

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

Laboratoire N°25: « Promotion des ressources hydriques, minières et pédologiques : législation de l'environnement et choix technologique ».



MÉMOIRE

Présenté par

Mme BOUDIA née BELAID AOUICHA

& M^{elle} MESSALI LAMIA

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Hydrogéologie.

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DE LA
SOURCE DE DAR BEN TATA
(WILAYA DE TLEMEN, NORD-OUEST ALGERIEN).**

Soutenu le mercredi 12 juin 2024, devant le jury composé de :

Président	Mr BENCHOUK.M	M.A.A	Université de Tlemcen.
Encadrant	Mr BOUDJEMA.A	M.C.A	Université de Tlemcen.
Co-Encadrant	Mme GUETTAIA.S	M.C.A	Université de Tlemcen.
Examineur	Mr CHIKH.M	M.A.A	Université de Tlemcen.

Année universitaire 2023 /2024.

Remerciements.

Tout d'abord, nous remercions le bon dieu, tous puissant, de nous avoir donné la santé, la patience et le courage pour accomplir ce travail.

Nos sincères remerciements sont adressés à nos encadreurs **Mr BOUDJEMA.A** et **M^{me} GUETTAIA.S** pour leur aide, leurs conseils et leur disponibilité durant l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions aussi **Mr HAMMOUDA** qui nous a aidées au niveau du laboratoire de recherche n°25 pour faire les analyses ainsi que **Mr BENAMARA** et son équipe du département de pharmacie qui nous ont aidées à analyser les calculs renaux.

Nos remerciements vont également à tout le personnel de **L'ADE/Tlemcen** surtout **Mme Halima et Mme Assia.**

Nos remerciements vont aussi à **Mr BENCHOUK.M** d'avoir accepté de présider le jury et à **Mr CHIKH.M** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

DEDICACE

*Grâce à ALLAH, le bienveillant qui nous a permis d'achever ce
modeste travail, que je dédie à:*

Mes très chers parents, ALLAAH YERHAMHOUM,

A mon cher mari et ma puce Ritedj Nour elHouda

Mes sœurs : Fouzia et Samia et mon frere Salim

Mes chères amies : fethiya- mimi- souhila et nesrine.

*Ma collègue et ma chère sœur Lamia, à qui je souhaiterai une vie
pleine de réussite.*

“Aouicha”

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A mon très cher père "Noure-Eddine" et ma très chère mère "Fouzia", de m'avoir soutenue tout au long de mes études, de m'encourager dans les moments difficiles, de vos assurances de mon bien être et vos efforts pour m'éduquer et de me former pour enfin j'ai pu réaliser ce projet. Puisse le DIEU le tout puissant vous garder en bonne santé et heureux,

A mes chères sœurs "Rabia ", "Karima " et "Amina"; et leurs enfants : Racha, Racim, Meryem, Adil ; qui ont été présents pour donner un gout et un sens à ma vie.

A tous les membres de ma famille.

A mes amis : Abdou, Fatima, Samira et Djihen.

A ma chère collègue et ma grande sœur Belaid Aouicha, à qui je souhaiterai pour elle une vie pleine de bonheur et de joie.

"Lamia"

ملخص

تم تخصيص هذا المشروع النهائي لدراسة لتقييم الجودة الفيزيائية و الكيميائية لنبع بن تغلا بمنطقة دار بن طاطا بالغزوات تنتمي المنطقة المدروسة الى مناخ شبه جاف، و يتميز بمتوسط هطول سنوي قدره 311.20 ملم و متوسط درجة حرارة شهرية 17.98 درجة مئوية. يكشف التركيب الجيولوجي عن تاريخ غني و معقد، يتميز بعدة مراحل من الترسيب و الانشطة التكتونية. النتوءات الرئيسية، التي يعود تاريخها الى العصر الميوسيني الى العصر البليوسيني، تستقر على تكوينات أقدم من العصر الجوراسي العلوي و العصر البرمائي الترياسي. تظهر هذه الطبقات سلسلة متتالية من الرواسب و الاحداث المتنافرة، نتيجة للنشاط التكتوني الذي اثر على المنطقة بأكملها. و يتميز هذا بالتشوهات المرنة (الطيّات) و الهشة (العيوب)، الناتجة عن المراحل التكتونية الضاغطة العديدة. و على الجاني الهيدروجيولوجي، تتمتع العديد من التكوينات في المنطقة بخصائص مميزة لطبقة المياه الجوفية، الجرانيت في ندروما و الحجر الجيري في تراراس، عى الرغم من تشققهما، يقدمان امكانيات محدودة. من ناحية اخرى، تشكل الدولوميت بتلمسان، شديدة الكارستية، خزانا رئيسيا للمياه. كما توفر تكتلات الميوسين السفلى و تكوينات الميوسين الميوسيني، على الرغم من انقطاعها. و كذلك الطمي الرباعي، موارد مائية كبيرة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيو-كيميائية لينبوع بن تغلا في منطقة دار بن طاطا في الغزوات. وقد سمح لنا تقرير العناصر الكيميائية في مخططات شولر-بيركالوف وستابلر وسيف بتصنيف المياه إلى سحنة واحدة: كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم أو كبريتات الصوديوم. أما مخطط باير فيصنف مياه النبع إلى فئة : كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم أو كبريتات الصوديوم. وفيما يتعلق بالامتثال للمعايير الجزائرية، فإن غالبية معايير التحليلات الثلاثة تحترم العتبات، باستثناء الصوديوم والنترات التي تتجاوزها. للري مؤشرات مختلفة مثل:

- ✓ تشير نسبة $+Na$ المحسوبة إلى أن المصدر ذو نوعية رديئة للري؛
- ✓ حسب نتائج Kr فإن المصدر ذو نوعية رديئة؛
- ✓ أظهر مخطط ويلكوكس من خلال 03 تحليلات أن هذه المياه مقبولة.

