

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Civil et Hydraulique

Année 2025/2026

N° d'enregistrement :

/.../2026/



THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Académique en Hydraulique

Spécialité : Ressources Hydrique

**Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux destinées à la
consommation humaine dans la région de Ouargla.**

Présenté et soutenue publiquement

Par :

HAMITI Kaoutar

YAGOUB Sedjoua Nardine

Le 06/06/2026

Devant le jury composé de :

ELFERGOUGUI Meriem	MCA	Université K.M Ouargla	Présidente
ZERROUKI Moussa	MCA	Université K.M Ouargla	Examineur
BRAHIMI Abdelouahed	Docteur	Université K.M Ouargla	Encadreur
MANSOURI Zina	MCA	Université K.M Ouargla	Co encadreur

Remerciements

Avant tout, je remercie Allah le Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et le courage pour mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mon immense respect à mon encadreur

Monsieur : Brahimi Abd Elouahed

Madame : Mansouri Zina

Pour son accompagnement précieux, sa disponibilité permanente, ses conseils judicieux ainsi que ses orientations scientifiques de grande valeur tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Par son sérieux, son professionnalisme, sa patience et ses qualités humaines remarquables, il/elle a été bien plus qu'un simple encadreur, mais un véritable guide et modèle de réussite.

Qu'il/elle trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect. Je lui adresse mes plus vifs remerciements et mes meilleurs souhaits de réussite et de prospérité dans sa carrière professionnelle et personnelle.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation, ainsi qu'à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

À ceux qui ont cru que le savoir est le seul chemin vers l'élévation des nations...

Je dédie ce modeste travail aux âmes passionnées par la connaissance, et à toute personne ayant poursuivi la quête du savoir avec sincérité et détermination.

À mes chers parents, qui n'ont jamais ménagé leurs efforts pour mon éducation et ma réussite, et qui ont toujours été mon soutien dans les défis de la vie universitaire. Cette réussite vous appartient autant qu'à moi.

À l'esprit de la science qui a accompagné mes ambitions...

À mon université honorable, ainsi qu'à tous les enseignants qui ont éclairé notre chemin par leur savoir et leurs idées. Je mets entre vos mains ce travail afin qu'il soit une humble référence au service de la science et des chercheurs, fruit de longues années de recherche, d'apprentissage et d'analyse.

À toutes les personnes qui ont laissé une trace dans ma vie...

À ceux qui sont absents de nos yeux mais restent présents dans nos cœurs...

À tous ceux qui m'ont offert un conseil, un mot d'encouragement ou un soutien qui a contribué à ma persévérance.

Je vous dédie ce mémoire de fin d'études, en espérant qu'Allah accepte ce travail et le rende sincèrement accompli pour Sa noble face.

ملخص

تتناول هذه الدراسة تقييم جودة المياه المخصصة للاستهلاك البشري في منطقة ورقلة، وتهدف إلى تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية المستغلة ومدى مطابقتها لمعايير مياه الشرب. تم جمع المعطيات التحليلية من الهيئات المختصة، ثم معالجتها والتحقق من دقتها باستعمال طريقة التوازن الأيوني. وقد أظهرت النتائج أن المياه المدروسة تتميز بدرجة حموضة مطابقة لمعايير مياه الشرب، إلا أنها تعرف تمعدناً مرتفعاً يتمثل في ارتفاع تراكيز الصوديوم والكلوريدات والكبريتات والكالسيوم والمغنيسيوم. كما بينت الدراسة أن الوجوه الهيدروكيميائية السائدة هي الكلورية الصودية والكبريتاتية الكلسية. وأظهر تقييم قابلية الشرب أن عدداً من المياه المدروسة يحتوي على نسب مرتفعة من الأملاح الذائبة، مما يجعلها شديدة التمعدن وأحياناً غير صالحة للاستهلاك البشري دون معالجة مسبقة.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، جودة المياه، الهيدروكيمياء، المياه الجوفية، قابلية الشرب.

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans la région de Ouargla. Elle vise à caractériser les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines exploitées et à évaluer leur conformité aux normes de potabilité. Les données analytiques collectées auprès des organismes spécialisés ont été traitées et vérifiées par la balance ionique afin d'assurer leur fiabilité. Les résultats montrent que les eaux étudiées présentent un pH conforme aux normes, mais une forte minéralisation caractérisée par des teneurs élevées en sodium, chlorures, sulfates, calcium et magnésium. Les faciès chimiques dominants sont chloruré sodique et sulfaté calcique. L'évaluation de la potabilité révèle que plusieurs eaux présentent des résidus secs élevés, les classant comme fortement minéralisées et parfois impropres à la consommation humaine sans traitement préalable.

Mots clés : Eau potable, Qualité des eaux, Hydrogéochimie, Eaux souterraines, Potabilité.

Abstract

This study focuses on the assessment of drinking water quality in the region of Ouargla. Its main objective is to characterize the physicochemical properties of groundwater resources and evaluate their compliance with drinking water standards. The analytical data collected from specialized institutions were processed and verified using the ionic balance method to ensure their reliability. The results show that the studied waters have a pH within drinking water standards but exhibit high mineralization, characterized by elevated concentrations of sodium, chlorides, sulfates, calcium, and magnesium. The dominant hydrochemical facies are sodium chloride and calcium-sulfate types. The potability assessment reveals that several water samples have high total dissolved solids, classifying them as highly mineralized and, in some cases, unsuitable for human consumption without prior treatment.

Keywords: Drinking water, Water quality, Hydro geochemistry, Groundwater, Potability.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine.....	3
I.1. Introduction	3
I.2. Structure de l'eau.....	3
I.3. Propriétés de l'eau	4
I.4. Définition de l'eau potable	5
I.5. Paramètres de qualité de l'eau potable	6
I.5.1. Paramètres organoleptiques.....	6
I.5.2. Paramètres physique-chimique.....	7
I.5.3. Minéralisation globale	8
I.5.4. Paramètres de pollution	9
I.5.5. Paramètres indésirables	9
I.5.6. Paramètres ioniques.....	10
I.5.7. Paramètres bactériologiques	10
I.6. Origine des eaux destinées à la consommation humaine	11
I.6.1. Les eaux de surface	11
I.6.2. Les eaux souterraines	11
I.6.3. Les ressources non conventionnelles.....	12
I.7. Cadre gestionnaire.....	12
I.7.1. Missions principales de l'ADE.....	12
I.7.2. Normes de qualité de l'eau potable	13
I.8. Conclusion.....	14
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	15
II.1. Introduction	15
II.2. Situation géographique.....	15
II.3. Conditions climatiques	16
II.3.1. Température.....	16
II.3.2. L'humidité de l'air	17
II.3.3. Le vent	18
II.3.4. La pluviométrie	19
II.4. Réseau hydrographique	19
II.5. Géologie de la région	20
II.5.1. Litho stratigraphie	20

II.5.2. Tectonique	23
II.6. Hydrogéologie	24
II.7. Situation de l'alimentation en eau potable	25
II.8. Conclusion.....	26
Chapitre III : Approche méthodologique.....	27
III.1. Introduction	27
III.2. Méthodologie de travail.....	27
III.2.1. Procédure de collecte des données	28
III.2.2. Traitement et vérification de la fiabilité des données.....	28
III.2.3. Analyse et interprétation des données	29
III.3. Conclusion.....	35
Chapitre IV : Résultats et interprétation	36
IV.1. Introduction	36
IV.2. Présentation des données collectées	36
IV.3. Analyse et interprétation des données	37
IV.3.1. Potentiel hydrogène (pH)	37
IV.3.2. Conductivité électrique (CE).....	37
IV.3.3. Interprétation des cations majeurs	39
IV.3.4. Interprétation des anions majeurs	42
IV.4. Classification de la dureté des eaux.....	44
IV.5. Faciès chimiques des eaux.....	45
IV.6. Évaluation de la potabilité des eaux	46
IV.7. Conclusion.....	47
Conclusion générale	48
Références bibliographiques.....	50

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

Figure I. 1 : La molécule d'eau.	4
---------------------------------------	---

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Figure II. 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.	15
Figure II. 2 : La température mensuelle.	17
Figure II. 3 : Variation de l'humidité d'air.	18
Figure II. 4 : Variation la vitesse de vent.	19
Figure II. 5 : Les pluviométries moyennes annuelles.	19
Figure II. 6 : Colonne stratigraphique d'un forage Albien.	23
Figure II. 7 : Coupe structurale transversal de bas Sahara (N-W-S-E).	24
Figure II. 8 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).	25
Figure II. 9 : Mobilisation des ressources en eau potable.	26

Chapitre III : Approche méthodologique

Figure III. 1 : Méthodologie de travail.	27
---	----

Chapitre IV : Résultats et interprétation

Figure IV. 1 : Variation des valeurs du pH par forages.	37
Figure IV. 2 : Variation des valeurs de la conductivité électrique par forages.	38
Figure IV. 3 : Variation des teneurs du calcium par forages.	39
Figure IV. 4 : Variation des teneurs du Magnésium par forage.	40
Figure IV. 5 : Variation des teneurs du Sodium par forage.	40
Figure IV. 6 : Variation des teneurs du Potassium par forage.	41
Figure IV. 7 : Variation des teneurs du Chlorure par forage.	42
Figure IV. 8 : Variation des teneurs du Sulfate par forage.	43
Figure IV. 9 : Variation des teneurs du Nitrate par forage.	43
Figure IV. 10 : Faciès chimiques des eaux de la région de Ouargla.	46

Liste des tableaux

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Tableau II. 1 : Répartition des agglomérations et communes par daïra.	16
Tableau II. 2 : Températures mensuelles durant la période 2015-2025.	17
Tableau II. 3 : L'humidité mensuelle durant la période 2015-2025.	17
Tableau II. 4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent durant la période 2015-2025.	18
Tableau II. 5 : Le pluviomètre moyenne durant la période 2015-2025.	19

Chapitre III : Approche méthodologique

Tableau III. 1 : Classes de la dureté des eaux selon la méthode de Schoeller.	33
Tableau III. 2 : Faciès chimiques des eaux.	34
Tableau III. 3 : Classes de la potabilité des eaux selon la méthode de Schoeller.	34

Chapitre IV : Résultats et interprétation

Tableau IV. 1 : Nombre des données collectées par commune et par nappe.	36
Tableau IV.2 : Dureté des eaux de la région de Ouargla.	44
Tableau IV.3 : Potabilité des eaux de la région de Ouargla.	47

Introduction générale

Introduction générale

L'eau constitue une ressource vitale indispensable au développement humain, économique et environnemental. Elle intervient dans tous les domaines de la vie quotidienne, notamment l'alimentation, l'agriculture, l'industrie et l'hygiène publique. Toutefois, dans les régions arides et sahariennes, la disponibilité et surtout la qualité des ressources en eau représentent un enjeu majeur en raison des conditions climatiques sévères, de la rareté des précipitations et de la forte pression exercée sur les ressources souterraines.

Dans la région de Ouargla, l'alimentation en eau potable repose essentiellement sur les eaux souterraines issues des aquifères du Complexe Terminal et du Continental Intercalaire. Ces ressources, bien qu'importantes, présentent souvent une forte minéralisation liée aux caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du Sahara algérien. La présence élevée de certains éléments chimiques, tels que les chlorures, les sulfates ou encore le sodium, peut affecter la qualité des eaux et limiter leur aptitude à la consommation humaine.

Dans ce contexte, l'évaluation de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine apparaît comme une nécessité afin de garantir la sécurité sanitaire des populations et d'assurer une gestion durable des ressources hydriques. L'analyse des paramètres physico-chimiques permet notamment de déterminer le degré de minéralisation des eaux, d'identifier les faciès hydro chimiques dominants et d'apprécier leur conformité aux normes nationales et internationales de potabilité.

Le présent travail vise ainsi à contribuer à l'évaluation de la qualité des eaux souterraines destinées à la consommation humaine dans la région de Ouargla. Cette étude repose sur l'exploitation et l'interprétation de données hydro chimiques issues des principaux forages exploités dans la région, afin de caractériser les eaux étudiées et d'évaluer leur aptitude à la consommation.

Pour atteindre cet objectif, le mémoire est structuré en quatre chapitres principaux :

- ❖ Le premier chapitre présente des généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine, notamment la structure et les propriétés de l'eau, la définition de l'eau potable, les principaux paramètres de qualité ainsi que les normes de potabilité ;

Introduction générale

- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, en mettant l'accent sur les caractéristiques géographiques, climatiques, géologiques et hydrogéologiques de la wilaya de Ouargla ;
- ❖ Le troisième chapitre décrit l'approche méthodologique adoptée pour la collecte, le traitement, la vérification et l'interprétation des données physico-chimiques ;
- ❖ Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus ainsi que leur interprétation hydrogéochimique, en vue d'évaluer la qualité et la potabilité des eaux étudiées.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale résumant les principaux résultats obtenus et proposant certaines recommandations visant à améliorer la gestion et le contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans la région étudiée.

Chapitre I :
Généralités sur
l'eau destinée à
la consommation
humaine

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

I.1. Introduction

Ce chapitre présente les notions essentielles relatives à l'eau destinée à la consommation humaine. Il aborde sa structure, ses propriétés, ainsi que la définition de l'eau potable, tout en mettant en évidence les principaux paramètres de qualité et les normes qui garantissent sa sécurité sanitaire.

I.2. Structure de l'eau

L'eau est une molécule chimique simple de formule H_2O , constituée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène reliés par des liaisons covalentes. Ces liaisons sont dites polaires, en raison de la différence d'électronégativité entre l'oxygène et l'hydrogène : l'atome d'oxygène attire plus fortement les électrons de liaison, créant ainsi une distribution inégale des charges au sein de la molécule. La structure géométrique de la molécule d'eau est de type coudée (angulaire), avec un angle de liaison d'environ $104,5^\circ$. Cette forme résulte de la présence de deux doublets électroniques non liants sur l'atome d'oxygène, qui exercent une répulsion sur les doublets liants, modifiant ainsi l'angle entre les atomes d'hydrogène. Cette configuration est expliquée par le modèle de répulsion des paires électroniques de la couche de valence. [1]

En raison de cette géométrie et de la polarité des liaisons O-H, la molécule d'eau possède un moment dipolaire permanent : l'oxygène porte une charge partielle négative (δ^-), tandis que les hydrogènes portent des charges partielles positives (δ^+). Cette polarité fait de l'eau une molécule hautement interactive, capable de s'associer avec d'autres molécules polaires ou ioniques. Une conséquence majeure de cette polarité est la capacité des molécules d'eau à former des liaisons hydrogène. Il s'agit d'interactions faibles mais nombreuses entre l'atome d'hydrogène d'une molécule et l'atome d'oxygène d'une molécule voisine. Chaque molécule d'eau peut établir jusqu'à quatre liaisons hydrogène, ce qui conduit à la formation d'un réseau tridimensionnel dynamique dans l'eau liquide. [2]

Ces liaisons hydrogène sont responsables de plusieurs propriétés remarquables de l'eau, notamment :

- ❖ Son point d'ébullition relativement élevé par rapport à sa masse molaire,
- ❖ Sa forte cohésion et adhésion,
- ❖ Sa tension superficielle importante,

❖ Et son comportement particulier à l'état solide.

À l'état solide (glace), les molécules d'eau s'organisent en un réseau cristallin ordonné et ouvert, maintenu par les liaisons hydrogène. Cette structure explique pourquoi la glace est moins dense que l'eau liquide et flotte à sa surface.

Ainsi, la structure moléculaire de l'eau constitue la base de toutes ses propriétés physico-chimiques, qui sont essentielles à la vie et aux équilibres naturels.

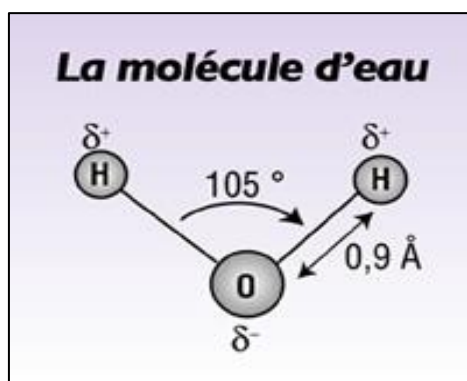


Figure I. 1 : La molécule d'eau.

I.3. Propriétés de l'eau

Les propriétés physico-chimiques de l'eau jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des systèmes biologiques et environnementaux. Elles découlent principalement de sa structure moléculaire et de sa polarité.

❖ Pouvoir solvant élevé

L'eau est souvent qualifiée de « solvant universel » en raison de sa capacité à dissoudre une grande variété de substances, notamment les composés ioniques (sels) et les molécules polaires. Cette propriété est due à sa polarité, qui permet l'hydratation des ions et leur dispersion dans le milieu aqueux. Dans les systèmes naturels, cela facilite le transport des nutriments essentiels (comme les sels minéraux) vers les organismes vivants, mais aussi celui des polluants, ce qui peut avoir des conséquences environnementales et sanitaires importantes. [3]

❖ Chaleur spécifique élevée

L'eau possède une capacité thermique élevée, ce qui signifie qu'elle peut absorber ou libérer une grande quantité de chaleur sans subir de variations importantes de température. Cette propriété contribue à la régulation thermique des organismes vivants et des écosystèmes.

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

aquatiques. Elle joue également un rôle clé dans la stabilisation du climat, en atténuant les variations de température entre le jour et la nuit ou entre les saisons. [4]

❖ Tension superficielle élevée

La tension superficielle de l'eau est particulièrement importante en raison des fortes forces de cohésion entre ses molécules, liées aux liaisons hydrogène. Cette propriété permet à la surface de l'eau de se comporter comme une fine membrane élastique. Elle est à l'origine de phénomènes naturels tels que la capillarité, qui permet la montée de l'eau dans les sols et les végétaux, facilitant ainsi l'absorption et le transport de l'eau chez les plantes. [5]

❖ Anomalie de densité

L'eau présente une propriété exceptionnelle : sa densité maximale est atteinte à 4°C. En dessous de cette température, elle se dilate au lieu de se contracter, contrairement à la plupart des substances. Cette particularité explique pourquoi la glace est moins dense que l'eau liquide et flotte à sa surface. Ce phénomène est essentiel pour la survie des organismes aquatiques en hiver, car la couche de glace en surface agit comme un isolant thermique, protégeant les couches d'eau inférieures du gel. [6]

❖ Transparence

L'eau pure est transparente à la lumière visible, ce qui permet la pénétration des rayons lumineux dans les milieux aquatiques. Cette propriété est indispensable à la photosynthèse des organismes autotrophes tels que les algues et les plantes aquatiques. Elle contribue ainsi à la production d'oxygène et au maintien des chaînes alimentaires dans les écosystèmes aquatiques. [6]

I.4. Définition de l'eau potable

L'eau potable est définie comme une eau destinée à la consommation humaine, qui peut être ingérée quotidiennement sans présenter de risque pour la santé, que ce soit à court, moyen ou long terme. Elle doit ainsi garantir la sécurité sanitaire des consommateurs tout au long de leur vie. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), une eau est dite potable lorsqu'elle ne contient pas d'agents biologiques, chimiques ou physiques susceptibles de nuire à la santé humaine, tout en restant acceptable sur le plan organoleptique. [4]

Sur le plan microbiologique, l'eau potable doit être totalement exempte de micro-organismes pathogènes tels que les bactéries, virus et parasites responsables de maladies

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

hydriques (choléra, typhoïde, hépatite A, etc.). La présence d'indicateurs microbiologiques comme *Escherichia coli* est strictement interdite, car elle témoigne d'une contamination d'origine fécale et donc d'un risque sanitaire élevé.

