et de calcium ( $\text{Ca Cl}_2$ ). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits des pétroles, des mines de potasse, au drainage d'irrigation ...etc. Le plus grand inconvénient des chlorures est la

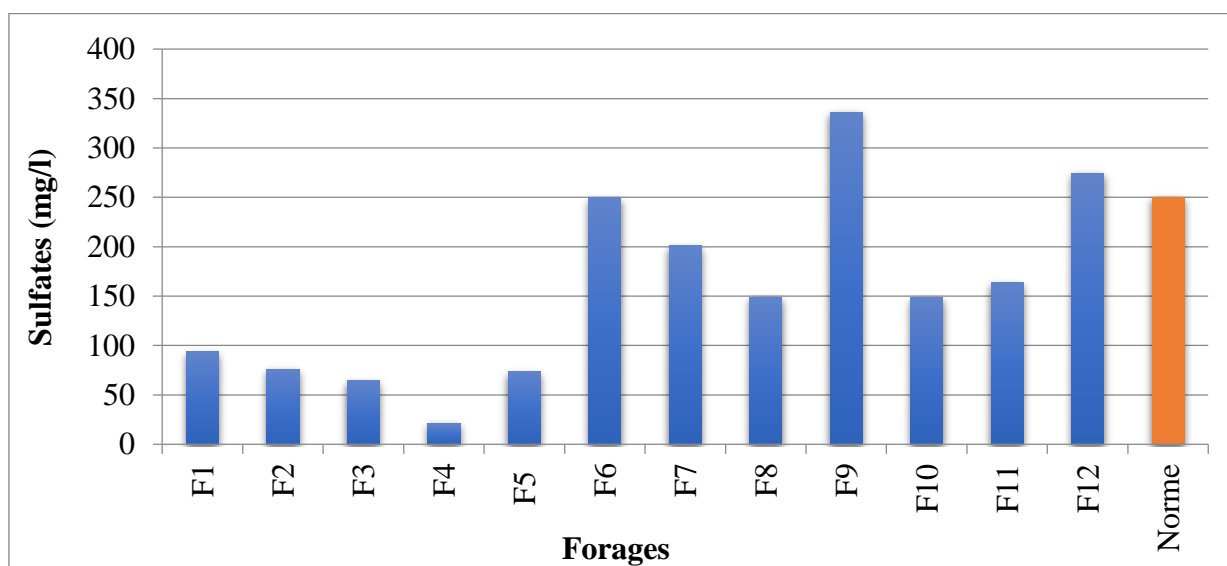
saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorures de sodium (RODIER J. 2005).

Selon les directives de l'OMS en matière de potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur de 250 mg/l dans les eaux destinées à la consommation humaine. L'analyse des eaux de la zone d'étude a révélé des quantités anormales de chlorures allant de 305,3 mg/l, 376,3 mg/l, 511,2mg/l.

### II.9.Sulfates

La présence des ions  $SO_4^{3-}$  dans les eaux souterraines provient soit, de la dissolution des sulfates caractéristiques des roches évaporitiques (Gypse, anhydrite), soit de l'oxydation des sulfures typiques des roches riches en pyrite. Dans ces milieux, selon le type d'évaporation qui leur a donné naissance, d'autres espèces solubles peuvent aussi coexister. On peut ainsi imaginer que ces espèces restent présentes dans les eaux interstitielles des milieux imperméables avec de faibles possibilités de migration. Le sulfate a les mêmes sources que le nitrate et est consommé par la végétation. (KESSASRA F. 2015)

Dans les stations étudiées les résultats montrent que les valeurs de sulfate présent dans l'eau des forages restent inférieures à la concentration maximale décrétée par les normes OMS 250mg/l, sauf au forage F12 et F9 où la teneur est de 274.4 mg/l et 336.2 mg/l. (Figure 9).



**Figure 9 :** Variations des teneurs des sulfates des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.10. Nitrate

La contamination des eaux souterraines par les nitrates provient du lessivage des fertilisants, des déchets animaux et de l'azote incorporé naturellement dans les sols. Suivant l'hydrogéologie, le type de roches, l'inaltération du nitrate vers les aquifères est plus ou moins rapide. La perméabilité de la roche et sa recharge sont les deux facteurs principaux de vulnérabilité de l'aquifère.