ويشير تحليل تطور نسبة التوصيل إلى الوزن على مدى تسعة أيام، فضلا عن التغيرات في كتلة الحجارة، إلى أن الحجارة من نوع السبستين في العينة 2 تتفاعل بشكل فعال مع مياه نبع عين بن تيغلا، مقارنة بأنواع أخرى من الحسابات المحددة في البداية. و علاوة على ذلك، فقد ثبت أنه على الرغم من أن العينات 1 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 لديها نسبة أعلى من العينة 2، إلا أنها خضعت للترطيب، مما يجعل مياه عين بن تغلة غير موصى بها لهذه الأنواع من الحسابات.

الكلمات الرئيسية: بنتغلا- غزاوة- ينبوع- المعايير الفيزيوكيميائية- الرسوم البيانية- المعايير الجزائرية- حصى الكلى.

Résumé

Ce projet de fin d'études est consacré à évaluer la qualité physico-chimique de la source de Ben Teghla dans la région de Dar Bentata, à Ghazaouet.

La région étudiée appartient à un climat semi-aride, caractérisé par une moyenne annuelle de précipitations de 311,20 mm et une température mensuelle moyenne de 17,98°C.

La synthèse géologique révèle une histoire riche et complexe, marquée par plusieurs phases de sédimentation et d'activités tectoniques. Les affleurements principaux, datant du Miocène au Mio-Pliocène, reposent sur des formations plus anciennes du Jurassique supérieur et du Permo-Trias. Cette stratigraphie montre une succession de dépôts et d'épisodes discordants, conséquence de l'activité tectonique qui a affecté toute la région. Celle-ci est caractérisée par des déformations flexibles (plis) et cassantes (failles), résultant de nombreuses phases tectoniques compressives.

Du côté hydrogéologique, plusieurs formations de la région présentent des caractéristiques aquifères remarquables. Les granites de Nédroma et les calcaires des Traras, bien que fissurés, offrent un potentiel limité. En revanche, les dolomies de Tlemcen, fortement karstifiées, constituent un réservoir d'eau majeur. Les conglomérats du Miocène inférieur et les formations mio-pliocènes, malgré leur discontinuité, ainsi que les alluvions quaternaires, fournissent également des ressources en eau significatives.

Le report des éléments chimiques sur les diagrammes de Schoeller-Berkaloff, Stabler et Siff nous a permis de classer les eaux en un seul faciès : Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique. Quant au diagramme de Piper, il classe les eaux de la source dans la catégorie : Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique.

En ce qui concerne la conformité aux normes algériennes, la majorité des paramètres des trois analyses respecte les seuils, sauf le sodium et les nitrates qui les dépassent.

Pour l'irrigation, divers indices, tels que :

- ✓ Le pourcentage en Na^+ calculé indique que la source est de qualité médiocre pour l'irrigation;
- ✓ Selon les résultats du Kr, la source est de qualité mauvaise;
- ✓ Le diagramme de Wilcox a révélé à travers les 03 analyses que ces eaux sont admissibles.

L'analyse de l'évolution du ratio conductivité/poids sur une période de neuf jours, ainsi que les variations de masse des calculs, suggère que les calculs de type cystine de l'échantillon 2 réagissent de manière efficace aux eaux de la source d'Ain Ben Teghla, comparativement aux autres types de calculs initialement définis. De plus, il est démontré que même si les échantillons 1, 3, 4, 5, 6 et 7 présentent un ratio plus élevé que l'échantillon 2, ils ont subi une hydratation, ce qui rend les eaux d'Ain Ben Teghla non recommandées pour ces types de calculs.

Mots clés : Source de Benteghla- Dar Ben Tata - Paramètres physico chimiques-Normes algériennes- calculs renaux.

ABSTRACT

This end-of-study project is dedicated to evaluating the physico-chemical quality of the Ben Teghla spring in the Dar Bentata region of Ghazaouet. The study region has a semi-arid climate, with an average annual rainfall of 311.20 mm and an average monthly temperature of 17.98°C.

The main outcrops, dating from the Miocene to the Mio-Pliocene, rest on older formations from the Upper Jurassic and Permo-Triassic. This stratigraphy shows a succession of deposits and discordant episodes, a consequence of the tectonic activity that has affected the entire region. This is characterized by flexible (folds) and brittle (faults) deformations, resulting from numerous compressive tectonic phases.

On the hydrogeological side, several formations in the region have remarkable aquifer characteristics. The granites of Nédroma and the limestones of Traras, although cracked, offer limited potential. On the other hand, the Tlemcen dolomites, which are highly karstified, constitute a major water reservoir. The conglomerates of the Early Miocene and the Mio-Pliocene formations, despite their discontinuity, as well as the Quaternary alluvium, also provide significant water resources.

The transfer of the chemical elements to the Schoeller-Berkaloff, Stabler and Siff diagrams allowed us to classify the waters into single facies: sodium chloride and potassium or sodium sulphate. As for Piper's diagram, it classifies the water from the spring into a broad category: Sodium chloride and potassium or sodium sulphate. As far as drinkability is concerned, the majority of the parameters of the three analyses comply with Algerian standards, except for sodium and nitrates, which exceed them. As far as irrigation is concerned, various indicators, such as: The percentage of Na^+ calculated indicates that the spring is of mediorative quality, according to the results of the Kr, the spring is of poor quality for irrigation.

