

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION : BIOCHIMIE APPLIQUEE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par:

Arioua Meryem,

Labidi Bariza & Nebbad Abdelhak

Intitulé

**Étude de la qualité d'eau potable dans la Région
du Hodna**

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. Boudjelal Amel

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Présidente

Dr. Benkhaled Abderrahim

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Dr. Chabane Sarra

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examinatrice

Année universitaire : 2022 /2023

Dédicaces

Avant tout, nous exprimons notre gratitude envers le Dieu tout-puissant, car Il nous a accordé la volonté et la patience nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

Je dédie cet ouvrage :

À ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant mes années d'études.

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À mes frères, et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent leur soutien et leur énergie positive.

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

À tous ceux que j'aime

Abdelhak

Dédicaces

A mon très cher père « Djamel »

Celui qui m'a aidé à découvrir le 'savoir'

*Merci d'avoir été toujours à côté de moi et de m'avoir soutenu tout au long de
mes études.*

*Les mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon respect et ma
considération.*

A ma très chère maman « Dalila »

*La personne qui m'a tout donné sans compter, la source de tendresse et de
noblesse qui m'a éclairé le chemin par ses conseils judicieux et qui m'a
encouragé à aller de l'avant.*

A ma chère sœur « Aicha ».

*A mes très chers frères « Mohammed, Choayb, et
Moslam ».*

Merci d'être toujours à mes côtés.

À toute ma famille.

*A la responsable du laboratoire de l'ADE madame Nachwa ainsi que tous ses
ingénieurs et techniciens*

A mes amies proches « Hayat » et « Linda »

A mon binôme « Bariza et Abdelhak ».

Meriem

Dédicaces

Avant tout, je remercie Allah qui m'a éclairé mon chemin et d'aboutir à ce moment que je l'ai longtemps attendu.

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère, celle qui m'a tout donné, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur, mon éducation et ma réussite.

À mon cher père, Que Dieu lui fasse miséricorde et le place dans son vaste paradis.

À mon cher mari Yazid et mes enfants.

À mes sœurs et frères.

À tout la famille Lebidi et Houchat.

À mon chère binôme "Meryem et A "

À tous les personnes que j'aime et qui m'aiment.

Bariza

Remerciements

Au terme de ce travail, nous devons remercier tout d'abord Dieu qui nous a donné la force et le courage de suivre nos études et d'arriver à ce stade et à nos parents qui nous ont beaucoup soutenus le long de notre parcours.

Ce mémoire n'aurait pu voir le jour sans le soutien et la participation laborieuse de plusieurs personnes, nous exprimons nos reconnaissances à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin. On voudrait dans un premier temps exprimons notre grande gratitude et nos sincère remerciement à notre promoteur Dr Benkhaled A de nous avoir encadré et soutenu tout au long de la préparation de notre mémoire, aussi pour sa patience, sa disponibilité, son esprit critique et surtout ces judicieux conseils qui ont grandement facilité la réalisation de ce travail, et contribuer à alimenter notre réflexion.

Un grand respect à vous pour toujours.

On tient également à remercier tout le personnel du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux de M'sila (ADE) et à leur tête madame Nechouaqui nous ont beaucoup aidé dans la réalisation de notre travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury qui ont Bien voulu d'examiner ce travail : Pr Boudjelal Amel qui nous a fait l'honneur de présider ce jury et Dr Chabane Sarra d'avoir accepté de juger ce travail.

Enfin, nous renouvelons nos remerciements à ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce modeste travail sans oublier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Sommaire

Résumé	i
Abréviations	ii
Liste des figures	iii
Listes des tableaux	iii
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I. Généralités sur l'eau.....	2
I.1. Molécule l'eau	2
I.2. Cycle de l'eau	2
I.3. Origine de l'eau	3
I.3.1. Différents types d'eaux destinées à la consommation humaine.....	3
I.4. Paramètres organoleptiques	5
I.4.1. Couleur.....	5
I.4.2. Saveur.....	5
I.4.3. Odeur.....	5
I.5. Paramètres physico-chimiques	5
I.5.1. Température.....	5
I.5.2. Potentiel Hydrogène	6
I.5.3. Salinité.....	6
I.5.4. Conductivité électrique.....	6
I.5.5. Dureté ou titre hydrométrique (TH).....	6
I.5.6. Résidus secs.....	6
I.5.7. Alcalinité	7
I.5.8. Chlorures	7
I.6. Paramètres indésirables	7
I.6.1. Métaux lourds.....	7
I.6.2. Fer et manganèse	7

Chapitre II. Matériels et méthodes	9
II.1. Présentation de la zone d'étude	9
II.2. Habitat	9
II.3. Réseaux Hydrographique.....	11
II.3.1. Stations et sources des fourrages dans la wilaya de M'sila.....	11
II.3.2. Stations et sources des fourrages dans la ville de M'sila	14
II.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques	15
II.4.1. Analyses physiques	15
II.4.2. Analyses chimiques.....	18
Chapitre III. Résultats et discussion	26
III.1. Paramètres organoleptiques	26
III.2. Paramètres physico-chimiques.....	27
III.2.1. Température.....	30
III.2.2. pH	30
III.2.3. Conductivité.....	31
III.2.4. Turbidité	31
III.2.5. TAC	31
III.2.6. Dureté (TH)	31
III.2.7. Calcium.....	32
III.2.8. Magnésium	32
III.2.9. Chlorures	32
III.2.10. Fer.....	33
III.2.11. Matière organique.....	33
III.2.12. Ammonium	33
III.2.13. Bicarbonates	34
III.2.14. Sulfates	34
III.2.15. Phosphates	34

III.2.16. Nitrates.....	35
III.2.17. Nitrites	35
III.2.18. Résidus secs	35
III.2.19. Sodium et Potassium	36
Conclusion.....	36
Références bibliographiques	

ملخص

تناولت هذه الدراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الشرب في منطقة الحضنة لولاية المسيلة خلال الشهر (فبري و مارس)، مع التركيز بشكل خاص على سبع دوائر: المسيلة، شلال، حمام الضلعة، بن سرور، أولاد دراج، مقرة وسيدي عيسى. هدفت الدراسة إلى تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب في هذه المناطق. شملت الدراسة تقييمًا لحوالي واحد وعشرين (21) معيار فيزيوكيميائي لتحديد معايير جودة المياه. تضمنت هذه المعلمات، على سبيل المثال، درجة الحرارة، درجة الحموضة (pH)، الناقلية، العكورة، بالإضافة إلى وجود المغنيزيوم، الكالسيوم، النترات، البوتاسيوم والصوديوم. أظهرت النتائج أن معظم المناطق المدروسة في ولاية المسيلة تتوافق مع المعايير الجزائرية، باستثناء بعض الاختلافات الطفيفة بينها. وقد لوحظت هذه الاختلافات في بعض المقاييس مثل العكورة (36.7 وحدة تربيوية)، والمغنيزيوم (540.6 ملغ/ل)، والكالسيوم (288.0 ملغ/ل)، والكبريتات (866.0 ملغ/ل)، ودرجة الصلابة الكلية (1273.0). وفي الختام، يمكن الاستنتاج أن مياه منطقة الحضنة تتميز بصلابة عالية وتعتبر ذات جودة فيزيوكيميائية مقبولة مع عدم وجود عامل التلوث (النترات، النيتريتات والفوسفات) بشكل كامل.

الكلمات المفتاحية : الخصائص الفيزيوكيميائية، ولاية المسيلة، جودة المياه، مياه الشرب.

Abstract

This study examined the physicochemical characteristics of drinking water in the Hodna region in wilaya of M'sila during the months February and March, focusing specifically on seven daïras: M'sila, Chellal, Hamam Dalaa, Ben srour, Ouled Derradj, Magra, and Sidi Aissa. The aim of the study was to evaluate the physical and chemical properties of drinking water in these regions. The study encompassed an assessment of twenty-one (21) physical and chemical parameters to determine water quality standards. These parameters included temperature, pH, conductivity, turbidity, as well as the presence of magnesium, calcium, nitrate, potassium, and sodium. The results showed that most of the regions studied in the wilaya of M'sila comply with Algerian standards, with only minor differences between them. These variations were observed in specific measurements such as turbidity (36.7 NTU), magnesium (540.6 mg/L), calcium (288.0 mg/L), sulfates (866.0 mg/L), and total hardness (1273.0). In conclusion, it can be stated that water in the Hodna region is characterized as very hard and exhibits an acceptable physicochemical quality with a complete absence of pollution parameters (nitrates, nitrites, and phosphates).

Key words: Physicochemical quality, drinking water, Hodna, M'sila.

Résumé

Cette étude a examiné les caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable dans la région du Hodna wilaya de M'sila durant les mois Février et Mars, en se concentrant spécifiquement sur sept daïras : M'sila, Chellal, Hamam Dalaa, Ben srour, Ouled Derradj, Magra et Sidi Aissa. L'étude visait à évaluer les propriétés physiques et chimiques de l'eau potable dans ces régions. L'étude a englobé une évaluation de vingt-et-un (21) paramètres physiques et chimiques pour déterminer les normes de qualité de l'eau. Ces paramètres comprenaient autre autres : la température, le pH, la conductivité, la turbidité, ainsi que la présence de magnésium, de calcium, de nitrate, de potassium et de sodium. Les résultats ont montré que la plupart des régions étudiées dans la Wilaya de M'sila sont conformes aux normes algériennes, à l'exception de quelques légères différences entre elles. Ces écarts ont été observés dans des mesures spécifiques telles que la turbidité (36.7 NTU), le magnésium (540.6 mg/L), le calcium (288.0 mg/L), les sulfates (866.0 mg/L) et le TH (1273.0). Enfin, il est possible de conclure que l'eau de la région du Hodna est une eau très dure qui présente une qualité physico-chimique acceptable avec absence totale des paramètres de pollution (nitrates, nitrites et phosphates).

Mots clés : Qualité physicochimique, eau potable, Hodna, M'sila.