Sur le plan chimique, l'eau potable ne doit pas contenir de substances toxiques au-delà des seuils fixés par les normes internationales. Cela inclut notamment les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), les nitrates, les pesticides ou encore certains composés organiques dangereux. Une exposition prolongée à ces substances, même à faibles concentrations, peut entraîner des effets chroniques sur la santé, tels que des troubles neurologiques, rénaux ou cancérigènes.

Du point de vue organoleptique, l'eau potable doit également être acceptable pour le consommateur. Elle doit être incolore, inodore et présenter un goût neutre. Bien que ces caractéristiques ne soient pas directement liées à la toxicité, elles influencent fortement l'acceptabilité et la perception de qualité par la population.

D'un point de vue technique, l'eau potable provient généralement de ressources naturelles telles que les eaux souterraines (nappes phréatiques, sources) ou les eaux de surface (rivières, barrages). Toutefois, ces eaux brutes ne sont pas directement consommables et doivent subir un ensemble de traitements dans des stations de potabilisation. Ces traitements peuvent inclure la coagulation-floculation, la décantation, la filtration et la désinfection (par chloration, ozonation ou UV), afin d'éliminer les impuretés physiques, chimiques et microbiologiques. [7]

Ainsi, l'eau potable est le résultat d'un processus rigoureux de contrôle et de traitement visant à transformer une eau brute en une eau sûre, conforme aux normes de qualité en vigueur et adaptée à la consommation humaine.

I.5. Paramètres de qualité de l'eau potable

Selon l'Algérienne des Eaux (ADE), les paramètres suivis de la qualité de l'eau potable sont :

I.5.1. Paramètres organoleptiques

La couleur de l'eau : constitue un indicateur visuel important de sa qualité. Une eau potable doit normalement être incolore. La présence de coloration peut être liée à la présence de matières organiques naturelles, à des composés métalliques (fer, manganèse) ou encore à

des contaminations d'origine industrielle ou domestique. Une coloration anormale peut donc indiquer une altération de la qualité de l'eau.

L'odeur de l'eau : est également un paramètre déterminant. Une eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Des odeurs inhabituelles peuvent être causées par la présence de substances organiques en décomposition, de composés soufrés, d'algues ou encore par un excès de désinfectants comme le chlore. Ces odeurs, même à faible intensité, peuvent entraîner un rejet de l'eau par les consommateurs.

La saveur de l'eau : doit être neutre et agréable. Toute altération du goût peut être liée à la présence de sels dissous, de matières organiques ou de produits chimiques. Bien que le goût ne reflète pas systématiquement un danger sanitaire, il constitue un critère important de satisfaction des usagers et peut influencer leur comportement de consommation. [11]

I.5.2. Paramètres physique-chimique

Le potentiel hydrogène (pH) : est un paramètre essentiel qui traduit le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. Il est généralement exprimé sur une échelle allant de 0 à 14. Une eau est dite neutre lorsque son pH est égal à 7, acide lorsqu'il est inférieur à 7 et basique lorsqu'il est supérieur à 7. Dans le contexte de l'eau potable, le pH influence fortement les réactions chimiques, notamment la solubilité des sels minéraux et la corrosivité de l'eau vis-à-vis des canalisations. Un pH trop acide peut favoriser la dissolution des métaux dans les réseaux de distribution, tandis qu'un pH trop élevé peut entraîner des dépôts et altérer le goût de l'eau. Ainsi, un pH compris généralement entre 6,5 et 8,5 est recommandé pour garantir une eau stable et compatible avec les infrastructures. [7]

La conductivité électrique de l'eau : mesure sa capacité à conduire le courant électrique. Elle est directement liée à la concentration en ions dissous dans l'eau (tels que les chlorures, sulfates, sodium, calcium, etc.). Une conductivité élevée indique une forte minéralisation de l'eau, tandis qu'une faible conductivité traduit une eau peu chargée en sels dissous. Ce paramètre est donc utilisé comme un indicateur global de la salinité et de la minéralisation de l'eau. Il permet également de détecter d'éventuelles pollutions d'origine naturelle ou anthropique. [3]

La température de l'eau potable : est un paramètre physique de qualité qui correspond au niveau thermique de l'eau distribuée au consommateur, c'est-à-dire le degré de chaleur ou de froid de l'eau mesuré en degrés Celsius (°C).

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

La turbidité : correspond à la présence de particules en suspension dans l'eau, telles que des matières minérales, organiques ou des micro-organismes. Elle est généralement mesurée par la capacité de l'eau à diffuser la lumière. Une eau potable doit présenter une faible turbidité afin de garantir sa limpidité et son acceptabilité visuelle.

L'oxygène dissous dans l'eau : correspond à l'oxygène qui a été incorporé dans l'eau et réparti sous forme de molécules libres (O_2). Il ne s'agit pas de l'oxygène lié chimiquement à d'autres éléments (comme dans H_2O), mais de l'oxygène physiquement dissous dans le milieu aquatique. Il est un indicateur clé de la qualité de l'eau : une eau bien oxygénée est généralement plus saine.

Le TDS dans l'eau (matières solides dissoutes totales) : est un paramètre qui représente la quantité totale de substances dissoutes dans l'eau, sous forme d'ions, de sels minéraux et de petites molécules organiques.

Le résidu sec dans l'eau est la quantité de matières solides restantes après évaporation complète d'un volume d'eau et séchage à une température déterminée. Il sert à mesurer le degré de minéralisation et la qualité globale de l'eau potable. [13]

I.5.3. Minéralisation globale

Le calcium dans l'eau : est un cation minéral de formule (Ca^{2+}), provenant de la dissolution de sels de calcium, présent naturellement dans l'eau et jouant un rôle important dans sa minéralisation et sa dureté.

Le magnésium dans l'eau : est un élément minéral présent sous forme d'ion (Mg^{2+}) dissous, provenant principalement de la dissolution naturelle de roches et jouant un rôle important dans la minéralisation et la dureté de l'eau.

Le sodium dans l'eau : est un élément chimique présent sous forme d'ion (Na^+) dissous, provenant de la dissolution naturelle de minéraux ou de certaines activités humaines, et qui contribue à la composition chimique et au goût de l'eau.

Le potassium dans l'eau : est un élément minéral présent sous forme d'ion (K^+) dissous, issu principalement de la dissolution naturelle des roches et des sols, et présent en faible concentration dans l'eau potable. [15]

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

Les chlorures dans l'eau : correspondent à la présence de l'ion chlorure (Cl^-) dissous, issu de la dissolution de sels contenant du chlore, et constituent un paramètre important de la qualité et de la minéralisation de l'eau.

Les sulfates : sont des anions (ions négatifs) de formule (SO_4^{2-}) présents dans l'eau lorsque des composés soufrés, comme le sulfate de calcium (CaSO_4) ou le sulfate de magnésium (MgSO_4), se dissolvent. Dans l'eau naturelle et potable, ils existent uniquement sous forme ionique dissoute.

Les nitrates dans l'eau : correspondent à la présence de l'ion nitrate (NO_3^-) dissous, issu principalement de la transformation de l'azote dans l'environnement, servant d'indicateur de pollution et faisant l'objet d'un contrôle strict en raison de leurs effets sur la santé et l'environnement. [14]

Les bicarbonates dans l'eau : correspondent à la présence de l'ion bicarbonate (HCO_3^-) dissous, issu principalement de la dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau et de la dissolution des roches calcaires, et jouent un rôle essentiel dans l'équilibre chimique de l'eau.

I.5.4. Paramètres de pollution

L'ammonium : est un ion azoté de formule (NH_4^+) présent dans l'eau, issu principalement de la dégradation de la matière organique.

Les nitrites : sont des ions intermédiaires de l'azote de formule (NO_2^-). Ils apparaissent lors de la transformation de l'ammonium en nitrates dans le cycle de l'azote (nitrification). Ils sont donc un produit intermédiaire instable. [17]

Le phosphore : provient de la dissolution des phosphates (PO_4^{3-}) dans l'eau, souvent liés aux engrais et aux détergents.

L'oxydabilité : correspond à la quantité de substances (principalement organiques) qui peuvent être oxydées chimiquement, souvent en utilisant un oxydant (comme le permanganate de potassium).

I.5.5. Paramètres indésirables

Le fer : est un élément métallique présent naturellement dans l'eau sous forme d'ions dissous (Fe^{2+} ou Fe^{3+}). Il se retrouve dans l'eau potable principalement à la suite de la

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

dissolution des roches et minéraux riches en fer, ou par la corrosion des canalisations métalliques. Il peut aussi être présent dans les eaux souterraines pauvres en oxygène.

Le manganèse : est un métal présent dans certaines roches et sols, sous forme d'ions (Mn^{2+}) dissous dans l'eau.

L'aluminium : est un élément métallique pouvant être présent dans l'eau sous forme dissoute (Al^{3+}). Il peut provenir de la dissolution naturelle de minéraux (argiles, sols).

I.5.6. Paramètres ioniques

Les fluorures : sont des ions négatifs de formule (F^-). Ils se trouvent naturellement dans l'eau lorsque des roches riches en fluor (fluorite, apatite) se dissolvent. Ils peuvent aussi provenir de certaines activités industrielles.

Les cyanures : sont des ions très toxiques de formule (CN^-). Ils proviennent principalement d'activités industrielles (métallurgie, mines, chimie). Ils sont rarement présents naturellement dans l'eau.

Les bromures : sont des ions négatifs de formule (Br^-). Ils proviennent de la dissolution de sels naturels.

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) : est un gaz dissous dans l'eau. Il se forme lors de la décomposition de matières organiques en absence d'oxygène (milieux anaérobies), souvent dans les eaux souterraines ou stagnantes. [18]

I.5.7. Paramètres bactériologiques

Les coliformes totaux : désignent un groupe de bactéries très répandues dans l'environnement, notamment dans les sols, les plantes et les eaux de surface. Leur détection dans l'eau n'indique pas forcément une pollution d'origine fécale, mais elle révèle généralement une dégradation globale de la qualité microbiologique de l'eau.

Escherichia coli : est une bactérie naturellement présente dans l'intestin des êtres humains et des animaux à sang chaud. En effet, la détection de E. coli dans l'eau potable signifie généralement une intrusion de matières fécales dans la ressource en eau, pouvant être due à des défaillances dans le traitement, des infiltrations ou des contaminations environnementales.

Les entérocoques : sont des bactéries présentes dans l'intestin humain et animal. Elles sont particulièrement résistantes dans l'environnement, notamment dans l'eau, ce qui en fait de bons indicateurs de contamination fécale ancienne ou persistante.

Les bactéries sulfito-réductrices : sont des micro-organismes capables de réduire les composés soufrés (notamment les sulfites) en sulfures, souvent en absence d'oxygène, et utilisées comme indicateurs de contamination dans l'eau. [1]

I.6. Origine des eaux destinées à la consommation humaine

Les eaux destinées à la consommation humaine proviennent de différentes sources naturelles et artificielles. Ces sources se distinguent par leurs caractéristiques physico-chimiques, leur disponibilité, leur vulnérabilité à la pollution ainsi que les traitements nécessaires pour les rendre potables. On distingue principalement les eaux de surface, les eaux souterraines et les ressources non conventionnelles.

I.6.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées de toutes les eaux présentes à l'air libre. Elles comprennent principalement :

- ❖ Les rivières ;
- ❖ Les fleuves ;
- ❖ Les lacs naturels ;
- ❖ Les retenues de barrages.

Caractéristiques générales : ces eaux sont directement influencées par les conditions climatiques (pluviométrie, température) et les activités humaines. Elles présentent une grande variabilité saisonnière, tant en quantité qu'en qualité. [19]

Elles sont généralement caractérisées par :

- ❖ Une turbidité élevée, surtout en période de crues ;
- ❖ Une teneur importante en matières organiques ;
- ❖ Une présence fréquente de micro-organismes.

I.6.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie à travers le sol et leur stockage dans des formations géologiques appelées aquifères.

Caractéristiques générales : au cours de leur infiltration, les eaux subissent une filtration naturelle qui élimine une grande partie des impuretés. Elles présentent donc :

- ❖ Une faible turbidité ;
- ❖ Une absence relative de germes pathogènes ;
- ❖ Minéralisation parfois élevée.

I.6.3. Les ressources non conventionnelles

Les ressources non conventionnelles désignent l'ensemble des sources d'eau qui ne proviennent pas directement des disponibilités naturelles classiques, telles que les eaux de surface (rivières, lacs) et les eaux souterraines (nappes phréatiques). Elles correspondent à des ressources obtenues par des procédés techniques ou par la valorisation d'eaux déjà utilisées ou difficilement exploitables à l'état naturel.

Ces ressources sont mobilisées principalement dans des contextes de stress hydrique, de rareté des ressources naturelles ou de forte demande en eau, notamment dans les régions arides et semi-arides. Elles incluent principalement :

- ❖ Le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres ;
- ❖ La réutilisation des eaux usées après traitement ;
- ❖ La collecte et l'exploitation des eaux de pluie.

I.7. Cadre gestionnaire

L'Algérienne des Eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial (EPIC), doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle a été créée par le décret exécutif n° 01-101 du 21 avril 2001, dans le cadre de la réforme du secteur de l'hydraulique en Algérie. Placée sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau, l'ADE constitue l'opérateur principal chargé de la gestion du service public de l'eau potable sur l'ensemble du territoire national. [11]

I.7.1. Missions principales de l'ADE

Dans le cadre de la politique nationale de l'eau, l'ADE assure la mise en œuvre des programmes d'alimentation en eau potable à travers plusieurs missions fondamentales :

Production et mobilisation de l'eau : reposent sur le captage des ressources en eau (eaux de surface, souterraines et dessalées) ainsi que l'exploitation des ouvrages hydrauliques constituent des étapes essentielles de la gestion de l'eau potable.

Chapitre I : Généralités sur l'eau destinée à la consommation humaine

Traitement de l'eau : reposent sur l'élimination des impuretés physiques, chimiques et biologiques ainsi que la garantie de la conformité aux normes de potabilité assurent la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Transport et stockage : reposent sur la gestion des systèmes d'adduction et l'exploitation des réservoirs de stockage assurent le transport et la régulation de l'eau potable.

Distribution de l'eau potable : reposent sur l'alimentation des populations en eau potable, ainsi que la gestion des réseaux de distribution.

Contrôle de la qualité : reposent sur la surveillance permanente de la qualité de l'eau, ainsi que la réalisation d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Développement et maintenance des infrastructures : reposent sur l'entretien et renouvellement des réseaux, ainsi que la réalisation de nouveaux projets hydrauliques.

L'ADE assure ainsi l'ensemble de la chaîne de gestion de l'eau, depuis la production jusqu'à la distribution au consommateur.

I.7.2. Normes de qualité de l'eau potable

Les normes de qualité de l'eau potable en Algérie sont établies dans le cadre réglementaire national afin de garantir la protection de la santé publique et d'assurer une eau conforme aux exigences de consommation humaine. Elles s'appuient sur les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), tout en les adaptant aux conditions locales et aux réalités environnementales du pays. [20]

En Algérie, les critères de qualité de l'eau potable sont définis notamment par les textes réglementaires relatifs à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Ministère des Ressources en Eau, Normes Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96)). Ces normes fixent des limites strictes pour tous les paramètres (revoir le bulletin d'analyses élaboré par l'Algérienne des Eaux (ADE)). [12]

I.8. Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les notions essentielles relatives à l'eau destinée à la consommation humaine. Il a mis en évidence la structure moléculaire de l'eau ainsi que ses principales propriétés physico-chimiques, qui expliquent son rôle fondamental dans les systèmes biologiques et environnementaux.

La notion d'eau potable a également été définie, en soulignant les exigences strictes de sécurité sanitaire qu'elle doit respecter. Enfin, les principaux paramètres de qualité, ainsi que les normes en vigueur, ont été exposés afin de montrer l'importance du contrôle et de la surveillance de l'eau pour garantir sa conformité à la consommation humaine.

Chapitre II :
Présentation
de la zone
d'étude

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Introduction

La présentation de la zone d'étude est une étape essentielle pour comprendre les caractéristiques physiques et environnementales de la région étudiée. Ainsi, notre étude porte sur la wilaya de Ouargla à travers son identification géographique ainsi que son contexte climatique, hydrologique, géologique et hydrogéologique...etc.

II.2. Situation géographique

La wilaya de Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 800 km de la capitale. Elle occupe une superficie de 136 342 km², elle est limitée :

- ❖ Au Nord par la wilaya de El Oued et Touggourt ;
- ❖ À l'Est par la Tunisie ;
- ❖ Au Sud par les wilayas d'Illizi et In Salah ;
- ❖ À l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa et el Menia.