The Wilcox diagram revealed through the 03 analyses that these waters are admissible for irrigation. Analysis of the evolution of the conductivity-to-weight ratio over a nine-day period, as well as the variations in the mass of the stones, suggests that the cystine-like stones in sample 2 react effectively to the waters of the Ain Ben Teghla spring, compared to the other types of calculations initially defined. In addition, it is shown that even though samples 1, 3, 4, 5, 6 and 7 have a higher ratio than sample 2, they have undergone hydration, which makes the waters of Ain Ben Teghla not recommended

Keywords: Benteghla source- Dar Ben Tata- Physico-chemical parameters-physico chemical analyses- kidney stones.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumés	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Situation géographique et étude climatologique	
1.1 Situation géographique.....	3
1.2 Etude climatologique.....	4
1.2.1 Introduction.....	4
1.2.2 Etude des Précipitations.....	5
1.2.3 Etude des Températures.....	8
1.2.4 Synthèse climatique.....	10
1.2.5 Bilan Hydrologique.....	14
1.2.6 Evapotranspiration réelle.....	18
1.2.7 Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Synthèse géo-structurale	
2.1 Synthèse géo-structural.....	20
2.1.1 Contexte géologique.....	20
2.1.2 Synthèse structural.....	23
2.2. Synthèse hydrogéologique.....	26
2.3 Conclusion.....	27
Chapitre 3 : Etude hydro-chimique	
3.1 Etude Hydro-chimique.....	29
3.1.1 Introduction.....	29
3.1.2 Etude des paramètres physico-chimiques.....	30
3.1.3 Etude des paramètres physiques.....	31
3.1.4 Etude des paramètres chimiques.....	36
3.1.5 Etude classificative et qualitative de la source.....	42
3.2 Effet des eaux de la source d'Ain Ben Toghla sur les calculs rénaux.....	49
3.2.1 Origine et type des calculs rénaux.....	49
3.2.2 Anomalies du Ph urinaire.....	50
3.2.3 Anomalies anatomiques.....	50
3.2.4 Nature et composition des calculs.....	51
3.2.5 Analyse de l'impact des eaux de la source d'Ain Ben Toghla sur les calculs rénaux.....	52
3.2.6 Analyse de l'impact des eaux minérales de Mansourah sur les calculs rénaux.....	55
3.3 Conclusion.....	57
Conclusion Générale.....	58
Références bibliographiques	60

Liste des figures

Fig.1.1 : Situation géographique de la source de BenTeghla (commune de dar BenTata) (Google map : Altitude : 206m- latitude : 35°4'43,63 Nord.- longitude : 1°.46'44,58 Ouest)..	3
Fig. 1.2 : Situation géographique de la source d'Ain BenTeghla (commune de dar BenTata) (photo aerienne).....	4
Fig. 1.3: Variation des précipitations moyennes annuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022).....	6
Fig. 1.4 : Variation mensuelle des précipitations moyennes (1987-2022).....	7
Fig. 1.5 : Variation des précipitations saisonnières à la station de Ghazaouet (1987-2022)..	8
Fig. 1.6 : Variation des températures moyennes annuelles (1987-2022).....	9
Fig. 1.7 : Variation des températures moyennes mensuelles (1987-2022).....	10
Fig. 1.8: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausson (1987-2022).....	11
Fig. 1.9 : L'abaque d'indice d'aridité annuel de DE Martonne.....	12
Fig. 1.10 : Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT).....	16
Fig. 1.11 : Variations d'Evapotranspiration potentielle corrigée (ETPc).....	18
Fig. 2.1- Extrait de la carte géologique Ghazaouet (1/200 000) (ANRH).....	22
Fig. 2.2 : Colonne litho-stratigraphique synthétique (Miri et Kebir, 1992).....	23
Fig. 2.3 - Carte structurale des Monts des Traras d'après Guardia (1975) (modifiée par Ameur ,1999)	25
Fig. 2.4 - Extrait de la carte Hydro-géologique Ghazaouet (1/200 000) (ANRH).....	27
Fig. 3.1 : Spéctromètre infrarouge.....	29
Fig. 3.2 : Les spectres des calculs rénaux.....	30
Fig. 3.3 : Variation du pH.....	32
Fig. 3.4 : Variation des conductivités électriques.....	34
Fig. 3.5 : Variation des turbidités.	36
Fig. 3.6: Variation du Calcium.	37
Fig. 3.7 : Variation du Magnésium.....	37
Fig. 3.8 : Variation du Sodium.	38
Fig. 3.9 : Variation du Potassium.	38
Fig. 3.10 : Variation des Chlorures.....	39
Fig. 3.11 : Variation des Sulfates.	40
Fig. 3.12 : Variation des Bicarbonates.	40
Fig. 3.13 : Variation des Nitrates.....	41
Fig. 3.14 : Diagramme de Piper.....	43
Fig. 3.15 : Diagramme de Schoeller et Berkloff.....	44
Fig. 3.16 : Diagramme de Stiff.	45
Fig. 3.17 : Diagramme de Stabler.....	45
Fig. 3.18 : Diagramme de Wilcox.....	48
Fig. 3.19 : Numérotation des calculs rénaux.....	53
Fig. 3.20 : Mesure de la conductivité électrique.....	53
Fig. 3.21 : Variation du ratio conductivité/poids, en fonction du temps (Eaux de la source d'Ain Ben Teghla).....	54
Fig. 3.22 : Variation du ratio conductivité/poids, en fonction du temps (Eau mineral de Mansourah).....	55
Fig.3.23 : Variation du ratio conductivité/poids en fonction du temps (Eaux de la source d'Ain Ben Teghla).....	56