Dans le travail de KESSASRA Farés sur la nappe de Tadla au Maroc, résumant l'origine de la pollution nitrique des nappes, dans la présence des eaux usées urbaines, les engrais agricoles, la faible profondeur de la nappe, la texture du sol, la vitesse de l'inaltération de l'eau, et le sens d'écoulement de celle-ci. (KESSASRA F. 2015).

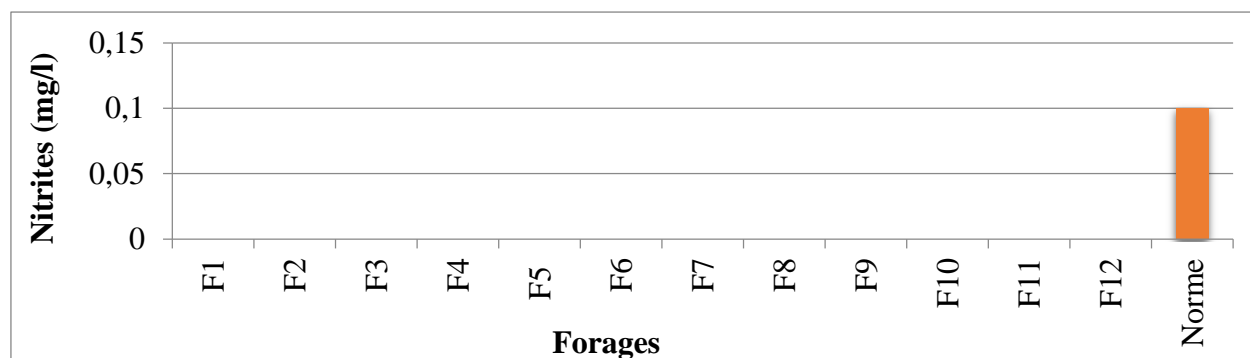
D'après la réglementation OMS et Algérienne, il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur maximale de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation. Quatre échantillons sur 12 présentent des teneurs en nitrates légèrement supérieure à la valeur recommandée par l'OMS, il s'agit des forage F2, F3, F4, F7.

Les sources de contamination sont l'apport d'engrais azotés sur les cultures et les rejets des stations d'épuration. Mais la principale source en est les engrais qui fournissent de l'azote sous différentes formes, soit sous forme d'urées, d'ammonium ou de lisier qui seront progressivement transformées en nitrates. De plus, les systèmes de traitements des eaux usées déficients, tout comme la décomposition de matières organiques animales ou végétales issues de l'activité humaine, peuvent en être une source de contamination (Levallois P. Phaneuf D. 1994). Les nitrates sont considérés comme un bon indicateur de pollution car son origine est pour l'essentiel externe (Plagnes V. 2000).

## II.11. Nitrites

Les nitrites étant toxique pour l'organisme humain la présence on quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée aux nitrites est très significative en raison de leurs pouvoirs oxydant (MAIGA A. 2005), les nitrites sont des indicateurs de la pollution.

Dans les forages étudiés les résultats montrent qu'il n'y a aucun signe de présences de nitrites dans l'eau souterraine du plateau (Figure 10) et donc elle est dans les normes OMS qui indique une valeur maximale de 0,1 mg/l. Il y a eu oxydation des nitrites en nitrates.

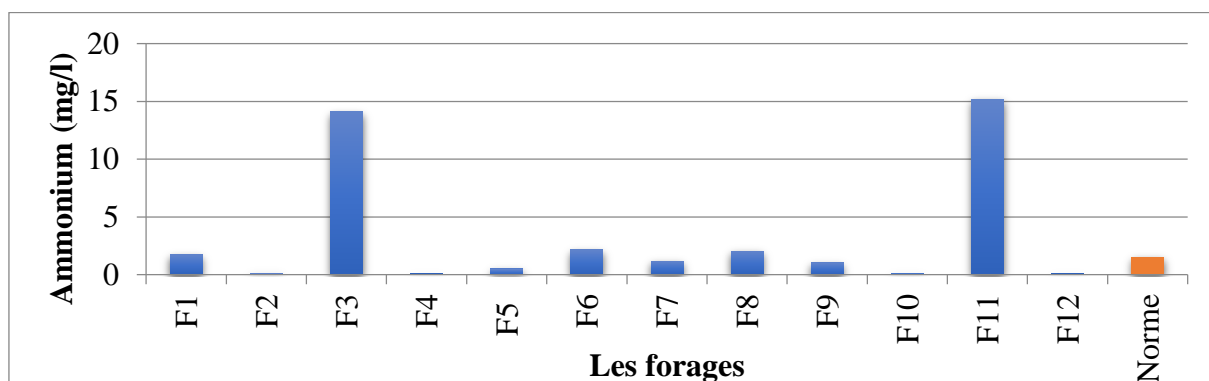


**Figure 10 :** Variations des teneurs des nitrites des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.12. Ammonium