Abréviations

°C : Degré Celsius

°F : Degré français

ADE : Algérienne des eaux

AFNOR : Association Française de la Normalisation

Apc : Commune

Ca: Calcium

EDTA : Ethylène diamine tétra-acétique

g : Gramme

m³ : Mètre cube

mg/l : Milligramme par litre

Mg: Magnésium

mm : Millimètre

MO : Matière organique

Nbr : Nombre

nm : Nanomètre

NTU : Unité néphélogétrie de turbidité

OMS : Organisation mondiale de la santé

pH : potentiel Hydrogène

S.P : Source d'eau de type superficielle

S.T : Source d'eau de type souterraine

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TDS : Total des solides dissous dans l'eau

TH : Degré hydrotimétrique

TPTZ : 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine

UVC : Unité de couleur vraie

μS/cm : Micro-siemens par centimètre

Liste des figures

Figure 01 : Molécule d'eau	2
Figure 02 : Cycle de l'eau	3
Figure 03 : Localisation et présentation de la zone d'étude	10

Listes des tableaux

Tableau 01 : Répartition de la population de la wilaya de M'sila.....	9
Tableau 02 : Répartition des stations d'eau dans la wilaya de M'sila	11
Tableau 03 : Résultat des paramètres organoleptiques pour le mois de Février 2023	26
Tableau 04 : Résultat des paramètres organoleptiques pour le mois de Mars 2023	26
Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques de mois de Février 2023	27
Tableau 06 : Résultats des analyses physico-chimiques de mois de Mars 2023	29

Introduction

INTRODUCTION

L'eau est le fondement de la vie sur terre. Elle est essentielle à la survie de tous les êtres vivants et a depuis longtemps façonné notre environnement, en influençant directement le mode de vie des êtres humains. Les trois quarts de la surface de notre planète sont recouverts d'eau. Elle se présente sous diverses formes, telles que la pluie, les mers, les océans, les lacs, les nappes souterraines, et bien d'autres encore. (Teixeira, 2006).

La consommation de l'eau potable est un facteur essentiel pour prévenir les maladies liées à l'eau. Elle doit être traitée avec une attention particulière. Une eau destinée à la consommation humaine est considérée potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques qui pourraient nuire à la santé des individus à court ou à long terme. C'est pourquoi des normes de qualité ont été établies pour évaluer la potabilité de l'eau de consommation (normes OMS).

Dans ce contexte, notre étude vise à apporter des réponses aux questions suivantes : Quels sont les problèmes de la qualité de l'eau potable dans la région du Hodna (wilaya de M'sila) ? L'eau qui arrive à aux robinets des habitants de cette région est-elle toujours de bonne qualité ? et est-elle conforme aux normes de l'État Algérien et par conséquent aux normes de l'Algérienne Des Eau ?

Dans le cadre de la rédaction de notre mémoire intitulé : « Étude de la qualité d'eau potable dans la région du Hodna », notre objectif est de fournir les informations essentielles quant à la qualité de l'eau consommée par les habitants de la région du Hodna. Ce travail consiste à réaliser un mémoire en plusieurs chapitres. Le premier chapitre porte sur une recherche bibliographique. Le deuxième chapitre présente la partie matériel et méthodes, décrivant les caractéristiques générales de la zone d'étude et les méthodes d'analyse utilisées en laboratoire. Le dernier chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus. Nous concluons notre manuscrit par une conclusion générale.

Chapitre 9

Généralités sur l'eau

Chapitre I. Généralités sur l'eau

I.1. Molécule l'eau

La molécule d'eau, notée H_2O (figure 01), est composée de deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène (Touchart, 2003). Les atomes d'hydrogène sont chacune porteuse d'une charge positive tandis que l'atome d'oxygène est porteur de deux charges négatives (Musy et Higy, 2004).

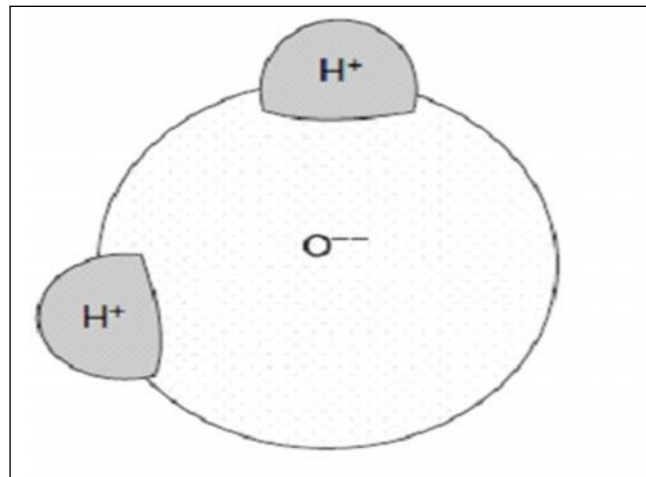


Figure 01 : Molécule d'eau (Hachemaoui, 2014)

I.2. Cycle de l'eau

L'évaporation constante et lente des fleuves, des lacs et des mers entraîne la formation de nuages dans la haute atmosphère, qui se condensent ensuite en pluie. Une partie de cette pluie ruisselle à la surface du sol, contribuant ainsi à l'augmentation des cours d'eau et des lacs. Ces eaux sont soumises à l'évaporation et à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est absorbée par la végétation et utilisée dans le processus d'évapotranspiration, où elle est rejetée dans l'atmosphère (figure 02). L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour, peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (Maïga, 2002).

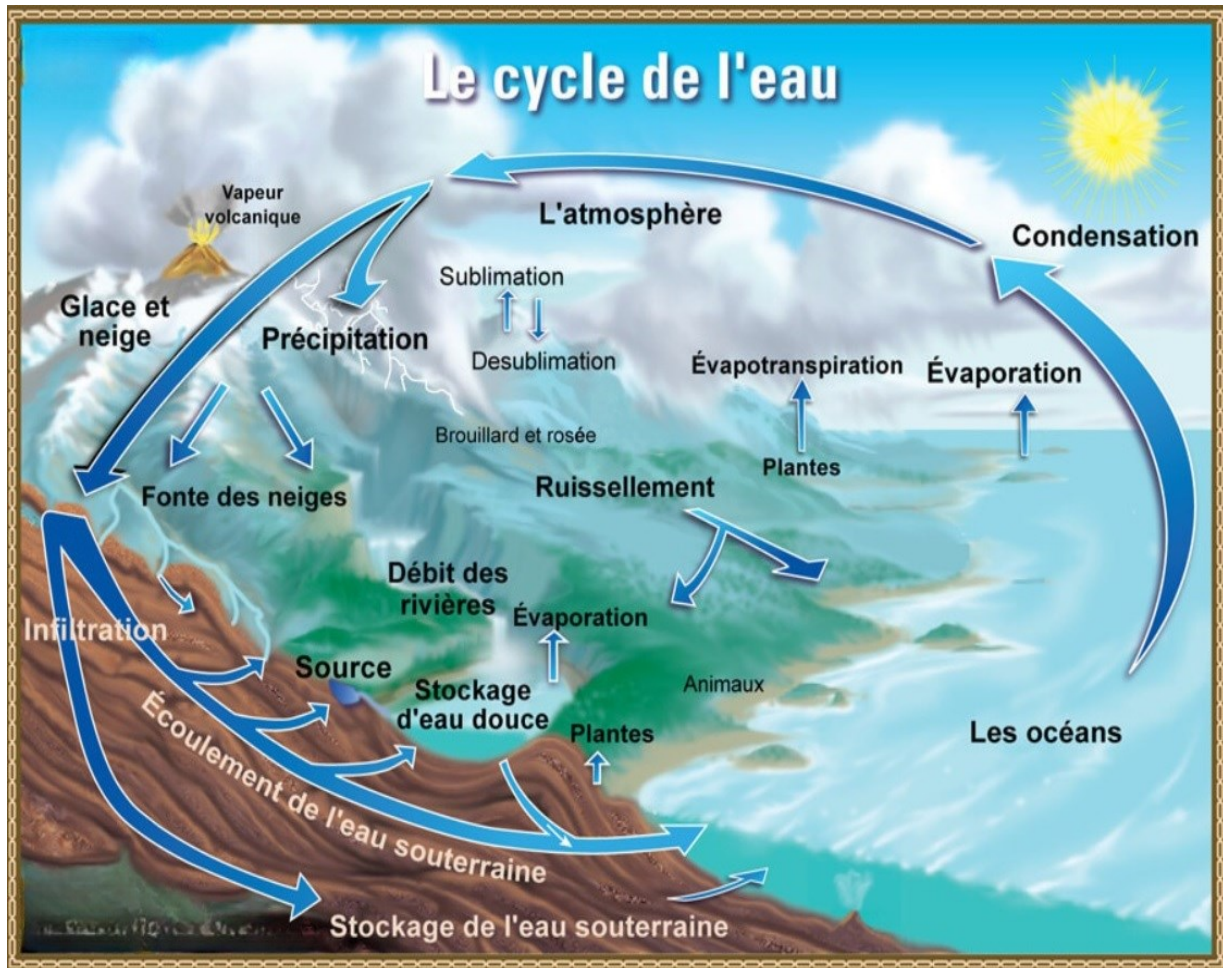


Figure 02 : Cycle de l'eau (Evans, 2019)

I.3. Origine de l'eau

I.3.1. Différents types d'eaux destinées à la consommation humaine

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont les eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lac naturels ou artificielles ou barrages) ou courantes (rivière) (Degremont, 2005).

On peut identifier, en fonction de leur mode de formation, deux sources d'eau principales à considérer.

I.3.1.1. Eaux de surfaces

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Ces derniers ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellements (Degremont, 2009).

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrates et pesticides (Cadot, 1990)

I.3.1.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont ceux du sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Ils sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface (Guergazi et Achour, 2005).

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de ressources aquifères appelées nappes (Dégréement, 2005). Ces nappes, qui représentent environ 20% des réserves d'eau, soit environ 1000 millions de m³, proviennent de l'accumulation des infiltrations dans le sol, qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se regroupent souvent en nappes souterraines et sont généralement caractérisées par une excellente qualité physico-chimique et bactériologique (Rodier, 1997).