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Les données climatiques de la station de Ghazaouet et la source Benteghela...	5
Tableau 1.2 : Précipitations annuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022).....	5
Tableau 1.3 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022)..	6
Tableau 1.4 : Précipitations saisonnières (station de Ghazaouet).....	7
Tableau 1.5 : Températures moyennes annuelles de la station de Ghazaouet (1987-2022)...	8
Tableau 1.6 : Températures mensuelles moyennes (1987-2022).....	9
Tableau 1.7 : Tableau d'indice d'aridité annuel de DE Martonne.....	12
Tableau 1.8 : Résultats des indices d'aridité mensuels de DE Martonne.....	13
Tableau 1.9 : indice annuel de Moral.....	13
Tableau 1.10 : L'indice mensuel de moral de la station de Ghazaouet.....	14
Tableau 1.11 : calcul de l'ETR par la méthode de TURC.....	15
Tableau 1.12 : Valeur du déficit d'écoulement (Coutangne).....	16
Tableau 1.13 : Valeurs du déficit et du quotient d'écoulement.....	16
Tableau 1.14 : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Ghazaouet (1987-2022).....	17
Tableau 1.15 : Eléments du bilan hydrologique calculés en (mm) pour la station de Ghazaouet.....	19
Tableau 3.1 : Résultats de la balance ionique de la source de Ben Teghela.....	31
Tableau 3.2 : Paramètres physiques (ADE).....	31
Tableau 3.3 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (J.Rodier 2009)	33
Tableau 3.4 : Conductivité et classification de la minéralisation de la source.....	33
Tableau 3.5 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (J. RODIER ,2009).....	34
Tableau 3.6 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.....	35
Tableau 3.7 : Valeurs de la turbidité.....	36
Tableau 3.8 : Etat qualitatif des eaux de la source de Ben Teghela, selon les paramètres Physico-chimiques.	41
Tableau 3.9 : Classification des eaux selon l'indice de KR.....	46
Tableau 3.10 : Classification des eaux selon le SAR.....	47
Tableau 3.11 : Classification des eaux d'irrigation selon le % en Na.....	47
Tableau 3.12 : Caractéristiques des principaux types de calculs (d'après Daudon M, 2008)..	50
Tableau 3.13 : Types des calculs rénaux.....	52
Tableau 3.14 : Evolution du poids des échantillons avant et après la mesure de la conductivité.....	55
Tableau 3.15 : Poids après la mesure de la conductivité et séchage à l'air libre.....	56

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour tous les organismes vivants et elle est indispensable. Par conséquent, cela a nécessité une attention particulière pour rechercher différentes sources d'eau potable et étudier ces sources en termes de quantité et de qualité afin de mettre en place un système de gestion rationnel, garantissant la durabilité de ces sources.

Dans la région de Ghazaouet et précisément à Dar Ben Tata, une bonne partie de la population utilise comme eau potable, l'eau des sources. Parmi celles qui existent au niveau de cette région d'étude, nous avons étudié la source de Benteghla, située à Dar Bentata.

D'après notre enquête sur terrain, les habitants de cette région puisent leurs eaux des sources, surtout avec la crise d'eau qui menace la région. À quelques minutes de la plage de Sid Ouchaa, les estivants sont impressionnés par les eaux de cette source bénies, légères, un peu saumâtres, qui coulent au pied des falaises le long de la route « la source de benteghla ou la dite de Ben Tata ». Les passagers et ceux qui souffrent de calculs rénaux marquent une petite halte pour prendre quelques petites gorgées d'eau ou remplir gracieusement des jerricans et bouteilles. « Il y a à peine deux ans, je souffrais d'un calcul rénal. J'en prenais tous les jours des médicaments pour calmer les douleurs atroces aux reins. Quand j'ai appris que ces eaux aux vertus curatives sont efficaces au calcul rénal, je buvais quotidiennement de cette eau, je me suis débarrassé naturellement du calcul qui s'est dissous sous l'action de cette eau bénéfique. Aujourd'hui, Dieu merci, je me sens très bien », témoigne un père de famille de Tlemcen.

Selon des habitants originaires de cette localité, ce sont les mécènes (Emigrés) de Dar Ben Tata qui ont installé à leurs frais des fontaines et construit des murs revêtus de faïences sur les lieux. Il faut souligner que l'eau a été utilisée depuis des temps immémoriaux à des fins correctives. Hippocrate a été le premier à écrire sur les maladies de guérison avec de l'eau. Le savant grec Hippocrate qui a vécu environ cinq cents ans avant Jésus-Christ et il est désigné comme le « père de la médecine moderne », a été le premier à écrire beaucoup plus sur la guérison des maladies par l'eau. Il a utilisé de l'eau abondamment, tant interne qu'externe, dans le traitement des maladies de toutes sortes. Les Egyptiens ont apprécié la baignade dans leur fleuve sacré, le Nil. Bien avant Hippocrate, a enregistré son expérience avec les propriétés curatives de l'eau. L'affluence des gens venus des quatre coins de la wilaya et hors wilaya prouve les propriétés curatives des eaux de la source de Benteghla à Dar Ben Tata.

Toutefois, si l'intérêt porté à ces eaux aux vertus thérapeutiques avérées est très grand, l'utilisation à bon escient de cette ressource hydrique par l'APC de Dar Yaghmorassen.

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié, du point de vue qualitatif, les eaux de la source de BenTeghla à Ghazaouet, dans le but d'identifier sa qualité pour la consommation, la guerrison et l'irrigation. Ce travail s'étale en trois chapitres :

CHAPITRE 1 : Situation géographique et étude climatologique

Englobe les parties suivantes:

- **Situation géographique:** une vue d'ensemble géographique du secteur d'étude.
- **Etude climatologique:** afin de déterminer le type du climat dans la zone concernée et les variations climatiques à partir des données de précipitations et de températures.

CHAPITRE 2 : Synthèse géo-structurale et synthèse hydrogéologique

- **Synthèse Géo-structurale:** c'est pour déterminer les formations géologiques existantes dans le secteur d'étude.
- **Synthèse Hydrogéologique:** Pour définir les aquifères.

CHAPITRE 3: Etude hydrochimique

- **Etude Physico-chimique:** afin de valuer la qualité physico-chimique de la source de Ben Teghla. Le but est d'interpréter les paramètres physico-chimiques et de déterminer les différents faciès et familles de l'eau de notre source étudiée et aussi voir sa qualité, du point de vue potabilité et aux fins d'irrigation, en fonction des données disponibles.

