

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



**Faculté des Sciences
Département Ecologie et Environnement**

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie des Milieux Naturels

Intitulé :

**Evaluation de la qualité actuelle des eaux des sources et des
puits du massif d'Ain Kechra-cas de Hdjer Mefrouche**

Présenté par :

- Boufligha Narimane
- Kaouane Oussama
- Lekoui Meriem
- Mefrouche Rekia

Membre de Jury :

Présidente : Boudries A	MCB	Université 20 Août 1955. Skikda
Examinatrice : Boubreyme A	MCB	Université 20 Août 1955. Skikda
Promotrice : Ferroum A	MAA	Université 20 Août 1955. Skikda

Année universitaire 2024-2025

Remerciement

Après rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux, La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous souhaitons exprimer notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute la reconnaissance à l'encadreur de ce mémoire Mme

ASMA FERROUM, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

Nous désirions aussi remercier les professeurs de l'université de 20 Août 1955 Skikda qui nous

ont fournis les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage qui nous ont

aidés lors de la rédaction de cette mémoire.

Nous remercions nos chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Nous

Remercions nos sœurs et nos frères et toutes nos familles pour leurs encouragements.

Enfin, nous remercions tous nos amis et collègues qui nous ont apportés leur soutien moral et

intellectuel tout au long de notre démarche.

Merci

Dédicace

Aux meilleurs pères et la très chère maman, qu'ils trouvent en nous la source de leurs fiertés.

À nos sœurs et frères et à nos familles.

À nos amies et camarades.

À tous ceux qui nous sont chers.

*Sans oublier toutes les professeures que ce soit de primaire, du moyen, du secondaire ou de
l'enseignement supérieur.*

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 01

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

1. Définition de l'eau 03

2. Importance de l'eau..... 03

3. Le cycle d'eau 03

4. Ressources hydriques naturelle 04

4.1. Eaux souterraine 04

4.1.1. Les types des nappes 05

4.1.2. Modes de captage 05

4.2. Eaux de surface 06

4.3. Les eaux de mer et saumâtres 06

5. Caractéristiques physico-chimiques des types d'eau 06

6. L'eau potable..... 06

7. L'eau de source 06

8. L'eau de puits..... 07

9. Normes de qualité 07

9.1. Critères microbiologiques 07

9.2. Critères organoleptiques	08
9.3. Critères physico-chimiques.....	08
10. Pollution de l'eau et ses sources	09
10.1. Rejets domestiques	10
10.2. Rejets agricoles	10
10.3. Rejets industriels	10
11. Le traitement de l'eau potable.....	10
11.1. Les étapes du traitement.....	11
11.1.1. Prétraitement	11
11.1.2. Coagulation – Flocculation.....	11
11.1.3. Décantation / Clarification	11
11.1.4. Filtration.....	11
11.1.5. Désinfection	11
11.2. Traitements complémentaires (cas spécifiques.....	11
Chapitre 02 : Matériel et méthode	
1. Présentation de la zone d'étude.....	12
Situations géographiques de la daïra d'Ain kachera	13
La géologie.....	13
Climatologique.....	14
1.4. Présentation des points de prélèvement	15
1.5. Stations de prélèvement	16
2. Echantillonnage	17

2.1. Les analyses physico-chimiques.....	17
2.1.1. Analyse des échantillons	17
2.1.2. Lecture physique ou paramètres de table	18
2.1.2.1. PH.....	18
2.1.2.2. La conductivité de l'eau	18
2.1.2.3. Température	19
2.1.2.4. Matière en suspension	20
2.1.2.5. Nitrate.....	21
2.1.2.6. Nitrite	22
2.1.2.7. Sulfate	22
2.1.2.8. Les métaux lourds	24
2.1.2.8.1. Plomb.....	24
2.1.2.8.2. Fer.....	27
2.1.2.8.3. Cuivre	28
2.1.2.9. Titrage volumétrique.....	29
2.1.2.10. Détermination de chlorure	29
2.1.2.11. Détermination de calcium (Ca ⁺⁺) et de magnésium (Mg).....	30
2.1.2.12. Alcalinité (détermination de TA et TAC	30
2.1.2.12.1. Le titre alcalimétrique (TA	31
2.1.2.12.2. Le titre alcalimétrique complet (TAC.....	31
2.1.2.12.3. La dureté totale (TH.....	32
2.1.2.13. Visites techniques et enquête de terrain.....	33

2.2. Les analyses bactériologiques.....	33
---	----

Chapitre 3. Résultat et discussion

1. Les paramètres physico-chimiques	35
1.1. Résultat des analyses physico-chimiques.....	35
1.1.1. Potentiel hydrogène (PH).....	37
1.1.2. La conductivité électrique (CE)	37
1.1.3. Titre alcalimétrique (TH)	38
1.1.4. Alcalinité (TAC).....	39
1.1.5. Calcium (Ca)	40
1.1.6. Magnésium (Mg^{+2})	41
1.1.7. Chlorures (Cl^{-})	41
1.1.8. Nitrates (No_3^{-})	42
1.1.9. Nitrites (No_2^{-})	43
1.1.10. Sulfates (So_4^{-})	44
1.1.11. Plomb (Pb)	45
1.1.12. Fer	46
1.1.13. Le Cuivre (Cu^{2+})	46
2. Les paramètres bactériologiques.....	47
2.1. Résultat des analyses bactériologique	47
Conclusion	49

Références

Annexes

Listes des figures

Figure 1 : cycle de l'eau	04
Figure 2 : processus municipal de traitement des eaux usées	11
Figure 3 : Carte géographique de la région d'Ain kachera	12
Figure 4 : Carte satelitaire de la région de Hadjer Mefrouche.....	13
Figure 5 : Diagramma baton de la temperature moyenne annuelle de Hadjer Mefrouche. 14	
Figure 6 : Répartition mensuelle des précipitations au niveau de région de Hadjar Mefrouche	15
Figure 7 : Localisation des sites d'échantillonnage au niveau de la région d'étude	16
Figure 8 : station des prélèvement Ain lakser 01	17
Figure 9 : station des prélèvement Ain lakser 02.....	17
Figure 10 : résultat de PH et conductivité électrique.....	19
Figure 11 : analyse de nitrite.....	22
Figure 12 : matériel d'analyse de plombe.....	27
Figure 13 : les résultats avant le titrage	35
Figure 14 : Histogramme de variation de PH des eaux de puits des différentes stations. 37	
Figure 15 : Histogramme de variation de la Conductivité électrique des eaux de puits différentes stations.	38
Figure 16 : Variation de la Dureté Totale des eaux de puits des différentes stations.	39
Figure 17 : Variation de titre alcalimétrique complet des eaux de puits des différentes stations	39
Figure 18 : Histogramme de variation de la teneur en calcium	40
Figure 19 : Histogramme de variation de la teneur en magnésium	41
Figure 20 : variation de la teneur en chlorure	42
Figure 21 : Histogramme de variation de la teneur en nitrates	43
Figure 22 : Variation de la teneur en nitrites	44
Figure 23 : Variation de la teneur en sulfate.....	45
Figure 24 : Histogramme de variation de Plomb.	45
Figure 25 : Histogramme de variation de Fer.	46
Figure 26 : Histogramme de variation de cuivre	47

Listes des tableaux

Tableau 1 : critères microbiologiques de qualité pour l'eau potable-limites réglementaires	07
Tableau 02: critères organoleptiques de qualité de l'eau potable.	08
Tableau 03 : critères physico-chimiques de qualité pour l'eau potable.....	08
Tableau 04 : Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau	09
Tableau 05: Les sites des prélèvements d'eau.	16
Tableau 06 : Résultat des analyses physico-chimiques des eaux des source de la zone d'étude (RA2K SONTATRACH_ Skikda)	35
Tableau 07 : Résultat des analyses physico-chimiques des eaux des source de la zone d'étude (SBC SPA Coca - Cola _ Skikda).....	36

Liste des abréviations

- RA2K** : SONATRCH SKIKDA.
- SBC** : Skikda Bottling Company
- CE** : Conductivité électrique.
- PH** : Potentiel Hydrogène.
- MES** : Matière en suspension.
- DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène dans 5 Jours.
- DCO** : Demande chimique en oxygène.
- T°C** : Température.
- O2** : Oxygène.
- Cl-** : Chlorures.
- NO3-** : Nitrates.
- Cu²⁺** : Le cuivre.
- TH** : La dureté.
- THT** : Titre Hydrotimétrique Total.
- Mg/L** : Milligramme par Litre.
- Mg⁺** : Magnésium.
- 1NO₂⁻** : Nitrite.
- O.M.S** : Organisation mondiale de santé.
- Pb** : Le plomb.
- Zn²⁺** : zinc
- ppm** : La partie par million.
- So₄⁻** :Sulfate.
- TA** : Titre alcalimétrique.
- TAC** : Titre alcalimétrique complet.
- μS/cm** : Micro-Siéemens par centimètre
- mm l/l** : Mili mol par litre

Résumé

Notre étude a été réalisée dans la région de Hadjar Mefrouche, une zone rurale et montagneuse située dans la commune d'Aïn Kechera, dont les habitants dépendent principalement des eaux souterraines issues de puits et de sources. Afin d'évaluer la qualité de cette ressource vitale, huit stations de prélèvement ont été sélectionnées, et deux campagnes d'analyse ont été menées en décembre 2024 (saison humide) et mai 2025 (saison sèche). Les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, dureté, nitrates, sulfates, métaux lourds...) ont été analysés dans deux laboratoires spécialisés, tandis que les paramètres **bactériologiques** ont été évalués au niveau de l'EPSP d'Aïn Kechera.

Les résultats révèlent une qualité d'eau globalement satisfaisante, avec des variations saisonnières notables. En décembre, plusieurs anomalies sont observées (pH acide, dureté élevée, DBO/DCO significatifs), alors qu'en mai, les eaux sont plus équilibrées, avec une réduction des matières en suspension et une stabilisation du pH. Les concentrations en nitrates, nitrites, chlorures, sulfates et métaux lourds restent conformes aux normes. Les analyses bactériologiques confirment l'absence de contamination microbienne. Toutefois, la proximité des zones agricoles et l'absence d'assainissement adéquat exposent les ressources à un risque de pollution. Il est donc indispensable de renforcer le suivi régulier, les mesures de protection, et la sensibilisation locale pour garantir une eau sûre et durable.

Mots clés : eaux, puits, Analyses physico-chimiques, Hadjer Mefrouche

جريت دراستنا في منطقة حجر مفروش، وهي منطقة ريفية جبلية تقع في بلدية عين قشرة، ويعتمد سكانها بشكل أساسي على المياه الجوفية المستخرجة من الآبار والينابيع. من أجل تقييم جودة هذه الموارد الحيوية، تم اختيار ثماني محطات لأخذ العينات، وتم تنفيذ حملتين للتحليل في ديسمبر 2024 (الموسم الرطب) وماي 2025 (الموسم الجاف). تم تحليل المعايير الفيزيائية-الكيميائية (الأس الهيدروجيني، الناقلية، الصلابة، النترا، الكبريتات، المعادن الثقيلة...) في مختبرين متخصصين، في حين تم تقييم المعايير البكتريولوجية على مستوى المؤسسة العمومية للصحة الجوارية بعين قشرة.

تكشف النتائج عن جودة مياه مرضية بشكل عام، مع وجود تباينات موسمية ملحوظة. ففي ديسمبر، لوحظت عدة شذوذات (أس هيدروجيني حامضي، صلابة مرتفعة، BOD/COD معتبرة)، بينما في ماي، بدت المياه أكثر توازنًا، مع انخفاض في المواد العالقة واستقرار في الأس الهيدروجيني. تبقى تراكيز النترا، النتريت، الكلوريدات، الكبريتات والمعادن الثقيلة ضمن المعايير. تؤكد التحاليل البكتريولوجية عدم وجود تلوث ميكروبي. ومع ذلك، فإن قرب المناطق الزراعية وغياب نظام صرف صحي ملائم يُعرض الموارد لخطر التلوث. لذا، من الضروري تعزيز المراقبة الدورية، وتدابير الحماية، والتوعية المحلية لضمان مياه آمنة ومستدامة.

الكلمات المفتاحية: المياه، آبار، تحاليل فيزيوكيميائية، حجر مفروش

Abstract :

Our study was conducted in the Hadjar Mefrouche region, a rural and mountainous area located in the municipality of Aïn Kechera, whose inhabitants mainly rely on groundwater from wells and springs. In order to assess the quality of this vital resource, eight sampling stations were selected, and two analysis campaigns were carried out in December 2024 (wet season) and May 2025 (dry season). The physicochemical parameters (pH, conductivity, hardness, nitrates, sulfates, heavy metals...) were analyzed in two specialized laboratories, while the bacteriological parameters were evaluated at the level of the EPSP of Aïn Kechera.

The results reveal an overall satisfactory water quality, with notable seasonal variations. In December, several anomalies were observed (acidic pH, high hardness, significant BOD/COD), whereas in May, the waters were more balanced, with a reduction in suspended matter and a stabilization of the pH. The concentrations of nitrates, nitrites, chlorides, sulfates, and heavy metals remain within standards. Bacteriological analyses confirm the absence of microbial contamination. However, the proximity of agricultural areas and the lack of adequate sanitation expose the resources to a risk of pollution. It is therefore essential to strengthen regular monitoring, protection measures, and local awareness to ensure safe and sustainable water.

Keywords : Water , Wells , physico-chemical analyzes , Hadjer mefrouche

Introduction

INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle essentielle à toute forme de vie sur Terre. Elle occupe une place centrale dans le fonctionnement des écosystèmes, la survie des êtres vivants et le développement des sociétés humaines. L'accès à une eau de qualité est donc un enjeu sanitaire, économique et environnemental majeur. Cependant, cette ressource vitale fait aujourd'hui face à de nombreuses menaces, notamment la surexploitation, la pollution d'origine anthropique, ainsi que les changements climatiques qui affectent son cycle naturel. *(Zouaghi et al. (2016))*

La pollution des eaux, qu'elle soit d'origine agricole (usage excessif d'engrais et de pesticides), industrielle (rejets chimiques) ou domestique (eaux usées non traitées), entraîne une détérioration progressive de leur qualité. Cette problématique est particulièrement préoccupante dans les zones rurales, où les populations dépendent directement des puits ou des sources pour satisfaire leurs besoins quotidiens en eau potable. Le suivi de la qualité de ces eaux devient alors une nécessité pour préserver la santé publique et garantir une gestion durable de la ressource.

Dans ce contexte, nous avons choisi d'effectuer notre étude dans la région d'Aïn Kechra, située dans la wilaya de Skikda, plus précisément au niveau de Hdjer Mefrouche. Cette région présente des caractéristiques géographiques et géologiques particulières qui peuvent influencer la composition physico-chimique des eaux souterraines. À travers cette recherche, nous avons cherché à évaluer la qualité actuelle des eaux des sources et des puits dans cette zone, en la comparant aux normes établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) afin d'identifier d'éventuels risques pour la santé humaine.

Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une démarche basée sur l'analyse physico-chimique des échantillons d'eau prélevés sur le terrain. Ce travail nous permettra de mieux comprendre les facteurs pouvant altérer la qualité de l'eau dans cette région et de formuler des recommandations pour une meilleure gestion locale de la ressource.

Enfin, ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre présente la zone d'étude dans ses aspects géographiques, climatiques, hydrologiques et géologiques.