I.3.1.3. Eau dure

Cette eau est principalement d'origine souterraine, provenant de la nappe phréatique alimentée par l'infiltration de l'eau de pluie. Elle se caractérise par un pH élevé et contient des ions de calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Généralement, cette eau provient d'aquifères calcaires (Beaulieu, 2008).

I.3.1.4. Eau potable

La potabilité est directement liée à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est considérée comme potable si elle possède les qualités suivantes (Degremont, 2005) :

- Fraîcheur et limpidité
- Absence d'odeur et de couleur
- Goût agréable
- Douceur et aération suffisantes
- Minéralisation raisonnable
- Absence de matières organiques et de germes pathogènes.

I.4. Paramètres organoleptiques

La qualité organoleptique de l'eau potable est importante, car les goûts, les odeurs, la couleur et la turbidité sont directement évalués par le consommateur qui accepte ou refuse le produit (Sylvie ,1993).

I.4.1. Couleur

Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée UCV (unités de couleur vraie) (Degrement, 1952). L'eau naturelle, même traitée, n'est en aucun cas strictement incolore (si on la compare à de l'eau distillée par exemple). Pour l'eau potable, la couleur maximale acceptable est de 15 UCV (Monique ,1991).

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité (Degrement, 1952).

I.4.2. Saveur

La saveur représente l'ensemble de sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique courante perçue lorsqu'une boisson est dans la bouche. La présence de goût dans l'eau peut être due à la présence de substances étrangères telles que des composés organiques, des sels inorganiques ou des gaz dissous. Une eau de consommation humaine doit présenter un bon goût. Sa saveur dépend essentiellement de la qualité et de la nature des corps dissous (Rodier, 2005).

I.4.3. Odeur

L'odeur est une propriété organoleptique par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme : « l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ; la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances » (Rodier, 2005).

I.5. Paramètres physico-chimiques

I.5.1. Température

Pour garantir la potabilité de l'eau, il est recommandé que sa température maximale acceptable soit de 15°C. Cela est dû au fait que l'eau doit être rafraîchissante. Lorsque les sources d'eau naturelles dépassent les 15°C, il existe un risque de croissance accélérée de micro-organismes et d'algues, ce qui entraîne des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une

augmentation de la couleur et de la turbidité. Les variations de température saisonnières peuvent particulièrement affecter les sources d'eau de surface (Dupont, 1981).

I.5.2. Potentiel Hydrogène

Le pH est une mesure de l'activité des ions H^+ présents dans une solution aqueuse. En chimie, il est conventionnel de considérer le pH de l'eau pure comme étant celui qui correspond à la neutralité de la solution. En d'autres termes, toute solution ayant un pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérée comme acide, tandis que toute solution ayant un pH supérieur à 7 est considérée comme basique ou alcaline (Dégrément, 1952).

I.5.3. Salinité

La salinité totale d'une eau (Dégrément, 1952) est la mesure de la concentration totale des cations et des anions présents, exprimée en milligrammes par litre (mg/l).

I.5.4. Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent influencée par la concentration en sels minéraux dissous. L'unité de mesure couramment utilisée pour exprimer la conductivité est ($\mu S/cm$) (AFNOR, 2001). Cette mesure permet d'estimer la capacité de l'eau à conduire le courant électrique en fonction de la quantité de sels dissous présents (Boyd, 2019).

I.5.5. Dureté ou titre hydrométrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est déterminée par la concentration des cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins tels que le sodium (Na^+) et le potassium (K^+). Dans la plupart des cas, la dureté est principalement attribuée aux ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) (ions alcalino-terreux). Le degré hydrotimétrique correspond à la concentration des ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} (Dégrément, 1952). Il est également équivalent à un degré français ($1^\circ F$).

I.5.6. Résidus secs

Les résidus secs obtenus par évaporation sont une mesure de la quantité de matières dissoutes et en suspension présentes dans une eau. Ils représentent les substances solides qui restent après l'évaporation complète de l'eau. Ces résidus peuvent inclure des sels minéraux, des particules organiques et inorganiques, ainsi que d'autres substances dissoutes dans l'eau. La mesure des résidus secs est utilisée comme indicateur de la qualité de l'eau et de sa teneur en impuretés (Degremont, 1989).

I.5.7. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau fait référence à la présence de bicarbonates, carbonates et hydroxydes. Elle est mesurée à l'aide du titre alcalimétrique (TA) ou du titre alcalimétrique complet (TAC). Ces mesures permettent d'évaluer la capacité de l'eau à résister aux changements de pH causés par l'ajout d'acides. L'alcalinité est importante dans le domaine de l'eau potable, car elle peut influencer la stabilité du pH et la capacité de neutralisation des substances acides présentes dans l'eau (Tardath et Beaudry, 1990).

I.5.8. Chlorures

Les concentrations de chlorures (Cl⁻) dans les eaux varient considérablement et sont principalement liées à la nature des terrains qu'elles traversent. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une certaine quantité de chlorures. Les chlorures présents dans l'eau sont incolores et inodores, mais ils peuvent conférer un goût salé à l'eau (Ouahrani, 2012).

I.6. Paramètres indésirables

I.6.1. Métaux lourds

Effectivement, certains éléments tels que l'argent, le cadmium, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le zinc, et d'autres métaux peuvent être présents dans l'eau en raison des rejets industriels, des activités humaines ou de sources naturelles.

Ces éléments sont considérés comme des contaminants et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine, même à de faibles concentrations. Il est important de contrôler et de surveiller la présence de ces éléments dans l'eau potable, et les normes de qualité de l'eau fixent des limites maximales admissibles pour ces contaminants. La dose dangereuse dépend de la concentration de l'élément, de la durée d'exposition et de la sensibilité individuelle (Ransom et *al*, 1998).

I.6.2. Fer et manganèse

Le fer et le manganèse sont deux éléments présents dans la plupart des eaux et sont souvent liés. Leur présence peut entraîner des conséquences similaires, telles que la formation de dépôts, des goûts désagréables et la prolifération bactérienne. Bien que le fer et le manganèse soient nécessaires à la nutrition humaine, il est important de ne pas dépasser certaines teneurs dans l'eau

Des concentrations élevées de fer et de manganèse peuvent causer la formation de dépôts dans les tuyaux et les appareils ménagers, ce qui peut réduire leur efficacité et entraîner des obstructions. De plus, ces éléments peuvent donner à l'eau un goût métallique désagréable. En ce

qui concerne la prolifération bactérienne, le fer et le manganèse peuvent servir de nutriments pour les micro-organismes, favorisant ainsi leur croissance (Ouahrani, 2012).

Chapitre 99

Matériels et méthodes

Chapitre II. Matériels et méthodes

Le présent chapitre consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyse, utilisés en vue d'examiner la qualité physico-chimique de l'eau dans la wilaya de M'sila. Les essais de caractérisations ont été effectués au niveau du laboratoire d'analyse et de contrôle de qualité de l'eau de l'ADE- unité M'sila.

II.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de M'sila (figure 03), occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Dans son ensemble, elle fait partie de la région des hauts plateaux du Centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km². Elle est limitée au Nord par la wilaya de Bordj Bou Arreridj, au Nord-Est par la wilaya de Sétif, à l'Est par la wilaya de Batna, au Sud par la wilaya de Djelfa, au Sud-Est par la wilaya de Biskra, à l'Ouest par la wilaya de Médéa, au Nord-Ouest par la wilaya de Bouira. La wilaya de M'sila comprend 15 daïras qui regroupent 47 communes.

II.2. Habitat

La population totale de la wilaya est estimée à 1 387 158 habitants au 31/12/2021 contre 983 513 habitants en 2008, soit une augmentation absolue d'environ 403 645 habitants. Cette population est répartie entre 15 daïras regroupant 47 communes (tableau 01). La densité de la population est de **76 habitants au km²**, avec de grandes variations entre les communes (ANIREF, 2023) :

- **1 098 habitants au km²** dans la commune de M'sila ;
- **699 habitants au km²** dans la commune de Bou Saâda ;
- **06 habitants au km²** dans la commune d'El Houamed.

Tableau 01 : Répartition de la population de la wilaya de M'sila (Direction du logement 2017)

M'sila	Magra	Sidi Aissa	Ouled Derraj	Hammam Dalla	Ben Srou	Chellal
216788	151345	114395	105970	79566	60983	41152