- **Analyse de l'effet des eaux de la source de BenTeghla sur les calculs rénaux :**

En calculant le ratio conductivité/poids en fonction du temps pour voir le comportement des échantillons vis-à-vis de l'eau de notre source et l'eau témoin.

À la fin, ce travail sera clôturé par une **Conclusion Générale**, où nous présenterons les différents résultats.

CHAPITRE 1 :
SITUATION
GEOGRAPHIQUE ET ÉTUDE
CLIMATOLOGIQUE

1.1. Situation géographique

La source d'Ain Ben Teghla qui fait l'objet de notre étude a pour coordonnées géographiques : Latitude : 35°4'43,63 Nord. Longitude : 1°.46'44,58 Ouest et une altitude de 206m. Elle est située dans la partie méridionale des Monts des Traras. Administrativement, cette source est située dans la commune de Dar Ben Tata, Daira de Ghazaouet, Wilaya de Tlemcen. Elle appartient à une zone où son relief est caractérisé par des falaises abruptes où surplombent les replats de Sidi Ali Rahmene, Sidi Amar et Sidi youssef Bensalah (**Fig. 1.1 et Fig 1.2**). Cette zone est limitée:

- ✓ Au Nord, par la mer Méditerranée (plage de sidna youcha),
- ✓ Au Sud, par la commune de Sidi Ali Rahmene,
- ✓ A l'Ouest, par la commune de Sidi Amer,
- ✓ A l'Est, par la commune d'Ouled Malek et Sidi youssef Bensalah

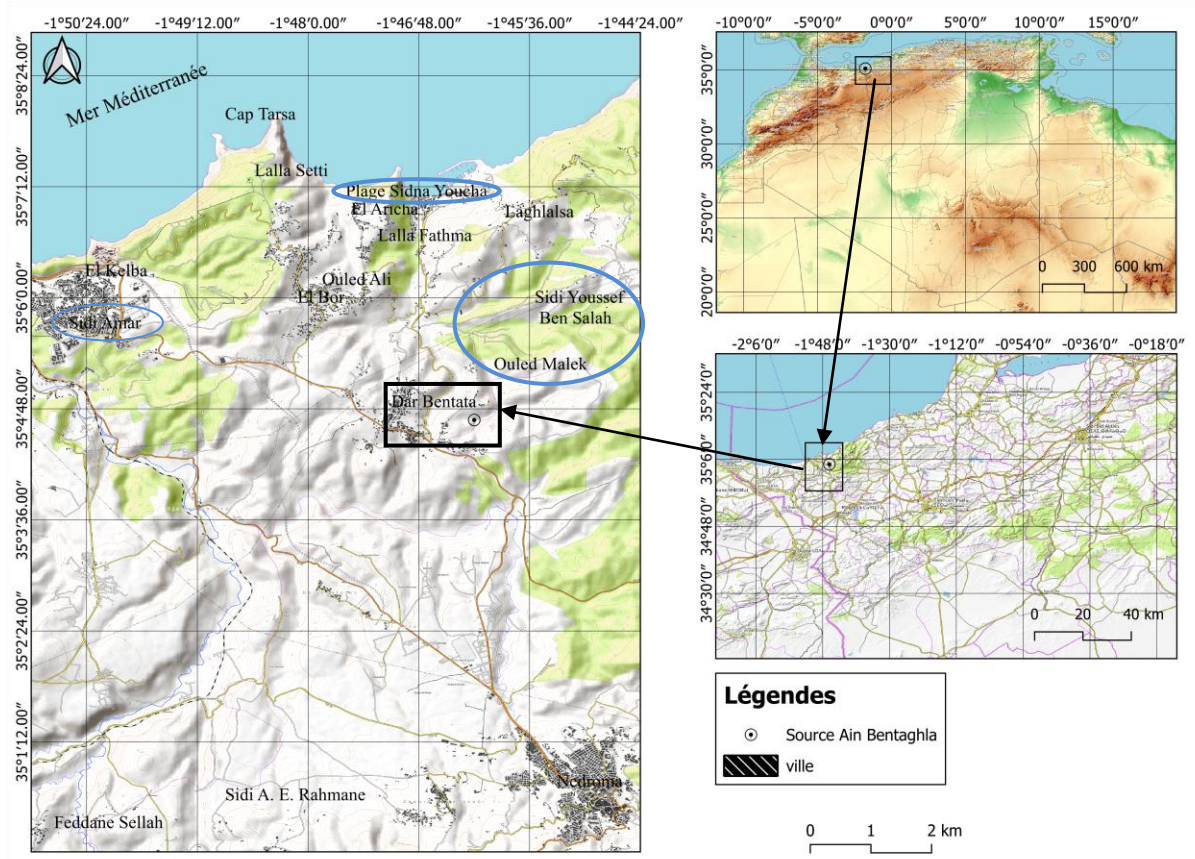


Fig.1.1 : Situation géographique de la source de BenTeghla (commune de dar BenTata) (Google map, 2024).



Fig. 1.2 : Situation géographique de la source d’Ain BenTeghla (commune de dar BenTata) (Google map, 2024).

1.2. Etude climatologique

1.2.1. Introduction

Selon l’organisation meteorologique mondiale (OMM), la climatologie est l’étude du climat, de ses variations et son impact sur diverses activités dont celles qui affectent la santé humaine, la sécurité et le bien être. En un sens restreint, le climat peut être défini comme le temps qu’il fait en moyenne. En un sens plus large, c’est l’état du système climatique. Le climat peut être décrit en termes de description statique en tant que tendance centrale et variabilité d’éléments pertinents comme la température, les précipitations et les vents.