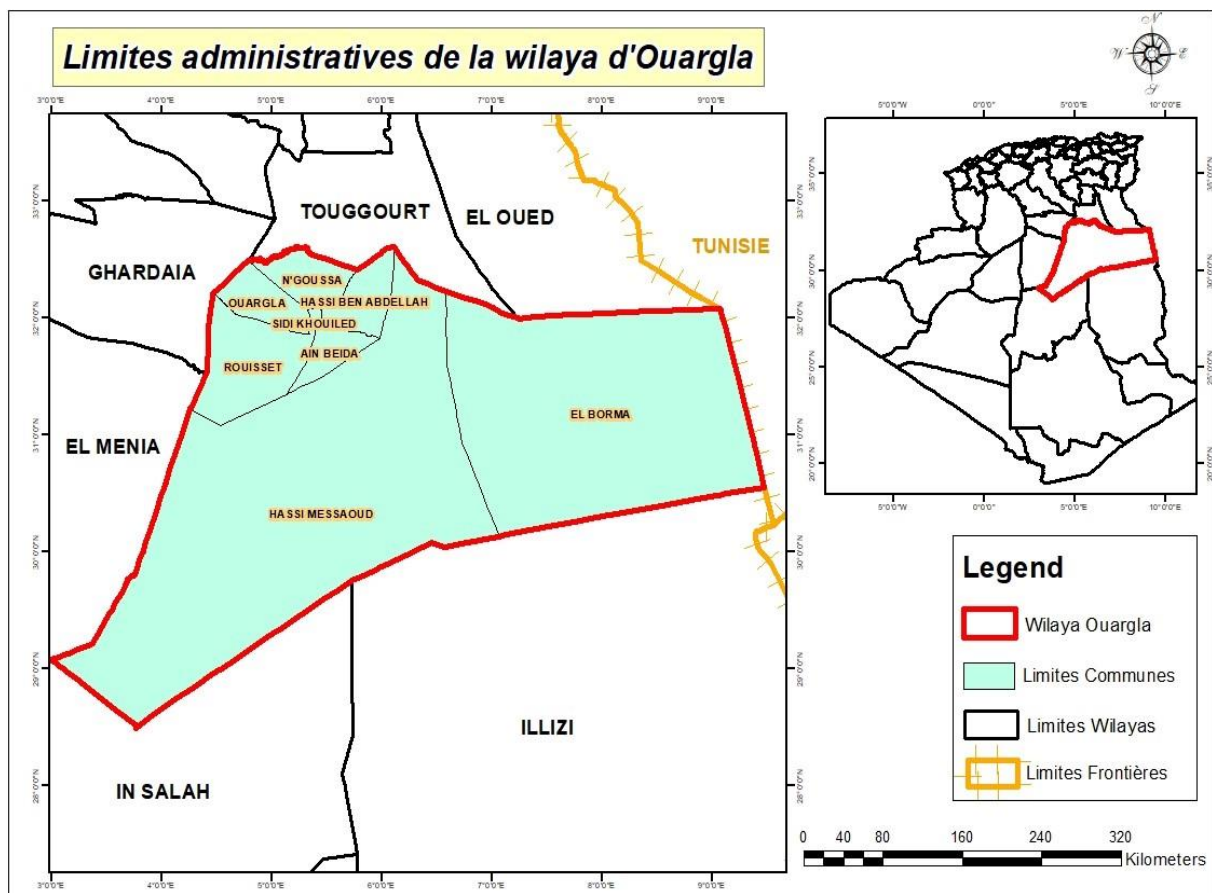


Figure II. 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

La cuvette de Ouargla est située dans le prolongement de l'exutoire naturel du grand bassin versant du Sahara Septentrional. Ses coordonnées géographiques sont : les longitudes 5°15' et 5°25' Est et les latitudes 31°55' et 32°00' Nord.

Sur le plan administratif, la wilaya de Ouargla comprend huit (08) communes réparties sur quatre (04) daïras, regroupant au total 33 agglomérations. Selon les estimations de l'année 2025, elle compte une population de 411 312 habitants. [4]

Tableau II. 1 : Répartition des agglomérations et communes par daïra.

Wilaya	Daïra	Commune	Nombre d'agglomération
Ouargla	Ouargla	Ouargla	06
		Rouissat	03
	Sidi Khouiled	Ain Beida	03
		Sidi Khouiled	04
		Hassi Ben abdellah	02
	N'Goussa	N'Goussa	08
	Hassi Messaoud	Hassi Messaoud	04
		El Borma	03
Total	04	08	33

II.3. Conditions climatiques

Les données climatologiques utilisées dans cette étude ont été obtenues à partir de l'application **METEO DATA DOWNLOADER** et concernent la wilaya de Ouargla sur une période de dix ans, allant de 2015 à 2025.

Le climat de la wilaya de Ouargla est de type saharien, caractérisé par :

- ❖ Une forte aridité ;
- ❖ Des températures très élevées durant l'été ;
- ❖ Une faible pluviométrie.

II.3.1. Température

La température constitue le principal facteur déterminant du climat régional. Les données climatiques enregistrées à Ouargla durant la période 2015-2025 montrent une forte variation saisonnière. Le tableau ci-dessous récapitule les températures mensuelles, qui ont été reportées dans la figure (II.2).

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Tableau II. 2 : Températures mensuelles durant la période 2015-2025.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T moy (°C)	13,8	14	15	16,5	19,4	22,9	26,3	27	25	22,1	18,2	15,6
T max (°C)	21,3	21,2	24,1	28,6	29,2	30,6	37,1	35,5	34,1	31,5	27	21,8
T min (°C)	8,2	8,4	8,8	10,9	11,6	17	20,6	22	19,3	13,3	12,8	10,3

Les températures permettent de distinguer deux périodes climatiques principales :

- ❖ **La période estivale** : caractérisée par des températures très élevées, avec un maximum enregistré au mois de juillet où la moyenne dépasse 26 °C ;
- ❖ **La période hivernale** : relativement fraîche, avec des températures moyennes variant entre 8 et 21 °C. Le mois de janvier constitue le mois le plus froid.

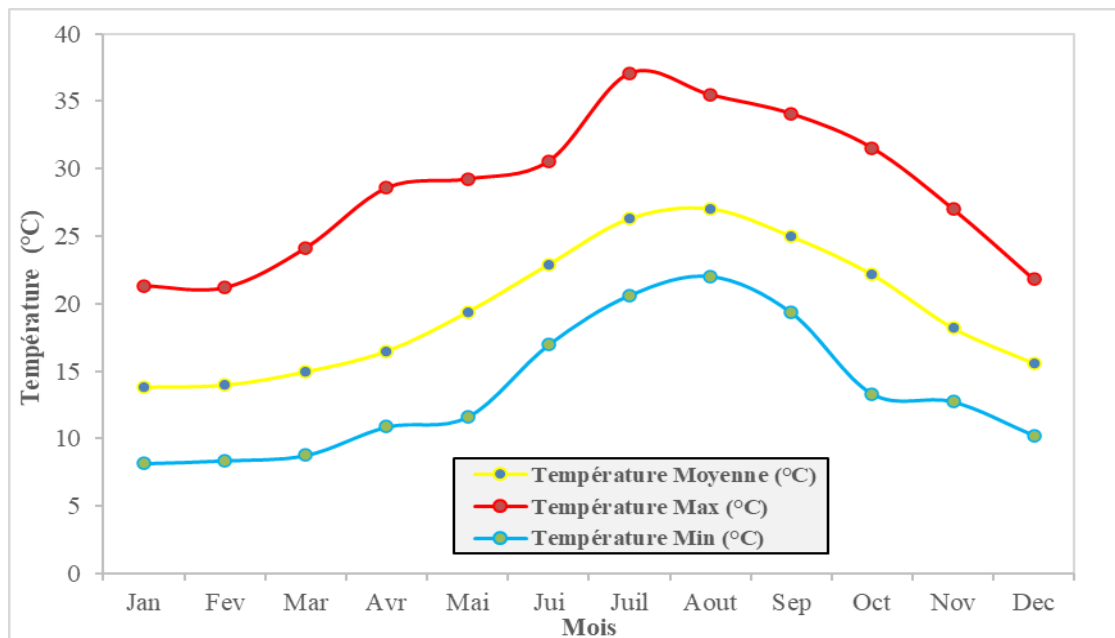


Figure II. 2 : La température mensuelle.

II.3.2. L'humidité de l'air

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Le tableau (II.3) ci-dessous présente les moyennes mensuelles de l'humidité enregistrées à Ouargla durant la période 2015–2025.

Tableau II. 3 : L'humidité mensuelle durant la période 2015-2025.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	AN
H (%)	59	51	42	36	33	27	25	28	39	46	56	59	42

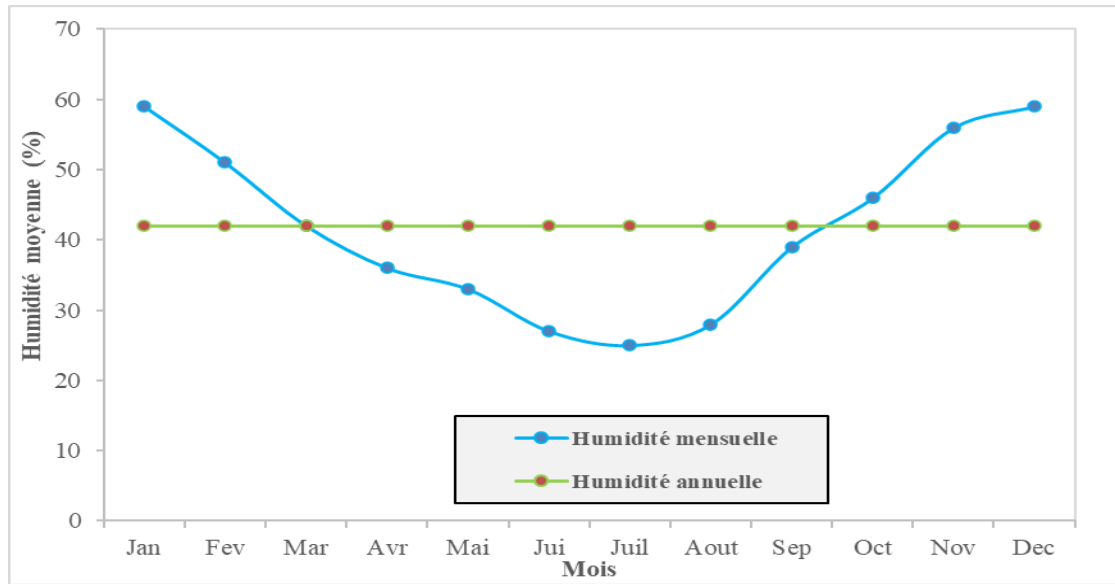


Figure II. 3 : Variation de l'humidité d'air.

II.3.3. Le vent

Concernant les vents la situation est la suivante : les vents sont fréquents dans la région de Ouargla et orientés principalement sud-nord.

Tableau II. 4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent durant la période 2015-2025.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	AN
Vitesse (m/s)	2,8	3,3	3,9	4,5	4,9	4,6	4,1	3,9	3,5	3,3	2,7	2,6	3,7

On remarque que les vents les plus forts se produisent durant les mois d'Avril à Juillet avec un maximum de 4,9 m/s en Mai, tandis que le reste des mois ils ont une vitesse moyenne de 2 à 3,9 m/s.

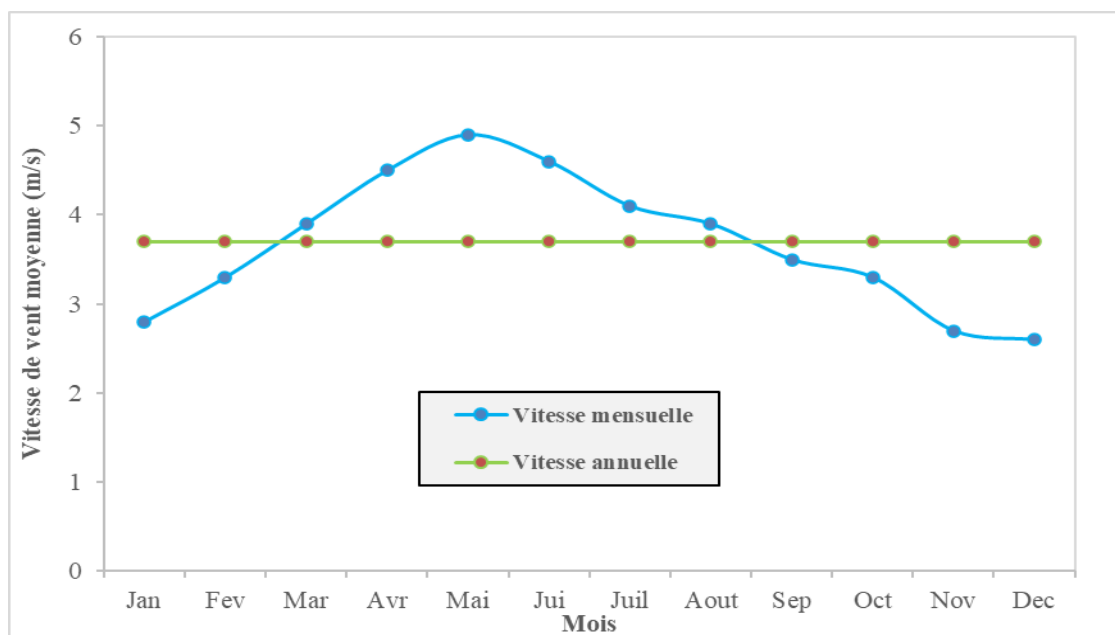


Figure II. 4 : Variation la vitesse de vent.

II.3.4. La pluviométrie

La faible pluviométrie constitue l'une des principales caractéristiques du climat saharien. Le tableau (II.5) et la figure (II.5) ci-dessous illustrent la répartition des hauteurs annuelles des précipitations.

Tableau II. 5 : Le pluviomètre moyenne durant la période 2015-2025.

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	P _{moy} (mm/an)
P (mm/an)	47,6	5,9	13,9	32,3	117,8	23,7	203	13,1	46,4	75,9	23,6	54,8

Les valeurs annuelles enregistrées depuis 2015 jusqu'à 2025 varient de 5 à 117 mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre, 2019 est l'année la plus pluvieuse (117 mm) et 2016 le plus sec (5,9 mm). Durant cette période, la valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 54,8 mm/an.

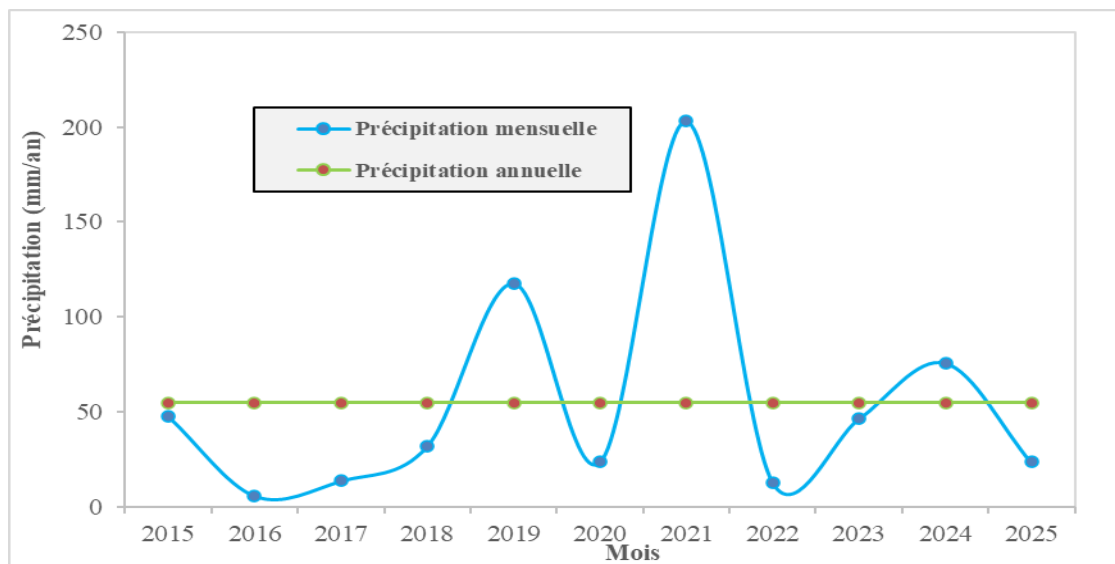


Figure II. 5 : Les pluviométries moyennes annuelles.

II.4. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique traversant la région comprend trois oueds principaux, à savoir :

1) Oued M'Zab : cet oued s'écoule d'ouest en est sur une distance d'environ 320 km, depuis la région de Botma Rouila située à 750 m d'altitude, jusqu'à Sebkha Safioune, localisée au nord de la cuvette de Ouargla à une altitude de 107 m. Son bassin versant couvre une superficie estimée à 5 000 km².

2) Oued N'sa : possède un bassin versant d'environ 7 800 km². Son écoulement suit une orientation ouest-est dans son cours supérieur, puis une direction nord-ouest/sud-est dans son cours moyen sur près de 100 km, avant de reprendre une orientation vers l'est dans son cours inférieur pour finalement se jeter dans Sebkhia Safioune.

3) Oued M'ya : dispose d'un bassin versant couvrant une superficie d'environ 19 800 km². Les écoulements y sont généralement plus importants durant les mois d'octobre, novembre, mai et juin. Quant aux crues de cet oued, elles se dissipent à près de 200 km en amont de la ville de Ouargla.

II.5. Géologie de la région

Sur la région de Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes), A partir des données de forages pétroliers et celles des forages hydrauliques, des coupes géologiques ont été établies ainsi qu'un log synthétique des formations lithologiques (Figure II.6). La description des différentes formations a pu être effectuée.