Le deuxième décrit les matériaux et méthodes utilisés, notamment les techniques d'échantillonnage et les paramètres analysés.

Le troisième expose les résultats obtenus, leur interprétation ainsi qu'une discussion basée sur les normes de référence.

Chapitre 01: Synthèse Bibliographique

1. Définition de l'eau :

L'eau est une substance liquide, transparente, sans saveur ni odeur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps. Elle est formée chimiquement de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, elle se trouve dans la nature à trois états : solide, liquide, gazeux.

L'eau, sous sa forme liquide, est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. D'un point de vue mécanique, la pression exercée par l'eau, appelée pression hydrostatique, est utilisée par les organismes pour se soutenir, que ce soit dans l'eau (méduse...) ou sur terre (végétaux). D'un point de vue chimique, l'eau dissout la majorité des corps solides et facilite ainsi les réactions chimiques, donc le métabolisme. L'eau est en effet un solvant essentiel, parfois qualifié de « solvant universel ». C'est d'ailleurs la présence permanente d'eau liquide qui permet de définir la zone habitable circumstellaire où il est possible de découvrir une forme de vie extraterrestre comparable à celle que nous connaissons (**Saihi Aymen Ibrahim 2023–2024**)

2. Importance de l'eau :

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. En effet, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'atout d'être un support des formes de vie. C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaires disposant de terminaison positive (Hydrogène) et une autre négative (Oxygène). Ses atomes d'hydrogènes ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques. (**Boualalem, S. 2013**)

3. Cycle de l'eau:

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et de sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la Terre et l'atmosphère.

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts ; elle se condense sous forme de nuages et est ensuite transportée dans le ciel par les vents. Les nuages se condensent autour des particules de poussière, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes.

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltrate et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziane, 2000). Les eaux souterraines circulent elles aussi : une partie se jette directement dans la mer et le reste alimente les rivières à leur source ou par des affluents.

Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase gazeuse dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (Valvaire, 2008).

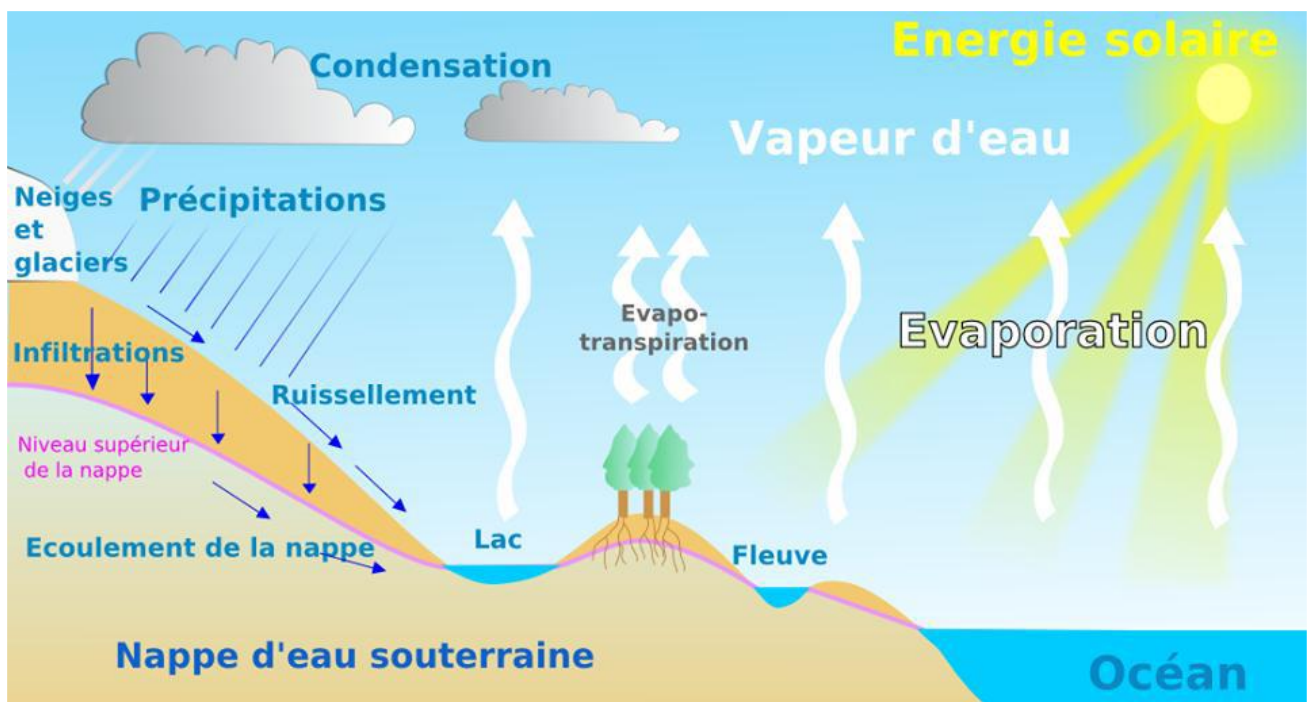


Figure 1 : Cycle de l'eau

4. Ressources hydriques naturelle :

Les ressources naturelles en eau comprennent :

- **Eaux souterraines** : issues de l'infiltration des précipitations, elles sont stockées dans des nappes phréatiques ou captives.
- **Eaux de surface** : rivières, lacs, barrages, etc.
- **Eaux marines et saumâtres** : riches en sels, elles nécessitent des traitements complexes pour être potables.

4.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux qui se trouvent sous la surface de la terre, stockées dans le sol ou dans les couches rocheuses perméables appelées nappes phréatiques.

4.1.1. Les types des nappes :

Elles se divisent en

- **Nappes phréatiques** : peu profondes, directement alimentées par les précipitations.
- **Nappes captives** : plus profondes, protégées par une couche imperméable, moins sensibles aux pollutions accidentelles, mais leur contamination est irréversible. Elles sont souvent d'une bonne qualité chimique, parfois même minérale (à usage thérapeutique ou embouteillée).
- **Nappes libres** Ce sont des nappes proches de la surface, non confinées, alimentées par l'infiltration directe des eaux de ruissellement. Leur niveau varie en fonction de la perméabilité des sols. (Chaffai et al. 2014)

4.1.2. Modes de captage

Les eaux souterraines peuvent être captées par :

- **Sources** : naturelles, souvent en montagne. On distingue :
 - **Sources d'affleurement** : au fond des vallées.
 - **Sources artésiennes** : alimentées par pression, débit constant.
 - **Sources de déversement** : sur les pentes.
- **Puits** :
 - Puits ordinaires : creusés à la main dans les zones rurales.
 - Puits foncés : tubulaires, enfoncés par battage ou injection.
 - Puits forés : pour nappes profondes.
 - Puits artésiens : jaillissants, pression naturelle. (Daoudi & Ben Mazouz 2021)

4.2. Eaux de surface

Ce sont les eaux visibles sur les continents. Leur qualité chimique dépend des terrains traversés. Elles sont généralement non potables sans traitement à cause de la pollution :

- **Urbaine** : rejets domestiques, stations d'épuration.
- **Industrielle** : solvants, hydrocarbures, métaux lourds.
- **Agricole** : pesticides, engrais, nitrates.

4.3. Eaux de mer et saumâtres

Elles présentent une forte salinité et une grande variabilité de composition selon leur localisation (pleine mer, estuaire, etc.). L'eau de mer n'est pas potable sans désalinisation.

5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau permettent d'évaluer sa qualité et son aptitude à différents usages. Elles incluent la concentration en minéraux dissous (qui influencent la conductivité), la dureté liée à la présence de calcium et de magnésium, le pH, la température, la teneur en oxygène dissous, la turbidité, l'alcalinité, ainsi que des indicateurs de pollution tels que la DBO₅, la DCO, les métaux lourds, les nitrates ou encore les phosphates. En parallèle, les caractéristiques organoleptiques regroupent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau, des critères essentiels pour juger de son acceptabilité par les consommateurs. (*Taleb & Badaoui 2019*)

6. L'eau potable

L'eau potable est une eau propre à la consommation humaine. Elle doit être exempte de germes pathogènes, ne contenir aucune substance toxique et apporter des minéraux essentiels à l'organisme. Pour être considérée comme potable, elle doit répondre à des critères rigoureux sur le plan physico-chimique (pH, conductivité, minéraux, etc.), microbiologique (absence de bactéries dangereuses comme *E. coli*), organoleptique (goût, odeur, clarté) et respecter des seuils précis pour les substances toxiques comme les nitrates, les métaux lourds ou les pesticides. (*Tahli Imane 2015*)

7. L'eau de source

L'eau de source est une eau souterraine naturelle qui émerge spontanément à la surface, généralement dans des zones montagneuses. Protégée par les couches géologiques qu'elle traverse, elle est naturellement conforme aux normes de potabilité sans nécessiter de traitement chimique. Seuls des

traitements physiques tels que la décantation, la filtration ou l'aération sont autorisés avant sa consommation. (Barouche, Adel 2022)

8. L'eau de puits

L'eau de puits est une eau souterraine captée de manière artificielle par creusement ou forage vertical dans le sol, afin d'atteindre une nappe phréatique. Elle ne jaillit pas naturellement mais est extraite manuellement ou à l'aide de pompes. Moins protégée que l'eau de source, elle peut être exposée à des contaminations d'origine agricole, domestique ou industrielle. Sa qualité dépend de la profondeur du puits, de la nature du sol traversé et de l'entretien du captage. Elle nécessite souvent un contrôle sanitaire régulier et, dans certains cas, un traitement préalable avant consommation. (Belkheir & Hamlat 2020)

9. Normes de qualité

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est régie par des critères stricts qui garantissent sa salubrité et son innocuité. En Algérie, les normes sont fixées principalement par le **décret exécutif n° 11-125 du 17 avril 2011**, modifié par le **décret exécutif n° 14-97**, et sont largement alignées sur les recommandations de l'**OMS** et du **Codex Alimentarius**.

9.1. Critères microbiologiques

L'eau potable doit être **exempte de micro-organismes pathogènes**, notamment d'origine fécale.

Les normes exigent : (OMS (2017), JORADP n° 28/2014, Manceur 2016)

Tableau 01: critères microbiologiques de qualité pour l'eau potable-limites réglementaires

Micro-organisme	Limite autorisée
Escherichia coli	0 / 250 ml
Entérocoques	0 / 250 ml
Clostridium perfringens	0 / 250 ml
Germes totaux à 22°C et 37°C	Présence tolérée selon seuils

9.2. Critères organoleptiques

Ces critères influencent l'acceptabilité de l'eau par le consommateur : **Rodier (2009), Sahi (2024), ENSH Blida)**

Tableau 02: critères organoleptiques de qualité de l'eau potable.

paramètre	Exigence
Couleur	Incolore
Odeur	Sans odeur
Goût	Agréable ou neutre
Turbidité	≤ 1 NTU

9.3. Critères physico-chimiques

Les normes définissent des valeurs limites pour éviter les effets toxiques ou indésirables sur la santé **Rodier (2009), OMS, Benabderrahmane (2021), Ayad & Kahoul (2016)**

Tableau 03 : critères physico-chimiques de qualité pour l'eau potable

Paramètre	Limite recommandée	Référence
Ph	6.5 – 9.5	OMS, Algérie
Conductivité	≤ 2500 µS/cm	Rodier, 2009
Nitrates (NO ₃ ⁻)	≤ 50 mg/L	OMS, JORADP
Nitrites (NO ₂ ⁻)	≤ 0.1 mg/L	Sahi, 2024
Ammonium (NH ₄ ⁺)	≤ 0.5 mg/L	OMS
Fluorures (F ⁻)	≤ 1.5 mg/L	OMS
Plomb (Pb)	≤ 10 µg/L	OMS
Pesticides totaux	≤ 0.5 µg/L	Codex
Fer (Fe)	≤ 0.3 mg/L	OMS
DBO ₅	≤ 5 mg/L	Norme qualité
DCO	≤ 25 mg/L	Norme qualité

10. Pollution de l'eau et ses sources

Pollution est une altération durable de l'équilibre naturel de l'eau par des substances toxiques naturelles ou humaines (**Rodier et al., 2005**)

Tableau 04 : Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau (**HAINAUT, 2011**).

Type de Pollution	Nature	Origine
Physique	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques Nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet bains, érosion des sols.
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives.
	Métaux (Cd, Pb, Al, As)	Industries, agriculture, déchets.
	Pesticides (insecticides, herbicides, fongicides...)	Industries, agriculture.
	Organochlorés (PCB, Solvants)	Industries.
	Composés organiques de Synthèse	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques.
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports.
Biologique	Bactéries, virus, champignons.	Effluents urbains, agricoles.

De ce fait, les trois principales sources de pollution sont :

10.1. Rejets domestiques :

En cas d'assainissement défectueux (collectif ou individuel), les eaux usées peuvent contenir des substances nuisibles (matières organiques, détergents, solvants, antibiotiques, micro-organismes) qui contaminent les nappes phréatiques. Ce problème est accentué par les puits perdus, les systèmes d'infiltration mal conçus et les stations d'épuration surchargées. De plus, les décharges sauvages libèrent des lixiviats très polluants.

10.2. Rejets agricoles :

Les pratiques agricoles modernes (engrais chimiques azotés et phosphorés, produits phytosanitaires) peuvent entraîner une pollution des eaux, notamment lors des périodes de pluie, par infiltration dans les nappes souterraines ou ruissellement vers les eaux de surface.

10.3. Rejets industriels

Les industries rejettent divers polluants (métaux, hydrocarbures, acides) et augmentent parfois la température de l'eau. Les secteurs les plus responsables sont la métallurgie et la chimie, selon les données du SOES entre 2004 et 2009. (*Biki & Zeghouane (2017), Gouasmia & Zouaoui 2021*)

11. Le traitement de l'eau potable

Le traitement de l'eau vise à rendre l'eau sûre pour la consommation humaine, respectant les normes microbiologiques, chimiques et organoleptiques (pH, turbidité, absence de germes, etc.). En Algérie, ce processus est appliqué selon la nature de la ressource : eau de surface, eau souterraine ou eau de mer.

11.1. Les étapes du traitement**11.1.1. Prétraitement**

- Dégrillage / Dessablage / Dégraissage : retrait des matières grossières (branches, sable, huiles) pour protéger les installations et améliorer l'efficacité des étapes suivantes :

11.1.2. Coagulation – Flocculation

- Ajout de coagulants (sels d'aluminium, ferro-aluminium) suivis d'un mélange pour former des floccs.
- Réalisé via des essais de type *jar-test* (stations de Chaiba, Ain Zada)

11.1.3. Décantation / Clarification

- Les floccs sédimentent dans des bassins de décantation pour séparer les solides de l'eau

11.1.4. Filtration

- Passage sur filtres (sable, gravier, parfois charbon actif) pour éliminer les résidus et améliorer l'esthétique (odeur, goût, turbidité).