Sa valeur limitée par les normes de l'OMS est de 1.5 mg/L, tandis que la directive cadre européenne s'est montrée plus stricte, la faisant diminuer à 0.50 mg/L pour les eaux de boisson.

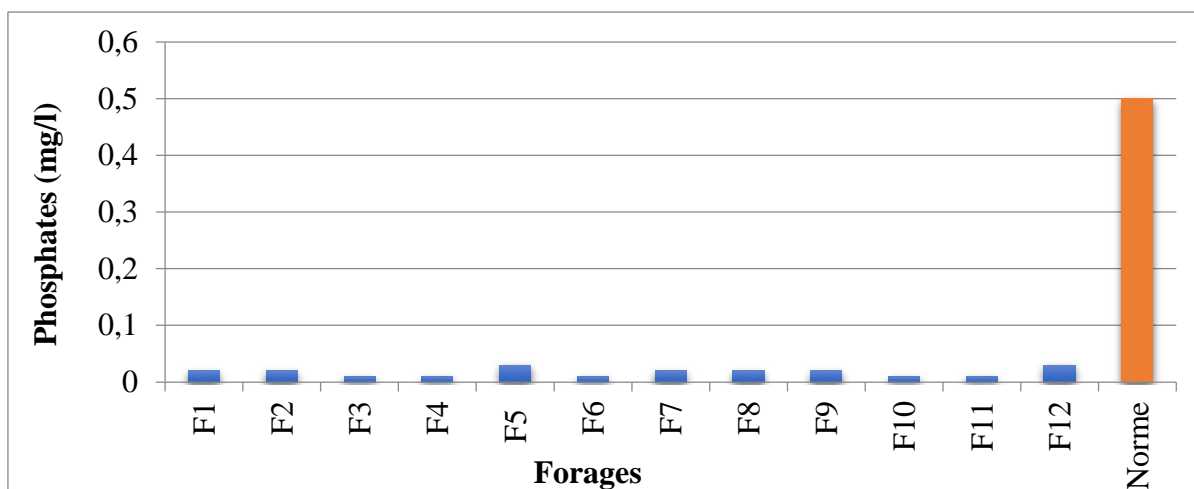
Cinq forages sur 12 présentent des normes supérieures aux normes de l'OMS.



**Figure 11 :** Variations des teneurs de l'ammonium des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.13. Ortho phosphates

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates. (RODIER et al. 2009). Sa valeur limitée par les normes de l'OMS est de 0.5 mg/L (l'OMS. 2003), donc toutes les valeurs obtenues ne dépassent pas cette valeur limite (Figure 12).



**Figure 12 :** Variations des teneurs des phosphores des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

#### II.14. Turbidité

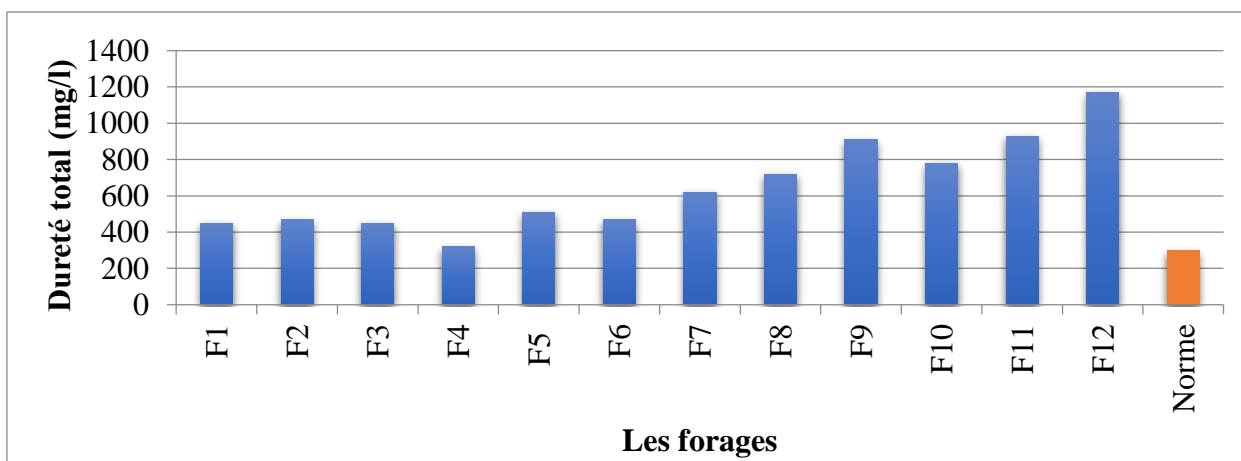
La turbidité de l'eau distribuée ne doit jamais dépasser 5 NTU pour tous les systèmes de distribution d'après les normes internationales de l'OMS et Algérienne. Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un turbidimètre déterminent une variation entre 0,092NTU et 16,1NTU. Dans le cas de la région d'étude les valeurs obtenues de 9 régions restent dans la norme et 3 régions ne sont pas aux normes (Khierdine, Yanarou 1douar Torche, Yanarou 2 Oulad Ahmed).