II.5.1. Litho stratigraphie

a) Aptien : Il est constitué par la "barre aptienne " dans la région d'Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, gris verte, brunes ou blanches, et dolomies cristallines, son épaisseur est variable, elle est comprise entre 20 et 26 m. L'aptien est considéré comme imperméable dans son ensemble.

b) Albien : Sur la région de Ouargla, l'albien correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire ; ce sont des grès, argiles et sables. L'épaisseur de ces formations est variable (417- 432 m). Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 90%) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux ou souvent carbonatés. On note des passées d'argiles brun-rougeâtre, elles sont même pélitiques et sableuses sur les puits les plus septentrionaux. Dans son ensemble, L'Albien correspond à un horizon aquifère.

c) Vraconien : L'intercalation Albo-varconienne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès Albien et les argiles Cénomaniennes, Il est formé de :

- ❖ Dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques, les épaisseurs y sont inférieures à 100 m mais

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

supérieures à 50 m sur Haoud-Berkaoui, sauf quelques exceptions locales en particulier dans deux puits d'Haoud-Berkaoui ;

- ❖ Argiles et marnes dolomitiques et des éléments détritiques.

d) Cénomanién : Il est formé de deux séries (inférieure et supérieure) :

- ❖ La série inférieure est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtre ou gris-verdâtre, son épaisseur varie entre 65 et 80 m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particulier à la partie médiane de la série ;
- ❖ La série supérieure est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, de quelques intercalations dolomitiques, et de passée de sel gemme, son épaisseur est de l'ordre de 70 m.

e) Turonien : Il se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne", il est de l'ordre de 73 m. Il s'agit d'une série essentiellement calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique.

f) Sénonien lagunaire : y est particulièrement épais, son épaisseur est supérieure à 400 m. Il est formé par :

- ❖ Sénonien salifère : ayant une épaisseur moyenne de 200 m ; au niveau du forage J.10-580, elle diminue jusqu'à 100 m ;
- ❖ Sénonien anhydritique : son épaisseur moyenne atteint 300 m ;
- ❖ Sénonien carbonaté : Son épaisseur moyenne est de 150 m excepté pour le forage J.10-580 où elle est de 100 m.

g) Sénonien et Eocène : est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150-200 m. Il s'agit des calcaires dolomitiques cristallins ou micro cristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

h) Mio-Pliocène : Le Mio-Pliocène correspond au Continental Terminal tel qu'il a été défini par C.Kilian (1954). C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénonien et l'Eocène. On distingue quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène à Ouargla :

- ❖ A la base, un dépôt argileux peu épais recouvrant dans la partie centrale de la cuvette, et suivant une bande Nord-Sud, le Sénonien et l'Eocène ;

- ❖ Deuxième niveau : C'est un dépôt grés-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais et le plus constant ; le deuxième niveau est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène ;
- ❖ Troisième niveau : C'est une formation argilo-sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche apparaît que dans certains endroits ;
- ❖ Quatrième niveau : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. On ne peut le distinguer que lorsqu'il repose sur le niveau 3 ; d'ailleurs les niveaux 2 et 4 sont confondus. Il est très épais dans la zone des chotts, le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surfaces ; le niveau 4 est souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne).

j) Quaternaire : A la base du quaternaire, il existe un niveau argilo-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Ce niveau met en charge les aquifères du Mio-Pliocène à Ouargla. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et des produits de remaniement des terrains Mio-Pliocène. Les nappes phréatiques sont généralement contenues dans ce dernier niveau. Les sondages superficiels (profondeur moins de 30 m) effectuées dans différente localité de la cuvette, ont permis de rencontrer les ensembles suivants :

- ❖ Sur le plateau, le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritique, hérité de l'altération du grès à sable rouge du Mio-Pliocène. C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région ; jusqu'à 8 m de profondeur il ne présente aucun niveau d'encroûtement ; entre 25 et 75 cm de profondeur, il s'agit d'un sol sableux à graviers ;
- ❖ Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse ou polygonale, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sable éolien gypso-siliceux et de sebkhas associées à une végétation gypso-halophiles. De 15 à 20 cm d'épaisseur on trouve un encroûtement gypseux pulvérulent, homogène de couleur jaune rougeâtre très claire. En dessous, on trouve un encroûtement gypseux induré de 40 cm d'épaisseur. En dessous un tuf présente un teneur de gypse décroissante ;
- ❖ Les Sebkhas sont caractérisées par une salure extrêmement élevée, ces croûtes salines reposent sur des matériaux limono-sableux ;

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

- ❖ Les dunes sont de sable éolien d'origine gréseux provenant de Hamada Mio-Pliocène. Il existe dans les talwegs, sur les bordures des Sebkhass, et sur les versants rocheux. [4]

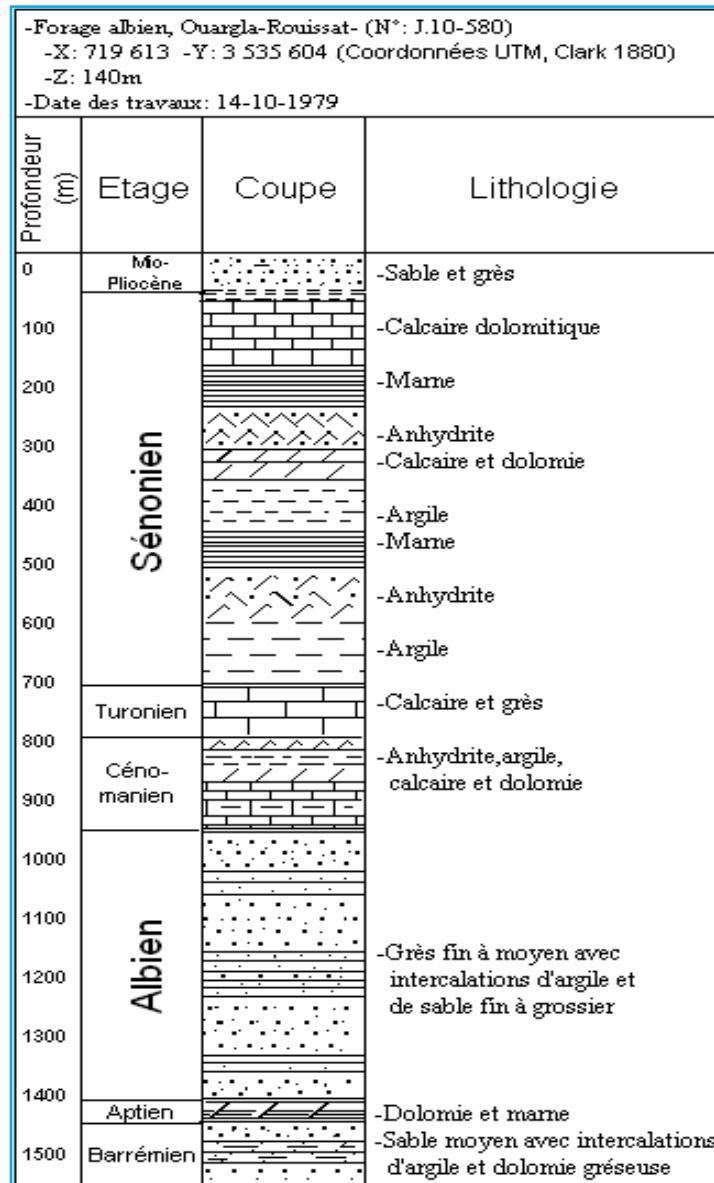


Figure II. 6 : Colonne stratigraphique d'un forage Albien.

II.5.2. Tectonique

La cuvette de Ouargla fait partie de la dépression d'Oued M'ya. Cette dernière, occupe la plus grande partie du bas-Sahara. L'épaisseur totale de la couverture sédimentaire atteint 400 m dans la partie Sud et la partie Ouest de la dépression, et elle augmente dans la partie Nord jusqu'à 600 m. Dans son ensemble la dépression d'Oued M'ya est une structure dissymétrique assez plate. Les données sismologiques recueillies à l'occasion des recherches pétrolières, montrent que la dépression est structurellement affectée par les failles

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

hercyniennes du Hoggar à partir du Cambrien jusqu'au Sénonien inférieur (Figure II.7). Ces failles sont orientées Sud-est Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'est. Elles seraient à l'origine des apports profonds dans cette zone.

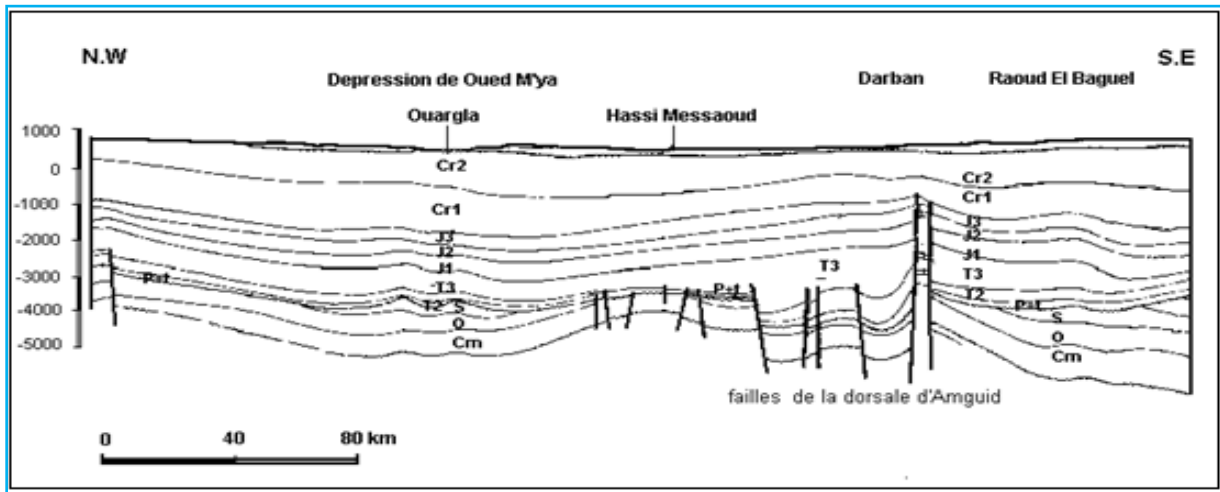


Figure II. 7 : Coupe structurale transversal de bas Sahara (N-W-S-E).

II.6. Hydrogéologie

Les eaux souterraines constituent la principale ressource en eau de la wilaya de Ouargla. Elles se caractérisent par trois types de systèmes aquifères : un aquifère libre correspondant à la nappe phréatique, ainsi que deux aquifères captifs correspondant aux nappes du Complexe Terminal et du Continental Intercalaire, qui se présentent comme suit :

La nappe phréatique : cette nappe, peu profonde, présente une épaisseur variant de 0 à 30 m. Elle est logée dans les sables gypseux du Quaternaire et s'écoule librement des zones élevées vers les dépressions naturelles telles que les chotts et les sebkhas.

Le système aquifère du Complexe Terminal (CT) : est largement exploité dans la région du Bas Sahara en raison de son accessibilité, généralement à des profondeurs inférieures à 500 m, ainsi que des conditions favorables de mobilisation des eaux, caractérisées par un faible artésianisme et une température modérée. Ce système comprend trois nappes principales, distinguées de haut en bas comme suit :

- ❖ **La nappe du Mio-Pliocène** : est constituée d'une alternance de couches sableuses et argileuses reposant en discordance sur le Sénonien. Son épaisseur moyenne est estimée à environ 150 m ;
- ❖ **La nappe du Sénonien-Éocène** : est formée principalement de dolomies et de calcaires dolomitiques avec des intercalations marneuses et argileuses. Elle

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

atteint une épaisseur d'environ 360 m et repose sur les formations imperméables du Sénonien lagunaire ;

- ❖ **La nappe du Turonien** : constituée essentiellement de calcaires, cette nappe captive est localement fissurée, notamment dans la région de Hassi Messaoud. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 60 m et elle repose sur un substratum imperméable constitué de formations anhydritiques et argileuses du Cénomanién.

Le système aquifère du Continental Intercalaire (CI) : occupe l'intervalle stratigraphique allant du Trias jusqu'au sommet de l'Albien. Les principaux niveaux aquifères se situent dans les formations du Barrémien et de l'Albien, composées de dépôts continentaux gréseux et sablo-argileux du Crétacé inférieur. Cet aquifère est captif sur l'ensemble de la wilaya et présente une épaisseur utile supérieure à 250 m. Les mesures des pressions statiques révèlent des valeurs comprises entre 15 et 18 bars, traduisant un caractère artésien avec des eaux jaillissantes. [4]

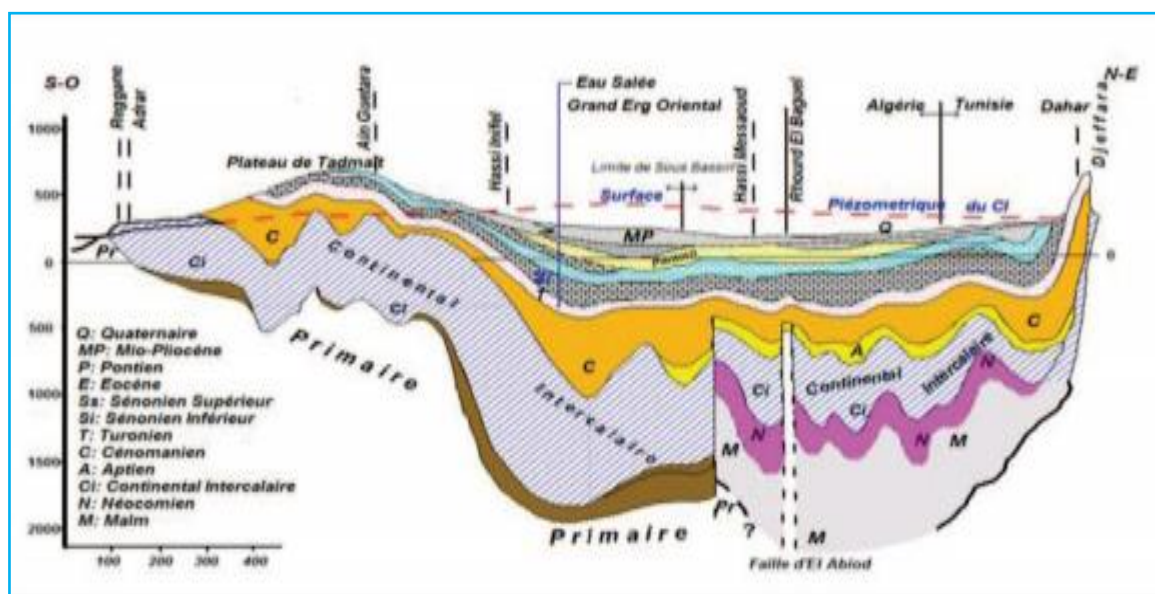


Figure II. 8 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).

II.7. Situation de l'alimentation en eau potable

La mobilisation des ressources en eau potable dans la wilaya de Ouargla repose sur 141 forages répartis selon les nappes exploitées :

- ❖ 13 forages captent la nappe du Continental Intercalaire, dont 7 sont en exploitation avec une production journalière de 48 586 m³ ;

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

- ❖ 128 forages exploitent la nappe du Complexe Terminal, dont 89 en activité, assurant une production quotidienne de 111 047 m³.

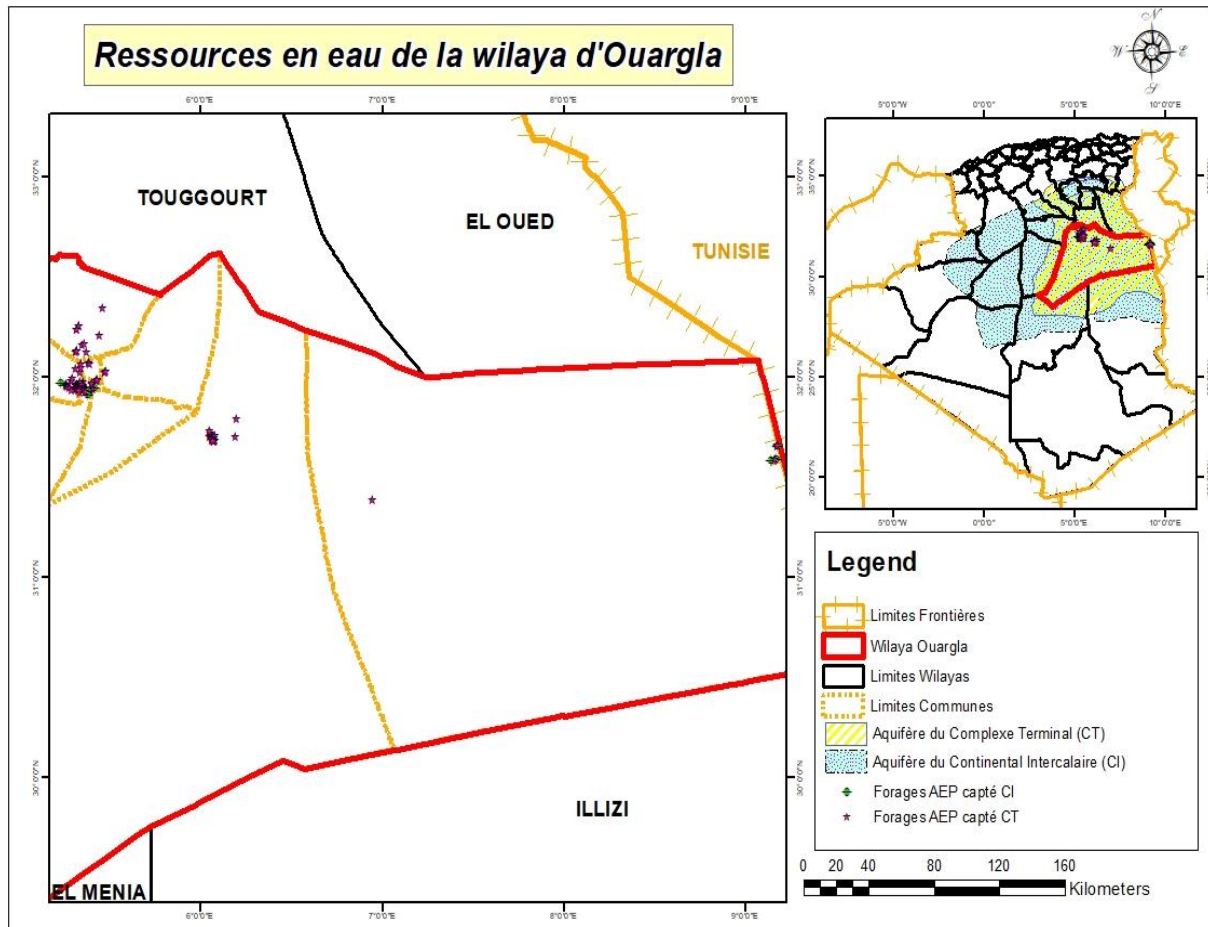


Figure II. 9 : Mobilisation des ressources en eau potable.

II.8. Conclusion

Après l'analyse des différentes données relatives à la région d'étude, plusieurs caractéristiques essentielles de la ville de Ouargla peuvent être retenues :

- ❖ Un climat saharien aride marqué par des précipitations faibles et irrégulières ;
- ❖ Une longue période sèche couvrant presque toute l'année,
- ❖ Des vents fréquents accompagnés de températures élevées ;
- ❖ Des formations litho stratigraphiques appartenant au Secondaire, au Tertiaire et au Quaternaire ;
- ❖ Une forte dépendance aux eaux souterraines, principalement issues de la nappe du Complexe Terminal et de celle du Continental Intercalaire.

Chapitre III :
Approche
Méthodologique

Chapitre III : Approche méthodologique

III.1. Introduction

Ce chapitre présente la méthodologie adoptée pour l'étude hydro chimique des eaux souterraines de la zone d'étude. Il décrit les différentes étapes suivies, allant de la collecte des données physico-chimiques auprès des organismes spécialisés, à leur traitement et validation par la balance ionique, jusqu'à leur analyse et interprétation.

Cette démarche permet de caractériser la qualité des eaux, d'identifier leurs faciès hydro chimiques et d'évaluer leur potabilité selon les normes en vigueur.