11.1.5. Désinfection

Dernière étape visant à éliminer les micro-organismes pathogènes (chloration, UV, ozone) privant l'eau de toute contamination microbiologique

11.2. Traitements complémentaires (cas spécifiques)

- Adoucissement, ajustement de pH, reminéralisation
- Osmose inverse, notamment pour la dessalement d'eau de mer (stations de Hamma, Fouka). (Benammour & Messaoudi, 2020), (Kebane, 2020), (Achi Fethi et al., 2019, Arab Zahira, 2022)

. Exemples concrets de stations algériennes

Station Sidi Amar (Tipaza)

Station de Taksebt (Tizi Ouzou)

Station d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj)

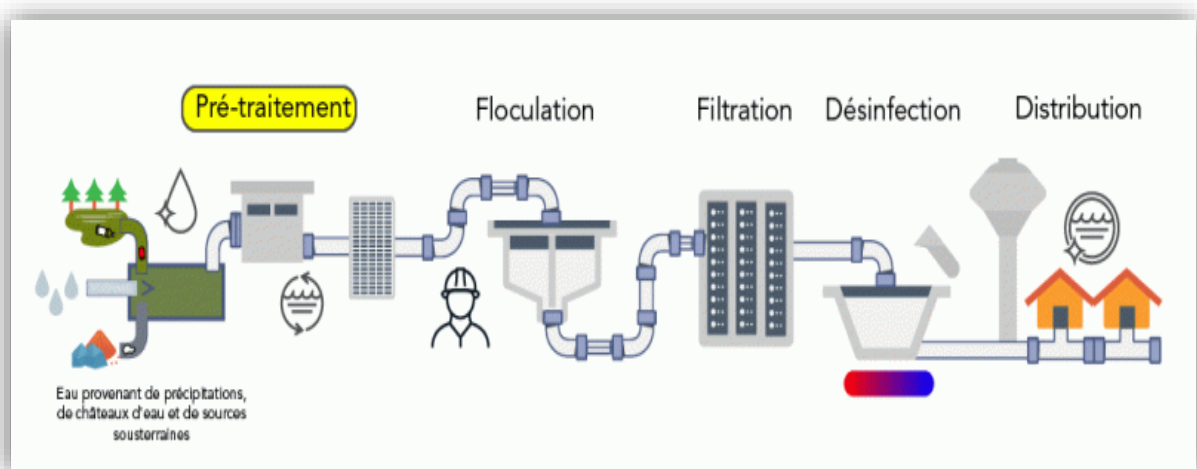


Figure 2. Processus municipal de traitement des eaux usées

Chapitre 2. Matériel et méthode

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situations géographiques de la daïra d'Ain kachera

La Daïra d'Ain Kachera située à l'extrême Ouest de la wilaya de Skikda, couvre une superficie totale de 213.212 qui englobe deux communes, elle est située géographiquement entre latitude 36°45'et 36°51'Nord et entre 6°30' et 6°20' des longitudes Est.

Elle est située administrativement :

Au Nord : les communes de Beni Zid et Oued Z'hor. Au Sud : les communes Oum Toub ; Settara.

A l'Est : les communes Bin El Ouiden, Beni Zid.

A l'Ouest : la commune de El Milia la wilaya de Jijel.

La région d'Ain Kachera caractérise par un climat méditerranéen avec un été sec et chaud et un hiver doux et pluvieux, la pluviométrie de la région atteint parfois 1500 mm/an.

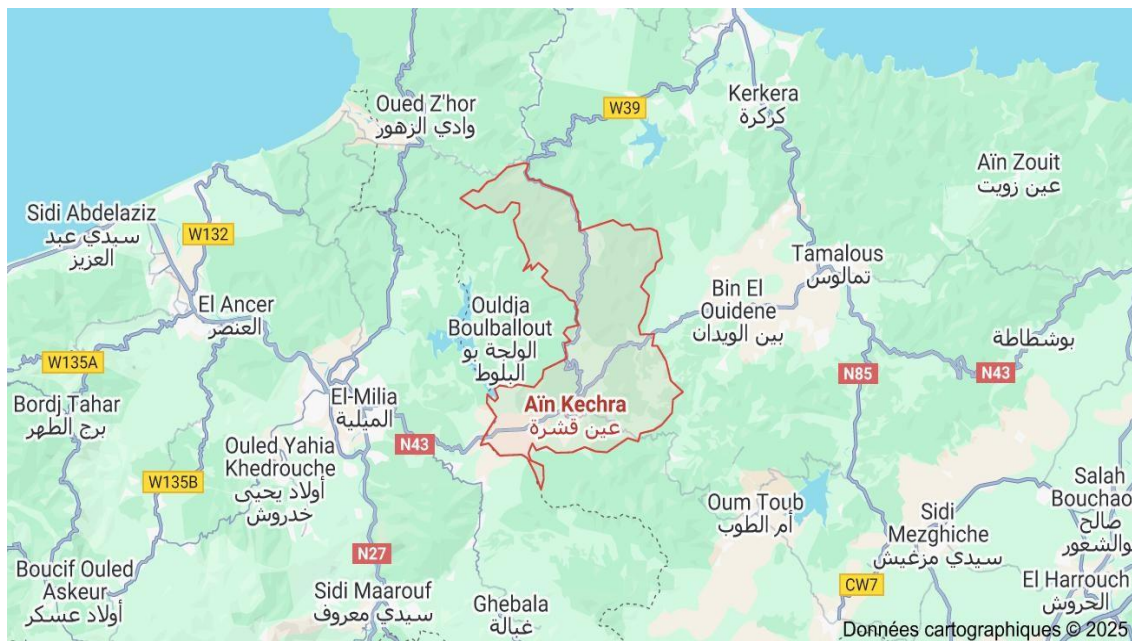


Figure 3 : Carte géographique d'Ain kachera



Figure 4 : Carte satellitaire de la région de Hadjar Mefrouche

La région de Hadjar Mefrouche, située dans la commune d'Aïn Kachera (wilaya de Skikda), bénéficie d'un environnement naturel favorable à la présence de sources d'eau. Son relief montagneux, sa couverture forestière dense et son appartenance au massif de Collo en font une zone propice à l'émergence de sources naturelles.

La région est alimentée par des nappes phréatiques situées dans les vallées alluviales des oueds environnants, notamment l'oued Guebli. Ces nappes sont exploitées via des forages et des puits pour répondre aux besoins en eau potable des habitants.

1.2. La Géologie

La région d'Aïn Kechra, située dans la wilaya de Skikda (Nord-Est de l'Algérie), appartient à la zone tellienne, caractérisée par un relief accidenté et une géologie complexe. Elle repose principalement sur des formations sédimentaires d'âge mésozoïque et cénozoïque. La région de Hdjer Mefrouche, qui fait partie intégrante de ce massif, présente une structure géologique dominée par des marnes, des calcaires compacts, des grès et des argiles.

Ces formations sont souvent affectées par des failles et des plis, ce qui témoigne de l'activité tectonique ancienne de la région. La perméabilité variable des roches (notamment les calcaires et les grès) favorise l'infiltration des eaux et la formation de nappes souterraines, tandis que les marnes et les argiles jouent un rôle de barrière, influençant le drainage et la qualité de l'eau.

Cette configuration géologique a un impact direct sur la dynamique des eaux souterraines ainsi que sur leur composition physico-chimique, notamment par les processus de dissolution, de précipitation et d'interaction eau-roche.

1.3. Climatologique :

La commune d'Aïn Kechera présente un climat méditerranéen a été chaud , caractérisé par :

- Une saison chaude et sèche de mai à septembre, où les températures dépassent 25 °C et les précipitations deviennent quasi nulles.
- Une saison fraîche et humide de octobre à avril, marquée par des pluies abondantes, surtout en hiver (jusqu'à 170 mm/mois), et des températures modérées (10–15 °C).

Ce climat favorise une forte saisonnalité thermique et pluviométrique, typique des zones méditerranéennes de l'intérieur

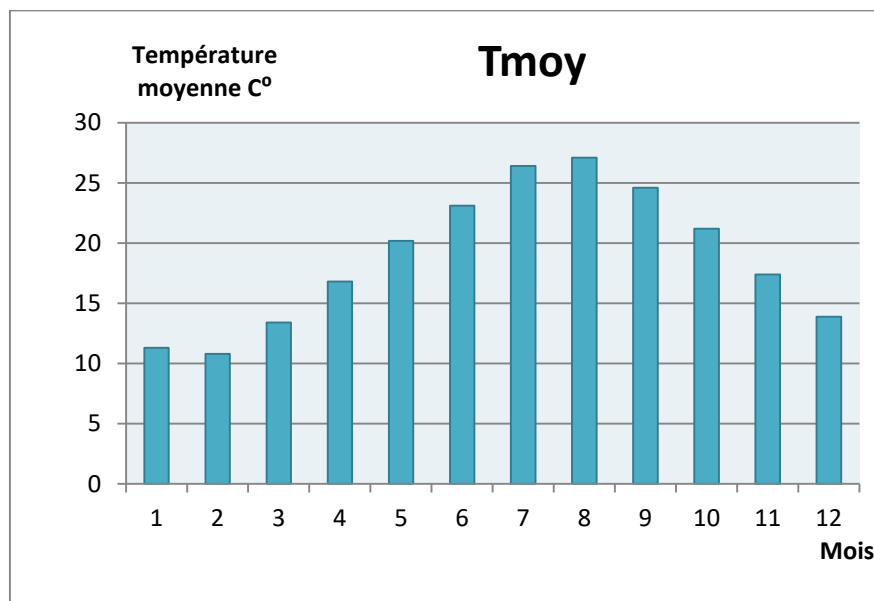


Figure 5 : Diagramme bâton de la température moyenne annuelle de Hadjar Mefrouch (2000/2016)

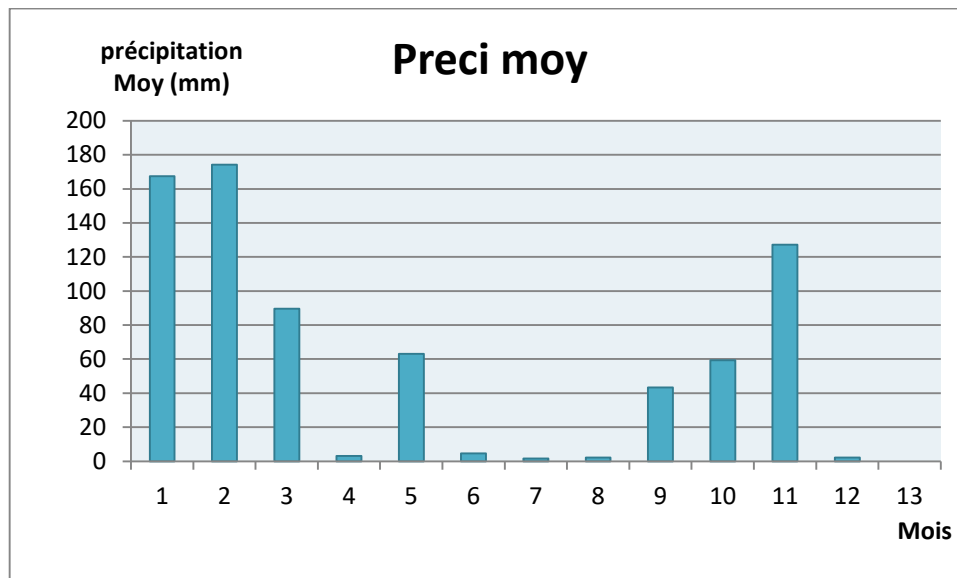


Figure 6: Répartition mensuelle des précipitations au niveau de région de Hadjar Mefrouche (2000/2016)

1.3. Présentation des points de prélèvement

Dans le but d'assurer un suivi régulier de la qualité physico-chimique à Hadjar Mefrouche, huit stations de prélèvement ont été sélectionnées, réparties de l'entrée jusqu'à la sortie du site. Les prélèvements ont été réalisés durant deux périodes : une première durant la période de hautes eaux, en décembre 2024, et une seconde durant la période d'étiage (basses eaux), en mai 2025.

La Première station de prélèvement S1 (**source de Laawina elbarda**) a été choisie à l'entrée de Hadjar Mefrouche, près de zones agricoles.

La deuxième station de prélèvement P1 (**Puits au centre de Hadjar Mefrouche**) a été située dans une zone résidentielle.

La troisième station de prélèvement P2 (**Puits au centre de Hadjar Mefrouche**) se trouve également dans une zone résidentielle, à proximité une étable de vaches.

La quatrième station de prélèvement P3 (**Puits au centre de Hadjar Mefrouche**) correspond à un puits privé appartenant à un habitant.

La cinquième station de prélèvement P4 (**puits de passage de Hadjar Mefrouche**) est un puits public utilisé par tous les habitants.

La sixième station de prélèvement P5 (**puits de Ain laksar 1**) a été choisie loin des regroupements résidentiels et des zones agricoles.

La septième station de prélèvement P6 (**puits de Ain laksar 2**) a été prélevée loin des

regroupements résidentiels, près d'un pressoir d'huile d'olive.

La huitième station de prélèvement S2 (**source de Hadjirat elbaz**) a été prélevée à la sortie, loin des zones résidentielles et agricoles.

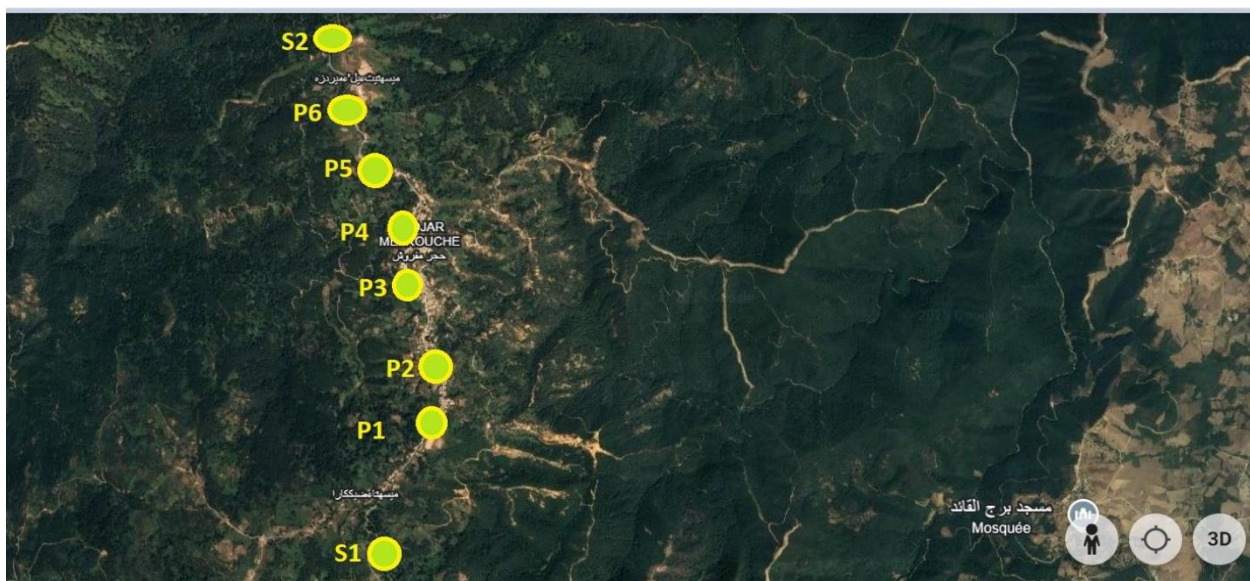


Figure 7 : Localisation des sites d'échantillonnage au niveau de la région d'étude.

1.4. Stations de prélèvement

Le tableau au ci-dessous présente les stations de prélèvements aux niveaux de la région

D'étude

Tableau 05 : Les sites des prélèvements d'eau.