La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturelles (GRHMSM. 2011).

#### II.15. Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau consiste en la mesure des teneurs en calcaire et magnésium. Les teneurs dépendent de la nature des couches géologiques avec lesquelles l'eau s'est trouvée en contact durant son acheminement dans le sol. En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/l est considérée comme de l'eau douce ; entre 75 et 150 mg/l, on parle d'eau à dureté moyenne ; entre 150 et 300 Mg/l, d'eau dure ; et à plus de 300 mg/l, d'eau à dureté élevée (CFPTEP. 2015).

Les teneurs de la dureté de l'eau étudiée varient entre 320 mg/l et 1170 mg/l. 7 forages dépassent les normes de l'OMS qui donne une valeur de 500mg/l. le forage Hassi Mameche présente une teneur maximale de 1170mg/l. Tous les forages à dureté élevée.

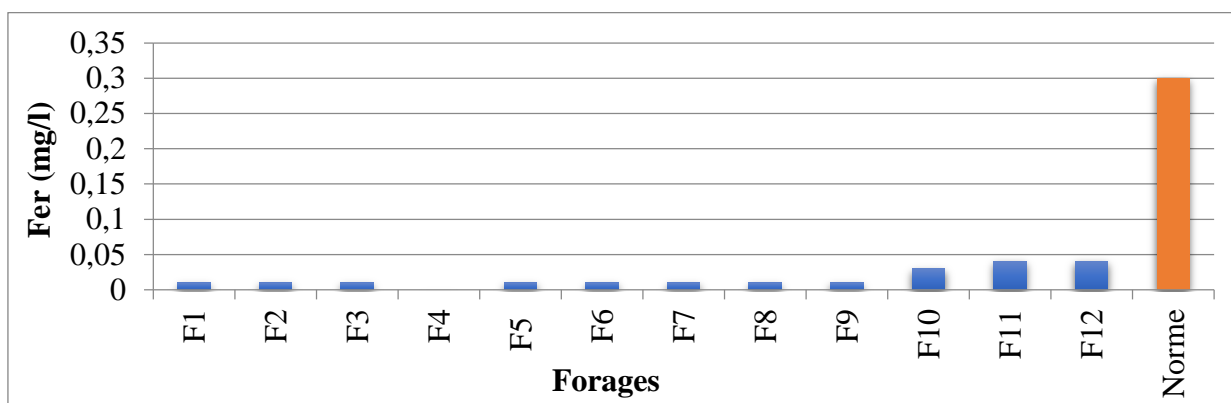


**Figure 13 :** variations des teneurs de la dureté des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.16. Fer ( $Fe^{2+}$ )

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées. (RODIER J et al. 2009)

D'après la réglementation de l'OMS et Algérienne, il est recommandé pour le cas des fers, une valeur maximale de 0,3mg/l dans une eau destinée à la consommation. Les résultats des analyses en fer ont révélé que tous les forages présentent des teneurs inférieures aux normes recommandées.