III.2. Méthodologie de travail

La méthodologie adoptée pour la réalisation de cette étude repose sur une démarche scientifique rigoureuse visant à garantir la fiabilité et la pertinence des résultats obtenus. Elle est structurée en trois étapes principales, comme illustré dans la figure suivante :

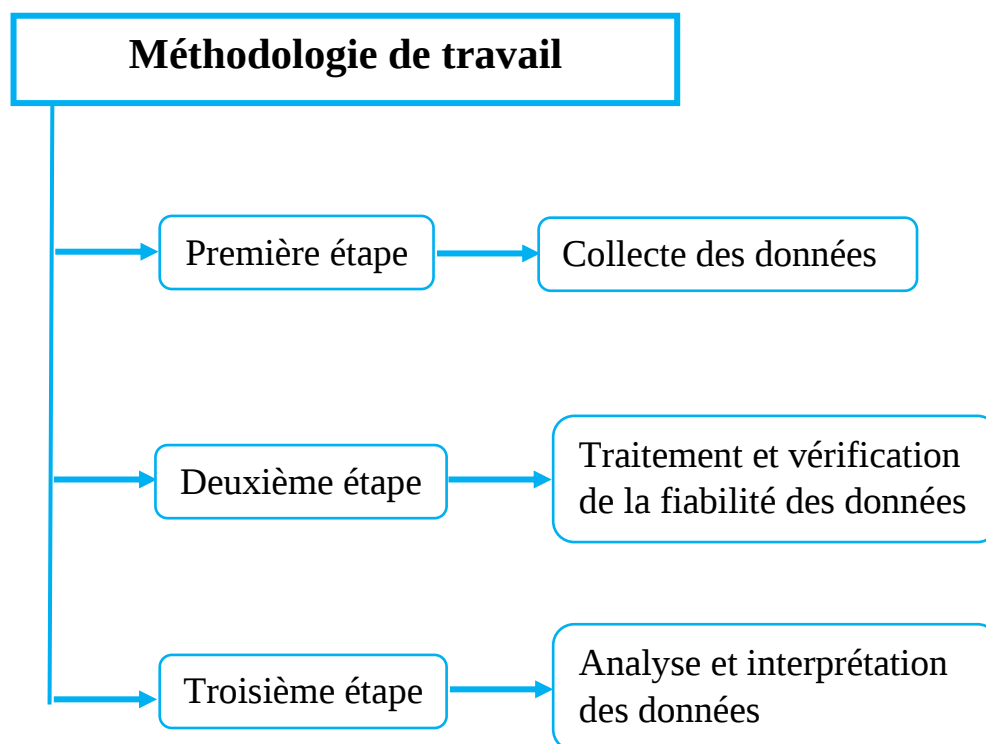


Figure III. 1 : Méthodologie de travail.

Cette approche permet de passer progressivement des données brutes vers une interprétation hydrogéochimique fiable des ressources en eau étudiées.

III.2.1. Procédure de collecte des données

La collecte des données constitue une phase essentielle dans toute étude hydrogéochimique, car la qualité des résultats dépend directement de la précision et de la représentativité des données recueillies.

Organismes officiels : en Algérie, deux structures assurent la production des données hydro chimiques relatives aux eaux souterraines, à savoir :

- ❖ Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (**ANRH**) ;
- ❖ Algérienne Des Eaux (**ADE**)

Ces institutions disposent de bases de données issues de campagnes de mesures et d'analyses réalisées sur différents points d'eau (forages, puits, sources).

Méthode de collecte : la collecte a été effectuée sous forme d'enquêtes techniques, à travers :

- ❖ La consultation de rapports techniques et bases de données existantes ;
- ❖ La récupération des analyses physico-chimiques des eaux auprès des structures concernées. (Avoir annexe n° 01)

Cette démarche a permis d'obtenir des données homogènes et exploitables pour l'ensemble de la zone d'étude.

III.2.2. Traitement et vérification de la fiabilité des données

Après la collecte, les données ont subi un traitement rigoureux en trois phases :

1) Capitalisation des données

Les données brutes récupérées ont été regroupées dans une base de données structurée comprenant :

- ❖ Les résultats analytiques ;
- ❖ La localisation des points d'eau ;
- ❖ La date de prélèvement.

Cette étape permet une meilleure organisation et exploitation des données.

2) Organisation des données

Les données ont été classées selon :

- ❖ La nappe aquifère exploitée ;
- ❖ La répartition géographique (par commune).

Cette classification facilite :

- ❖ L'analyse spatiale ;
- ❖ L'identification des zones à risque.

3) Vérification de la fiabilité : Balance ionique

La vérification de la qualité analytique des données a été réalisée à l'aide de la balance ionique, selon la méthode de Rodier (2005).[16]

Le principe repose sur l'égalité électrique entre cations et anions :

$$\sum \text{cations} = \sum \text{anions}.$$

Calcul de l'erreur ionique :

$$\text{Erreur (\%)} = \left[\frac{\sum \text{cations} - \sum \text{anions}}{\sum \text{cations} + \sum \text{anions}} \right] * 100$$

Critère de validité :

- ❖ Erreur ≤ 5 % : excellente précision ;
- ❖ 5 % à 10 % : acceptable ;
- ❖ 10 % : données à rejeter.

Cette étape est indispensable pour garantir la fiabilité des analyses chimiques.

Remarque : pour calculer la balance ionique, il est nécessaire de convertir toutes les concentrations des ions en milléquivalents par litre (meq/l).

III.2.3. Analyse et interprétation des données

Cette étape vise à évaluer la qualité des eaux souterraines de la zone d'étude à travers plusieurs approches :

- ❖ Analyse physico-chimique ;
- ❖ Classification la dureté des eaux ;
- ❖ Identification de la faciès chimiques des eaux ;
- ❖ Évaluation de la potabilité.

1) Paramètres étudiés

L'interprétation des résultats d'analyse physico-chimique des eaux a pour objectif d'évaluer leur qualité et leur aptitude à la consommation humaine. Cette évaluation consiste à comparer les concentrations mesurées des différents paramètres aux normes algériennes de potabilité de l'eau potable.

Afin de simplifier l'analyse et de se concentrer sur les indicateurs les plus représentatifs de la qualité de l'eau, les paramètres suivants sont retenus :

- ❖ Potentiel hydrogène (**pH**)
- ❖ Conductivité électrique (**CE**)
- ❖ Ions majeurs :
 - 🌈 Cations : Calcium (**Ca²⁺**), Magnésium (**Mg²⁺**), Sodium (**Na⁺**) et Potassium (**K⁺**)
 - 🌈 Anions : Sulfates (**SO₄²⁻**), Chlorures (**Cl⁻**) et Nitrates (**NO₃⁻**).

Interprétation par paramètre

Interprétation du pH :

- ❖ pH < 6.5 : eau acide, corrosive, non conforme ;
- ❖ pH 6.5 – 8.5 : eau conforme et équilibrée ;
- ❖ pH > 8.5 : eau alcaline, peut indiquer une forte minéralisation.

Interprétation de la conductivité électrique (CE) :

- ❖ CE faible (< 1000 $\mu\text{S/cm}$) : eau faiblement minéralisée ;
- ❖ CE modérée (1000 – 2800 $\mu\text{S/cm}$) : eau minéralisée mais acceptable ;
- ❖ CE élevée (> 2800 $\mu\text{S/cm}$) : eau fortement minéralisée, non conforme.

Interprétation des cations :

Calcium (**Ca²⁺**)

- ❖ Indique la dureté de l'eau ;
- ❖ Valeur élevée → risque d'entartrage ;
- ❖ Norme dépassée → eau dure non conforme.

Magnésium (**Mg²⁺**)

- ❖ Contribue également à la dureté ;

- ❖ Excès → goût désagréable et effet laxatif possible.

Sodium (Na^+)

- ❖ Excès → risque pour les personnes souffrant hypertendues ou d'insuffisance cardiaque ;

Potassium (K^+)

- ❖ Généralement faible dans les eaux naturelles ;
- ❖ Excès → un goût désagréable de l'eau.

Interprétation des anions :

Chlorures (Cl^-)

- ❖ Indiquent souvent une salinité élevée ;
- ❖ Excès → effet laxatif et corrosion des conduites.

Sulfates (SO_4^{2-})

- ❖ Provenance des évaporites (gypse) ;
- ❖ Excès → présente des troubles gastro-intestinaux pour les personnes.

Nitrates (NO_3^-)

- ❖ Indicateur majeur de pollution agricole ou domestique ;
- ❖ Très dangereux pour la santé (méthémoglobinémie chez les nourrissons).

Approche globale d'interprétation

L'évaluation finale de la qualité de l'eau repose sur une analyse intégrée :

Eau conforme

- ❖ Tous les paramètres respectent les normes ;
- ❖ Eau potable sans restriction.

Eau partiellement conforme

- ❖ Un ou plusieurs paramètres légèrement supérieurs aux normes ;
- ❖ Eau utilisable mais nécessitant surveillance.

Eau non conforme

- ❖ Dépassement important de plusieurs paramètres ;
- ❖ Eau impropre à la consommation sans traitement.

2) Dureté des eaux

La dureté de l'eau est un paramètre essentiel en hydrochimie. Elle reflète principalement la concentration des ions alcalino-terreux, notamment le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). La méthode de **Schoeller** permet d'interpréter cette dureté à partir de classifications normalisées.

La dureté totale (TH : Titre Hydrotimétrique) correspond à la somme des concentrations en calcium et magnésium exprimées en équivalent de carbonate de calcium (CaCO_3).

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

Elle est généralement exprimée en :

- mg/l de CaCO_3 ;
- Ou en degrés français ($^{\circ}\text{F}$).

Calcul de la dureté

1. Conversion en CaCO_3

Les concentrations doivent être converties selon :

- $\text{Ca}^{2+} (\text{mg/l}) \times 2,5$;
- $\text{Mg}^{2+} (\text{mg/l}) \times 4,1$.

$$\text{TH (mg/lCaCO}_3) = (\text{Ca}^{2+} \times 2,5) + (\text{Mg}^{2+} \times 4,1)$$

2. Conversion en degrés français

$$^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg/lCaCO}_3$$

$$\text{TH (}^{\circ}\text{F)} = \frac{\text{TH (mg/l CaCO}_3)}{10}$$

Classification de la dureté (méthode de Schoeller)

Tableau III. 1 : Classes de la dureté des eaux selon la méthode de Schoeller.

Dureté (°F)	Classe	Interprétation
< 7	Très douce	Eau pauvre en minéraux
7 – 15	Douce	Faible minéralisation
15 – 30	Moyennement dure	Acceptable
30 – 60	Dure	Forte minéralisation
>60	Très dure	Risque d'entartrage

3) Faciès chimiques des eaux

L'étude des faciès chimiques permet de caractériser la composition ionique des eaux naturelles et d'identifier les processus géochimiques contrôlant leur évolution. L'utilisation de logiciel spécialisé tels que **Diagrammes** facilite la représentation graphique des données et améliore la précision de l'interprétation. Parmi les différents types de diagrammes hydrogéochimie, on retrouve notamment le diagramme de Piper. (Avoir annexe n° 02)

Diagramme de Piper : est l'outil fondamental pour la classification des eaux.

Structure :

- Triangle gauche : cations ;
- Triangle droit : anions ;
- Losange central : faciès global.

Utilité :

- Classification des eaux ;
- Identification des mélanges ;
- Mise en évidence des tendances évolutives.

Procédure d'utilisation du logiciel

1. Saisie des données

- Importation des concentrations chimiques (mg/l ou meq/l).

2. Conversion automatique

- Le logiciel peut convertir en (meq/l).

3. Contrôle de qualité
 - Vérification de l'équilibre ionique.
4. Choix du diagramme du Piper (principal).
5. Génération des graphiques.
6. Export des résultats en format Figures.

Identification du faciès et interprétation

Le faciès est défini par les ions dominants comment indique dans le tableau suivant :

Tableau III. 2 : Faciès chimiques des eaux.

Faciès	Nom	Signification
Ca-HCO ₃	Bicarbonaté calcique	Eaux récentes, recharge naturelle
Na-Cl	Chloruré sodique	Eaux salines ou influence évaporitique
Ca-SO ₄	Sulfaté calcique	Dissolution du gypse/anhydrite
Na-HCO ₃	Bicarbonaté sodique	Échange ionique

4) Potabilité des eaux

L'évaluation de la potabilité des eaux constitue une étape fondamentale en hydrogéochimie. Elle permet de déterminer si une eau est apte à la consommation humaine selon des critères physico-chimiques.

Parmi ces critères, le **résidu sec** représente un indicateur global de la minéralisation totale de l'eau. La méthode de Schoeller utilise ce paramètre pour classer les eaux et apprécier leur qualité.

Classification des eaux selon Schoeller (résidu sec)

Tableau III. 3 : Classes de la potabilité des eaux selon la méthode de Schoeller.

Résidu sec (mg/l)	Classe de l'eau	Qualité
< 500	Très faiblement minéralisée	Excellente qualité
500 – 1000	Faiblement minéralisée	Bonne qualité
1000 – 1500	Moyennement minéralisée	Acceptable
1500 – 2000	Fortement minéralisée	Qualité médiocre
> 2000	Très fortement minéralisée	Non potable

Interprétation de la potabilité

Eaux très faiblement minéralisées (RS < 500 mg/l)

- ❖ Eau de très bonne qualité ;
- ❖ Goût léger et agréable ;
- ❖ Convient à la consommation humaine sans restriction ;
- ❖ Généralement eaux de pluie ou eaux de recharge rapide.

Eaux faiblement minéralisées (500 – 1000 mg/l)

- ❖ Qualité potable standard ;
- ❖ Bon équilibre minéral ;
- ❖ Adaptée à l'usage domestique et alimentaire.

Eaux moyennement minéralisées (1000 – 1500 mg/l)

- ❖ Potabilité acceptable mais surveillée ;
- ❖ Peut présenter un goût légèrement salé ;
- ❖ Indique une interaction plus forte avec les roches.

Eaux fortement minéralisées (1500 – 2000 mg/l)

- ❖ Qualité dégradée ;
- ❖ Goût désagréable ;
- ❖ Risques pour certains usages ;
- ❖ Indice d'une forte évaporation ou dissolution saline.

Eaux très fortement minéralisées (> 2000 mg/l)

- ❖ Eau généralement **non potable** ;
- ❖ Forte salinité ;
- ❖ Présence importante de sels dissous (Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+).

III.3. Conclusion

La méthodologie suivie dans cette mémoire s'appuie sur une approche intégrée associant :

- La collecte de données auprès d'organismes concernés ;
- Un traitement rigoureux incluant la vérification par balance ionique ;
- Une analyse hydrogéochimie basée sur des méthodes reconnues.

Cette démarche permet d'obtenir une évaluation précise de la qualité des eaux et de leur aptitude à la consommation.

Chapitre IV :
Résultats
et
Interprétation

Chapitre IV : Résultats et interprétation

IV.1. Introduction

Ce chapitre présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux souterraines destinées à la consommation humaine dans la région d'Ouargla. L'objectif principal est d'évaluer la qualité de ces eaux, de caractériser leur composition chimique et de déterminer leur aptitude à la consommation selon les normes de potabilité en vigueur.

IV.2. Présentation des données collectées

Les données collectées des analyses physico-chimiques des eaux souterraines étudiées sont regroupées dans le tableau correspondant aux différents forages exploités dans la région d'Ouargla (avoir annexe n° 03). Les échantillons proviennent principalement des aquifères du Continental Terminal (CT) et du Continental Intercalaire (CI), notamment des nappes du Mio-Pliocène, du Sénonien et de l'Albien. Le tableau suivant présente le nombre de données collectées par commune et par nappe, ainsi que la vérification de la fiabilité des données à l'aide de la balance ionique :

Tableau IV.1 : Nombre des données collectées et sélectionnées par commune et par nappe.

Commune	Données collectées			Données sélectionnées
	Continental Terminal		Continental Intercalaire	Balance ionique $\leq 5 \%$
	Mio-Pliocène	Sénonien	Albien	
Ouargla	02	01		03
Rouissat	01	01	02	04
Sidi Kouiled	01	02		03
Ain Beida	01		01	02
N'goussa		01		01
Hassi Messaoud		04		04
Total	05	09	03	17

Les valeurs de la balance ionique obtenues pour l'ensemble des forages varient entre -1,62 % et +1,69 %, indiquant une excellente précision analytique pour tous les échantillons étudiés. Aucun forage ne présente une erreur supérieure à $\pm 5 \%$, ce qui confirme la fiabilité des analyses chimiques réalisées et permet d'utiliser les données pour l'interprétation hydrogéochimique.

Les valeurs négatives observées traduisent un léger excès d'anions, tandis que les valeurs positives indiquent un faible excès de cations. Toutefois, ces écarts restent très faibles et sans influence significative sur l'interprétation globale des eaux.

IV.3. Analyse et interprétation des données

IV.3.1. Potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs du pH des eaux étudiées varient entre 7,07 et 7,92. Toutes les eaux présentent donc un caractère neutre à légèrement alcalin et restent comprises dans l'intervalle recommandé pour l'eau potable (6,5 – 9).

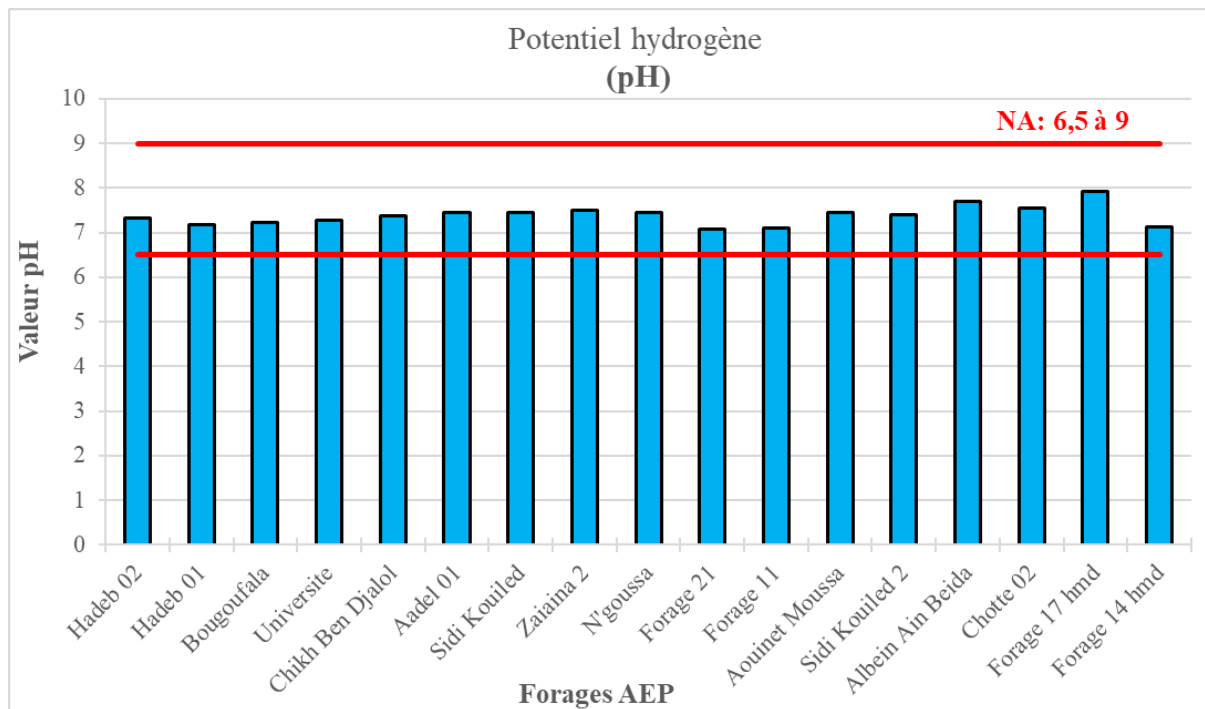


Figure IV. 1 : Variation des valeurs du pH par forages.