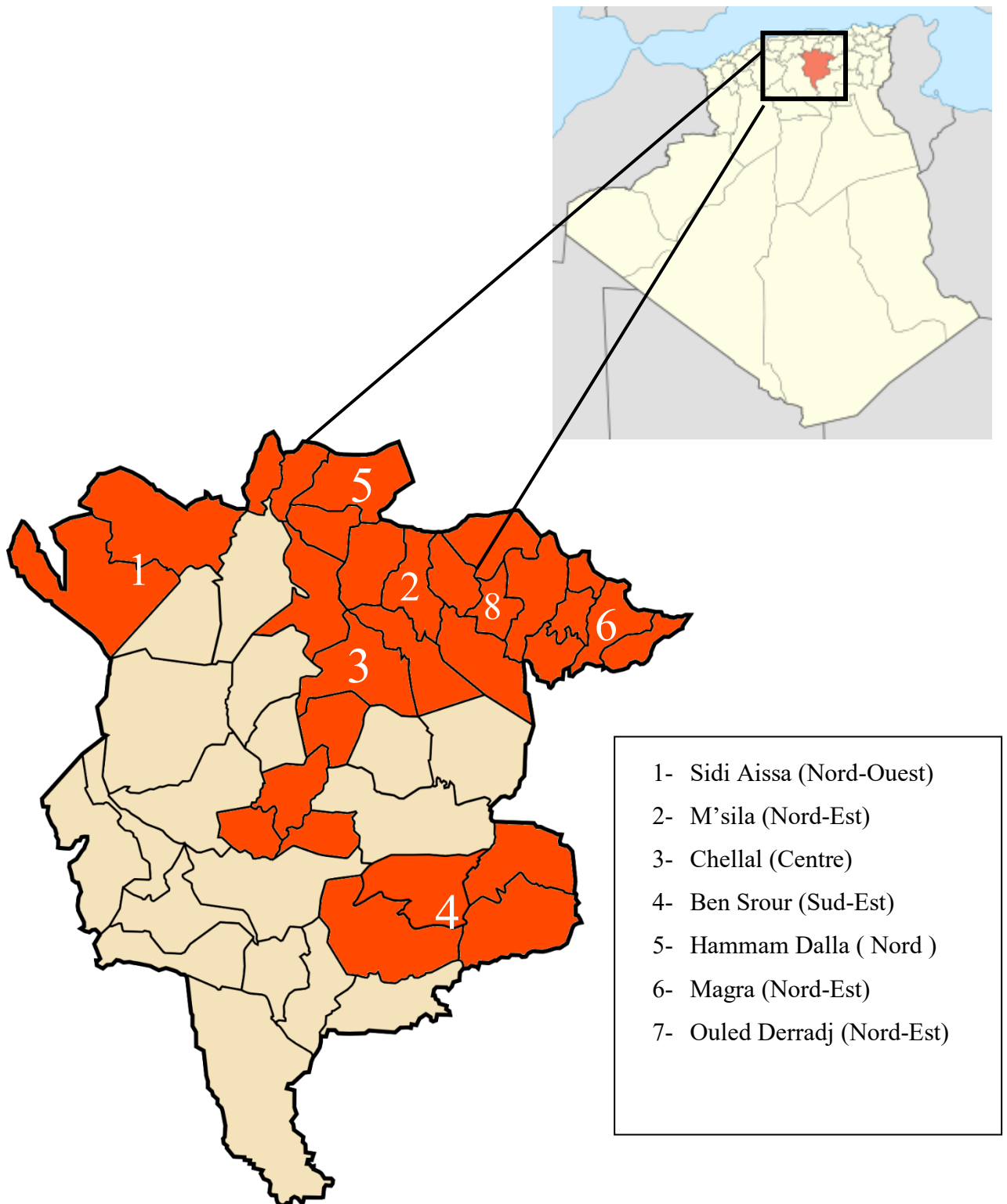


Figure 03 : Localisation et présentation de la zone d'étude

II.3. Réseaux Hydrographique

II.3.1. Stations et sources des fourrages dans la wilaya de M'sila

D'après les informations obtenues auprès de la direction hydraulique de la wilaya de M'sila, les stations qui fournissent de l'eau à l'ensemble des communes de la wilaya sont représentées dans le tableau 01 :

Tableau 02 : Répartition des stations d'eau dans la wilaya de M'sila

Localisation		Nbr des stations	Nbr de forage	Production m ³ /j
Daira	Commune			
M'sila	M'sila	10	44	40521.6
Hammam Dalaa	Hammam Dalaa	11	19	10368
	Ouanougha	5	8	3542.4
	Termounte	4	5	2678.4
	Ouled Mansour	4	7	3974.4
Ouled Derradj	Maadid	11	15	7257.6
	Ouled Derradj	9	15	6480
	M'tarfa	8	11	7430.4
	Ouled Addi Guebala	8	11	5097.6
	Souamaa	8	10	5875.2
	Chellal	7	9	5443.2

Chellal	Ouled Madhi	9	12	6652.8
	Maarif	9	11	5961.6
	Khatouti sed eljir	5	9	5875.2
Khoubana	Khoubana	6	8	6480
	M'cif	5	8	5702.4
	El-Houamed	3	12	8208
Ouled Sidi Brahim	Ouled sidi brahim	5	8	4406.4
	Benzouh	4	4	2419.2
Ain El-Hedjel	Ain El-Hadjel	1	3	1382.4
	Sidi Hadjerss	1	ND	ND
Magra	Magra	14	24	18748.8
	Belaiba	12	17	11059.2
	Dhahna	2	5	3024
	Ain Khadra	10	19	15638.4

	Berhoum	3	9	8121.6
Bou-Saada	Bou-Saada	9	25	21988.8
	Oultem	6	10	8553.6
	El-Hamel	6	7	6393.6
Medjedel	Medjedel	11	13	15725
	Menaâ	7	9	9589.6
Ben Srour	Ben Srour	3	6	3456
	Mohamed Boudiaf	3	9	3628.8
	Zarzour	4	7	3715.2
	Ouled Slimane	4	5	2678.4
Ain El-Melh	Ain El-Melh	3	8	9763.2
	Sidi M'hamed	5	5	3672
	Ain Fares	4	4	2851.2
	Ain Errich	2	4	3801.6
	Bir Fodda	3	3	3024
Sidi Aneur	Sidi Aneur	14	14	8164.8

	Tamsa	12	15	7862.4
Djebel Messaad	Djebel Messaad	5	6	4665.6
	Slim	10	11	8380.6
Sidi Aissa	Sidi Aissa	2	15	16761.6
	Bouti Sayeh	5	6	3456
	Beni Ilmane	4	5	3542.4

II.3.2. Stations et sources des fourrages dans la ville de M'sila

Comme exemple détaillé, les stations qui fournissent de l'eau potable à la ville de M'sila (chef-lieu de la wilaya) sont situés comme suit :

APC de M'sila Chef-lieu wilaya (Centre) :

Nom de station : Station KHEBEB

Nombre de forages : 11

Production : 293.240 m³

APC de M'sila (Est) :

Nom de station : Station Mezrir Est

Nombre de forages : 10

Production : 294.190 m³

APC de M'sila (Ouest) :

Nom des stations : Station Mezrir Ouest

Nbr de forages : 6

Production : 135.352 m³

II.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Cette étude vise à déterminer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable dans la région du Hodna (wilaya de M'sila), en se concentrant spécifiquement sur sept daïras : M'sila, Chellal, Hamam Dalaa, Ben srour, Ouled Derradj, Magra et Sidi Aissa. La première étape de l'étude de qualité des eaux dans ces régions est l'échantillonnage. L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Il faut noter que tous les réactifs utilisés dans l'ensemble des analyses réalisées sont de qualité analytique.

II.4.1. Analyses physiques

II.4.1.1. Détermination de la température

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme (Rodier et *al.*, 2009). On mesure la température de l'eau en utilisant un pH-mètre qui a la propriété de mesurer la température.

II.4.1.2. Détermination du pH

C'est un paramètre de contrôle de qualité important pour l'eau et sa stabilité parce qu'il donne une idée sur l'équilibre physico-chimique entre Gaz dissous (CO₂), ions carbonate et bicarbonate (Belghiti et *al.*, 2013).

a) Principe :

La mesure du pH par appareil multi paramètre est basée sur la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence. Pour éviter de manipuler avec deux électrodes, les deux électrodes sont combinées en une seule entité, créant ainsi une électrode unique. Cela permet d'utiliser une seule électrode au lieu de deux lors des mesures de pH. Un autre avantage est que cela permet de garantir que les deux électrodes sont maintenues à la même température pendant les mesures.

b) Mode opératoire :

- Pour préparer l'électrode, commencez par la rincer avec de l'eau distillée, puis effectuez plusieurs rinçages avec l'échantillon lui-même.
- Immergez l'électrode dans l'eau à analyser.
- Laisser l'électrode se stabiliser pendant quelques secondes.

II.4.1.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (Guentri et Rahmania, 2015). La conductivité est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (AFNOR, 2001).

a) Principe

La mesure de la conductance électrique par conductimètre (HANNA HI 3521) d'une colonne d'eau se fait en utilisant deux électrodes de platine ou couvertes de noir de platine, en parallèles.

- **R** est la résistance de la colonne d'eau en ohms.
- **S** sa section en cm^2 et **l** sa longueur en cm.
- Solution étalon de conductivité connue **P**

$\frac{1}{S}$ est appelé constante de l'élément de mesure

$$P = R \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{S}$$

b) Mode opératoire :

- Il est important de travailler avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant utilisation, en utilisant de l'eau distillée.
- Pour préparer la cellule de conductivité, rincez-la plusieurs fois en commençant par l'eau distillée, puis en la plongeant dans un récipient contenant l'eau à examiner.
- Procédez à la mesure dans un deuxième récipient en veillant à ce que les électrodes de platine soient entièrement immergées.
- Agitez le liquide à l'aide d'un barreau magnétique pour que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide environnant.
- Cette agitation permet également d'éliminer les bulles d'air présentes sur les électrodes. Ensuite, introduisez le thermomètre aussi près que possible de la cellule. Il est crucial de veiller à ce que la température du liquide ne varie en aucune manière pendant la mesure.

II.4.1.4. Turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.(ISO 7027)

a) Principe

La mesure à la fois de la lumière diffusée et de la lumière transmise pour chaque échantillon d'eau permet de détecter la présence de matières non dissoutes qui ont une capacité d'absorption mais qui diffusent peu de lumière. Ces substances pourraient passer inaperçues si seule la mesure de la lumière diffusée était effectuée (ISO 7027).

b) Mode opératoire :

Prenez une cuvette de mesure propre et essuyez-la soigneusement avec du papier hygiénique. Ensuite, versez l'échantillon à analyser, qui doit être bien homogénéisé, dans la cuvette. Effectuez la mesure rapidement par un turbidimètre (HACH 2100N) tout en veillant à vérifier qu'il n'y ait pas de bulles d'air présentes avant de procéder à la mesure. La lecture de mesure est obtenue en NTU.

II.4.1.5. Mesure de la TDS

TDS est la mesure de la masse des sels et ions dissous dans l'eau. Il comprend des sels inorganiques tels que le calcium, le magnésium, le potassium, le carbonate, les nitrates, le bicarbonate, le chlorure et le sulfate, ainsi que des composés organiques provenant d'activités humaines ou de sources naturelles.

a) Méthode de mesure

- Ajoutez une certaine quantité de l'échantillon conservé en bon état dans le bécher.
- Immergez l'électrode du conductimètre (HANNA HI 3521) dans le bécher et appuyez sur le bouton "TDS" pour obtenir la valeur affichée sur l'écran de l'appareil, exprimée en mg/L.