Puits , Sources	Appellation	Les coordonnées		Date et heure de prélèvement
		Latitude (N)	Longitude (E)	
S1	Laawina Elbarda	36°49'38"	0°26'19"	30/12/2024 à 17:50 13/05/2025 à 11:43
P1	centre de Hadjar Mefrouche	36°50'37"	6°26'39"	30/12/2024 à 16:40 13/05/2025 à 11:43
P2	centre de Hadjar Mefrouche	36°50'49"	6°26'38"	30/12/2024 à 16:30 13/05/2025 à 11:43
P3	centre de Hadjar Mefrouche	36°50'49"	6°26'38"	30/12/2024 à 16:15 13/05/2025 à 11:43

P4	Le passage	36°51'11"	6°26'36"	30/12/2024 à 16:10 13/05/2025 à 11:43
P5	Ain laksar 1	36°51'22"	6°26'19"	30/12/2024 à 16:00 13/05/2025 à 11:43
P6	Ain laksar 2	36°51'27"	6°26'19"	30/12/2024 à 15:55 13/05/2025 à 11:43
S2	Hadjirat elbaz	36°51'54"	6°26'09"	30/12/2024 à 15:45 13/05/2025 à 11:43

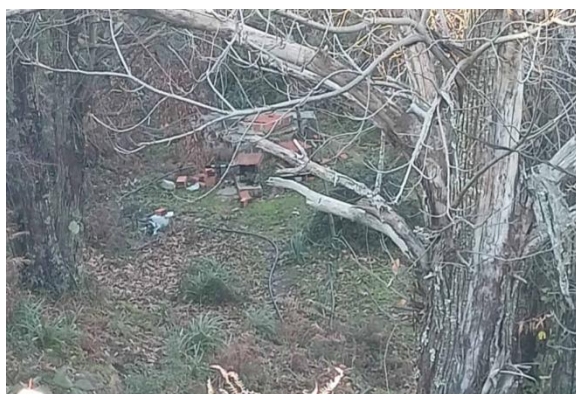


Figure 8 : Station de prélèvement Ain lakser 01

Figure 9 : Station de prélèvement Ain lakser 02

2. Echantillonnage

2.1. Les analyses physico-chimiques les prélèvements de l'eau de surface sont effectués dans des bouteilles en plastique de 1,5 litre. Bien stérilisé et bouché, avant l'usage ces bouteilles doivent être soigneusement lavés, puis rincés car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique (RODIER, 2009).

2.1.1. Analyse des échantillons

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire du Complexe Topping Condensat RA2K SONATRCH SKIKDA. Tous les paramètres physico-chimiques ont été mesurés hors situ dans le laboratoire d'analyse.

Les paramètres physico-chimiques sont mesurés au niveau du laboratoire du Complexe Topping Condensat RA2K SONATRACH Skikda (décembre 2024) et aux niveaux de laboratoire de Skikda BOTTLING COMPANY SBC SPA (Coca- Cola) selon les méthodes suivantes :

❖ Lecture physique.

❖ Spectral.

❖ Titrage volumétrique.

2.1.2. Lecture physique ou paramètres de table :

Pour les paramètres physico-chimiques, on utilise les différents appareils utilisés comme le pH-mètre, conductivité mètres ... etc., pour analyser l'échantillon. On met notre échantillon dans l'un de ces appareils, généralement on attend quelques secondes pour avoir le résultat qui s'affiche sur l'écran.

2.1.2.1PH :

Le pH est un paramètre qui mesure l'acidité ou l'alcalinité d'un échantillon. Cette mesure est ce fait par un pH-mètre à sonde de température intégrée, On introduit l'électrode dans l'échantillon jusqu'à ce que la valeur relevée se stabilise.

2.1.2.2. La conductivité de l'eau

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (figure 11).

Mode opératoire (PH et CE)

Mettre l'appareil sous tension.

Allumer l'appareil en appuyant sur l'interrupteur se trouvant sur la face de l'équipement.

Laver soigneusement les électrodes de PH et conductivité avec l'eau distillée.

Mettre l'échantillon dans un bucher approprié sur l'agitateur magnétique.

Allumer l'agitateur magnétique et régler d'agitateur à une vitesse modéré.

Immerger les électrodes de PH et conductivité dans l'échantillon sous Agitateur.

Appuyer sur le bouton mesure.

Lire les résultats de PH et de conductivité.

Le résultat de PH est exprimé sans unité.

le résultat de conductivité est exprimé $\mu\text{s}/\text{cm}$.

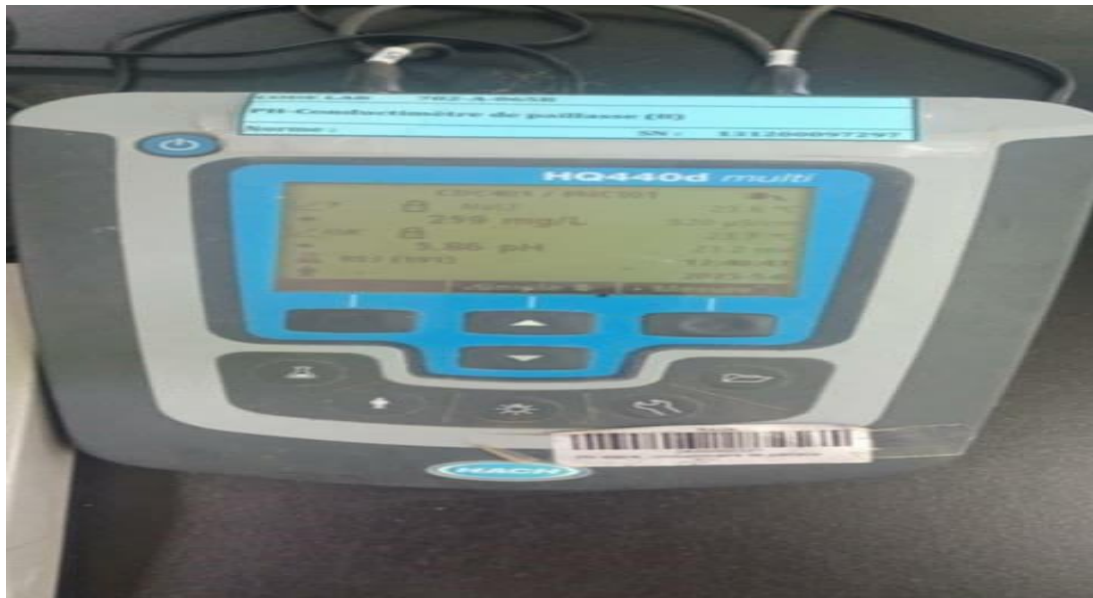


Figure 10 : résultat de PH et conductivité électrique



Figure 11 : PH-mètre et conductivité mètre.

2.1.2.3. La température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du PH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. D'une façon générale, la température des eaux de surface est influencée par la température de l'air et ceci d'autant que leur origine est moins profond. (Hamed et al., 2012).

Principe :

La mesure de la température de l'eau s'effectue à l'aide d'un thermomètre.

➤ Mode opération

Dans un bécher contenant l'eau à examiner :

- Plonger un thermomètre.
- Attendre la stabilisation de l'appareil et réalise la lecture

2.1.2.4 Matière en suspension

Les matières en suspension (MES) dans l'eau généralement visibles à l'œil nu (dimensions supérieures à 10 µm), déterminent la turbidité.

L'analyse s'effectue par une méthode photométrique. La mesure se fait à l'aide d'un instrument « spectrophotomètre DR2800 » qui n'exige aucune étape de filtration ou pesage.

Mode opératoire

Appuyez sur Programmes enregistrés.

Sélectionnez le test.

Mélanger 500 ml d'échantillon dans un mélangeur à haute vitesse pendant exactement deux minutes.

Versez l'échantillon mélangé dans un bécher de 600 ml.

Échantillon préparé : mélanger l'échantillon et Verser immédiatement 10 ml de l'échantillon mélangé dans une cellule d'échantillon.

Préparation à blanc : Remplissez une deuxième cellule d'échantillon avec 10 ml d'eau du robinet ou d'eau déminéralisée. Éliminez les bulles de gaz dans l'eau en agitant ou en tapotant le bas de la cellule sur une table.

Insérez le blanc dans le porte-cellule avec la ligne de remplissage vers la droite.

Appuyez sur **ZERO**. L'écran affichera : 0 mg / L TSS

Agitez l'échantillon préparé pour éliminer toute bulle de gaz et suspendre uniformément tout résidu.

Insérez l'échantillon préparé dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage orientée vers la droite. Appuyez sur **LIRE**. Les résultats sont en mg / L TSS.

2.1.2.5. Nitrate

Les nitrates sont des composés chimiques faits d'azote et d'oxygène. On les trouve à l'état naturel dans certains légumes, dans les viandes en conserve et dans le sol. Il y en a aussi les engrais commerciaux et les déjections animales. Les nitrates sont nécessaires à la croissance des végétaux mais leur présence excessive dans le sol peut contaminer les sources d'alimentation en eau et soulever des préoccupations pour la santé.

Réactif et matériel

Pochette de réactif de Nitrate Nitra Ver 5

Cuve carrée à 10 ml avec bouchon.

Mode opératoire

Appuyez sur programmes enregistrés.

Sélectionnez le test.

Remplissez une cellule d'échantillon carrée avec 10 ml d'échantillon.

Échantillon préparé : Ajoutez le contenu d'un oreiller de poudre de réactif nitrate Nitra Ver 5. Bouchon.

Appuyez sur **TIMER**> OK. Une période de réaction d'une minute commencera.

Agitez vigoureusement la cellule jusqu'à expiration de la minuterie.

Lorsque la minuterie expire, appuyez à nouveau sur **TIMER**> OK. Une période de réaction de cinq minutes commencera. Une couleur ambre se développera si du nitrate est présent.

Préparation du blanc : Lorsque la minuterie expire, remplissez une seconde cellule d'échantillons carrés avec 10 ml d'échantillon.

Essuyez le cache et insérez-le dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite.

Appuyez sur **ZERO**. L'écran affichera : 0,0 mg / L NO₃ — N11. Dans la minute qui suit l'expiration de la minuterie, essuyez l'échantillon préparé et insérez-le dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite.

Appuyez sur **LIRE**. Les résultats sont en mg / L NO₃ — N.

2.1.2.6. Nitrite

Potelon et Zysman (1998), les nitrites présentent une forme transitoire instable lors de la

nitriification ou la dénitrification, leur présence dans le milieu naturel est faible (figure 9).

Réactif et matériel

Réactif nitrite NitriVer 3

Cuve carré à 10 ml

Mode opératoire

Appuyez sur Programmes enregistrés.

Sélectionnez le test.

Remplissez une cellule d'échantillon carrée avec 10 ml d'échantillon.

Échantillon préparé : ajoutez le contenu d'un oreiller de poudre de réactif nitrite NitriVer 3. Agiter pour dissoudre. Une couleur rose se développera si du nitrite est présent.

Appuyez sur **TIMER**> **OK**. Une période de réaction de 20 minutes commencera.

Préparation du blanc : Lorsque la minuterie expire, remplissez une seconde cellule d'échantillon carrée avec 10 ml d'échantillon.

Essuyez le blanc et insérez-le dans le porte-cellule avec la ligne de remplissage vers la droite. Appuyez sur **ZERO**. L'écran affichera : 0,000 mg / L NO₂ —N

Essuyez l'échantillon préparé et insérez-le dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite. Appuyez sur **LIRE**. Les résultats sont en mg / L NO₂ —N.



Figure 12 : Analyse de nitrite.

2.1.2.7. Sulfate

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuse et l'oxydation des sulfates répandus dans les roches.

Les des systèmes de distribution concentrations élevées de sulfates (plus de 400 mg/ L) peuvent contribuer à la corrosion surtout avec les eaux faiblement alcalines (**Ben Chabene et Hamdi, 2018**).

❖ Réactif et Matériel

- Pochette de réactif sulfaVer.
- Cuve carrée.

❖ Mode opératoire

- Appuyer sur programme enregistrés.
- Sélectionner le programme d'analyse.
- Remplir une cuve carrée de 1 jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- **Préparation de l'échantillon** : transférer le contenu d'une pochette de réactif sulfaVer 4 dans la cuve. Agiter pour homogénéiser. Une turbidité blanche apparaîtra en présence de sulfate.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK. Une période de réaction de 5 minutes va commencer. Ne pas remuer la cuve durant cette période.
- **Préparation du blanc** : remplir une autre cuve carrée de 1 jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Lorsque la minuterie retentit ; essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite. Sélectionner sur l'écran : Zéro.
- Indication à l'écran : 0 mg/L SO_4^- .
- Dans les 5 minutes après le retentissement de la minuterie ; essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite. Sélectionner sur l'écran : Mesurer. Les résultats sont indiqués en mg/L SO_4^- .
- Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

2.1.2.8. Les métaux lourds

Sont les éléments traces métalliques, présente naturellement de l'état de trace dans le sol. En effets, ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en générale en quantités très faible.

2.1.2.8.1. Plomb

❖ Réactifs et matériels

- Solution de fixateur pPb-2.
- Solution d'acide conservatrice pPb-1
- Solution de pPb-3
- Solution de neutralisante pPb-4.
- Poudre indicatrice pPb-5
- L'acide nitrique, ACS 500 ml.
- L'hydroxyde de sodium.
- Eau, désionisée.
- Un cylindre gradué en plastique de 100 ml.
- Un bécher en plastique de 150 ml et 250 ml.
- Pince, extension à 2 broches.
- Support de pince.
- Compte-gouttes, 0.5 et 1.0 ml.
- Cuve carrée, 10 ml.
- Support pour ring stand.
- Pointes de pipette.
- Pipette, volumétrique, Classe A, 1,00 ml.
- Remplisseur de pipettes.
- Pipette, volumétrique, 10,00 ml.

❖ Mode opératoire

- Appuyez sur Programmes enregistrés.
- Sélectionnez le test.
- Remplissez un cylindre gradué en plastique de 100 ml avec 100 ml de l'échantillon. Versez l'échantillon mesuré dans un bécher en plastique de 250 ml.
- À l'aide d'un compte-gouttes en plastique de 1 ml, ajoutez 1,0 ml de solution de conservation acide pPb-1 à l'échantillon et agitez-le pour mélanger. Si l'échantillon a été préalablement conservé avec le conservateur acide pPb-1 à

Un rapport de 1,0 ml pour 100 ml échantillon, omettre les étapes 4 et 5.