Ces résultats indiquent :

- ❖ Une bonne stabilité chimique des eaux ;
- ❖ L'absence d'acidité agressive ;
- ❖ Des eaux globalement équilibrées du point de vue acido-basique.

Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au forage 17 HMD (pH = 7,92), traduisant une légère alcalinité probablement liée à la dissolution des carbonates. Ainsi, l'ensemble des eaux étudiées est conforme aux normes de potabilité concernant le pH.

IV.3.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique varie entre 2148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 5510 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats montrent que :

Chapitre IV : Résultats et interprétation

- ❖ La majorité des forages présentent une conductivité très élevée ($> 2800 \mu\text{S/cm}$) ;
- ❖ Seuls quelques forages, notamment Hadeb 01, Zaiaina 2, N'goussa, Albein Ain Beida et Forage 11 HMD, présentent des valeurs relativement moins élevées ;
- ❖ Les valeurs maximales sont observées au forage 21 HMD ($5510 \mu\text{S/cm}$) et au forage Bougoufala ($5100 \mu\text{S/cm}$), traduisant une forte charge en sels dissous.

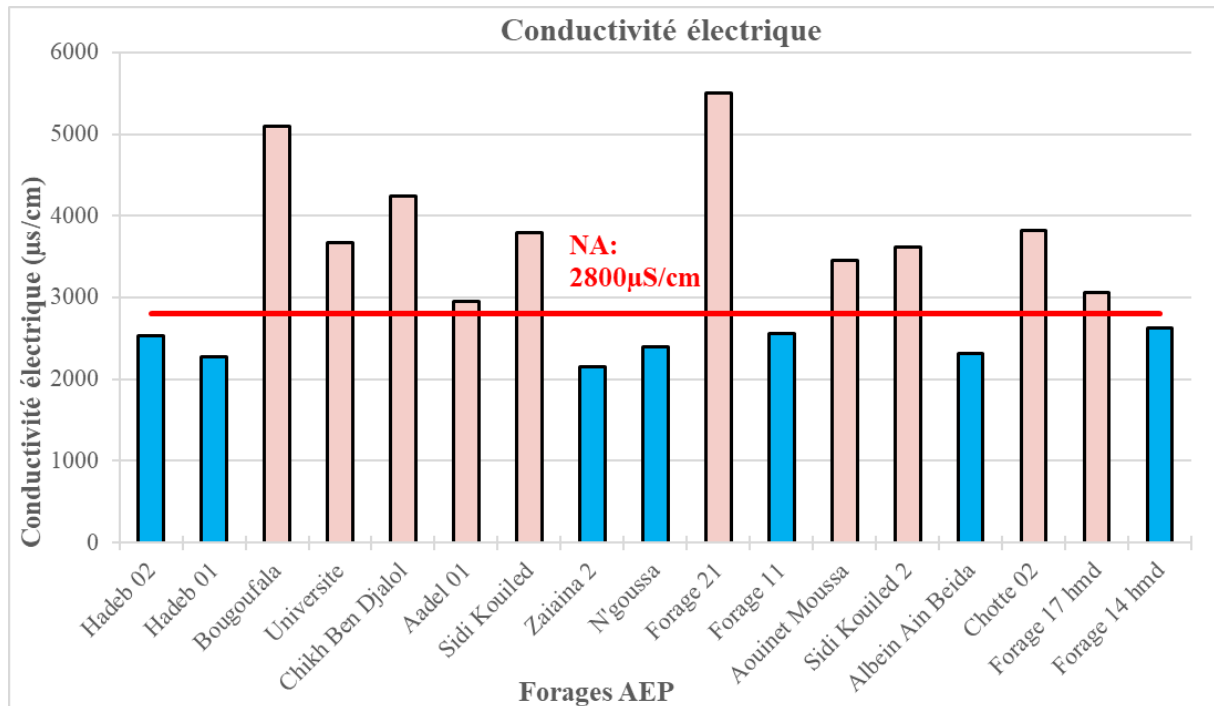


Figure IV. 2 : Variation des valeurs de la conductivité électrique par forages.

Cette forte minéralisation s'explique probablement par :

- ❖ La dissolution des formations évaporitiques ;
- ❖ L'influence du gypse et des sels chlorurés ;
- ❖ Le temps de résidence prolongé des eaux souterraines dans les aquifères.

Globalement, les eaux étudiées sont fortement minéralisées.

IV.3.3. Interprétation des cations majeurs

Calcium (Ca^{2+}) : les concentrations en calcium varient entre 100,2 mg/l et 296,6 mg/l. La norme de potabilité fixée à 200 mg/l est dépassée dans plusieurs forages à savoir : Bougoufala, Université, Chikh Ben Djalol, Chotte 02, Sidi Kouiled, Sidi Kouiled 2 et Forage 21 HMD. Le forage Bougoufala présente la concentration maximale (296,6 mg/l).

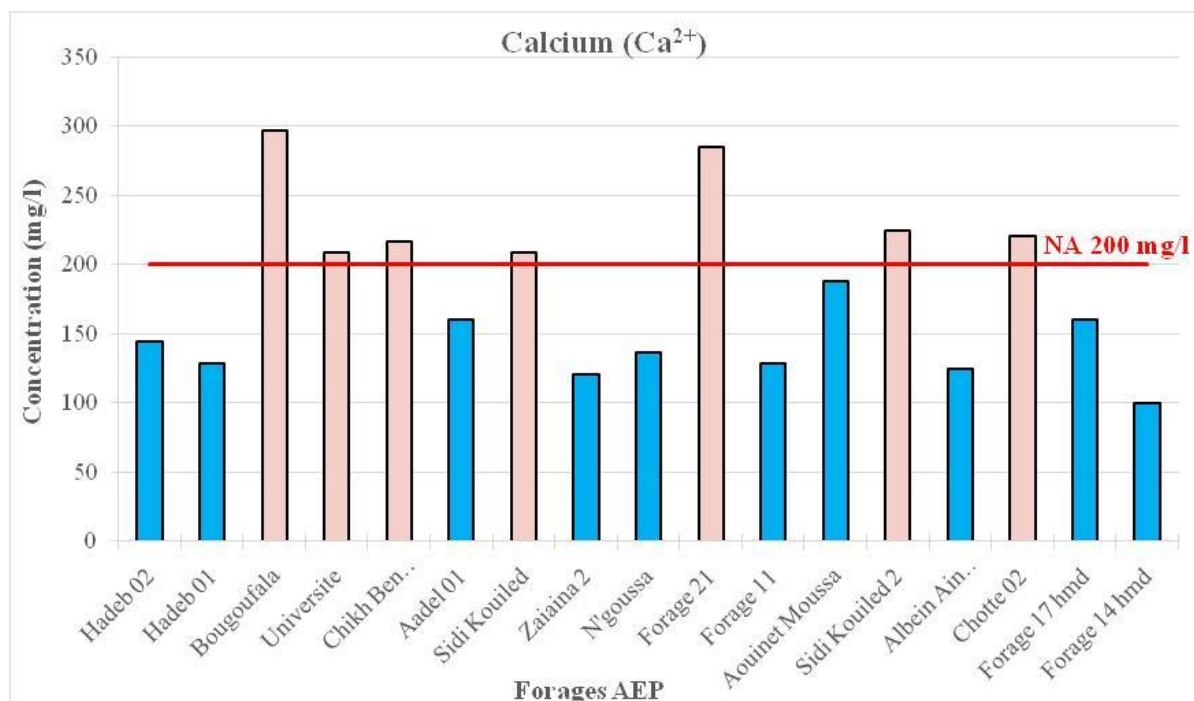


Figure IV. 3 : Variation des teneurs du calcium par forages.

Ces teneurs élevées traduisent :

- ❖ Une forte dissolution des carbonates et évaporites ;
- ❖ Une dureté importante des eaux ;
- ❖ Un risque élevé d'entartrage des conduites et équipements.

Magnésium (Mg^{2+}) : les teneurs en magnésium varient entre 60,76 mg/l et 184,7 mg/l. La norme de 150 mg/l est dépassée principalement dans : Bougoufala, Chikh Ben Djalol et Forage 21 HMD. Ces fortes teneurs contribuent fortement à la dureté totale des eaux et peuvent provoquer un goût désagréable ainsi qu'un effet laxatif à fortes concentrations.

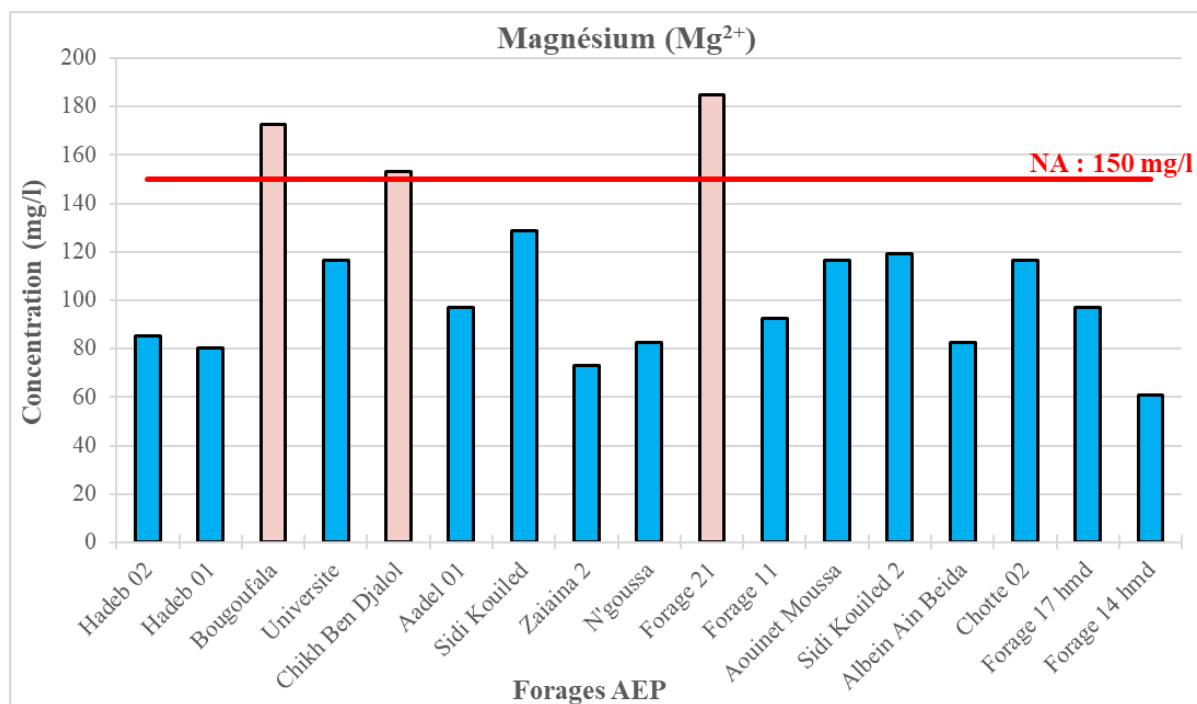


Figure IV. 4 : Variation des teneurs du Magnésium par forage.

Sodium (Na⁺) : les concentrations en sodium sont très élevées et varient entre 160 mg/l et 550 mg/l. La norme de 200 mg/l est dépassée dans la quasi-totalité des forages, à l'exception du forage 14 HMD. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans : Forage 21 HMD (550 mg/l), Bougoufala (500 mg/l) et Chikh Ben Djalol (410 mg/l).

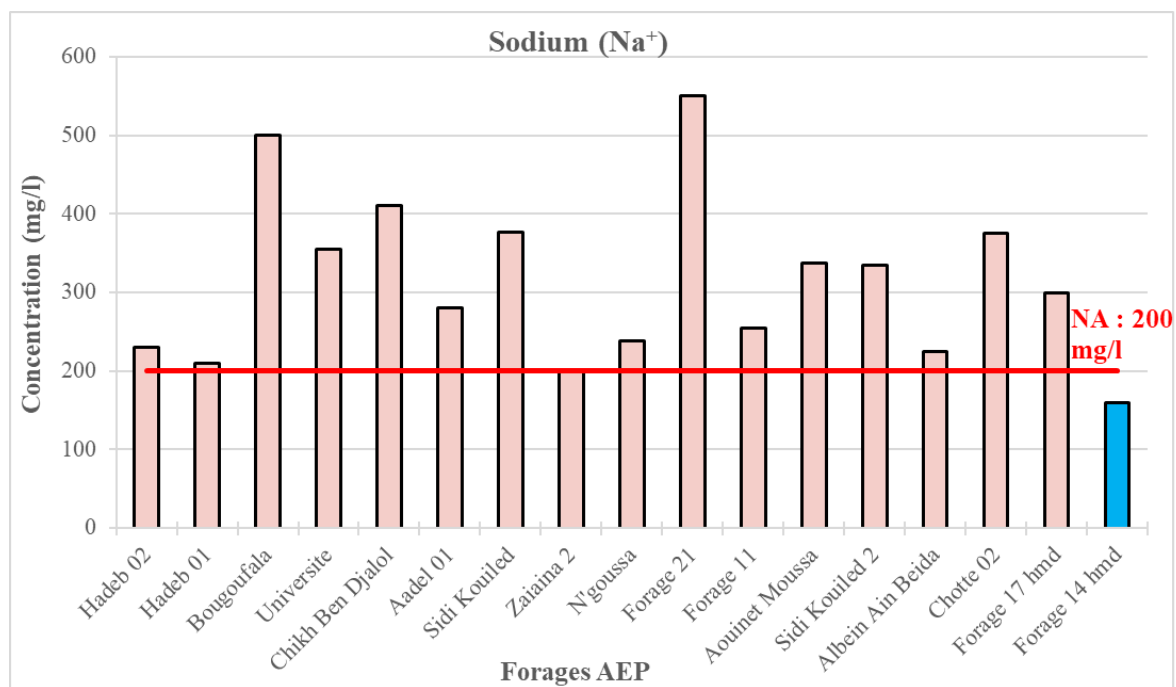


Figure IV. 5 : Variation des teneurs du Sodium par forage.

Chapitre IV : Résultats et interprétation

Cette forte teneur en sodium traduit :

- ❖ Une importante salinisation des eaux ;
- ❖ L'influence des formations évaporitiques ;
- ❖ Des échanges ioniques au sein des aquifères.

Ces eaux peuvent présenter un risque pour les personnes souffrant d'hypertension artérielle ou d'insuffisance cardiaque.

Potassium (K^+) : les concentrations en potassium varient entre 12 mg/l et 39 mg/l. La norme de 12 mg/l est dépassée dans pratiquement tous les forages. Les teneurs les plus importantes sont observées dans : Forage 21 HMD, Bougoufalaet et Chikh Ben Djalol.

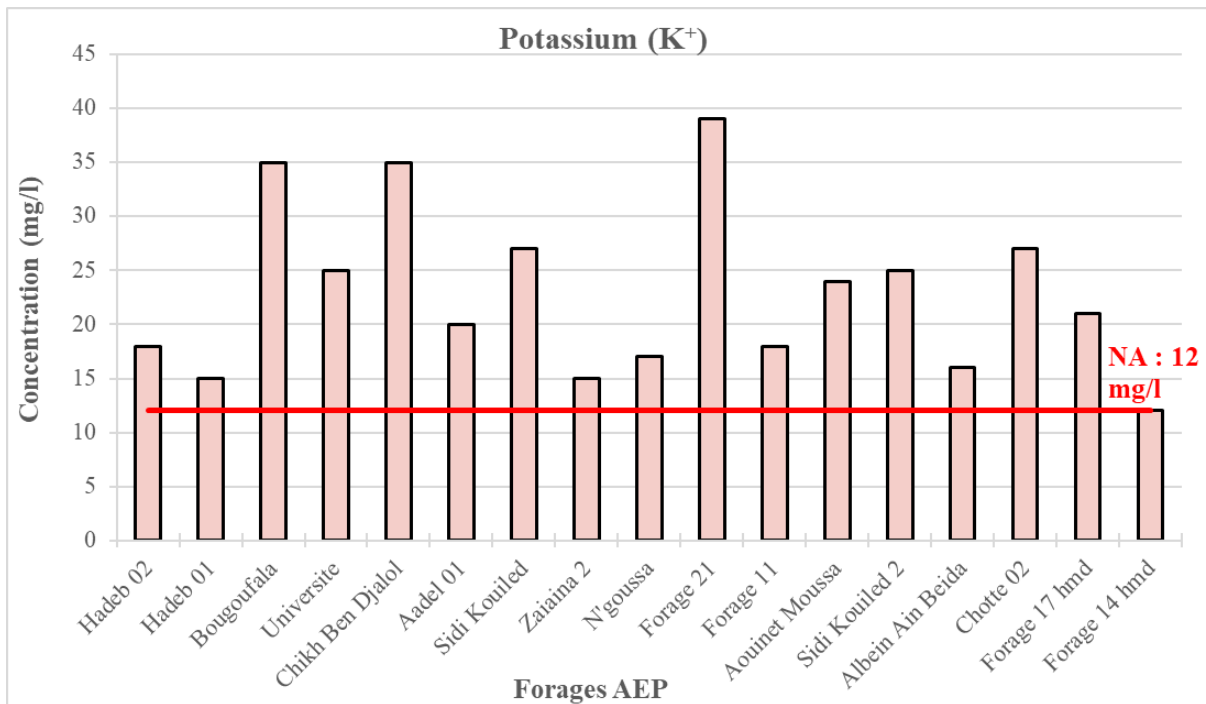


Figure IV. 6 : Variation des teneurs du Potassium par forage.

Ces concentrations élevées peuvent être liées :

- ❖ À la dissolution des minéraux potassiques ;
- ❖ Aux interactions eau-roche.

IV.3.4. Interprétation des anions majeurs

Chlorures (Cl^-) : les concentrations en chlorures varient entre 353 mg/l et 1110 mg/l. La norme de 500 mg/l est largement dépassée dans la majorité des forages. Les concentrations maximales sont observées dans : Forage 21 HMD (1110 mg/l), Bougoufala (1033 mg/l) et Chikh Ben Djalol (860 mg/l).