II.4.1.6. Détermination de la dureté

La méthode titrimétrique à l'EDTA permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium pour déterminer la dureté totale de l'eau. Cette méthode est appropriée pour la plupart des types d'eaux, mais elle nécessite certaines précautions lors de sa mise en œuvre.(ADE)

a) Principe

La dureté totale de l'eau est déterminée en mesurant la concentration en calcium et en magnésium dissous. Les ions alcalino-terreux présents dans l'eau réagissent avec le sel disodique

de l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) pour former un complexe de type chélate. Cette réaction permet de quantifier la dureté totale de l'eau (selon L'ADE).

L'estimation du titre hydrométrique a été réalisée en utilisant l'expression suivante :

$$T_H = 1000 \times [(C \times V_1) / V_2]$$

T_H : le titre hydrométrique en mg/l

C : Concentration en milliéquivalent par litre d'EDTA

V_1 : Volume mL de solution d'EDTA utilisé pour le titrage

V_2 : Volume d'échantillon

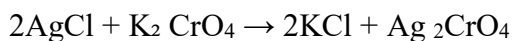
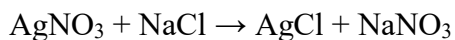
II.4.2. Analyses chimiques

II.4.2.1. Détermination des chlorures

a) Principe

Pour obtenir du chlorure d'argent, les ions chlorure réagissent avec les ions argent présents dans une solution. Les ions argent sont solubles, mais lorsqu'ils réagissent avec les ions chlorure, ils précipitent sous forme de chlorure d'argent. Pour obtenir une couleur brun rouge caractéristique, il est courant d'ajouter un léger excès d'ions argent à la solution. Cela permet d'assurer une réaction complète entre les ions chlorure et les ions argent, favorisant la précipitation du chlorure d'argent (AFNOR, NF T90-014).

Selon les réactions de complexation suivantes :



b) Mode opératoire

- Prenez un échantillon de 5 ml d'eau à analyser.
- Ajoutez 2 gouttes de K_2CrO_4 à l'échantillon d'eau (cela entraînera une coloration jaunâtre).
- Titrez l'échantillon avec une solution d' AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à obtenir une coloration brunâtre.

II.4.2.2. Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

La présence d'ammonium dans l'eau est souvent considérée comme une indication de pollution, car elle résulte de l'interaction entre les minéraux contenant du fer et les nitrates. Cette présence d'ammonium est souvent associée à des activités animales. (ISO N°7150)

a) Principe

La mesure spectrométrique est utilisée pour détecter le composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Cette méthode permet de quantifier la concentration d'ammonium dans l'échantillon d'eau en mesurant l'intensité de la couleur bleue formée (ISO N°7150).

b) Mode opératoire

- Prélevez 20 mL de l'eau à analyser.
- Ajoutez 2 mL du réactif 1.
- Ajoutez 2 mL du réactif 2 et ajustez le volume total à 25 ml en utilisant de l'eau distillée.
- Attendez un certain temps (1h) pour permettre la réaction.
- L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence d'ammonium dans l'eau.

La mesure spectrométrique se fait à $\lambda = 655$ nm et le résultat sera donné en mg/L.

II.4.2.3. Calcium et magnésium**a) Principe**

Pour le titrage molaire des ions calcium et magnésium, on utilise une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10. L'indicateur utilisé est le noir érichrome T, qui réagit avec les ions calcium et magnésium pour former une couleur rouge foncé ou violette. Cette réaction permet de déterminer la concentration de ces ions dans l'échantillon d'eau analysé (ISO N° 6058).

b) Mode opératoire

(V1) Ca^{2+} :

- Prélever 50 mL d'eau à analyser.
- Ajouter 2 mL de NH_4OH (10,1)
- Ajouter quelques gouttes de murexide
- Commencer à titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu)
- Noter le volume d'EDTA utilisé pour atteindre le virage complet

La détermination de la concentration en mg/L de calcium peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/L}) = \frac{\text{V1} \times \text{C}_{\text{EDTA}} \times \text{F} \times \text{M}_{\text{Ca}^{2+}}}{\text{P. E}} \times 1000$$

D'où :

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Ca^{2+}}$: Masse molaire du calcium en g.

F : Facteur

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

$$Ca^{2+}(\text{mg/L}) = \frac{V_1 \times 0.01 \times F \times 40}{50} \times 1000$$

Donc : $Ca^{2+} = V_1 \times F \times 8$

(V2) $Ca^{2+} Mg^{2+}$:

- Prélever 50 mL d'eau à analyser.
- Ajouter 2 mL de NH_4OH (10,1)
- Ajouter quelques gouttes de noir érichrome T
- Commencer à titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu)
- Noter le volume d'EDTA utilisé pour atteindre le virage complet

La détermination de la concentration en mg/L de magnésium peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$Ca^{2+}(\text{mg/L}) = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{EDTA} \times F \times M_{Mg^{2+}}}{P.E} \times 1000$$

D'où :

V_2 : Le volume total d'EDTA utilisé lors de la titration.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/L).

$M_{Mg^{2+}}$: Masse molaire du magnésium en g.

F : Facteur

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

$$Mg^{2+}(\text{mg/l}) = \frac{(V_2 - V_1) \times 0.01 \times F \times 24.3}{50} \times 1000$$

Donc : $Mg^{2+} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86$

II.4.2.4. Détermination de titre Alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la mesure de la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Il représente la capacité de l'eau à neutraliser les acides (AFNOR, NF T90-036).

a) Principe

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) repose sur la neutralisation d'un volume d'eau par de l'acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de phénophtaléine. L'objectif est de mesurer la teneur en hydroxyde libre (OH⁻) et en carbonate (CO₃⁻²) présents dans l'eau (AFNOR, NF T90-036).

b) Mode opératoire

Placer 100 mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 1% et la fin titrer avec de solution l'HCl jusqu'au virage de jaune orange. L'estimation du titre alcalimétrique complet (TAC) peut être réalisée à l'aide de l'expression suivante :

$$TAC(\text{mg/l}) = \frac{V_1 \times N \times F}{V_2}$$

Où :

- V₁ est le volume (HCl) de concentration connue utilisé pour neutraliser l'échantillon d'eau
- N est la normalité de l'acide chlorhydrique
- F est le facteur
- V₂ est le volume de l'échantillon d'eau analysé

II.4.2.5. Dosage de fer**a) Principe**

En milieu tamponné, le fer ferreux (Fe²⁺) peut former un complexe violet avec le complexe TPTZ. Ce dernier réagit avec les ions ferreux pour former un complexe coloré violet intense. Cette couleur est utilisée comme indicateur visuel pour quantifier la concentration de fer ferreux dans l'échantillon. (RODIER 71)

b) Mode opératoire

- Prendre 0.5 mL d'échantillon.
- Ajoutez 15 mL de tampon.
- Ajoutez ensuite 15 mL de solution de TPTZ à l'échantillon et continuez à agiter.
- Complétez le volume à 50 mL avec de l'eau distillée
- Laissez reposer le mélange pendant 5 minutes pour permettre la réaction chimique
- Mesurez l'absorbance du mélange à λ= 600 nm.
- Le résultat est donné directement en mg/L.

II.4.2.6. Détermination de Nitrites (NO_2^-)

a) Principe

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec le dichlorhydrate de N-(1-naphtyl) éthylènediamine forment un complexe coloré qui peut être utilisé pour un dosage colorimétrique (Rodier, 84).

b) Mode opératoire

- Prélevez avec précision 25 mL de l'échantillon d'eau à analyser
- Ajoutez 0,5 mL du réactif mixte à l'échantillon
- Agitez l'échantillon pour bien mélanger le réactif avec l'eau, puis laissez reposer pendant 10 minutes
- Ajoutez ensuite 2 mL d'ammoniac pur à l'échantillon. L'ammoniac peut être utilisé pour ajuster le pH
- Fait la lecture au spectrophotomètre de la longueur d'onde appropriée de mesure

Le résultat de l'analyse est donné directement en mg/L

II.4.2.7. Détermination de Nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylates de sodium, les nitrates peuvent former un composé coloré appelé paranitrosnylate de sodium pour former le paranitrosnylate de sodium, qui est un complexe coloré jaune (RODIER 84).

a) Mode opératoire

- Ajoutez 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% et 1 mL de solution de sodium à 10 mL de l'échantillon à analyser. Le NaOH peut être utilisé pour ajuster le pH de l'échantillon et faciliter la précipitation ou la formation de complexes avec certaines substances.
- Évaporez le mélange à sec au bain-marie ou à l'étuve à une température spécifique, entre 75°C et 88°C
- Laissez le résidu obtenu après évaporation à sec refroidir à température ambiante
- Ajoutez 2 mL d'acide sulfurique au résidu refroidi et laissez reposer pendant 10 minutes
- Après le repos, ajoutez 15 mL d'eau distillée et 15 mL de tartrate double de sodium et de potassium
- Mesurez l'absorbance à $\lambda = 600$ nm et les résultats sont donnés en mg/L.

II.4.2.8. Dosage de sodium et de potassium à l'aide de la photométrie à feu

a) Principe

Le principe de la photométrie de la flamme repose sur l'excitation des atomes des éléments à analyser dans une flamme à l'aide d'une source de chaleur intense, comme une flamme d'oxygène-acétylène. Lorsque les atomes sont excités, ils émettent de la lumière à des longueurs d'onde spécifiques, caractéristiques de chaque élément. Cette lumière émise est ensuite mesurée et analysée par un photomètre de flamme approprié (RODIER 7e ED, 1984).

b) Mode opératoire

- Allumer et étalonner le photomètre à flamme (JENWAY).
- Remplacer la cuvette d'eau distillée par une cuvette contenant une solution étalon de sodium (Na^+) ou de potassium (K^+) à une concentration de 10 mg/L.
- Ajuster la lecture à 10 mg/L.
- Retirer la cuvette contenant la solution étalon et la remplacer par une cuvette d'eau distillée pour vérifier si l'écran affiche zéro.
- Remplacer la cuvette d'eau distillée par une cuvette contenant une solution étalon de sodium ou de potassium à 10 mg/L et vérifier si l'écran affiche la valeur de 10.
- Faire passer les échantillons et lire une fois que la valeur affichée sur l'écran se stabilise.