Pour déterminer le climat de la zone d’étude (Ain Ben Teghela), nous avons utilisé les données climatologiques (températures et précipitations) de la station de Ghazaouet, allant de 1987 à 2022.

Tableau1.1 : Coordonnées de la station de Ghazaouet.

	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Station Ghazaouet	01°52’21’’Ouest	35°06’00’’Nord	04

1.2.2. Etude des Précipitations

Les précipitations sont un élément climatique majeur pour l'équilibre hydrologique et jouent un rôle clé dans la détermination du type de climat. L'analyse des précipitations repose sur l'étude des variations au fil du temps des données annuelles, mensuelles et saisonnières.

1.2.2.1. Précipitations annuelles

Les valeurs des précipitations annuelles (1987-2022) sont consignées dans le **Tableau 1.2**.

Tableau 1.2 : Précipitations annuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022).

Années	Précipitations (mm)	Années	Précipitations (mm)
1987	241,2	2005	532,2
1988	138,9	2006	485,1
1989	210	2007	465,3
1990	144,4	2008	588,9
1991	152,3	2009	763,1
1992	219,9	2010	511,9
1993	222,3	2011	754,1
1994	187,8	2012	490
1995	227,2	2013	302
1996	132,7	2014	215
1997	116,1	2015	451
1998	150,6	2016	342
1999	146,7	2017	265
2000	144,6	2018	215
2001	127,2	2019	384
2002	328,5	2020	248,8
2003	438,8	2021	115,3
2004	616,7	2022	128,7

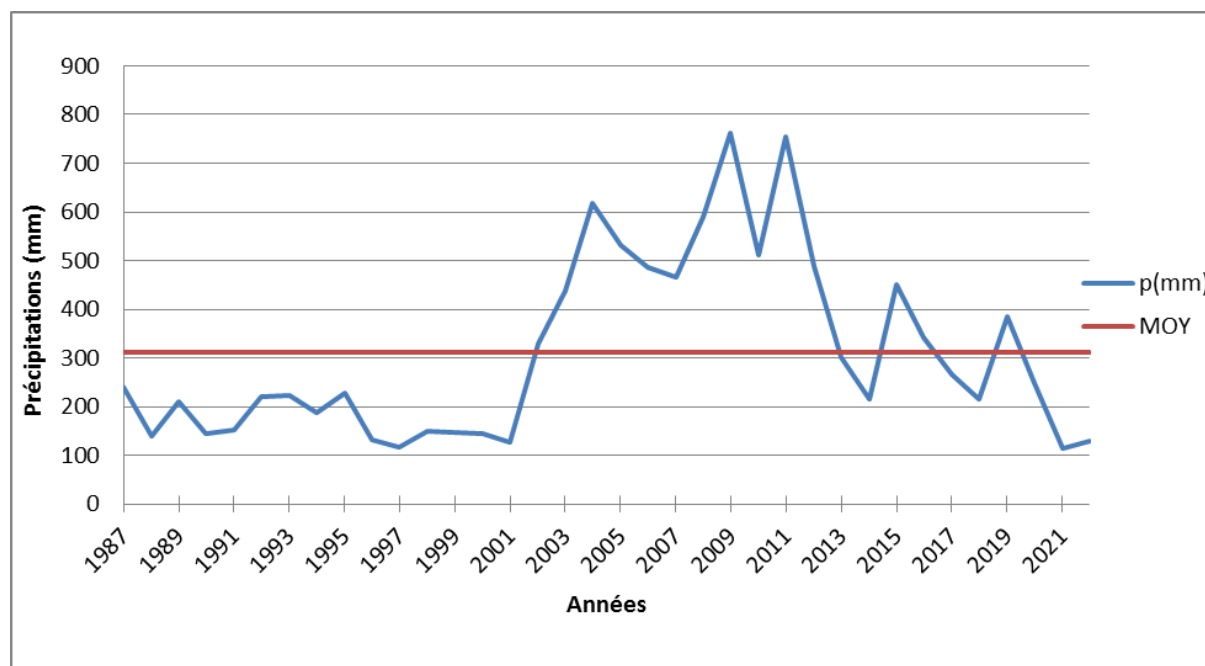


Fig. 1.3: Variation des précipitations moyennes annuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022)

Les variations inter- annuelles des précipitations montrent que :

- Le maximum est enregistré en 2008-2009 avec 761,1mm.
- Le minimum est enregistré en 2020-2021 avec 115,3mm.
- La moyenne des précipitations est de 311, 2 mm.

1.2.2.2. Précipitations moyennes mensuelles

Tableau 1.3 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Ghazaouet (1987-2022).

Station	Précipitations (mm)											
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Ghazaouet	43,04	34,74	32,63	26,84	22,07	5,47	1,66	6,33	17,07	33,41	54,18	33,77

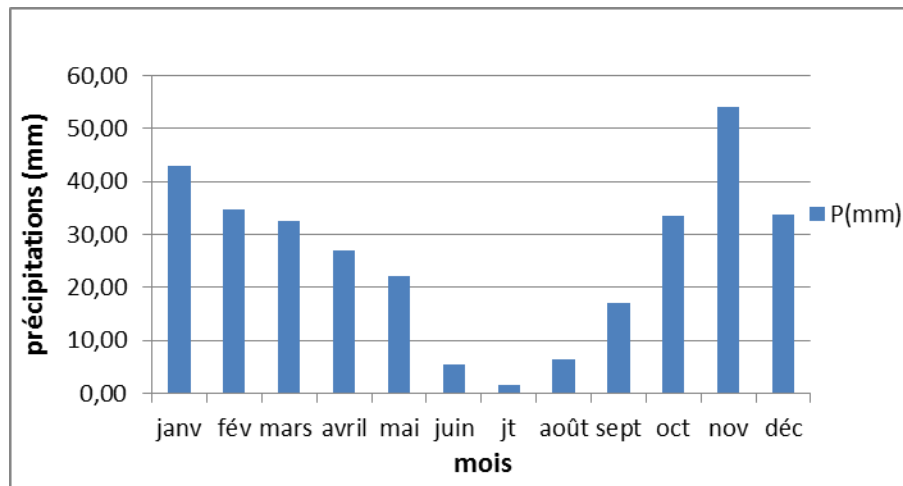


Fig. 1.4 : Variation moyennes mensuelles des précipitations (1987-2022).