- Lorsque la minuterie expire, utilisez un deuxième compte-gouttes en plastique de 1 ml pour ajouter 2,0 ml de solution de fixateur pPb-2. Agiter pour mélanger. Les échantillons de terrain qui ont été conservés avec de l'acide nitrique ou des échantillons qui ont été digérés peuvent dépasser la capacité tampon de la solution de fixateur. Après l'étape 6, vérifiez le pH de ces échantillons et ajustez avec de l'hydroxyde de sodium 5 N à un pH de 6,7–7,1 avant de passer à l'étape
- Montez un nouvel extracteur de colonne rapide dans un support d'anneau avec une pince. Placer un bécher en plastique de 150 ml sous l'extracteur. Un extracteur de colonne rapide est inclus dans l'ensemble de réactifs LeadTrak®. Un nouvel extracteur est requis pour chaque test.
- Trempez le bouchon en coton avec de l'eau déionisée et comprimez-le avec le piston. Retirez le piston. Si le bouchon de coton remonte vers le haut de la colonne, repoussez-le vers le bas avec une tige propre et émoussée. Le bouchon en coton doit être bien ajusté contre la paroi intérieure de la colonne.
- Versez lentement l'échantillon préparé au centre de l'extracteur de colonne. Attendez que l'échantillon s'écoule. La solution d'échantillon doit s'écouler relativement lentement (2 gouttes par seconde) dans la colonne. Maintenez le niveau de la solution d'échantillon juste au-dessus du tampon de coton.
- Une fois le débit arrêté, comprenez complètement le tampon absorbant dans l'extracteur avec le piston. Jetez le contenu du bécher. Retirez lentement le piston de l'extracteur. Le tampon absorbant doit rester au bas de l'extracteur lorsque le piston est retiré. Si le bouchon de coton monte dans la colonne, poussez-le vers le bas avec une tige propre et émoussée.

- Placez un bécher propre et sec de 150 ml sous l'extracteur. À l'aide d'un cylindre gradué en plastique de 25 ml, ajoutez 25 ml de solution d'éluant pPb-3 à l'extracteur. Maintenez le niveau de la solution d'éluant juste au-dessus du tampon absorbant
- . Laissez la solution d'éluant s'égoutter lentement de l'extracteur. Une fois le débit arrêté, compressez complètement le tampon absorbant
- À l'aide d'un compte-gouttes en plastique de 1 ml, ajoutez 1,0 ml de solution neutralisante pPb-4 dans le bécher. Remuez soigneusement pour mélanger et passez immédiatement à l'étape 14
- Ajouter le contenu d'un coussin en poudre indicatrice pPb-5 dans le bécher et bien agité pour mélanger. La solution deviendra brune.
- Versez 10 ml de solution dans une cuve à échantillon carrée
- Appuyez sur **TIMER> OK** Une deuxième période de réaction de deux minutes commencera
- Lorsque la minuterie expire, insérez la cuve à échantillon dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite.
- Appuyez sur **ZERO**. L'écran affichera : 0 µg / L Pb
- Retirez la cuve à échantillon et ajoutez 3 gouttes de solution de décoloration pPb-6 dans la cuve. Remuez pour bien mélanger.
- Insérez la cuve à échantillon dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite. Appuyez sur **LIRE**. Les résultats sont en µg / L Pb.



Figure 13 : matériel d'analyse de plomb.

2.1.2.8.2. Fer

Réactif et matériel :

- Pochette de réactif de fer FerroVer
- Cuve carrée de 10 ml

❖ Mode opératoire :

- Appuyez sur Programmes enregistrés.
- Sélectionnez le test.
- **Échantillon préparé** : remplir une cellule d'échantillon carrée propre avec 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'un oreiller de poudre de réactif de fer FerroVer dans la cellule d'échantillon. Agiter pour mélanger. Une couleur orange se formera si du fer est présent,
- Appuyez sur **TIMER> OK**. Une période de réaction de trois minutes

Commencera (Laisser les échantillons contenant de la rouille réagir pendant au moins 5 minutes.)

- **Préparation du blanc** : remplir une deuxième cellule d'échantillon carrée avec 10 ml d'échantillon.
- Lorsque la minuterie expire, insérez le blanc dans le porte- cellule avec la ligne de remplissage orientée vers la droite. Appuyez sur **ZERO**. L'écran affichera : 0,00 mg / L Fe
- Placer l'échantillon préparé dans le porte-cuve avec la ligne de remplissage tournée vers la droite. Appuyez sur **LIRE**. Les résultats sont en mg / L Fe.

2.1.2.8.3. Cuivre

❖ Réactif et matériel

- Cuve carrée de 10 ml et 25 ml avec bouchons
- Pochettes de réactif au cuivre CuVer 1
- Pochettes de réactif au cuivre CuVer 2
- Eprouvettes graduées.

❖ Mode opératoire

- Appuyer sur Programmes enregistrés.
- Sélectionner le programme d'analyse.
- **Préparation de l'échantillon** : Remplir une cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif au cuivre CuVer 1 dans la cuve (l'échantillon préparé). Boucher et agiter pour homogénéiser. Utiliser la pochette de réactif CuVer 2 pour les échantillons contenant des concentrations élevées en aluminium, fer et dureté. L'usage d'une cuve pour échantillon de 25 ml est requis.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK. Une période de réaction de 2 minutes va commencer.
- **Préparation du blanc** : Remplir une autre cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- . Essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait

de remplissage vers la droite. Sélectionner sur l'écran : **Zéro** Indication à l'écran : 0,00 mg/L Cu

- Dans les 30 minutes après le retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite. Sélectionner sur l'écran : Mesurer Les résultats est indiqués en mg/L Cu Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

2.1.2.9. Titrage volumétrique

Une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé point d'équivalence. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- Titre hydrotimétrique (TH) : titré avec la solution d'EDTA à 2N.
- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet (TA, TAC) : titrer avec le HCl 0.2N.
- Les chlorures : titrer avec $AgNO_3$ à 0.02 N jusqu'à coloration rouge brique.
- Le calcium et magnésium : titrer avec EDTA.

2.1.2.10. Détermination de chlorure

Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion et aussi pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M. S et de 250 mg/l.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en

Présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

❖ Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 gouttes de chromate de potassium.

- Titrer avec solution de Nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

❖ Expression des résultats

- Cl^- (ppm) = (v-blanc) *7.1
- Blanc=0.4

2.2.2.11. Détermination de calcium (Ca^{++}) et de magnésium (Mg^{++})

2.1.2.11.1. Calcium (Ca^{++})

❖ Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 ml de solution de NaOH 1N.
- Agiter et ajouter une pincée de l'indicateur murexide (couleur rose foncée).
- Titrer avec l'EDTA à 0.01 N jusqu'au virage mauve claire.

❖ Expression des résultats

- Ca^{++} en ppm de CaCO_3 = VEDTA*10

2.1.2.11.2. Magnésium (Mg^{++})

❖ Expression des résultats

- Mg^{++} en ppm de CaCO_3 = TH – Ca^{++}

2.1.2.12. Alcalinité (détermination de TA et TAC)

Selon Rodier (1996), L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH.

- Le titre alcalimétrique complet (TAC) : Il correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- .
- Le titre alcalimétrique (TA) : Il correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} .

Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3.

❖ **Réactif**

- Solution de phénolphthaléine (2 à 3 gouttes)
- Solution de l'acide sulfurique (H_2SO_4)
- Solution l'indicateur Méthyle orange (couleur orange)

❖ **Mode opératoire**

2.1.2.12.1. Le titre alcalimétrique (TA)

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une fiole de 300 ml
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, en présence de l'alcalinité (TA). On obtient un couleur rose pale
- Titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.02 n jusqu'à la disparition de la couleur et noter le volume (V_a)

❖ **Expression des résultats**

- TA en ppm de $CaCO_3 = V_a \cdot 10$

2.1.2.12.2. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

3.4. A la même solution précédente, ajouter 2 a 3 gouttes de l'indicateur Méthyle orange (couleur orange)

3.5. 2-titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) a 0.02 n jusqu'au virage rose pâle et noter le volume (V_b).

❖ **Expression des résultats**

- TAC en ppm de $CaCO_3 = V \cdot 10$ (mg/L) avec $V = V_a + V_b$
- Remarque : TA=0.

2.1.2.12.3. La dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et

de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés (Fig. 10 et 11).

❖ Réactif utilisés

- Solution EDTA (10 mmol/l).
- Solution de noir d'urochromes à 5 % (indicateur coloré).
- Solution tampon d'ammonium à PH=1

❖ Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une fiole de 300 ml
- Ajouter 2 ml de la solution de tampo
- Ajouter une pince de l'indicateur noir d'urochrome (net). En présence de la dureté la solution se colore en rouge cerise
- Titrer avec l'EDTA à 0.01 m jusqu'au virage bleu de l'indicateur

❖ Expression des résultats

- TH en ppm de $\text{CaCO}_3 = V \text{ EDTA} \times 10$
- TH en ml/l $\text{CaCO}_3 = V \text{ EDTA} \times 10$

❖ Remarque

- 1 ppm = 1 mg/l

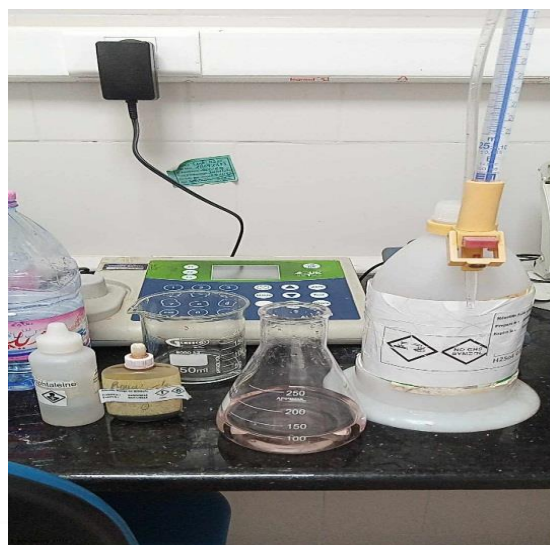


Figure 14 : les résultats avant le titrage

2.1.2.13. Visites techniques et enquête de terrain

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux souterraines à Hadjar Mefrouche, des visites de terrain ont été réalisées auprès de deux structures sanitaires locales :

- le Service des épidémies de Tamalous,
- le Bureau d'hygiène et de santé communale d'Aïn Kechera.

Ces visites ont permis de recueillir des données relatives à l'infrastructure hydraulique et aux pratiques sanitaires de la commune. Il ressort que la commune d'Aïn Kechera dispose d'un réseau hydraulique composé de :

- 5 363 robinets individuels,
- 80 puits domestiques,
- 58 puits à usage agricole,
- 39 réservoirs de stockage d'eau.

Cependant, aucune opération de désinfection systématique ou de traitement régulier des points d'eau n'est mise en œuvre. Cette absence de contrôle est préoccupante, d'autant plus que les données annuelles issues des analyses bactériologiques montrent une augmentation progressive des contaminations microbiennes, traduisant un défaut de surveillance sanitaire et un risque potentiel pour la santé publique.

2.2. Les analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau des laboratoires de l'EPSP d'Aïn Kechra, dans le but de compléter l'évaluation de la potabilité des eaux distribuées dans la région.

Les prélèvements ont été effectués conformément aux recommandations de **(Rodier 2009)**, en respectant des conditions rigoureuses de stérilité.

L'eau a été prélevée à partir de robinets couramment utilisés, dans des flacons en verre stérilisés. Avant le prélèvement, les accessoires tels que les filtres, brise-jets ou tuyaux de caoutchouc ont été retirés afin d'éviter toute contamination externe.

Le préleveur s'est soigneusement lavé les mains et les avant-bras, puis les a rincés à l'alcool avant de les laisser sécher.

L'eau a été laissée à couler pendant 3 à 5 minutes pour purger les canalisations, puis le robinet a été désinfecté à l'aide d'un coton imbibé d'alcool enflammé pendant au moins une minute.

Après cette étape, l'eau a de nouveau été laissée à couler pendant deux minutes supplémentaires avant de procéder au remplissage des flacons jusqu'aux trois quarts de leur volume.

Cette précaution vise à préserver les bactéries aérobies présentes et à permettre une bonne homogénéisation de l'échantillon avant l'analyse.

Chapitre 3. Résultat et Discussion

1. Les paramètres physico-chimiques

1.1. Résultat des analyses physico-chimiques

Les concentrations des différents paramètres analysés dans les deux laboratoires (RA2K SONATRACH – Skikda et SBC SPA Coca-Cola – Skikda) sont présentées dans le tableau et les histogrammes ci-après. Ces résultats permettent d'évaluer la qualité des eaux des puits et des sources de la région de Hadjar Mefrouche.

Tableau 06 : Résultat des analyses physico-chimiques des eaux des sources, puits de la zone d'étude (RA2K SONATRACH – Skikda)

Paramètres Sources ,puits	Unités	S1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	S2
Temperature	C°	11	10.2	10	11.5	10.4	10.8	10.2	10.3
PH	/	6.93	6.28	5.82	6.07	6.00	6.05	6.57	6.08
CE	µs/cm	112	275	296	344	94	124	162	151
MES	mg/l	5	29	2	4	10	5	4	2
TDS	mg/l	65.2	162	176	204	54	74	95	86
TH	mg/l	32	103	72	104	14	37	46	38
TA	mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
TAC	mg/l	31	30	34	25	36	25	31	38
Ca ⁺⁺	mg/l	29	4	21	10	50	35	95	20
Mg ⁺⁺	mg/l	12	13	37	54	4	16	6	9
Zn	mg / l	0.04	0.46	0.12	0.49	0.12	0.11	0.16	0.30
Cl ⁻	mg/l	26	50	72	68	31	40	38	165
No ₂ ⁻	mg/l	0.131	0.014	0.003	0.006	0.016	0.037	0.055	0.012
No ₃ ⁻	mg/l	1.07	0.02	1.12	1.12	1.07	1.02	0.93	1.08
So ₄ ⁻	mg/l	6	15	5	24	0	1	4	17
Pb	mg/l	0.002	0.004	0.003	0.005	0.004	0.003	0.002	0.003
Fe	mg/l	0.01	0.28	0.04	0.01	0.05	0.08	0.06	0.14

Cu	mg/l	0.01	0.28	0.04	0.01	0.05	0.02	0	0.03
DBO	mg/l	3.6	2.9	3.2	4	3.5	2.8	3	2.5
DCO	mg/l	30	19	24	35	28	20	22	18

Tableau 07 : Résultat des analyses physico-chimiques des eaux des sources, puits de la zone d'étude (SBC SPA Coca-Cola – Skikda)

Paramètres / Puits ,Sources	Unités	S1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	S2
Temperature	C°	11	10.9	10.6	13	12	11.2	10.5	10.2
PH	/	6.86	7.34	6.73	6.62	5.86	6.66	6.67	6.31
CE	µs/cm	133	399	396	468	216	230	241	202
MES	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	mg/l	3	10	11.5	10.8	4	5	5.5	3.6
TA	mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
TAC	mg/l	1.8	5.3	6.4	3.4	0.5	2.6	3.5	1.9
TDS	mg/l	73.15	219.45	217.8	254.4	118.8	126.5	132.25	111.1
FER	mg/l	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02
Cl ⁻	mg/l	28	30	28	42	30	36	36	36
SO ⁻² 4	mg/l	19	25	3	19	3	0	5	3
DBO	mg/l	0	5	7	0	7	8	6	8
DCO	mg/l	8	0	0	8	0	0	0	6

1.1.1. Potentiel hydrogène (PH)

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (DUSSART, 1966 ; BERMOND et VUICHARD, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (ANONYME 12, 2007).

L'analyse du pH des eaux de la région de Hadjar Mefrouche montre qu'au mois de décembre, cinq points de prélèvement (P1, P2, P3, P4 et P5) présentent des valeurs de pH inférieures à la norme fixée par l'OMS et la réglementation algérienne (entre 6.5 et 8.5). Seuls le puits P6 et la source S1 sont conformes durant cette période, tandis que la source S2 reste en dehors des limites recommandées.

En mai, la situation s'améliore : la majorité des puits (P1 à P6) respectent désormais les normes de potabilité, ainsi que la source S1. Toutefois, la source S2 présente encore un pH acide, indiquant une non-conformité persistante.