II.4.2.9. Détermination de la matière organique (MO)

a) Principe

Le dosage de la matière organique se fait par une méthode d'oxydation utilisant le permanganate de potassium en présence d'un milieu acide et en portant l'échantillon à ébullition pendant 10 minutes. Cette réaction permet d'oxyder les composés organiques présents dans l'échantillon. Après l'oxydation, un excès de permanganate de potassium reste présent dans la solution. Cet excès est ensuite réduit par l'oxalate de sodium en excès, formant des ions manganèse(II) et des ions oxalate (selon L'ADE).

b) Mode opératoire

- Prélevez 50 mL d'eau à analyser.
- Ajoutez 2.5 mL d'acide sulfurique dilué à l'échantillon et portez-le à ébullition pendant 1 minute. L'acide sulfurique est utilisé pour acidifier la solution et favoriser l'oxydation
- Après l'ébullition, ajoutez 7.5 mL de (KMnO_4) de 0.01 N à l'échantillon. Poursuivez l'ébullition régulière et douce pendant 10 minutes.

- Ensuite, ajoutez 7.5 ml d'acide oxalique de concentration 0.01 N à l'échantillon. Procédez ensuite au titrage à chaud en utilisant une solution de (KMnO₄) de 0.01 N jusqu'à ce qu'une coloration rose clair persiste pendant 15 à 20 secondes
- Le permanganate de potassium est utilisé comme titrant pour réagir avec l'excès d'acide oxalique présent dans l'échantillon.

La matière organique estimée à l'aide de l'expression suivante :

$$MO_{mg/L} = (V_{ech} - V_0) \times F \times 0.8$$

D'où :

V_{ech} : Volume KmnO₄ à 0.01 N (échantillon).

V_0 : Volume KmnO₄ à 0.01 N (blanc : H₂O distillée).

F : facteur de correction de la solution de KMnO₄, à 0,01

II.4.2.10. Détermination des phosphates

a) Principe

Dans cette méthode de formation de complexe, le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium réagissent en milieu acide pour former un complexe. Ce complexe est réduit par l'acide ascorbique, ce qui génère un complexe coloré de couleur bleue dont le maximum d'absorption est à 880 nm (ISO N° 6878).

b) Mode opératoire

- Prendre 40 mL de l'eau à analyser et ajouter 1 mL d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 mL du réactif mixte contenant le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.
- Après 10 min, effectuer la lecture de l'échantillon à une longueur d'onde de 880 nm. Le résultat est donné en mg/L.

II.4.2.11. Détermination des Sulfates (SO₄²⁻)

a) Principe

Pour doser les sulfates, les ions sulfates présents dans l'échantillon sont précipités sous forme de sulfate de baryum (BaSO₄). Cette réaction chimique est utilisée pour séparer les sulfates des autres composés présents dans l'échantillon. (Norme ISO 5667,2004(F))

b) Mode opératoire

- Prendre 20 mL de l'eau à analyser et compléter jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 5 mL de la solution stabilisante pour maintenir les sulfates en solution.
- Ajouter 2 mL de chlorure de baryum (BaCl_2), qui réagit avec les sulfates pour former un précipité de sulfate de baryum.
- Agiter vigoureusement pendant 1 minute afin de favoriser la réaction.
- Passer l'échantillon obtenu au spectrophotomètre et effectuer la mesure à une longueur d'onde de 420 nm.

Pour exprimer les résultats de la mesure des sulfates en mg/l, vous pouvez utiliser la formule suivante :

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/L)} = V \times F$$

D'où :

V : valeur lue sur le spectrophotomètre

F : facteur de dilution

II.4.2.12. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

L'alcalinité d'une eau est une mesure de sa capacité à neutraliser les acides. Elle est généralement attribuée à la présence de bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) dans l'eau. Ces espèces chimiques sont responsables de l'alcalinité car elles peuvent réagir avec les ions H^+ (acides) pour former de l'eau et des sels. (RODIER)

a) Principe

La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser un échantillon d'eau à des niveaux de pH spécifiques (pH = 8.3 et 4.3) permet de calculer le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau

b) Mode opératoire

- Prendre 100 ml de l'échantillon
- Noter son pH initial. Ensuite, vous devez titrer l'échantillon avec (HCl) à 0,1 N jusqu'à atteindre un pH de 4,3.

Expression des résultats :

$$F. G = \frac{V_a \times N_a \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000}{P. E}$$

$$F. G = V_a + 61 = \text{HCO}_3^- \text{ mg/l}$$

Où :

V_A : Volume d'acide (HCl) versé lors du titrage.

N_A : Normalité de l'acide (HCl) utilisé.

$M_{\text{HCO}_3^-}$: Masse des bicarbonates (HCO_3^-) présents dans l'échantillon.

P.E : Prise d'essai, c'est-à-dire la quantité d'eau prélevée pour l'analyse.

Chapitre 999

Résultats et discussion

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Paramètres organoleptiques

Les résultats de l'analyse des paramètres organoleptiques du mois de Février et Mars (2023) sont représentés respectivement dans le tableau 03 et 04.

Tableau 03 : Résultats des paramètres organoleptiques pour le mois de Février 2023

Commune	Prélèvement	Source	Odeur
Msila	S.T	S.T	BON
Sidi aissa	E.robinet	N.D	BON
Hammam dalla	Réservoir	N.D	BON
Chellal	Forage	N.D	BON
Bousaada	Forage	N.D	BON

S.P: Source d'eau de type superficielle

S.T : Source d'eau de type souterraine

Tableau 04 : Résultats des paramètres organoleptiques pour le mois de Mars 2023

Commune	Prélèvement	Source	Odeur
Msila	S.T	S.T	BON
Magra	Forage	N.D	BON
Chellal	Forage	N.D	BON
Ben srour	Forage	N.D	BON

Comme le montrent le tableau 3 et 4, le seul paramètre analysé dans les laboratoires de l'ADE est l'odeur. Il semble que l'odeur de l'eau prélevée dans la commune de M'sila ainsi que les autres communes de la zone d'étude (Magra, Chellal et Ben srour) sont qualifiées de "bonnes".

Ces résultats suggèrent que l'eau dans cette région d'étude ne présente pas d'odeurs désagréables ou anormales. Une odeur "bonne" peut indiquer que l'eau est propre et sans présence notable de composés ou de substances qui pourraient causer des odeurs indésirables.

Cependant, il est important de noter que l'odeur de l'eau peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la source d'eau, les conditions environnementales locales et les processus de traitement de l'eau. Il peut être utile d'effectuer des analyses plus détaillées pour évaluer la qualité globale de l'eau, y compris d'autres paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

III.2. Paramètres physico-chimiques

L'ensemble des résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques, qui sont en nombre de vingt-et-un (21), du mois de Février et Mars (2023) sont représentés respectivement dans le tableau 05 et 06. Les échantillons d'eau analysés proviennent des daïras suivantes : M'sila, Chellal, Hamam Dalaa, Ben srour, Ouled Derradj, Magra et Sidi Aissa.

Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques de mois de Février 2023

Paramètres	M'sila	Chellal	H.Dalaa	Ben srour	Sidi Aissa	Normes Algériennes	Normes OMS
Température (°C)	13.4	13.4	17.07	17.16	16.75	< 25	25
pH	7.5	7.8	7.36	6.93	8.1	6,5 à 9,5	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	3113	1792	1172	1819.3	1126	2800 max	2800
Turbidité (NTU)	36.7	13	0.71	1.76	0.95	5	2
TDS (mg/L)	1598.7	900	582.6	788.6	356.5	-	-
Cl ₂ (mg/L)	0.3	0	0	0	0.2	-	-
TAC (mg/L)	283.3	200	266.6	283.3	200	500	-
M.O	1.3	1.5	0.32	1	0.55	3	5

HCO₃⁻ (mg/L)	345.7	244	325.6	345.3	244	500	300
TH (mg/L)	1273.3	680	513.3	846.6	480	500	<500
Ca²⁺ (mg/L)	288	128	112	181.3	112	200	-
Mg²⁺ (mg/L)	134.7	87	540.66	95.3	49	150	-
Cl⁻ (mg/L)	331.3	71	57	106.6	36	500	300
R.S (mg/L)	2359	1358	888.3	1378.6	853	1500-2000	2000 max
NH₄⁺ (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.5	/
NO₂⁻ (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.1	0.1
SO₄²⁻ (mg/L)	823.3	500	276.6	500	300	400	200
NO₃⁻ (mg/L)	1	24	12.33	11	1	50	/
Fe⁺² (mg/L)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.3
PO₄³⁻ (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5	0.5
Na⁺ (mg/L)	118	89	34	47.6	48	200	200
K⁺ (mg/L)	7.7	9	5.9	9.3	5.5	12	-

Tableau 06 : Résultats des analyses physico-chimiques de mois de Mars 2023

Paramètres	M'sila	Magra	H.Dalaa	O.Derradj	Sidi Aissa	Normes Algériennes	Normes OMS
Température °C	13.66	20.53	20.5	16.13	20.3	< 25	< 25
pH	7.25	7.31	7.60	7.06	7.53	6.5-9.5	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	3203	1894.6	1203	999.6	2480	2800	2800
Turbidité (NTU)	4.58	14.84	0.8	0.31	0.3	< 5	< 5
TDS (mg/L)	1643.3	954.3	597.3	492.6	1259	-	-
Cl₂ (mg/L)	0.2	0.16	0.3	0.23	0	-	-
TAC (mg/L)	310	200	200	206.6	/	<500	<15
HCO₃⁻ (mg/L)	378.3	244	244	252	427	500	300
TH (mg/L)	1213.3	653.3	400	406.6	1000	<500	<500
Ca²⁺ (mg/L)	256	173.3	90.66	96	208	200	-
Mg²⁺ (mg/L)	139.6	743	42.38	40.6	117	150	-
Cl⁻ (mg/L)	296	130.3	83	38	213	500	300
R.S (mg/L)	2427.3	1436	911.6	757.6	1879	1500 - 2000	2000

NH₄⁺ (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.5	0.5
NO₂⁻ (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.1	0.1
SO₄²⁻ (mg/L)	866.6	600	300	223.3	650	400	200
NO₃⁻ (mg/L)	1	12	6.36	19.6	1	50	-
Fe⁺² (mg/L)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.3	0.3
PO₄³⁻ (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5	0.5
Na⁺ (mg/L)	183.3	148.6	101	46	150	200	200
K⁺ (mg/L)	7.96	4.36	4.63	4	5.8	12	-

III.2.1. Température

La moyenne des valeurs mesurées varie entre 13.4 et 20.53 °C (pour les deux mois : Février et Mars) dans toute la région d'étude. Cette valeur est inférieure à la norme fixée par le journal algérien et celle de l'OMS qui est de 25°C. Il faut bien noter que la température de l'eau varie en fonction de saison de mesure. Cependant, la température de l'eau potable recommandée pour la consommation humaine est généralement proche de la température ambiante.