On note une augmentation des précipitations moyennes mensuelles au mois de Novembre (54,18 mm), tandis que le mois de juillet est marqué par les précipitations les plus faibles (1,66 mm).

1.2.2.3. Précipitations saisonnières

Les précipitations saisonnières correspondant aux quatre saisons de l’année :

- Hiver : Décembre, Janvier, Février ;
- Printemps : Mars, Avril, Mai ;
- Été : Juin, Juillet, Août ;
- Automne : Septembre, Octobre, Novembre.

Les valeurs des précipitations saisonnières (1987-2022) sont consignées dans le **Tableau 1.4**.

Tableau 1.4 : Précipitations saisonnières (station de Ghazaouet).

Station	Précipitations saisonnières (mm)			
	Hiver	Printemps	Été	Automne
Ghazaouet	111,55	81,54	13,46	104,65

La figure ci-dessous montre que l’hiver est la saison la plus pluvieuse, par contre l’été est la saison la plus sèche.

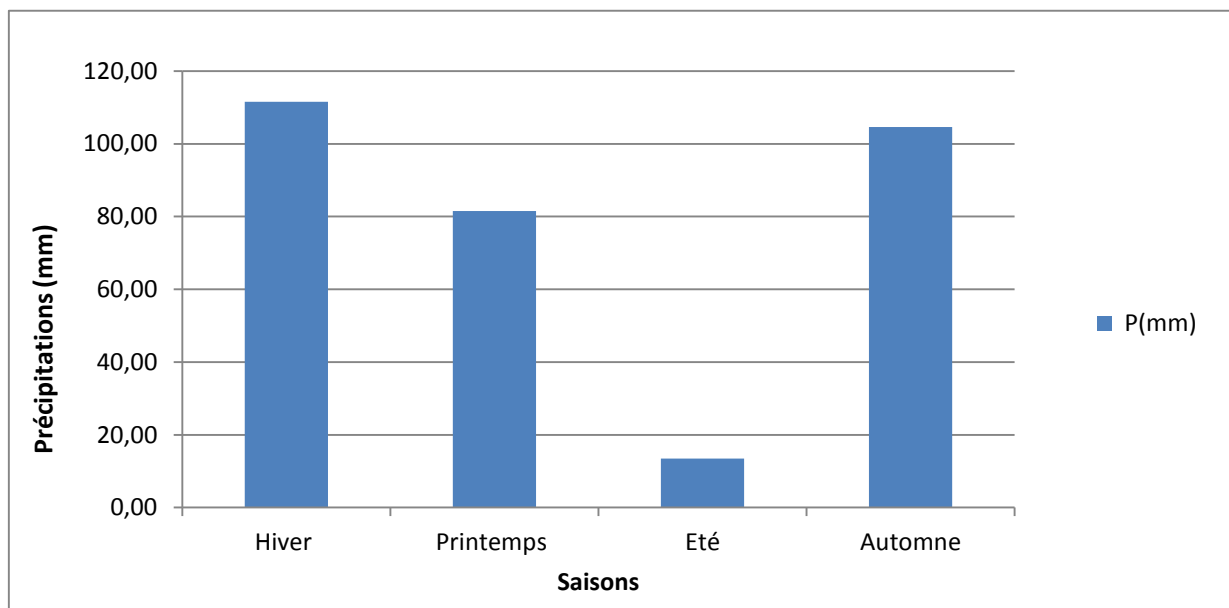


Fig. 1.5 : Variation des précipitations saisonnières à la station de Ghazaouet (1987-2022).

1.2.3. Etude des températures

1.2.3.1. Températures moyennes annuelles

Selon différents modèles, les paramètres thermiques jouent un rôle déterminant dans la détection des caractéristiques climatiques d'une zone donnée, sans oublier leur rôle dans le développement de tous les processus biologiques (Chekouki Z. & Belguerna A., 2012).

Tableau 1.5 : Températures moyennes annuelles de la station de Ghazaouet (1987-2022).

Années	Températures annuelles (°C)	Années	Températures annuelles (°C)
1987	17,98	2005	17,50
1988	17,92	2006	18,24
1989	18,32	2007	17,47
1990	19,07	2008	17,59
1991	17,03	2009	17,98
1992	16,97	2010	18,06
1993	16,76	2011	18,17
1994	18,14	2012	17,98
1995	17,92	2013	17,13
1996	17,23	2014	18,09
1997	18,11	2015	18,44
1998	17,92	2016	18,36
1999	17,81	2017	18,60
2000	18,03	2018	17,61
2001	18,31	2019	18,19
2002	17,99	2020	18,95
2003	18,09	2021	18,74
2004	17,74	2022	19,84