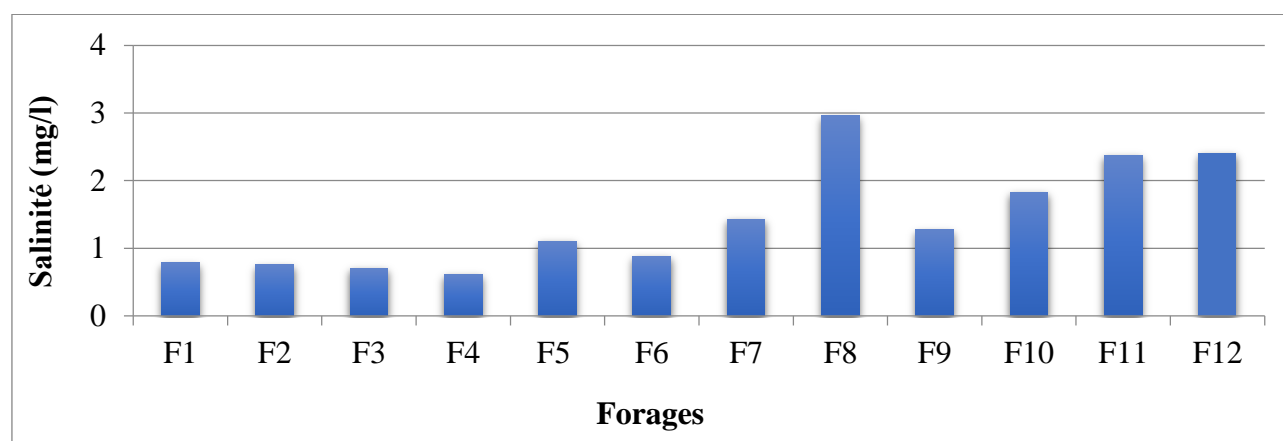
**Figure 14 :** Variations des teneurs en fer des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi mameche 2.

## II.17. Minéralisation globale

Les valeurs varient entre 923,91 pour le F4 et 6379,32 pour le F12. La minéralisation est en rapport avec la conductivité. Plus la conductivité est élevée plus la minéralisation est élevée.

## II.18. Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en (g / kg d'eau). Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (Ions chargés positivement) et d'anion (ions chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (GAUJOUS D. 1985). Les teneurs de salinité sont comprises entre 0,61 pour le F4 et 2,96 pour le F8 (Figure 15).



**Figure 15 :** Variations des teneurs de la Salinité des eaux de la nappe du plateau de Mostaganem ouest (Mars 2022). F1. Khierdine, F2. Yanarou 1 douar torch, F3. Hassi mameche 1, F4. Sayada, F5. Nadour mazagran, F6. Mostaganem Centre debdaba, F7. Yanarou 2 Ouled Ahmed, F8. Ain Nouissy, F9. Mazagran puit Hanifi, F10. Masra, F11. Fornaka, F12. Hassi Mameche 2.

## II.19. TDS

Solides Dissous Totaux (milligrammes par litre) (mg/l), c'est la quantité de matière dissoute dans l'eau. Les sources de TDS sont : Mines, Décharges, Sel de voirie, Eau salée, Stations d'épuration, Épurateurs et Adoucisseurs d'eau ...etc. (Patrick C. 2009). Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l (OMS. 2006). Les résultats des valeurs de TDS variant entre 610 mg/l pour le F4 et 2960 pour le F8 mg/l.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

**Conclusion :**

Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité aussi bien physico-chimique que microbiologique. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter, des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues à la suite de la consommation des eaux polluées, il est nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation vis-à-vis la population vivante dans des conditions d'hygiène non conformes aux normes internationales.

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques. Cette étude a permis une évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines du Plateau de Mostaganem Ouest. Les résultats des analyses physico-chimiques dévoilent que les propriétés de l'eau sont généralement bonnes pour l'ensemble des paramètres à l'exception de quatre éléments (Conductivité, Salinité, température et la dureté) qui présentent des quantités en excès par rapport aux normes des eaux souterraines, notamment en raison des terrains gypseux dans cette zone, ou en raison des engrais agricoles, et aussi l'effet d'un prélèvement d'eau excessif du nappe, qui provoque avec le temps une diminution du niveau de l'eau ce qui entraîne une forte concentration des éléments physico-chimiques. Pour cela, l'état doit intervenir afin de fournir une autre source d'irrigation adaptée aux agriculteurs de ces zones.

Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale, dans quatre forages qui sont : Khierdine (F1), Hassi mameche 1 (F3), Masra (F10), Hassi mameche 2 (F12). Peut-être dû à des eaux usées ou à des éliminations fécales dans cette zone de la nappe. Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins à partir de ces ouvrages.

Afin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de cette pollution, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- Faire un suivi périodique quantitatif et qualitatif de station de pompage.
- Interdire toute réalisation de point d'eau dans les zones à forte exploitation.
- Boucher tous les points d'eau abandonnés et présentant des anomalies d'équipement.

- Sensibiliser les populations et les inciter à déclarer lorsque l'eau sera distribuée aux consommateurs avec une couleur inhabituelle et une odeur dés agréable. Avant consommation, et leur rassurer qu'on puisse faire reculer toutes les maladies d'origine hydrique.

- Bien gérer les ordures ménagères et mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

- **AYED W. (2016)** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences. Université 20 Août, Skikda, p156.
- **BELLAL Sid-Ahmed. BAICHE Abdelkader et DARI Ouassini . 2016:** sècheresse et fluctuations des ressources en eau souterraines: le cas du plateau de Mostaganem (ouest algérien), Université d'Oran2 : <http://www.univ-oran2.dz/VRPG2/laboratoires/egeat/index.php/fr/publications/la-revue/dernier-numero/62-publications/revue/dernier-numero/numero-14-15/182-secheresse-et-fluctuations-des-ressources-en-eau-souterraines-le-cas-du-plateau-de-mostaganem-ouest-algerien> . Consulté le 30/06/2022
- **BEN AAKAME Rachid. BENAMMI Fatima. NOUARI Naima. Walid Myrieme. BARAKATE Nezha. AZIZI Rokya. EL HAMRI Hecham. 2019.** Guide des analyses physico-chimiques des eaux destinées à la consommation humaine. INH (Institut nationale d'hygiène MAROC).
- **BOUCENNA F. (2009)** : Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale d'oued Djendjen, mémoire de magister, université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- **CFPTEP. (2015)**, Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada : <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadien-drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf> . Consulté le : 19/03/2022.
- **COTE Marc. (1996)**. Guide d'Algérie : paysages et patrimoine. Algérie Media-plus.319 pages . (ISBN 9961-922-00-X), p. 63
- **GARCIA A. (2006)** : Etude de la dynamique des Escherichia coli dans les rivières de bassin de la seine, thèse de doctorat en microbiologie, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
- **GAUJOUS D. (1985)** : La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2<sup>ème</sup> Édition : revue et augmenté, p. 49.
- **GLEESON C. GRAY N. (1997)**: The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spon, London, p194.
- **GRHMSM. (2011)** : [https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public-info/fact\\_sheets/pdf/fr/factsheet\\_drinking\\_water\\_program\\_fr.pdf](https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public-info/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf) . Consulté le: 25/5/2022.
- **HAMED M. GUETTACHE A. et BOUAMER L. (2012)** : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, p18.
- **HOUILLIER P. BLANCHARD A. et PAILARD M. (2004)** : Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.
- **ISO 5667 : Organisation internationale de normalisation. 2004.** Qualité de l'eau : Échantillonnage Partie 1 : Recommandations relatives à la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage. Edition 1. p 42