III.2.2. pH

Les valeurs de pH obtenues des 7 Daïras d'étude pour les mois de Février et Mars varient de 6.93 à 8.1. Selon les normes en vigueur en Algérie et celle de l'OMS, le pH de l'eau potable doit être compris entre 6.5 et 9.5. Par conséquent, le pH des eaux mesuré dans ces communes est conformes aux normes nationales et internationales, ce qui indique une bonne qualité de l'eau en termes d'acidité.

III.2.3. Conductivité

La valeur de conductivité obtenue dans ces 2 mois d'analyse dans la Daïra de M'sila est 3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui dépasse les normes algériennes. Ces normes recommandent généralement une conductivité inférieure à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau potable. Cela peut indiquer une concentration élevée de minéraux dissous dans l'eau dans cette région. Par contre, les valeurs des autres régions varient entre 999 et 2480 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Par conséquent, la conductivité mesurée à ces régions se situe dans des limites acceptables.

III.2.4. Turbidité

La turbidité de l'eau mesurée des régions suivantes : M'sila (mois de Mars), H.Dalla, O.Derradj, Sidi aïssa et Ben srour est comprise entre 0.3 et 4.58 NTU. Elle est en dessous de la limite recommandée (5 NTU) et conforme aux normes algériennes. Cela indique que l'eau présente une clarté élevée avec une faible quantité de particules en suspension dans ces régions.

D'autre part, dans les Daïras de M'sila (mois de Février), Chellal et Magra, la turbidité de l'eau mesurée varie entre 13 à 36.7 NTU, ce qui est bien supérieur à la norme algérienne. La présence de particules en suspension dans l'eau peut affecter la clarté et la qualité visuelle de l'eau.

III.2.5. TAC

Le titre alcalimétrique complet (TAC) de toutes les régions d'étude pour les 2 mois sont comprises entre 200 et 350 mg/L. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne (500 mg/L).

III.2.6. Dureté (TH)

La dureté est la somme des concentrations des ions calcium et magnésium, exprimé en carbonate de calcium (Brasilia, 2013).

La dureté mesurée dans les régions : H.Dalla, O.Derradj et Sidi aïssa dans le mois de Février varie entre 400 et 500 mg/L. Ces valeurs répondent aux normes indiquées par la réglementation algérienne 500 mg/L.

Pour l'eau des daïras de M'sila, Magra, chellal, Ben srour et Sidi aïssa et pendant le mois de Mars 2023, la dureté varie entre 653.3 et 1273.3 mg/L. Ces valeurs dépassent la norme réglementée. Donc l'eau dans ces régions est très dure (dureté élevée). Cette dureté élevée peut-être à la nature lithologique de la formation aquifère des zones étudiées (Ghazali et al, 2013).

III.2.7. Calcium

Le calcium est un métal alcalin réparti dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. Les concentrations de calcium (Ca^{2+}) dans les 2 mois d'étude varient comme suit :

- 90.66 à 208 mg/L pour les daïras : Magra, H.Dalla, Sidi aïssa, Ben srour, O.derradj, et Chellal. Ces valeurs sont totalement acceptables et conformes aux normes algériennes et celle de l'OMS qui fixent une valeur maximale admissible de 200mg/L.
- Par contre, pour la daïra de M'sila le taux de calcium est de 256 mg/L dans mois de Février et 288mg/L pour le mois de Mars 2023. Il apparait tout à fait clair que la concentration de calcium dépassent les normes recommandées en Algérie pour l'eau potable. Les normes algériennes indiquent une limite de 200mg/L. Cette teneur élevée peut être justifiée par le calcaire libéré sous l'action de la circulation des eaux souterraines.

III.2.8. Magnésium

L'origine du magnésium dans les eaux est liée à la dissolution des formations carbonatées a fortes teneurs en magnésium (Sabah et al, 2008). Les concentrations de magnésium (Mg^{2+}) dans les 2 mois varient comme suit :

- M'sila, H.Dalla (Mars), Sidi aïssa, Ben srour, O.Derradj, et Chellal présente des valeurs entre 40.6 et 139.6 mg/L qui sont en concordance avec les normes algériennes et l'OMS qui fixent une concentration maximale de 150 mg/L.
- Toutefois, le taux du magnésium dans les régions H.Dalla (fevrier) et Magra (mois de Mars) varie de 540.66 à 743 mg/L. Ces valeurs sont largement supérieures aux normes recommandées (150 mg/L).

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part et la formation salifères d'autres part comme les argiles (Dib, 2009)

III.2.9. Chlorures

D'après les résultats obtenus on remarque la quantité de chlorures varie entre 35.0 à 331.3 mg/L dans toutes les régions pendant les 2 mois d'étude. Cette valeur est également dans les limites acceptables pour l'eau potable, généralement inférieure à 500 mg/L (normes algériennes) et celle de l'OMS (300 mg/L).

Les chlorures peuvent avoir une origine essentiellement agricole ou industrielle et urbaine (Si youcef S, 2015). Les valeurs élevées des chlorures sont liées à la nature des terrain transversés (Rodier, 2009).

III.2.10. Fer

Le fer dans les approvisionnements ruraux d'eaux souterraines est un problème courant : ses concentrations s'étendent de 0 à 50 mg/L, alors que l'OMS recommande un niveau de fer inférieur à 0.3 mg/L.

La norme algérienne pour le fer est fixée sur une concertation de 0.3 mg/L. Les eaux analysées de toutes les régions quant à leur teneur en fer présentent des concentrations inférieures à 0.2 mg/L pendant les 2 mois d'étude ce qui démontre la qualité de ces eaux.

IL faut noter qu'une teneur élevée en fer qui dépasse 0.3 mg/L donne à l'eau potable un goût désagréable et paraisse impropre à la consommation. De plus, la présence du fer dans les sources d'approvisionnement en eau pour usage domestique n'est pas souhaitable pour un certain nombre de raisons qui ne sont pas liées directement à la santé. Le mauvais goût et la coloration de l'eau du robinet sont les motifs de plaintes les plus fréquents des consommateurs.

III.2.11. Matière organique

La qualité et la stabilité d'une eau potable sont en grande partie liées à sa teneur en matières organiques résiduelles. La matière organique des eaux analysées varie entre 0.55 à 1.5 mg/L dans les daïras : M'sila, Chellel, H.Dalla, Ben srour, Sidi aïssa pendant le mois de février 2023. Les normes OMS (2000) fixe une concentration de 5 mg/L. Dans ce cas, la matière organique mesurée est inférieure à la limite recommandée.

Les matières organiques sont présentes de manière naturelle dans les eaux et proviennent de la décomposition des organismes vivants animaux et végétaux. Elles sont aussi issues des rejets liés aux activités humaines. Elles peuvent être source de pollution pour l'eau au-delà d'un certain seuil. La qualité et la stabilité d'une eau potable sont en grande partie liées à sa teneur en matières organiques résiduelles

III.2.12. Ammonium

La norme algérienne et OMS pour l'ammonium (NH_4^+) est fixée sur une concertation de 0.5 mg/L. Les eaux de toutes les régions présentent des concentrations inférieures à 0.2 mg/L pendant

les 2 mois d'étude. Par conséquent, le taux d'ammonium mesurée dans ces régions se situe dans des limites acceptables.

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

III.2.13. Bicarbonates

L'OMS et les normes algériennes fixe une concertation de bicarbonate (HCO_3^-) maximale de l'eau potable sur 300 mg/L. Les résultats obtenus varient entre 244 et 300 mg/L dans les daïras de : Magra, H. Dalla, O. Derradj et Sidi aïssa (Février). Ces résultats sont définitivement inférieures aux normes en vigueur.

Des valeurs entre 345 et 427 mg/L sont enregistrées dans les daïras de : M'sila, Ben srour, et sidi aïssa (Mars). Il est notable que ces valeurs restent en dehors des normes.

Il est important de noter que la présence de bicarbonate dans l'eau potable favorise la transformation en acide carbonique qui donne les ions HCO_3^- .

III.2.14. Sulfates

Le taux de sulfates (SO_4^{2-}) trouvé varie entre 223 à 300 mg/L dans les daïras de : H. Dalla, O. Derradj et Sidi aïssa (Février) qui sont acceptable par rapport norme algérienne et OMS maximale de 400 mg/L. Les daïras : M'sila, Ben srour, Sidi aïssa (Mars), Magra et Chellal avec des valeurs entre 600 et 866.6 mg/L sont supérieures aux normes.

Le sulfate contenu dans l'eau souterraines peut provenir de l'argile, des matières organiques, de la dissolution du gypse (solubilité des sulfates de calcium) et des oxydations de sulfates des roches. Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie. Des concentrations importantes en sulfate dans l'eau peut avoir un effet laxatif important combiné avec le calcium et le magnésium, les deux composés majeurs de la dureté de l'eau.

III.2.15. Phosphates

L'OMS et les normes algériennes fixe une concertation de phosphates (PO_4^{3-}) maximale de l'eau potable sur 0.5 mg/L. Les eaux de toutes les régions présentent des concentrations inférieures à 0.1 mg/L pendant les 2 mois d'étude ce qui est totalement acceptable et conforme aux normes.