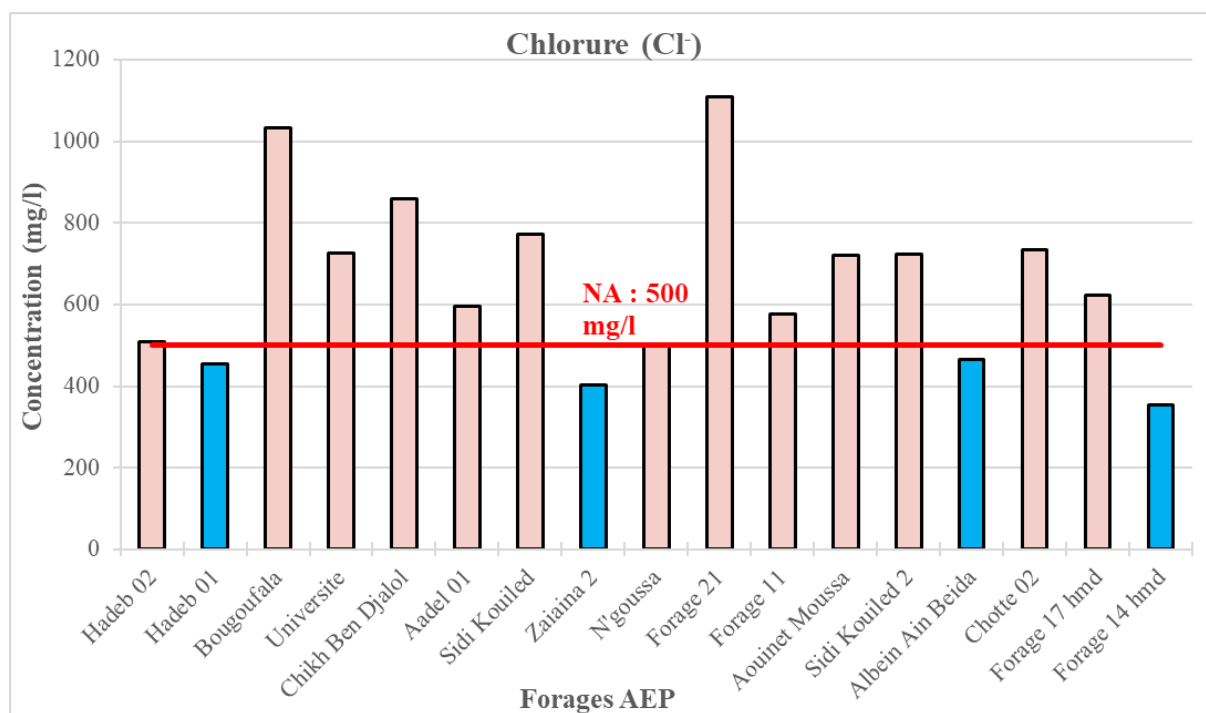


Figure IV. 7 : Variation des teneurs du Chlorure par forage.

Ces fortes teneurs traduisent :

- ❖ Une salinité élevée ;
- ❖ La dissolution des sels évaporitiques ;
- ❖ Une concentration des sels sous l'effet de l'évaporation.

Les eaux riches en chlorures présentent généralement un goût salé et favorisent la corrosion des canalisations.

Sulfates (SO_4^{2-}) : les concentrations en sulfates varient entre 250 mg/l et 1078 mg/l. La norme de 400 mg/l est dépassée dans la majorité des forages. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans : Forage 21 HMD, Bougoufala, Chikh Ben Djalol et Chotte 02. Ces fortes concentrations indiquent une dissolution importante du gypse et des formations

Chapitre IV : Résultats et interprétation

sulfatées présentes dans les aquifères du Continental Terminal. Des teneurs élevées en sulfates peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux chez les consommateurs.

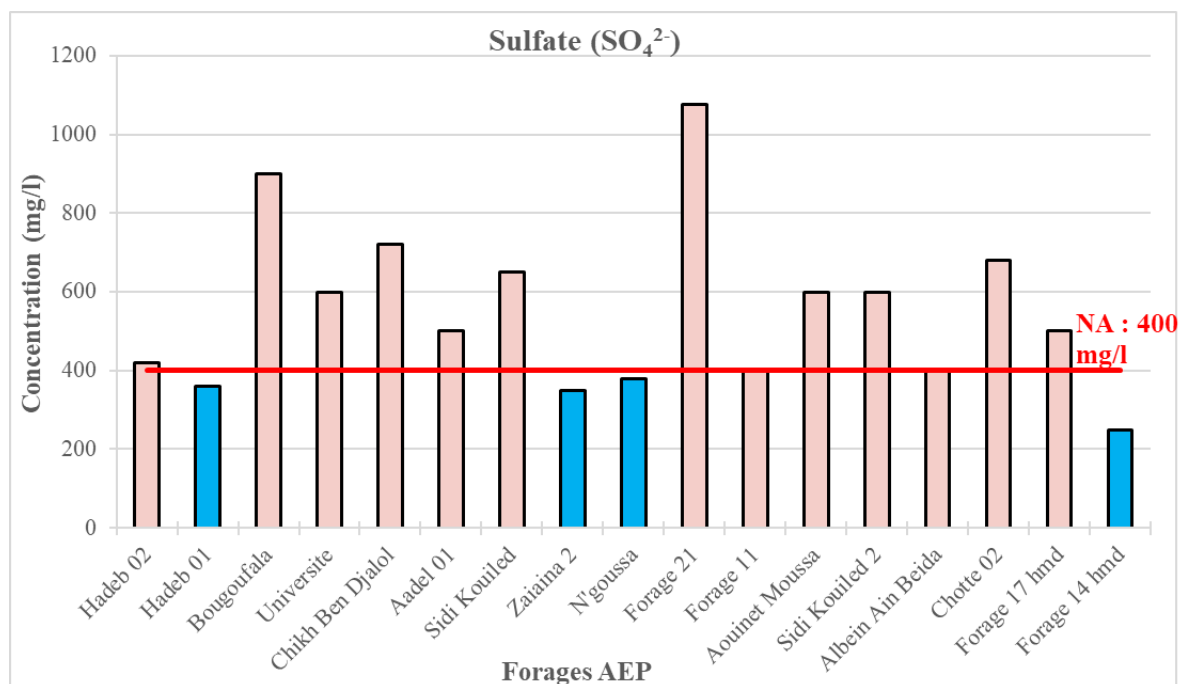


Figure IV. 8 : Variation des teneurs du Sulfate par forage.

Nitrates (NO₃⁻) : les concentrations en nitrates restent faibles et varient entre 4,81 mg/l et 25,52 mg/l. Toutes les valeurs demeurent inférieures à la norme de 50 mg/l.

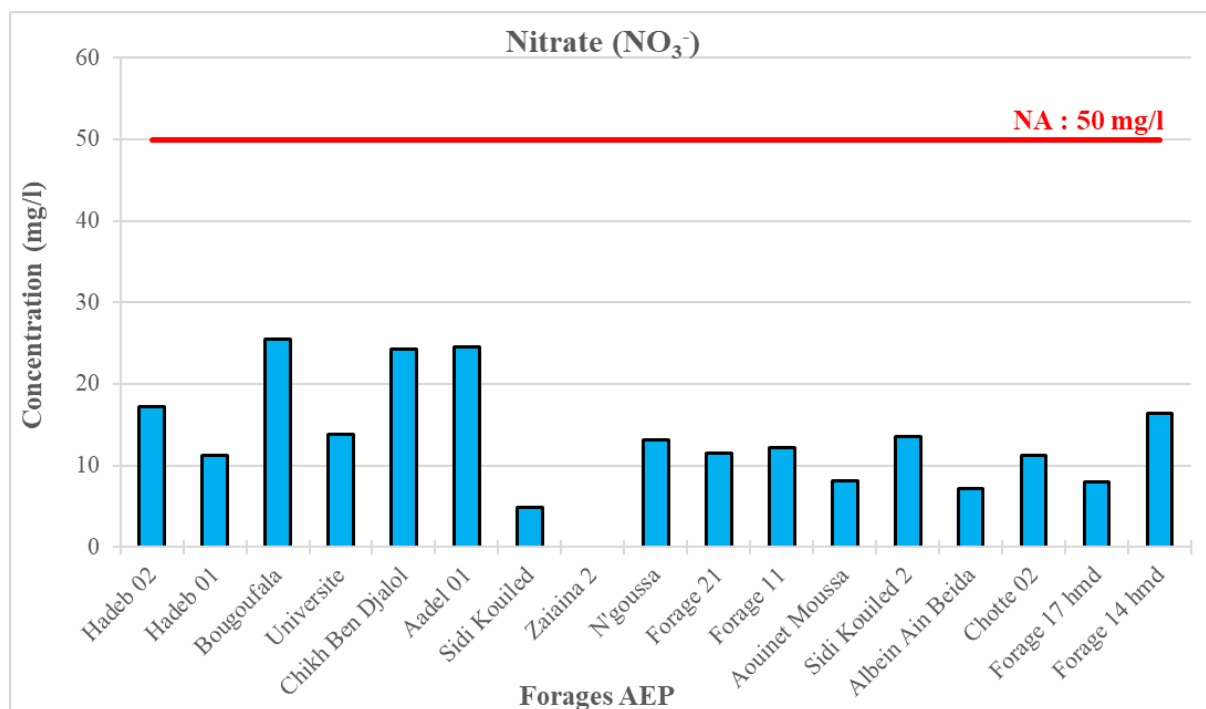


Figure IV. 9 : Variation des teneurs du Nitrate par forage.

Chapitre IV : Résultats et interprétation

Ces résultats indiquent :

- ❖ Une faible contamination agricole ou domestique ;
- ❖ Une bonne protection relative des nappes vis-à-vis des pollutions superficielles ;
- ❖ L'absence de risque sanitaire lié aux nitrates.

Ainsi, les eaux étudiées ne présentent pas de pollution nitratée significative.

IV.4. Classification de la dureté des eaux

Les résultats de la dureté de l'eau, calculés selon la méthode de Schoeller, sont synthétisés et classés par commune et par nappe dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Dureté des eaux de la région de Ouargla.

Commune	Nappe	Dureté (°F)	Classes
Ouargla	Mio-Pliocène	99 à 145	Très dure
	Sénonien	79	Très dure
Rouissat	Mio-Pliocène	116	Très dure
	Sénonien	59	Dure
	Albien	64 à 71	Très dure
Ain Beida	Mio-pliocène	103	Très dure
	Albien	65	Très dure
Sidi Kouiled	Mio-Pliocène	95	Très dure
	Sénonien	105	Très dure
N'goussa	Sénonien	68	Très dure
Hassi Messaoud	Sénonien	50 à 147	Dure à Très dure

Selon la classification de Schoeller :

- ❖ Aucune eau n'est douce ou moyennement dure ;
- ❖ Toutes les eaux étudiées sont classées « dures » à « très dures » ;
- ❖ La majorité des forages présentent des duretés supérieures à 60 °F.

Les forages les plus durs sont : Forage 21 HMD : 146,87 °F, Bougoufala : 144,9 °F et Chikh Ben Djalol : 116,89 °F.

Cette dureté élevée est liée :

- ❖ À la forte teneur en calcium et magnésium ;
- ❖ À la dissolution des formations carbonatées et gypseuses ;
- ❖ Au caractère fortement minéralisé des eaux souterraines sahariennes.

Ces eaux présentent un important risque d'entartrage des réseaux de distribution et des équipements domestiques.

IV.5. Faciès chimiques des eaux

L'interprétation des compositions ioniques montre que les eaux étudiées appartiennent principalement aux faciès :

- ❖ Chloruré sodique (Na–Cl) ;
- ❖ Sulfaté calcique (Ca–SO₄).

La dominance des ions sodium, chlorures et sulfates traduit :

- ❖ Une forte influence évaporitique ;
- ❖ La dissolution des sels et du gypse ;
- ❖ Une évolution géochimique avancée des eaux.

Le faciès chloruré sodique domine particulièrement dans les forages : Bougoufala, Chikh Ben Djalol, Sidi Kouiled et Forage 21 HMD.

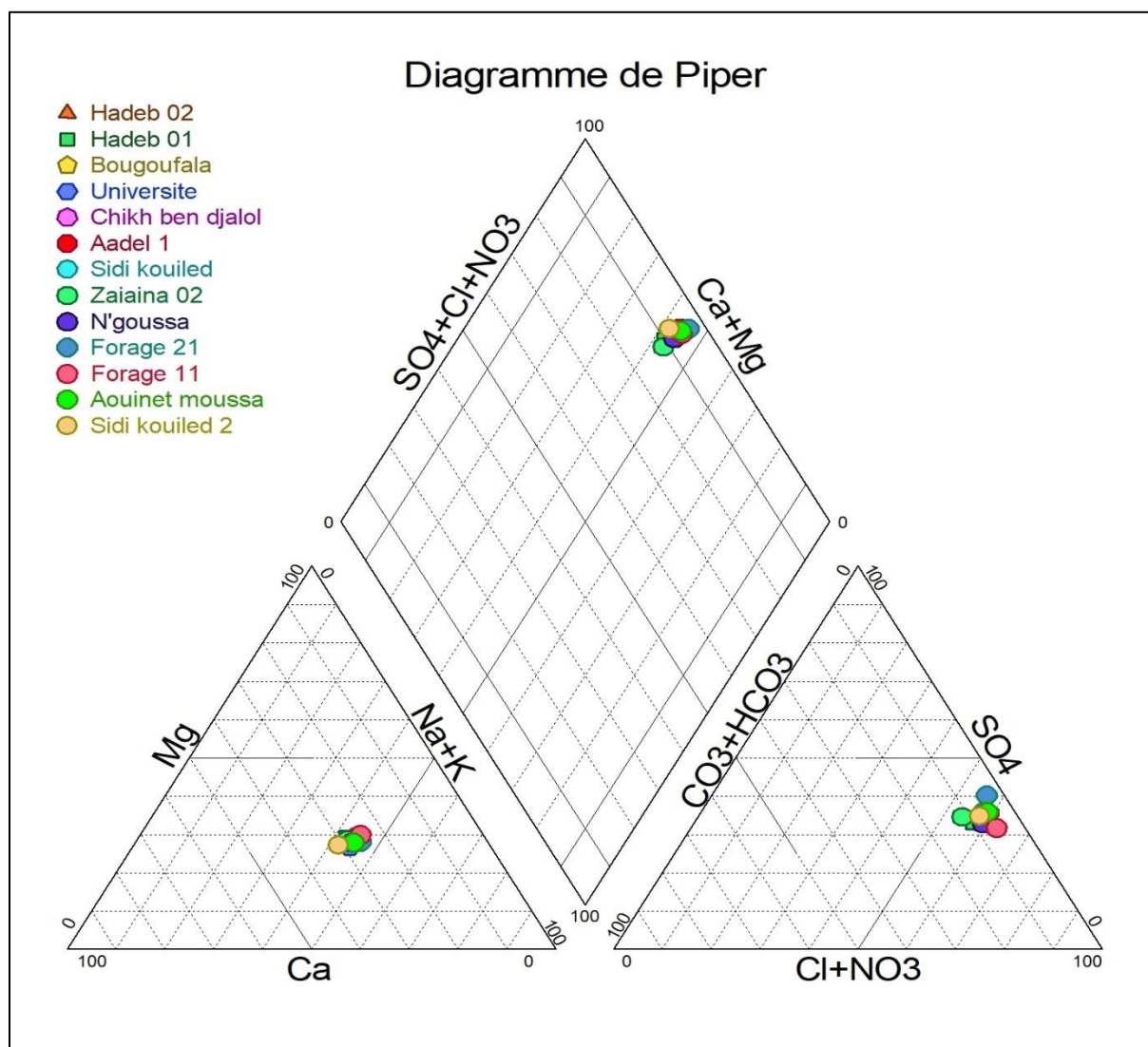


Figure IV. 10 : Faciès chimiques des eaux de la région de Ouargla.

Le faciès sulfaté calcique est également fréquent dans les eaux du Continental Terminal, en relation avec la dissolution des niveaux gypseux. L'ensemble traduit des eaux anciennes, fortement minéralisées et soumises à une intense interaction eau-roche dans un contexte saharien aride.

IV.6. Évaluation de la potabilité des eaux

L'évaluation de la potabilité a été réalisée à partir du résidu sec selon la classification de Schoeller. Les valeurs du résidu sec varient entre 496 mg/l et 3680 mg/l.

Chapitre IV : Résultats et interprétation

Tableau IV.3 : Potabilité des eaux de la région de Ouargla.

Commune	Nappe	Résidu sec (mg/l)	Potabilité
Ouargla	Mio-Pliocène	3078 à 3184	Non potable
	Sénonien	496	Excellente
Rouissat	Mio-Pliocène	1932	Médiocre
	Sénonien	1776	Médiocre
	Albien	900 à 2036	Bonne à non potable
Ain Beida	Mio-pliocène	2892	Non potable
	Albien	1704	Médiocre
Sidi Kouiled	Mio-Pliocène	2446	Non potable
	Sénonien	3396	Non potable
N'goussa	Sénonien	2010	Non potable
Hassi Messaoud	Sénonien	1420 à 3680	Médiocre à non potable

Selon la classification :

- ❖ Aadel 01 et Hadeb 01 présentent une eau faiblement minéralisée ;
- ❖ Forage 14 HMD présente une eau moyennement minéralisée (1420 mg/l) ;
- ❖ La majorité des forages dépassent 2000 mg/l et sont classés comme très fortement minéralisés et non potables (Forage 21 HMD, Sidi Kouiled, Université et Bougoufala).

IV.7. Conclusion

L'étude physico-chimique des eaux souterraines de la région d'Ouargla montre que :

- ❖ Les eaux présentent un pH conforme aux normes de potabilité ;
- ❖ La majorité des eaux sont fortement minéralisées ;
- ❖ Les concentrations en sodium, chlorures et sulfates dépassent fréquemment les normes recommandées ;
- ❖ Les eaux sont généralement dures à très dures ;
- ❖ Les faciès dominants sont chlorurés sodiques et sulfatés calciques ;
- ❖ La plupart des eaux sont non conformes à la consommation humaine.

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude a porté sur l'évaluation de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans la région de Ouargla, où les eaux souterraines représentent la principale source d'alimentation en eau potable. Dans un contexte saharien marqué par l'aridité climatique, la faiblesse des précipitations et la forte dépendance aux ressources souterraines, la maîtrise de la qualité de l'eau constitue un enjeu essentiel pour la santé publique et le développement durable.

L'analyse des données physico-chimiques collectées auprès des organismes compétents a permis de caractériser les eaux exploitées dans les différentes communes de la région. Les résultats obtenus montrent que les eaux étudiées présentent généralement un pH conforme aux normes de potabilité, avec un caractère neutre à légèrement alcalin. En revanche, la majorité des forages présentent une conductivité électrique élevée traduisant une forte minéralisation des eaux souterraines.

Les fortes concentrations en calcium, magnésium, sodium, chlorures et sulfates indiquent une influence importante des formations géologiques évaporitiques et gypseuses caractéristiques des aquifères sahariens. Cette minéralisation élevée explique également les valeurs importantes de la dureté des eaux, qui sont classées pour la plupart comme « dures » à « très dures » selon la classification de Schoeller.