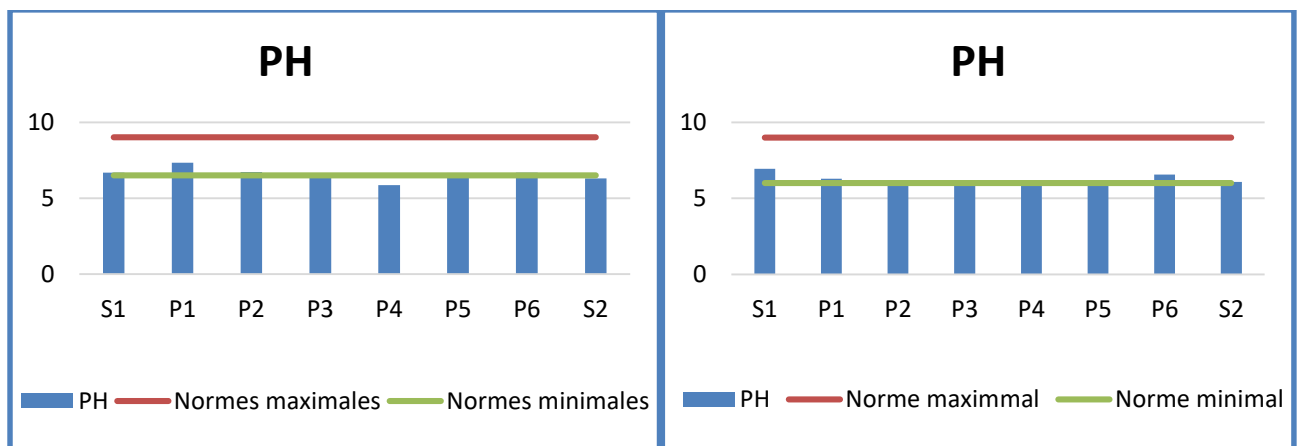


Figure 15 : Histogramme de variation de PH des eaux de puits des différentes stations

1.1.2. La conductivité électrique(CE)

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (ANONYME 13, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet une évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale ou la salinité de l'eau, même d'en suivre l'évolution (BOEGLIN, 2000; DIB, 2009).

En décembre, les eaux sont très faiblement minéralisées, ce qui est souvent signe d'une eau de bonne qualité.

En mai, la conductivité augmente légèrement, probablement due à la variation saisonnière (évaporation, infiltration, ruissellement), mais toutes les sources restent conformes aux normes.

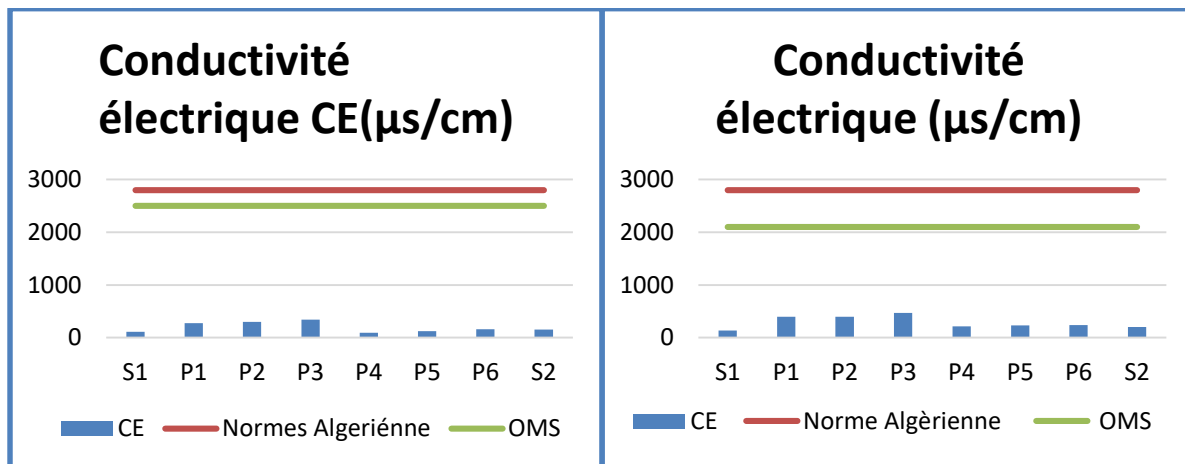


Figure 16 : Histogramme variation de la Conductivité électrique des eaux de puits Différentes stations

1.1.3. Titre alcalimétrique (TH)

La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et

Correspond à la teneur en calcium et en magnésium (HAKMI, 2006).

L'analyse de la dureté de l'eau montre qu'en décembre, plusieurs puits (notamment P1, P2 et P3) présentent une eau très dure, pouvant causer des dépôts de calcaire. En mai, la plupart des autres deviennent très douces à douces, Cette baisse peut être liée aux précipitations

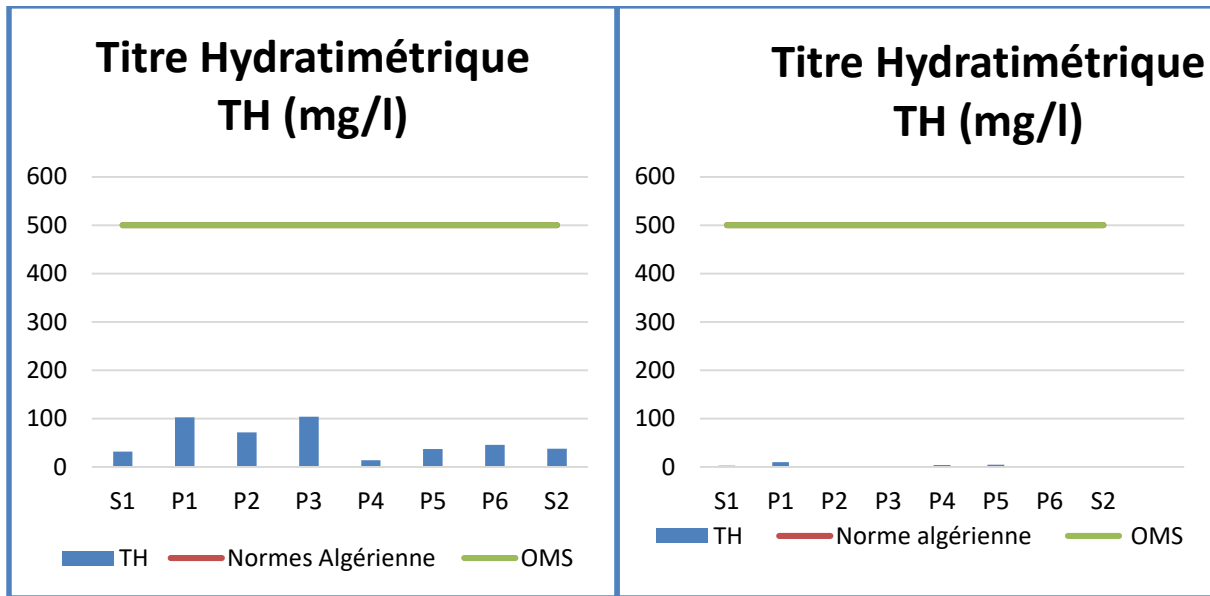


Figure17 : Variation de la Dureté Totale des eaux de puits et sources des différentes stations.

1.1.4. Alcalinité (TAC)

En décembre, les sources présentent un bon TAC, ce qui signifie une eau stable et bien tamponnée contre les variations de pH.

En mai, le TAC est très faible dans presque toutes les sources, rendant l'eau instable et plus sensible à l'acidification, ce qui peut expliquer les pH bas relevés à cette période.

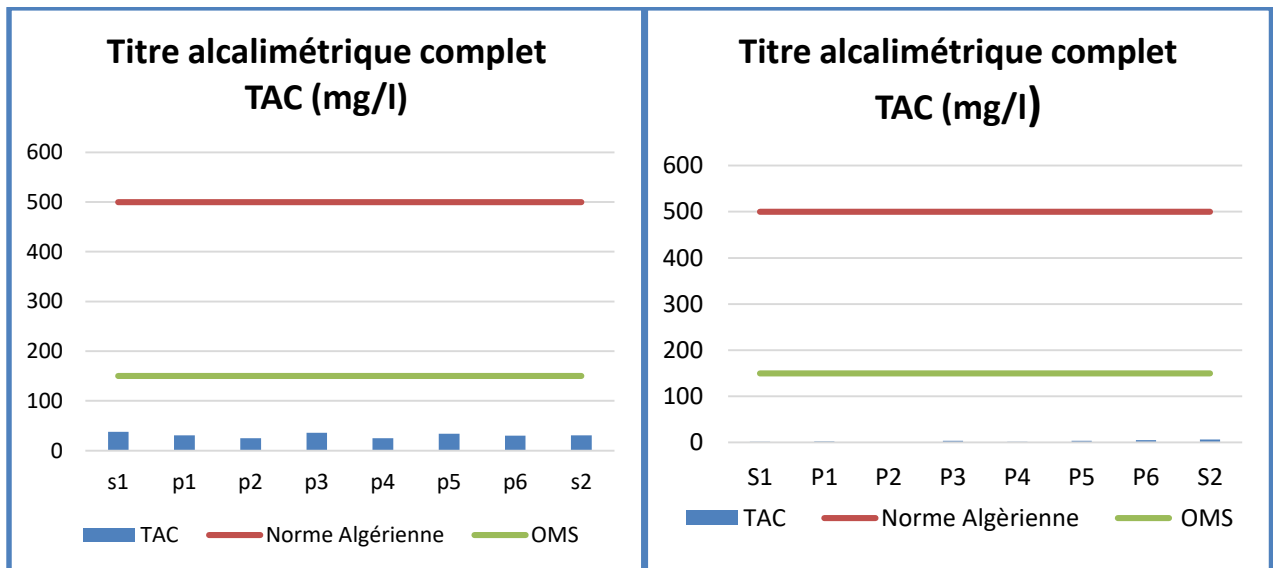


Figure 18 : Variation de titre alcalimétrique complet des eaux de puits, sources des différentes stations

1.1.5. Calcium (Ca²⁺)

L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Des recherches et des études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimées approximativement entre 700 et 900 mg/jour. De plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin. Les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium, présentent des inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (RODIER et al. 2005).

Les puits P6 et P4 présentent des teneurs élevées, pouvant contribuer à une dureté importante de l'eau (sans danger, mais avec risque de tartre).

Les autres puits et sources affichent des valeurs faibles à modérées, indiquant une bonne qualité chimique.

Le calcium ne représente aucun risque sanitaire dans les eaux analysées, mais sa concentration élevée dans certains puits (notamment P6) justifie une surveillance de la dureté.

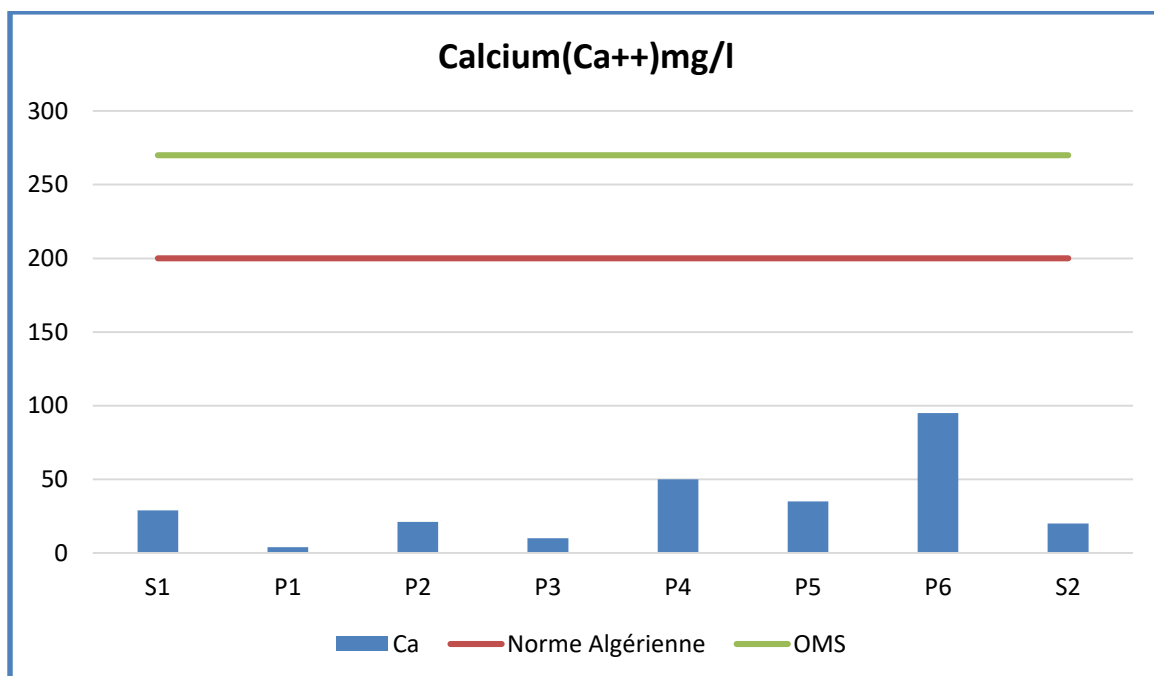


Figure 19 : Histogramme de variation de la teneur en calcium

1.1.6. Magnésium (Mg^{+2})

Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles (BENAMAR et al. 2011). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{2+} (DIB, 2009). La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300

mg/l à 20°C. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est

Présent sous forme de carbonates et d'hydrogénocarbonates

- Seule le puits P6 dépasse la limite recommandée de 50 mg/L.
- Les autres puits et sources ont des valeurs acceptables.

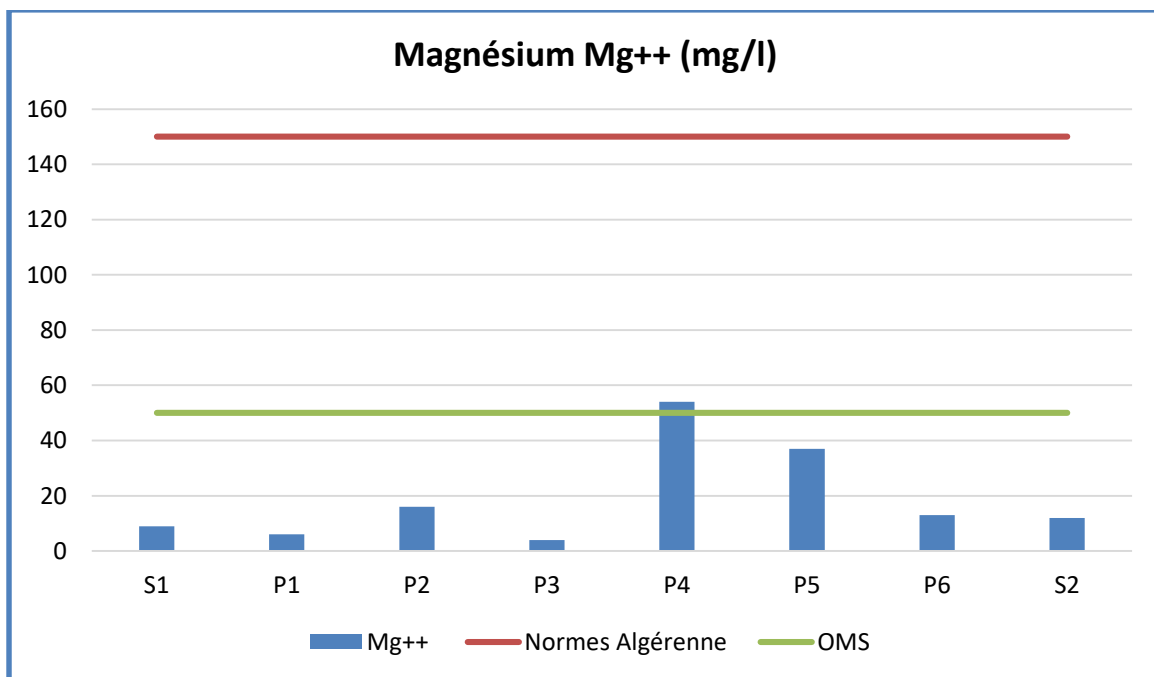


Figure 20 : Histogramme de variation de la teneur en magnésium

1.1.7. Chlorures(Cl^{-})

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Leurs teneurs dans les eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas de fortes pluies. Elles peuvent avoir comme origine, selon (DIB 2009), une contamination par les eaux usées.