III.2.16. Nitrates

Les normes algériennes fixent une concentration de nitrates (NO_3^-) maximale de l'eau potable sur 50 mg/L. L'eau analysée de l'ensemble des régions étudiées présentent des concentrations entre 1 et 24 mg/L et ceci durant les 2 mois d'étude. Les concentrations enregistrées sont dans les normes de la réglementation algérienne.

Les nitrates des eaux souterraines et des cours d'eau proviennent principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés et en second lieu des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates).

Bien que les nitrates soient énormément moins toxiques nocifs que les nitrites, il ne doit pas y en avoir plus de 50mg/L dans l'eau du robinet. En effet une fois consommés, ils peuvent évoluer en nitrites dans l'estomac puis se transformer en nitrosamines toxiques et réputées cancérigènes.

III.2.17. Nitrites

Les normes algériennes fixent une concentration de nitrites (NO_2^-) maximale de l'eau potable sur 0.1 mg/L. Tous les échantillons d'eau et durant les 2 mois d'études présentent des concentrations inférieures à 0.02 mg/L. Les concentrations enregistrées sont dans les normes de réglementation algérienne. Une eau dont la teneur en nitrites est inférieure à 0.02 mg/L est qualifiée de très bonne.

De même, la présence de nitrites dans l'eau peut résulter de l'utilisation d'engrais chimiques et de fumiers, d'installations septiques déficientes, de la décomposition de matières végétales et animales.

Les nitrites empêchent l'hémoglobine des globules rouges de transporter de l'oxygène vers les organes. Ils peuvent donc être à l'origine de méthémoglobinémie. Cette pathologie peut se traduire par une cyanose, par une coloration bleutée de la peau et même provoquer l'asphyxie. Au sein de notre organisme, les nitrites peuvent créer plusieurs composés cancérigènes. Ils se lient à des acides aminés et forment des nitrosamines. Ces substances sont classées cancérigènes par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Elles joueraient essentiellement sur l'apparition du cancer de l'estomac et du cancer colorectal.

III.2.18. Résidus secs

Les Résidus secs sont un indicateur de minéralisation qui permettent de déterminer le taux de minéraux recueillis après évaporation. Dans notre étude, les valeurs obtenus varient entre 757.5 et 2000 mg/L. Par rapport la réglementation algérienne, qui recommande une concentration de 1500 à 2000 mg/L, nos valeurs sont inférieures et respecte ces normes.

III.2.19. Sodium et Potassium

Les valeurs de sodium (Na^+) varient entre 34 et 183.3 mg/L dans toutes les régions étudiées. La valeur maximale de sodium selon la norme algérienne pour l'eau potable est 200 mg/L. Le sodium est généralement trouvé dans les roches cristallines et les roches sédimentaires comme le sable et l'argile.

La valeur fixée par les normes algériennes pour le potassium (K^+) doit être inférieure à 12 mg/L. En effet, les valeurs enregistrées sont entre 4 et 9 mg/L et qui sont conformes avec la norme mentionnée précédemment.

Conclusion

Conclusion

L'eau est un élément essentiel pour la vie quotidienne des êtres vivants d'une manière générale et pour l'être humain d'une manière spécifique. Les problèmes liés à la qualité de l'eau et la prévalence des maladies d'origine hydrique dans la wilaya de M'sila sont devenus une préoccupation majeure pour la santé publique. Ces maladies sont influencées par divers facteurs tels que l'augmentation de la population, l'urbanisation anarchique, la dégradation de l'hygiène environnementale, la vétusté des réseaux d'eau et l'insuffisance des ressources hydriques.

Au cours de notre étude, nous avons analysé vingt-et-un (21) paramètres physico-chimiques de différentes sources d'eau des sept (7) daïras de la wilaya de M'sila afin d'évaluer leur qualité en fonction des normes de potabilité établies en Algérie. Notre objectif était de déterminer si ces régions respectaient les normes de qualité requises pour assurer la potabilité de l'eau. En effet, les 7 daïras qui ont fait l'objet de notre étude sont : M'sila, Chellal, Hamam Dalaa, Ben srour, Ouled Derradj, Magra et Sidi Aissa. Les paramètres analysés sont les paramètres qui sont fréquemment surveillés pour la qualité de l'eau et comprennent entre autres : la température, le pH, la conductivité, la turbidité, les minéraux, le TH, le TAC,...etc.

D'un point de vue physico-chimique et à partir de l'ensemble des résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes :

- Les valeurs de pH enregistrées dans les 7 daïras sont conformes aux valeurs « guide de la norme algérienne » avec des valeurs qui oscillent entre 6.9 et 8.1.
- Les valeurs de température des 7 daïras sont conformes aux normes algériennes.
- Pour le paramètre de turbidité, toutes les daïras sont dans les normes algériennes, mais les daïras M'sila, Chellal et Magra dans les mois février et mars respectivement ils ont dépassé les normes algériennes.
- Concernant les minéraux, pour le calcium la daïra de M'sila dépasse les normes algériennes de 200 mg/L dans les 2 mois d'étude. Pour le magnésium, les valeurs enregistrées dans les daïras de H.dalla (février) et de Magra (mars) sont supérieures aux normes recommandées (150 mg/L).
- Absence totale des paramètres de pollution (nitrates, nitrites et phosphates).
- La moyenne de la dureté totale dans les régions : M'sila, Magra, Chellal, Ben srour, et Sidi aissa est de 963.3 mg/L, ce qui donne une eau avec une dureté très élevée.

À la lumière de ces résultats, il est constaté que la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés respectent les normes algériennes en vigueur. Par conséquent, il est possible de conclure que l'eau de la région du Hodna présente une qualité physico-chimique acceptable. Cependant, une surveillance continue et la mise au point des stratégies d'atténuation potentielles doivent être envisagées pour garantir la sécurité et le bien-être à long terme de la population locale.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- AFNOR, X. P. (2001). P13-901: Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons, Définitions-Spécifications-Méthodes d'essais-Conditions de réception. *Saint-Denis La Plaine Cedex: AFNOR*.
- AFNOR, N. (2001). Qualité de l'eau. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).
- Boyd, C.E. (2019). *Water Quality :Switzerland.AG.Cham,Switzerland*.
- BELGHITI M.L, CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R., (2013). « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio Quaternaire dans la région de Meknès (Maroc) ». *Lahryss Journal*, ISSN 1112-3680/E-ISSIN 2521-9782,.(14).
- Brasilia, 2013. Manuel pratique d'analyse de l'eau (Fondation Nationale de la Santé) 4eme édition : FUNASA.
- Beaulieu, J. M., Leitch, I. J., Patel, S., Pendharkar, A., & Knight, C. A. (2008). Genome size is a strong predictor of cell size and stomatal density in angiosperms. *New Phytologist*, 179(4), 975-986.
- Cadot, E., Estupina, V. B., Rousseau, M., & Sebag, D. (2015). Impact environnemental de la diffusion de produits phytosanitaires par ruissellement. Deux exemples contrastés en Europe et en Afrique. *Dynamiques environnementales. Journal international de géosciences et de l'environnement*, (36), 182-197.
- Degrémont, G. (2005). *Mémento technique de l'eau*, Tome 1, 10ème édition, Edit. *Tec et doc*, 3-38
- Degrémont, G. (1952). « *Mémento technique de l'eau* », Première édition.(pas)
- Degrémont., (1989) « *Mémento technique de l'eau* », 8 ème Edition.(pas)
- Dupont, A. (1981). *Hydraulique urbaine: Hydrologie-captage et traitement des eaux* (Vol. 1). Eyrolles.
- Degrémont, S. A. (2005). *Mémento technique de l'eau/Degrémont*. 2 Vol.
- Dib, I. (2010). *L'IMPACT DE L'ACTIVITE AGRICOLE ET URBAINE SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE GADAINA-AIN YAGHOUT (EST ALGERIEN)* (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- Duguet, J. P., Bernazeau, F., Cleret, D., Gaid, A., Helmer, C., & Laplanche, A. (2006). *Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine*. *Astee, Paris*.

- Evans, J. (2019) Le cycle de l'eau - the water cycle, French completed, Le cycle de l'eau - The water cycle, French., U.S. Geological Survey. Available at: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/le-cycle-de-leau-water-cycle-french>.
- Guentri, S., & Rahmania, F. (2015). *Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux*. Éditions universitaires européennes.
- Guergazi, S., & Achour, S. (2005). Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. *Larhyss Journal*, 4, 119-127.
- HACHEMAOUI, B (2014). Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk tlata-teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds (Doctoral dissertation).
- Henry, M. (1998). QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DANS LA MRC DE COATICOOK.
- Lessard, S. (1993). *Identification des causes des nuisances organoleptiques d'une eau lacustre à potabiliser et proposition d'un procédé de traitement* (Doctoral dissertation, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique).
- Maïga, A. S. (2005). *Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM. SA dans la ville de Bamako Evaluation saisonnière* (Doctoral dissertation, Thèse de pharmacie Bamako).
- Musy, A., & Higy, C. (2004). *Hydrologie: Une science de la nature* (Vol. 21). PPUR presses polytechniques.
- OUAHRANI, H. (2012). Suivre de la stabilité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Université de Bejaia.
- Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD technique. Paris, 1008-1043.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J. C., Leroy, P., ... & Al Mardini, F. (2009). L'analyse de l'eau. 9eme edition entifierement misea jour. *Dunod, Paris, France, France*.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J. C., & Leroy, P. (2009). L'analyse de l'eau-9e éd. *Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, 564-571*.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., & Radi, L. (1996). L'analyse de l'eau; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ieme édition DUNOD. Paris, France, 564-571.

- Si Youcef, S. (2015). Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux de source et de robinet de la Commune de Ksar Chellala-Tiaret. MémIng. Université Ibn Khaldoun de Tiaret.
- TARDATH, H., & BEAUDRY, J. (1984). chimie des eaux, les griffons d'argile. *Broché. France. 537p.*
- Teixeira J. (2006). Les Mystères De L'eau. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap. Re 53, Pp : 1-8