- **ISO N° 6878 : Organisation internationale de normalisation. 2004.** Qualité de l'eau : Dosage du phosphore : Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium. Date de mise à jour 15-7-2015. Edition 2. pages 22
- **ISO 6332 : Organisation internationale de normalisation. 1988.** Qualité de l'eau : Dosage du fer : Méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10., Edition 2. p 4
- **ISO N°7150 : Organisation internationale de normalisation. 1986.** Qualité de l'eau : Dosage de l'ammonium : Partie 2 : Méthode spectrométrique automatique. Edition 1, pages 7.
- **ISO 9964/3 : Organisation internationale de normalisation. 1993 :** Qualité de l'eau : Dosage du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme. Edition1, pages 5
- **JOHN P. et DONALD A. (2010):** Microbiologie, 3ème Édition, p1216
- **JORA. (2011) :** Décret exécutif n° 11-125, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir -Mourad Raïs, Alger, Algérie, p25.
- **KESSASRA Farès. (2015) :** Modélisation hydrogéologique des écoulements des eaux souterraines et de surface de la nappe des alluvions de la vallée de la Soummam (Nord-Est Algérie) Impacts sur l'environnement et les écosystèmes. Diplôme de Doctorat : Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. 452p.
- **KIRSCHBAUM M. (1995):** The temperature dependance of soil organic matter decomposition and the \_ect of the global warming on soil organic C storage. Soil biol. biochem., vol 27, N° 6, pp 753-760
- **Levallois P. Phaneuf D. (1994).** La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques a la santé. Revue Canadienne de santé publique, 85, 192-196.
- **LEYLA G. RONNEFOY C. et GUILLET F. (2002) :** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris.
- **MAIGA A. (2005) :** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, thèse de doctorat en pharmacie, Université de Bamako, Mali.
- **MYRAND D. (2008) :** Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, p04.
- **NF EN ISO 6222 : Association Française de Normalisation, AFNOR, en Organisation internationale de normalisation, 1999 :** Qualité de l'eau - Dénombrement des micro-organismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé, p8
- **NF T0-036 : Association Française de Normalisation, AFNOR, 01/01/1994.** Norme françaises et européennes : Essais des eaux - Détermination de l'alcalinité, Date de la dernière mise-à-jour de la méthode : 05/12/2008.
- **NF T90-003 : Association Française de Normalisation, AFNOR, 1984 :** Norme françaises et européennes : Détermination de la concentration totale en calcium et magnésium méthode titrimétries à l'EDTA, p9
- **NF T90-008 : Association Française de Normalisation, AFNOR , 2001 :** Qualité de l'eux : détermination du PH, Pages 6

- **NF T 90-014 : Association Française de Normalisation, AFNOR, 1952.**, Norme françaises et européennes : Qualité de l'eau - Dosage des chlorures - Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (méthode de Mohr), Date de la dernière mise-à-jour de la méthode : Jeu, 23/11/2017, p2
- **NF T90-031 : Association Française de Normalisation, AFNOR , 2016** : Qualité de l'eau : détermination de la conductivité électrique, Pages 5
- **NF T 90-417 : Association Française de Normalisation, AFNOR, 1993** : Qualité de l'eau. Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (Clostridia). Partie 2 : méthode par filtration sur membrane.
- **OMS : L'Organisation mondiale de la santé. (1994)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2<sup>ème</sup> édition, p 202.
- **OMS : L'Organisation mondiale de la santé. (2003)**: Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland.
- **OMS. (2006)** . Normes de l'OMS sur l'eau potable : <https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm> Consulté le : 05/05/2022 .
- **OMS : L'Organisation mondiale de la santé. (2017)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4<sup>ème</sup> édition. Intégrant le premier additif.
- **PATRICK Campbell. (2009)** : TDS-Total Dissolved Solids. DEP-DWWM : [https://dep.wv.gov/WWE/Programs/wqs/Documents/Triennial%20Review/May%2018,%202009/17155\\_tds.pdf](https://dep.wv.gov/WWE/Programs/wqs/Documents/Triennial%20Review/May%2018,%202009/17155_tds.pdf)
- **PERRODON Ko.A. (1957)**. Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Bulletin des services géologiques. Algérie.
- **Plagnes, V (2000)** - Structure et fonctionnement des aquifères karstiques : caractérisation par la géochimie des eaux. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II soutenue en 1997. Editions BRGM, 376p
- **REMINI B. (2010)** : La problématique de l'eau en Algérie du nord. Lary. J. 08 : 27-46
- **RODIER J. BAZIN C. BROUTIN J-P. CHAMPSAUR H. RODIER L. (1996)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8<sup>ème</sup> édition. Dunod, paris, France.
- **RODIER J. (2005)** : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.
- **RODIER J. et al. (2009)** : L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, France.
- **SAIBI.H (2008)**. Hydrogeology and vulnerability assessment of groundwater resources in the Mostaganem plateau
- **SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) (2011)** <http://srtm.csi-cgiar.org/SELECTION/input>
- **T90-012. l'AFNOR. 1994**. Qualité de l'eau : Détermination de l'azote nitreux et de l'azote nitrique et de la somme des deux par analyse en flux (CFA et FIA) et détection spectrométrique., Date de la dernière mise-à-jour 23/11/2017., 20 p

- **USGS (United States Geological Survey) (2014)** <https://earthexplorer.usgs.gov> Van der Knijff JM, Jones RJA, Montanarella L (2000) Soil erosion risk assessment in Europe. EUR 19044 EN, European Soil Bureau, Space Application Institute, JRC, Ispra, p 34