L'inconvénient majeur des chlorures, est la saveur désagréable, qu'elles communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l (OMS, 1993; WHO, 2008), surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Pour une quantité équivalente de chlorures, la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium (RODIER et al. 2005). (GUERGAZI et ACHOUR 2005). (DIB, 2009)

Les taux de chlorures sont conformes aux normes en décembre et en mai.

En décembre, S1 présente une teneur élevée (165 mg/L), mais reste en dessous de la limite de 250 mg/L.

En mai, les concentrations de chlorures sont faibles dans tous les puits et sources, indiquant une bonne qualité à ce niveau.

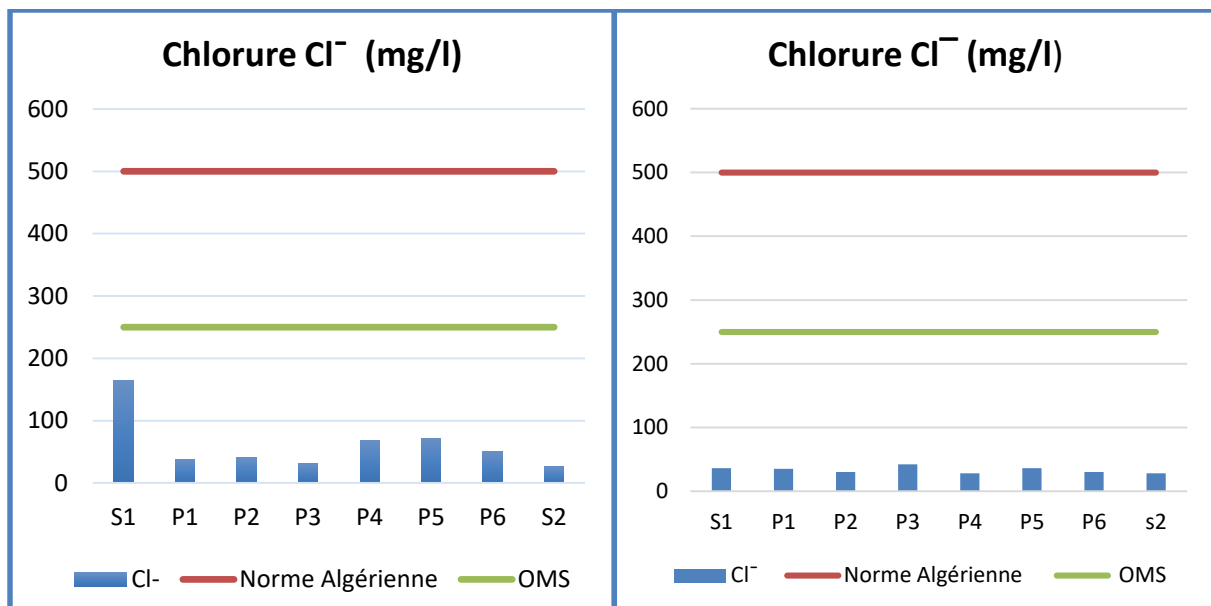


Figure 21 : variation de la teneur en chlorure

1.1.8. Nitrates (No₃⁻)

Les nitrates sont naturellement présents dans notre environnement et peuvent avoir une origine naturelle par la transformation de matières organiques en décomposition par les microorganismes ou alors d'origine domestique, industrielle et agricole (engrais, pesticides...etc.). Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. (OMS., 1980).

Les teneurs en nitrates dans toutes les sources analysées en décembre sont très faibles, bien en dessous de la limite de 50 mg/L fixée par l'OMS et la réglementation algérienne. Ces résultats indiquent une excellente qualité de l'eau vis-à-vis de la pollution par les nitrates, souvent liée aux rejets agricoles (engrais) ou domestiques.

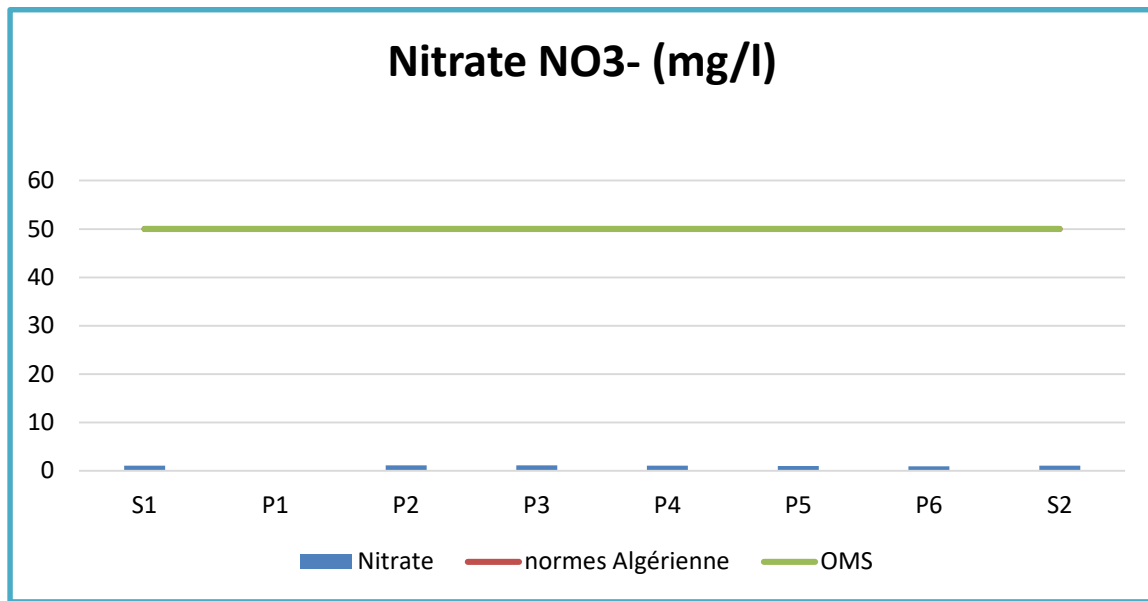


Figure 22 : Histogramme de variation de nitrate.

1.1.9. Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (phénomène de la dénitrification) (RODIER et al. 2005 . DIB, 2009).

La source S1 est non conforme selon la norme algérienne, mais reste acceptable selon l’OMS.

Les concentrations en nitrites restent faibles, ce qui est un bon indicateur de faible pollution fécale ou industrielle récente.

Une surveillance continue est recommandée, surtout pour S1, afin de prévenir toute dégradation.

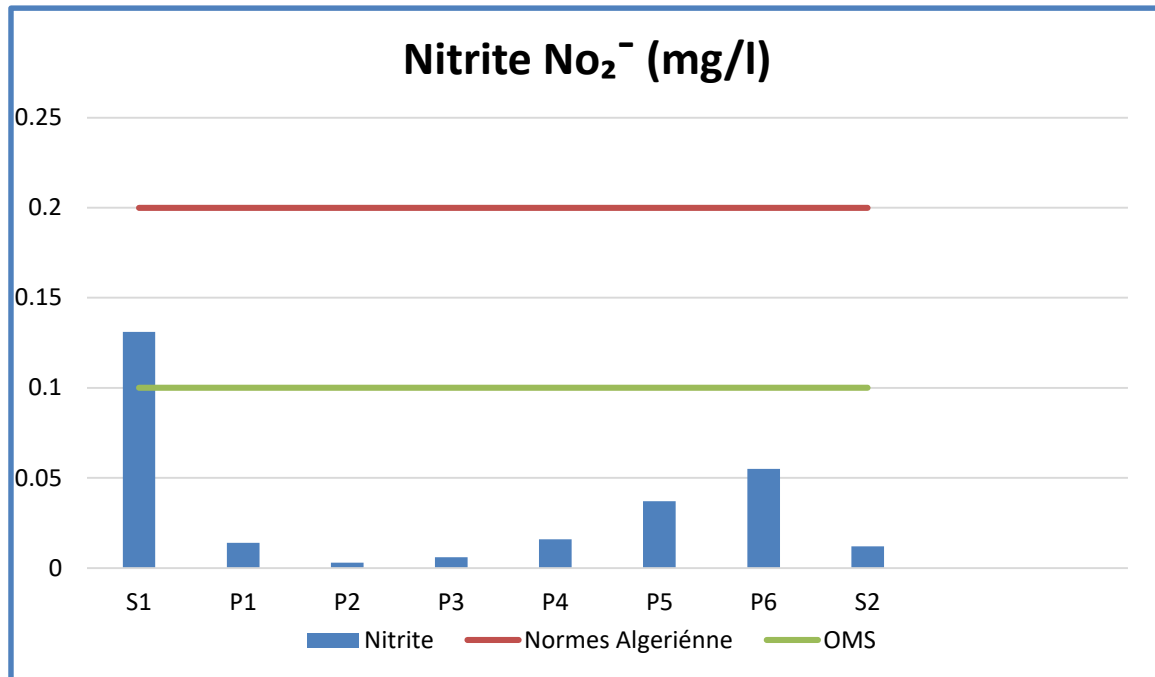


Figure 23 : Histogramme de variation de nitrite.

1.1.10. Sulfates (So₄⁻)

La concentration en ions **sulfates** des eaux naturelles, est très variable, peut être.

Largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse (**RODIER et al. 2005; DIB, 2009**). La présence de sulfate en quantité supérieure à 300 mg/l peut entraîner dans certaines conditions l'altération des matériaux de construction (corrosion des réservoirs de stockage) et accélérer la corrosion du fer (**RODIER et al. 2005**).

Les concentrations en sulfates sont très faibles aussi bien en décembre qu'en mai, largement conformes aux normes de potabilité.

Cela indique une bonne qualité de l'eau.

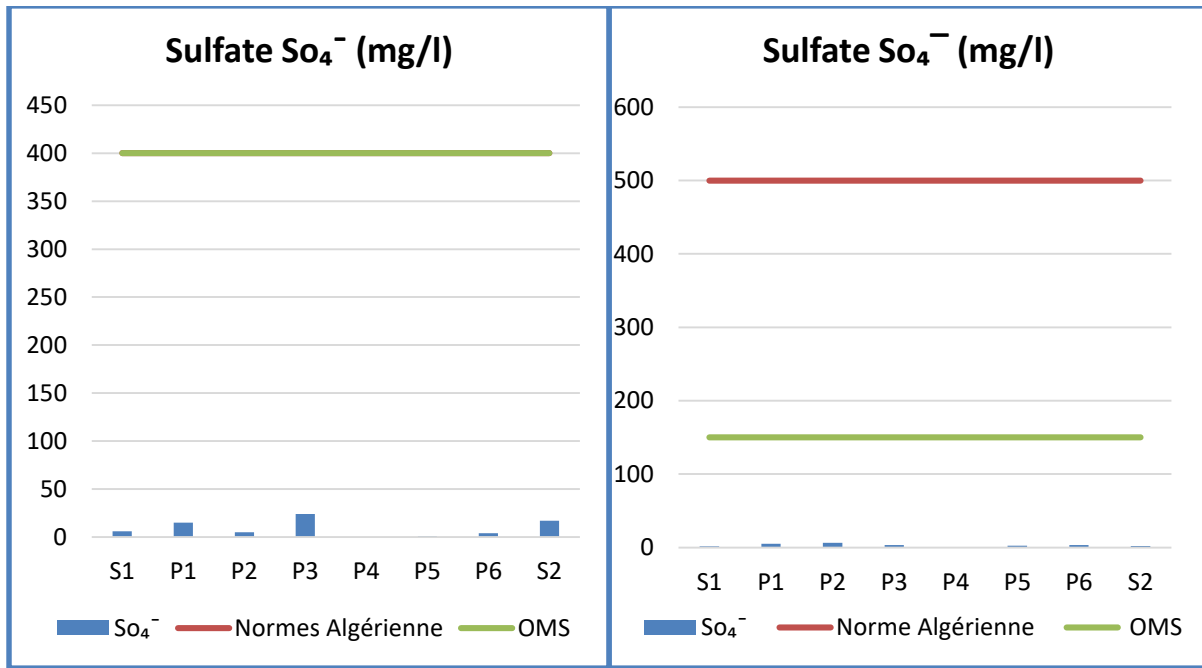


Figure 24 : Histogramme de variation de sulfate.

1.1.11. Plomb (Pb)

Toutes les sources présentent des concentrations de plomb très inférieures à la limite maximale de 0,01 mg/L fixée par l’OMS et la réglementation algérienne.

La source ayant la valeur la plus élevée (S4 à 0.005 mg/L) reste deux fois inférieure à la limite, donc sans danger.

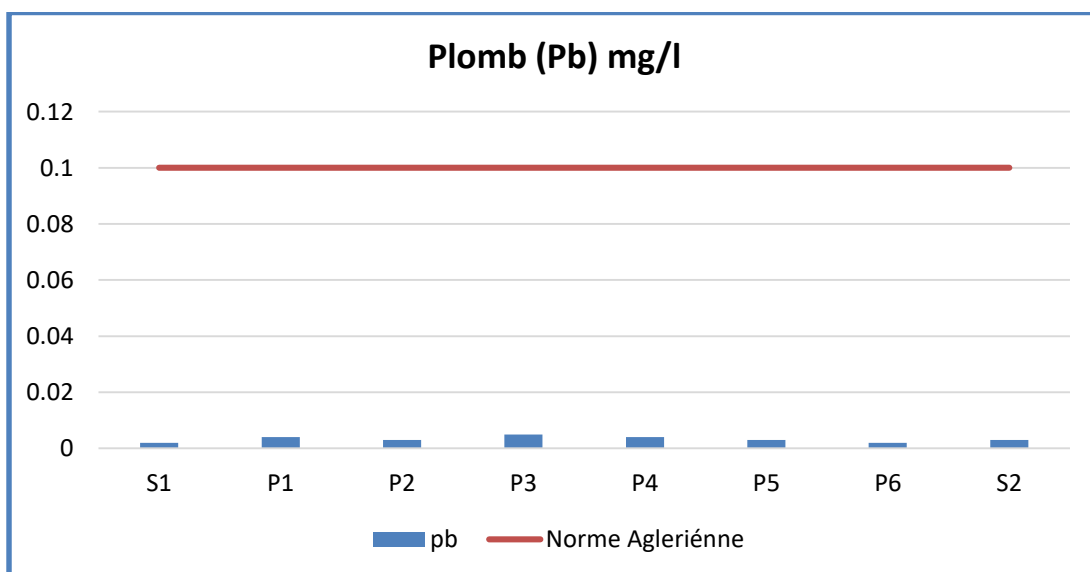


Figure 25 : Histogramme de variation de Plomb.