L'étude hydro chimique a mis en évidence la dominance des faciès chloruré sodique et sulfaté calcique, traduisant une interaction prolongée entre l'eau et les formations géologiques ainsi qu'un effet marqué de l'évaporation dans le contexte climatique saharien. Par ailleurs, les teneurs relativement faibles en nitrates témoignent d'une faible contamination d'origine agricole ou domestique des nappes exploitées.

L'évaluation de la potabilité a montré que plusieurs eaux étudiées présentent des résidus secs très élevés, dépassant les limites recommandées pour la consommation humaine. Ainsi, une grande partie des eaux analysées est considérée comme fortement à très fortement minéralisée, nécessitant parfois des traitements appropriés avant leur distribution aux consommateurs.

Au regard des résultats obtenus, plusieurs recommandations peuvent être proposées afin d'améliorer la gestion durable des ressources en eau potable dans la région de Ouargla :

Conclusion générale

- ❖ Renforcer le contrôle périodique de la qualité physico-chimique des eaux distribuées ;
- ❖ Mettre en place des systèmes de traitement adaptés pour réduire la salinité et la dureté des eaux ;
- ❖ Sensibiliser les consommateurs à l'importance de la préservation des ressources en eau.

Enfin, cette étude constitue une contribution à la connaissance de la qualité des eaux souterraines de la région de Ouargla. Elle met en évidence la nécessité d'une gestion intégrée et durable des ressources hydriques afin d'assurer une alimentation en eau potable de qualité pour les générations futures.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Chang, R., & Goldsby, K. (2016). Chemistry. McGraw-Hill Education.
- [2] Atkins, P., & de Paula, J. (2014). Physical Chemistry. Oxford University Press.
- [3] Hem, J. D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. USGS.
- [4] World Health Organization. (2017). Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed.). WHO.
- [5] Degremont (2005). Mémento technique de l'eau. 10^eédition, Paris.
- [6] Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments. UNESCO/WHO/UNEP.
- [7] Edzwald, J. K. (2011). Water Quality & Treatment. American Water Works Association.
- [8] Graindorge J. et Landot É., 2007. La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités. Voiron (Isère), Collection : Dossier d'experts. 2007. Territorial éd. 172 p. ISBN : 978-2-35295-441-5.
- [9] Benaissa A. et al., Contribution à l'étude de quelques critères physicochimiques de l'eau vendue en citernes dans la Wilaya d'Ouargla. Journal of Advanced Research in Science and Technology, 2016, 3(2), 351-359.
- [10] BRAHIMI Abdelouahed (2014). « Contribution au diagnostic et à la réhabilitation du réseau d'assainissement de la ville d'Ouargla ». Mémoire Magister. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [11] Algérienne Des Eaux (2025). Bulletin d'analyse de surveillance des eaux souterraines destinée à la consommation humaine.
- [12] Craun, G. F., Calderon, R. L., & Craun, M. F. (2005). Outbreaks associated with drinking water. Journal of Water and Health, 3(S1), 1–11.
- [11] Degremont (2005). Mémento technique de l'eau. 10^eédition, Paris.

Références bibliographiques

- [13] Journal officiel de la république algérienne-JORA. 2014. Décret exécutif n° 14 - 96 du 2Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- [14] Leemans, M., Bawin, C., Bellon, J., Bovy, C., 2008- Livre bleu tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées .3eme édition, Ed. Fédération Belge du Secteur de l'eau asbl,5p.
- [15] Levallois P. et Phaneuf D. 1994. La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé, Revue canadienne de santé publique, 85(3), 192-196.
- [16] MESSAOUDI Jamal Eddine (2020). « Contribution à l'étude hydro-chimique de la qualité Des eaux exploitées en AEP : cas de la ville HASSI MESSAOUD ».Mémoire Master. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [17] Rodier J., Legube B. et Merlet N. 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed.Dunod, Paris, 1384p.
- [18] Santé canada, 1992. Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Disponible sur :www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/nitratenitrite/indexfra.
- [19] Spellman, F. R. (2013). Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. CRC Press.
- [20] Taleb B. A. (2008). Qualité des eaux souterraines et risques de contamination dans la vallée du M'Zab. J. Environmental Science and Technology, 1, 45–56.
- [21] Taleb S. 2005. Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Actes du Congrès international « De l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen » 21-22-23 mai 2005-Alger.

Annexes

Annexe n° 01 : Bulletin d'analyses élaboré par l'ADE.

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 4093
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE L'HADEB N02
Commune : Rouissat

Date et Heure de prélèvement : 08/09/2025
Prélèvement effectué par : centre de production
Date d'analyse : 08/09/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	144.28	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	85.06	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	710	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	230	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	18	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.34	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	509.88	500
Conductivité à 25C°	μs/cm	2530	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	420	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	17.2	50
Turbidité	NTU	1.28	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	126.51	-
Oxygène dissous	mg/l	2.36	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	103.70	-
TDS	mg/l	1265					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2036	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.037	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	μg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 4825
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE L'HADEB 1
Commune : ROUISSAT

Date et Heure de prélèvement : 22/10/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE DE PRODUCTION
Date d'analyse : 22/10/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	128.25	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	80.2	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	630	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	210	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	15	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.17	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	453.23	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2280	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	360	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	11.27	50
Turbidité	NTU	0.686	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	140.07	-
Oxygène dissous	mg/l	6.06	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	114.81	-
TDS	mg/l	1140					
Résidu sec 105 C°	mg/l	900	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.099	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	0.002	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H ₂ S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 5047

Nature de l'échantillon : EAU BRUTE

Lieu de prélèvement : FORAGE BOUGHOUFALA

Commune : ROUISSAT

Date et Heure de prélèvement : 10/11/2025

Prélèvement effectué par : centre de production

Date d'analyse : 05/11/2025

Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	296.59	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	172.56	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	1450	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	500	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	35	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.22	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	1033.1	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	5100	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	900	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	25.52	50
Turbidité	NTU	0.576	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	180.74	-
Oxygène dissous	mg/l	7.27	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	148.14	-
TDS	mg/l	2550	-				
Résidu sec 105 C°	mg/l	3078	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.205	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 4703
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE L' UNIVERSITE
Commune : OGX

Date et Heure de prélèvement : 15/10/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE DE PRODUCTION
Date d'analyse : 15/10/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	208.41	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	116.64	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO ₃ mg/l	1000	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	355	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	25	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.28	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	726.50	500
Conductivité à 25C°	μs/cm	3680	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	600	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	13.81	50
Turbidité	NTU	1.11	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	171.70	-
Oxygène dissous	mg/l	7.33	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO ₃	140.74	-
TDS	mg/l	1840	-				
Résidu sec 105 C°	mg/l	3184	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.099	0.5	Fer	mg/l	0.07	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	0.002	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	μg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H ₂ S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 5060

Nature de l'échantillon : EAU BRUTE

Lieu de prélèvement : FORAGE CHEIKH BEN DJALOL

Commune : ROUISSAT

Date et Heure de prélèvement : 10/11/2025

Prélèvement effectué par : centre de production

Date d'analyse : 05/11/2025

Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	216.43	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	153.12	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO_3 mg/l	1170	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^+	mg/l	410	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^+	mg/l	35	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.38	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^-	mg/l	859.8	500
Conductivité à 25C°	μs/cm	4240	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	720	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^-	mg/l	24.22	50
Turbidité	NTU	0.320	5	Bicarbonate HCO_3^-	mg/l	144.59	-
Oxygène dissous	mg/l	7.78	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO_3	118.51	-
TDS	mg/l	2120					
Résidu sec 105 C°	mg/l	1932	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^+	mg/l	0.142	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	μg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H_2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérien des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 5160

Nature de l'échantillon : EAU BRUTE

Lieu de prélèvement : FORAGE AADEL N°01

Commune : OGX

Date et Heure de prélèvement : 12/11/2025

Prélèvement effectué par : centre de production

Date d'analyse : 12/11/2025

Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	160.32	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	97.22	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	$CaCO_3$ mg/l	680	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^+	mg/l	280	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^+	mg/l	20	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.46	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl^-	mg/l	595.06	500
Conductivité à 25C°	μs/cm	2950	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	500	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^-	mg/l	24.57	50
Turbidité	NTU	0.816	5	Bicarbonate HCO_3^-	mg/l	92.95	-
Oxygène dissous	mg/l	7.57	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l $CaCO_3$	76.19	-
TDS	mg/l	1475	-				
Résidu sec 105 C°	mg/l	496	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^+	mg/l	0.095	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	μg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H_2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 4299

Nature de l'échantillon : EAU BRUTE

Lieu de prélèvement : FORAGE SIDI KHOULED (LA PISCINE)

Commune : SIDI KHOULED

Date et Heure de prélèvement : 18/09/2025

Prélèvement effectué par : CENTRE SIDI KHOULED

Date d'analyse : 18/09/2025

Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	208.41	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	128.81	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	1050	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	377	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	27	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.44	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	773.2	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	3800	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	650	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	4.81	50
Turbidité	NTU	1.46	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	144.59	-
Oxygène dissous	mg/l	7.77	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	118.51	-
TDS	mg/l	1900					
Résidu sec 105 C°	mg/l	3396	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.063	0.5	Fer	mg/l	0.01	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H ₂ S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 2207
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE ZAIAINA N°2
Commune : ROUISSAT

Date et Heure de prélèvement : 12/05/2025
Prélèvement effectué par : Prélèvement AGE OGS
Date d'analyse : 12/05/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	120.24	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	72.91	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	600	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	200	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	15	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.49	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	403.24	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2148	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	350	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	/	50
Turbidité	NTU	0.887	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	144.44	-
Oxygène dissous	mg/l	5.63	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	118.51	-
TDS	mg/l	1074					
Résidu sec 105 C°	mg/l	1776	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.050	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfite-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogène (H_2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.adg.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérien des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 4170

Nature de l'échantillon : EAU BRUTE

Lieu de prélèvement : FORAGE LOTISSEMENT RURAL N'GOUSSA

Commune : N'GOUSSA

Date et Heure de prélèvement : 14/09/2025

Prélèvement effectué par : centre DE SIDI KHOUILED

Date d'analyse : 14/09/2025

Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	11	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	136.27	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	82.63	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	680	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	238	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	17	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.44	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	499.9	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2400	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	380	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	13.17	50
Turbidité	NTU	5.57	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	117.48	-
Oxygène dissous	mg/l	7.21	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	96.29	-
TDS	mg/l	1200					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2010	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.041	0.5	Fer	mg/l	0.15	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux



Code de l'échantillon : 5374
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE N°21
Commune : OGX

Bulletin D'analyses

Date et Heure de prélèvement : 01/12/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE DE HMD
Date d'analyse : 01/12/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	284.56	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	184.71	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	1470	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	550	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	39	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.07	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	1109.5	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	5510	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	1078	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	11.52	50
Turbidité	NTU	0.424	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	120.83	-
Oxygène dissous	mg/l	6.03	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	99.04	-
TDS	mg/l	2755					
Résidu sec 105 C°	mg/l	3680	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.270	0.5	Fer	mg/l	0.11	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 5378
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE N°11 HMD
Commune : OGX

Date et Heure de prélèvement : 01/12/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE DE PRODUCTION
Date d'analyse : 01/12/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	128.25	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	92.35	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	870	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	254	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	18	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.10	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	575.87	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2560	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	400	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	12.27	50
Turbidité	NTU	0.210	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	92.95	-
Oxygène dissous	mg/l	6.90	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	76.19	-
TDS	mg/l	1280					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2146	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.126	0.5	Fer	mg/l	0.32	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

Visa du Chef Laboratoire

E.T : Eau BRUTE

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 5540
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE AOUINET MOUSSA
Commune : SIDI KHOULED

Date et Heure de prélèvement : 11/12/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE DE SK
Date d'analyse : 11/12/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	188.37	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	116.66	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	950	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	338	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	24	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.46	≥ 6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	719.83	500
Conductivité à 25C°	$\mu s/cm$	3450	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	600	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	8.1	50
Turbidité	NTU	0.166	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	116.19	-
Oxygène dissous	mg/l	7.58	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	95.23	-
TDS	mg/l	1725					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2446	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	0.076	0.078	0.5	Fer	mg/l	0	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	$\mu g/l$	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Date et Heure de prélèvement : 18/09/2025
Prélèvement effectué par : CENTRE SIDI KHOULED
Date d'analyse : 18/09/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Code de l'échantillon : 4318
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE SIDI KHOULED N 02
Commune : SIDI KHOULED

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	224.44	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	119.09	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	1050	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	335	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	25	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.40	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	723.2	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	3620	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	600	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	13.5	50
Turbidité	NTU	0.691	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	167.18	-
Oxygène dissous	mg/l	7.58	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	137.03	-
TDS	mg/l	1310	-				
Résidu sec 105 C°	mg/l	-	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.052	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l	-	5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	-
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	-
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 06
Nature de l'échantillon : EAU POTABLE
Lieu de prélèvement : FORAGE ALBEIN AIN BEIDA
Commune : AIN BEIDA

Date et Heure de prélèvement : 02/01/2025
Prélèvement effectué par : Préleveur ADE
Date d'analyse : 02/01/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	124.24	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	82.63	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	650	500
Chlore résiduel libre	mg/l	/	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	225	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	16	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.70	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	466.56	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2310	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	400	400
Température	C°		25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	7.12	50
Turbidité	NTU	0.520	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	111.54	-
Oxygène dissous	mg/l	/	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	91.42	-
TDS	mg/l	2455					
Résidu sec 105 C°	mg/l	1704	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.003	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.I)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.I)
Coliformes totaux	/	/	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	/	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	/	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algériennes des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 25
Nature de l'échantillon : EAU BRUTE
Lieu de prélèvement : FORAGE CHOTTE 2
Commune : AIN BEIDA

Date et Heure de prélèvement : 02/01/2025
Prélèvement effectué par : Prélèveur ADE OGS
Date d'analyse : 02/01/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca^{+2}	mg/l	220.44	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	116.66	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO ₃ mg/l	1030	500
Chlore résiduel libre	mg/l	brute	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	375	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K^{+}	mg/l	27	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.54	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	733.16	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	3820	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	680	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	11.3	50
Turbidité	NTU	2.03	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	144.07	-
Oxygène dissous	mg/l	/	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO ₃	118.09	-
TDS	mg/l	1910					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2892	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.003	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures (F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H ₂ S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.B : Eau Brute

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux



Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 813
Nature de l'échantillon : EAU POTABLE
Lieu de prélèvement : FORAGE N° 17
Commune : HMD

Date et Heure de prélèvement : 18/02/2025
Prélèvement effectué par : Préleveur ADE HMD
Date d'analyse : 18/02/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	160.32	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	97.22	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	800	500
Chlore résiduel libre	mg/l	/	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	300	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	21	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.92	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	623.19	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	3060	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	500	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	08	50
Turbidité	NTU	0.810	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	149.11	-
Oxygène dissous	mg/l	/	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	122.22	-
TDS	mg/l	1530					
Résidu sec 105 C°	mg/l	1914	-				
Paramètres de Pollution	Unité		N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.022	0.5	Fer	mg/l	00	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérienne des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 1248
Nature de l'échantillon : EAU POTABLE
Lieu de prélèvement : FORAGE N°14 HMD
Commune : HMD

Date et Heure de prélèvement : 18/03/2025
Prélèvement effectué par : Préleveur ADE HMD
Date d'analyse : 18/03/2025
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	100.2	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	60.76	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	500	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	160	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	12	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.13	≥6.5 et ≤ 9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	353.25	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	2628	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	250	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	16.37	50
Turbidité	NTU	1.45	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	76.81	-
Oxygène dissous	mg/l	7.40	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	62.96	-
TDS	mg/l	1314					
Résidu sec 105 C°	mg/l	1420	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.043	0.5	Fer	mg/l	0.08	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	
Observation							

N.A Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96

E.T : Eau BRUTE

Visa du Chef Laboratoire

Siege Laboratoire :

Tél :

Fax :

Site web : www.ade.dz

[illegible]

Annexe n° 03 : Données collectées auprès de la structure concernée (ADE).

Commune	Forage	Aquifère	Nappe	PH	Conductivité électrique µS/cm	Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)	Sodium (mg/l)	Potassium (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Sulfates (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Bicarbonates (mg/l)	Balance ionique	Dureté totale (°F)	Résidu sec (mg/l)	
Ouargla	Bougoufala	Continental Terminal	Mio- Pliocène	7,22	5100	296,59	172,56	500	35	1033,1	900	25,52	180,74	0,38	144,89	3078	
	Universite			7,28	3680	208,41	116,64	355	25	726,5	600	13,81	171,7	0,08	99,92	3184	
	Aadel 01		Sénonien	7,46	2950	160,32	97,22	280	20	595,06	500	24,57	92,95	-0,73	79,94	496	
Rouissat	Chikh Ben Djalol	Continental Intercalaire	Mio- Pliocène	7,38	4240	216,43	153,12	410	35	859,8	720	24,22	144,59	0,15	116,88	1932	
	Zaiaïna 2		Sénonien	7,49	2148	120,24	72,91	200	15	403,24	350		144,44	0,13	59,95	1776	
	Hadeb 02		Albien	7,34	2530	144,28	85,06	230	18	509,88	420	17,2	126,51	-1,62	70,94	2036	
Hadeb 01	7,17	2280		128,25	80,2	210	15	453,23	360	11,27	140,07	-0,53	64,94	900			
Ain Beïda	Albein Ain Beïda			7,7	2310	124,24	82,63	225	16	466,56	400	7,12	111,54	-0,51	64,93	1704	
	Chotte 02		Continental Terminal	Mio- pliocène	7,54	3820	220,44	116,66	375	27	733,16	680	11,3	144,07	0,29	102,94	2892
Sidi Kouiled	Aouinet Moussa			7,46	3450	188,37	116,66	338	24	719,83	600	8,1	116,19	-0,75	94,92	2446	
	Sidi Kouiled 2	Sénonien		7,4	3620	224,44	119,09	335	25	723,2	600	13,5	167,18	0,5	104,93		
	Sidi Kouiled			7,44	3800	208,41	128,81	377	27	773,2	650	4,81	144,59	0,39	104,91	3396	
N'goussa	N'goussa	Sénonien		7,44	2400	136,27	82,63	238	17	499,9	380	13,17	117,48	0,49	67,94	2010	
Hassi Messaoud	Forage 17 hmd	Sénonien			7,92	3060	160,32	97,22	300	21	623,19	500	8	149,11	-1,62	79,94	1914
	Forage 14 hmd			7,13	2628	100,2	60,76	160	12	353,25	250	16,37	76,81	1,69	49,96	1420	
	Forage 21			7,07	5510	284,56	184,71	550	39	1109,5	1078	11,52	120,83	-1,44	146,87	3680	
	Forage 11			7,1	2560	128,25	92,35	254	18	575,87	400	12,27	92,95	-1,52	69,92	2146	