1.1.12. Fer

Toutes les sources sont conformes aux normes OMS et algériennes en matière de teneur en fer, aussi bien en décembre qu'en mai.

La source S1 en décembre présente une valeur un peu élevée (0.28 mg/L), mais reste dans les limites acceptables. En mai, les teneurs sont très faibles, indiquant une bonne qualité de l'eau du point de vue du fer.

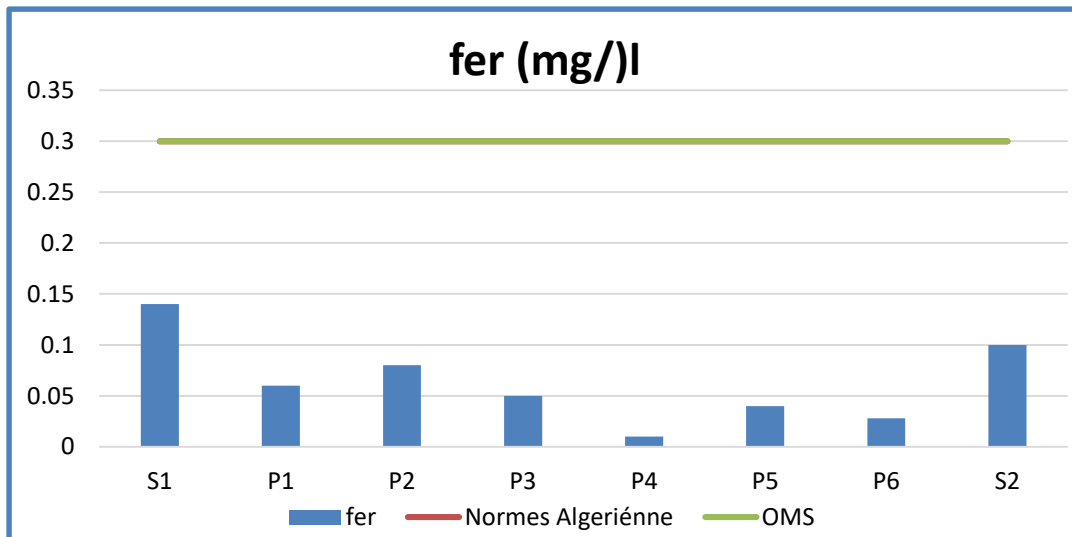


Figure 26 : Histogramme de variation de Fer.

1.1.13. Le Cuivre (Cu²⁺)

Toutes les sources présentent des taux de cuivre bien en dessous des limites fixées par l'OMS (2 mg/L) et la norme algérienne (1 mg/L).

La concentration la plus élevée est observée dans la source P6 (0.28 mg/L), ce qui reste très largement conforme.

Aucun puit et source ne présente de risque lié à la présence de cuivre

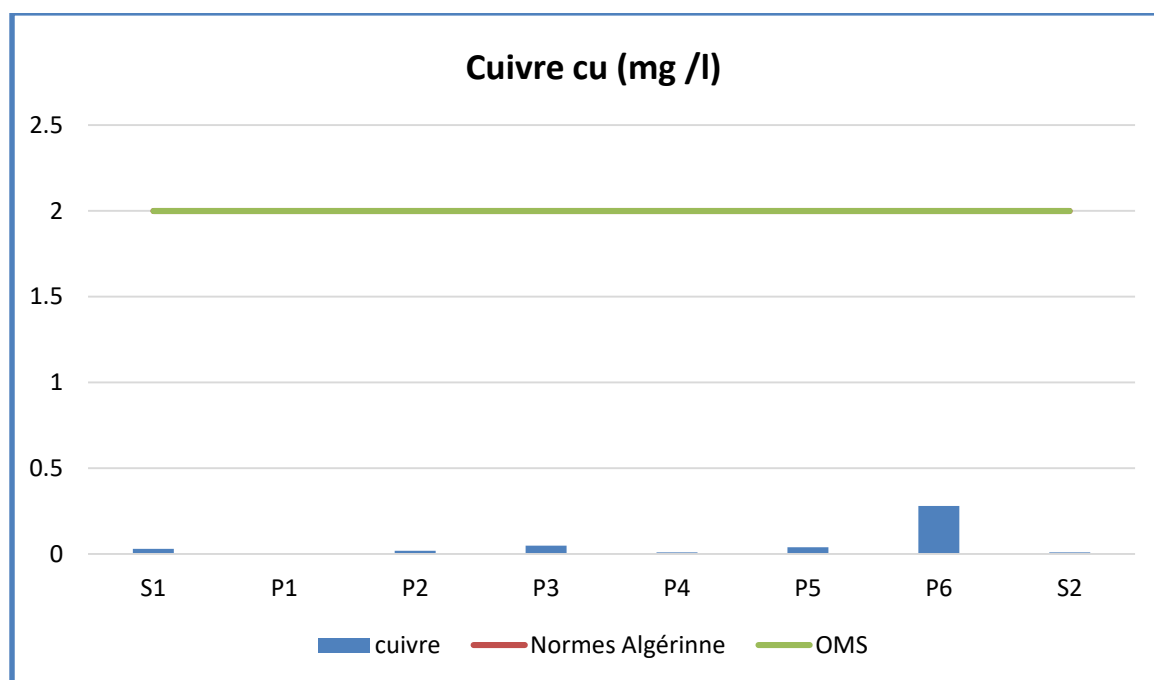


Figure 27 : Histogramme de variation de cuivre.

2. Les paramètres bactériologiques

	prélèvement	Date	Taux de chlore	Coliforme totaux Germe/100ml	Coliforme fécaux Germe/100ml	Streptococciques fécaux Germe/100ml	potabilité
01	Source captée hadjirate el baz	28/04/2025		00	00	00	potable
02	Source captee laouina lbarda	28/04/2025		00	00	00	potable
03	Puits bougha gha ayache	28/04/2025	0.4	00	00	00	potable
04	Puits boughaghab messaoud	28/04/2025	0.5	00	00	00	potable
05	Puits mefrouche Ibrahim	28/04/2025	0.6	00	00	00	potable

2.1. Résultat des analyses bactériologique

Les résultats bactériologiques des prélèvements effectués le 28/04/2025 sur cinq sources situées à Hadjar Mefrouche (sources captées et puits) indiquent une absence totale de contamination microbiologique.

Aucun coliforme total, coliforme fécal, ni streptocoque fécal n'a été détecté dans les échantillons analysés. Les taux de chlore résiduel (0 à 0.5 mg/L) sont conformes aux pratiques de désinfection et contribuent à la sécurité sanitaire de l'eau.

Conclusion Générale

Conclusion

L'étude de la qualité des eaux souterraines de la région de Hadjar Mefrouche, à travers une double campagne d'échantillonnage en décembre 2024 (saison des hautes eaux) et en mai 2025 (basses eaux), a permis de dresser un état des lieux précis et structuré de la potabilité des eaux de puits et de sources utilisées par la population locale.

Les résultats physico-chimiques montrent que plusieurs paramètres ont connu des fluctuations saisonnières significatives. En décembre, les échantillons analysés révélaient certaines anomalies, notamment un pH acide dans plusieurs points d'eau, une dureté élevée (notamment dans les puits P2, P3 et P4), une conductivité importante, ainsi que des teneurs relativement élevées en DBO₅ et DCO, témoignant d'une pollution organique modérée à localisée. Ces anomalies s'expliquent par la composition géologique des sols, le lessivage hivernal et les apports anthropiques non contrôlés.

En revanche, les teneurs en nitrates, nitrites, chlorures, sulfates et métaux lourds (plomb, zinc, cuivre, fer) sont restées globalement inférieures aux seuils limites fixés par l'OMS et la réglementation algérienne, ce qui indique une absence de pollution chimique grave ou chronique.

En mai 2025, les analyses montrent une amélioration globale : le pH est redevenu conforme dans la majorité des points de prélèvement, les matières en suspension ont disparu, et la dureté s'est considérablement atténuée dans plusieurs puits. Cette amélioration peut être attribuée à une dilution naturelle due aux précipitations printanières, à une moindre stagnation des eaux et à une recharge plus dynamique des nappes. Cependant, une légère augmentation de la conductivité et du TDS a été constatée, signe d'une minéralisation plus marquée ou d'un apport supplémentaire de sels dissous.

L'évaluation microbiologique, réalisée en avril 2025 par l'EPSP d'Aïn Kechra sur cinq sites de la région, confirme une absence totale de contamination bactérienne (coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques), appuyée par des niveaux de chlore résiduel conformes, indiquant une potabilité parfaite sur le plan sanitaire à la date de l'échantillonnage.

En conclusion, les eaux souterraines de Hadjar Mefrouche sont globalement de bonne qualité, à la fois chimiquement acceptables et bactériologiquement saines, malgré quelques non-conformités ponctuelles qu'il convient de surveiller. La zone reste toutefois vulnérable aux pressions anthropiques (rejets domestiques, pollutions agricoles), ce qui impose :

- la mise en place d'un suivi régulier de la qualité de l'eau,
- le renforcement des dispositifs d'assainissement,

- et la sensibilisation des habitants à la gestion durable des ressources hydriques.

Cette étude constitue une base scientifique utile pour orienter les actions de protection, de traitement et de valorisation des eaux souterraines dans les zones rurales de l'Algérie.

Références

Références Bibliographiques

- **Achi Fethi et al. (2019)** Étude du traitement de l'eau en Algérie : cas de l'osmose inverse. Mémoire, Université non précisée.
- **Arab Zahira (2022)** Traitement des eaux usées : techniques appliquées dans les stations algériennes. Mémoire, Université non précisée.
- **Ayad M & Kahoul M (2016)** Évaluation physico-chimique de la qualité des eaux dans l'est algérien. Mémoire de master, Université Badji Mokhtar - Annaba.
- **Barouche Adel (2022)** L'eau de source : caractéristiques et qualité naturelle. Mémoire de Master, Université d'Alger.
- **Belkheir N & Hamlat A (2020)** Étude de l'eau de puits : risques sanitaires et qualité. Thèse, Université Mohamed Seddik Ben Yahia – Jijel.
- **Benabderrahmane A (2021)** Étude des normes de qualité de l'eau potable en Algérie. Mémoire, Université de Blida.
- **Benammour D & Messaoudi A (2020)** Étapes de traitement de l'eau potable dans les stations algériennes. Mémoire de Master, Université de Blida 1.
- **Biki F & Zeghouane H (2017)** Pollution des eaux industrielles : cas des rejets pétrochimiques. Thèse de doctorat, Université de Boumerdès.
- **Boualalem S (2013)** Propriétés physico-chimiques de l'eau et importance biologique. Mémoire, Université de Batna.
- **Bouziane M (2000)** Cycle naturel de l'eau et processus d'infiltration. Mémoire de DEA, Université Ferhat Abbas – Sétif.
- **Chaffai H et al. (2014)** Typologie et classification des nappes phréatiques en Algérie. Mémoire, Université de Constantine.
- **Codex Alimentarius (s.d.)** Directives relatives aux limites des substances toxiques dans l'eau de boisson. FAO/OMS.
- **Daoudi L & Ben Mazouz A (2021)** Techniques de captage des eaux souterraines en milieu rural. Thèse de Doctorat, Université d'Oran.
- **Gouasmia Y & Zouaoui M (2021)** Évaluation des rejets industriels et leur impact sur la qualité de l'eau. Mémoire, Université de Constantine.
- **Hainaut P (2011)** Pollution de l'eau : origines et typologies. In Environnement et Santé. Ed. Inserm.
- **JORADP (2014)** Décret exécutif n° 28 relatif à la qualité de l'eau potable en Algérie. Journal Officiel de la République Algérienne.

- **Manceur R (2016)** Étude des normes microbiologiques de l'eau potable. Mémoire de Master, Université Alger 1.
- **OMS (2017)** Directives de qualité pour l'eau potable, 4^e édition. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- **Rodier J, Legube B, Merlet N (2009)** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^e éd., Dunod, Paris.
- **Rodier J (1996 ; 2005)** Méthodes d'analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Dunod, Paris.
- **Sahi A (2024)** Étude physico-chimique de l'eau potable selon les normes ENSH Blida. Mémoire de master, ENSH Blida.
- **Saihi Aymen Ibrahim (2023–2024)** L'eau, solvant universel et base de la vie. Mémoire de Master, Université de Skikda.
- **Tahli Imane (2015)** Qualité de l'eau potable et exigences sanitaires. Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Taleb N & Badaoui I (2019)** Paramètres physico-chimiques de l'eau : étude comparative. Mémoire de Master, Université de Biskra.
- **Valvaire D (2008)** Le cycle de l'eau et ses implications environnementales. In Guide de l'environnement, Ed. Lavoisier.
- **Zair L (2011)** Étude des pollutions microbiologiques et chimiques dans les eaux rurales. Thèse, Université de Djelfa.
- **Zouaghi A et al. (2016)** Évaluation de la pollution hydrique dans les zones rurales d'Algérie. Mémoire de Master, Université d'El Bayadh.

Annexes

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

ولاية : سكيكدة
 دائرة : عين قشرة
 بلدية : عين قشرة
 مكتب النظافة وحفظ الصحة
 رقم: 8ع / 2025

إحصائيات منابع حجر مقروش

❖ سنة 2024 :

- الأبار الفردية : 50 بئر .
- المنابع الطبيعية : 05 منابع .
- عدد التحاليل البكتريولوجية : 68 .
- عدد التحاليل السلبية : 64 .
- عدد التحاليل الإيجابية : 04 .

❖ سنة 2023 :

- عدد التحاليل البكتريولوجية : 30 .
- عدد التحاليل السلبية : 28 .
- عدد التحاليل الإيجابية : 02 .

❖ سنة 2022 :

- عدد التحاليل البكتريولوجية : 22 .
- عدد التحاليل السلبية : 21 .
- عدد التحاليل الإيجابية : 01 .

2025/02/20: عين قشرة في




Tableau 2 : Normes bactériologiques d'une eau potable (JORA, 2011)

Paramètres bactériologiques	Unités	Normes Algériennes
Coliformes totaux	Germes/ 1ml	100
Coliformes fécaux	Germes/100ml	0
Entérocoques intestinaux	Germes/100ml	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Germes/100ml	0

Normes d'eau potable selon le journal officiel algérienne (JORA, 2014), OMS (2006)

Paramètres	Unité	Norme Algérienne	OMS
Température	C°	25	25
Ph	/	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9,5
CE à 20°C	µs/cm	2800	/
Sodium	mg/l	200	/
Calcium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	<12	/
Chlorure	mg/l	500	250
Oxygène dissous	mg/l	5	5
Phosphate	mg/l	0,5	/
Turbidité	NTU	5	5
Nitrites	mg/l	0,2	0,2
Titre alcalimétrique simple (TA)	°F	0	/
Titre alcalimétrique complète (TAC)	°F	≤30	/
MES	mg/l	25	/
TDS	mg/l	1500	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Salinité	mg/l	0,5	/
DBO	mg/l	<3	/
Dureté total (TH)	mg/l	500	200