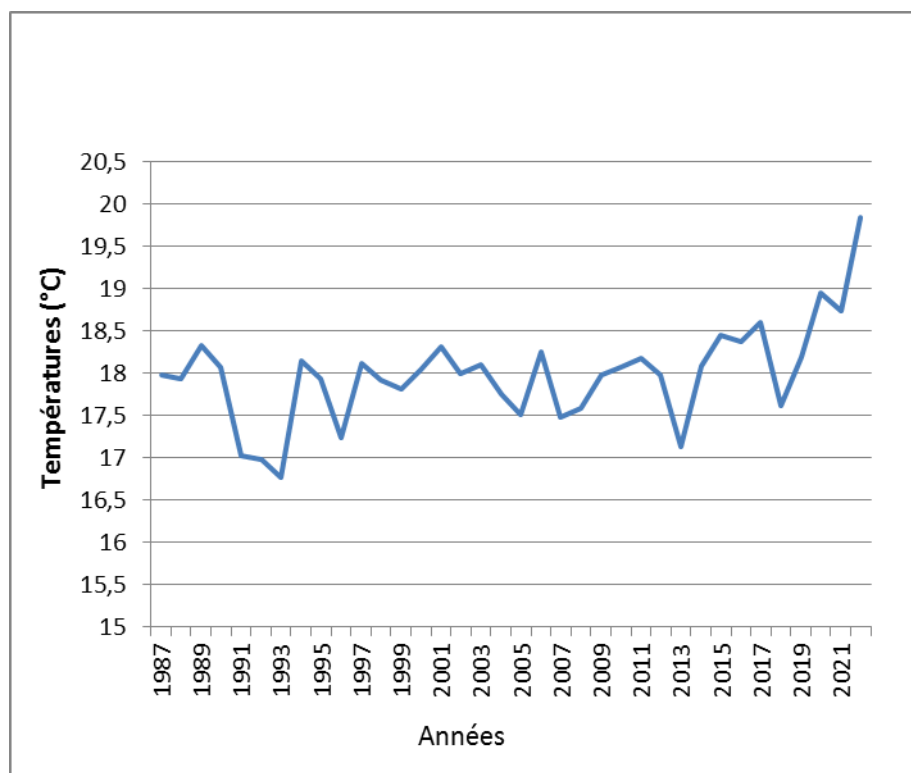


Fig. 1.6 : Variation des températures moyennes annuelles (1987-2022).

Comme le montre la figure ci-dessus, 2022 a été l'année la plus chaude avec une température maximale de 19,84°C, tandis que 1993 a été l'année la plus froide avec une température maximale de 16,76°C. La température moyenne annuelle est de 17,98°C.

1.2.3.2. Températures moyennes mensuelles

Le tableau ci-dessous montre les variations des températures mensuelles : minimales, maximales et moyennes sur une période de 35 ans.

Tableau 1.6 : Températures mensuelles moyennes (1987-2022).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillt	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Max/Min
T°moy (°C)	10,88	11,76	13,73	15,63	18,87	22,57	25,98	26,59	23,18	19,62	14,85	12,15	17,98

Il ressort du tableau ci-dessus et de la **figure 1.6** que le mois de Janvier est le plus froid, avec 10,88°C et le mois d’Août est le plus chaud, avec 26,59°C.

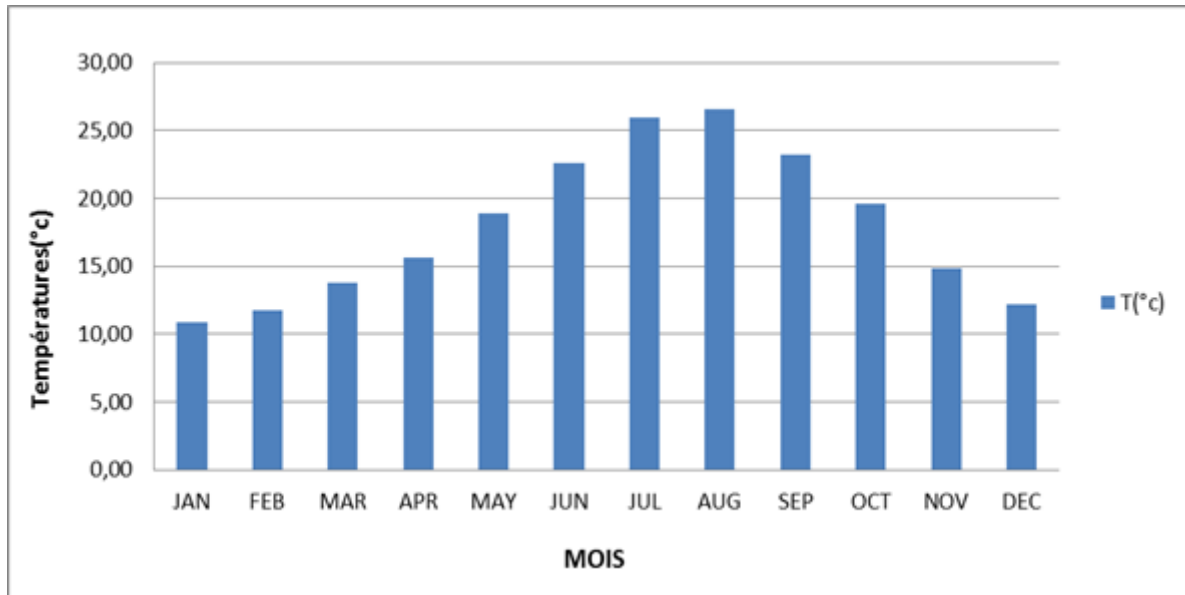


Fig. 1.7 : Variation des températures moyennes mensuelles (1987-2022).

1.2.4. Synthèse climatique

Pour déterminer le type de climat de notre zone d'étude, nous avons tenté d'utiliser des méthodes empiriques et graphiques telles que :

1.2.4.1. *Diagramme de Bagnouls et Gaussen*

Pour Bagnouls et Gaussen, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm, est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en °C. Cette relation ($P = 2T$), permet d'établir des diagrammes pluvio-thermiques sur lesquels la température est portée à une échelle double de celle des précipitations. Pour un mois sec, la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations. Pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures. A partir des valeurs des précipitations moyennes mensuelles et celles des températures moyennes mensuelles, nous avons pu établir un diagramme pluvio-thermique (**Fig. 1.8**).

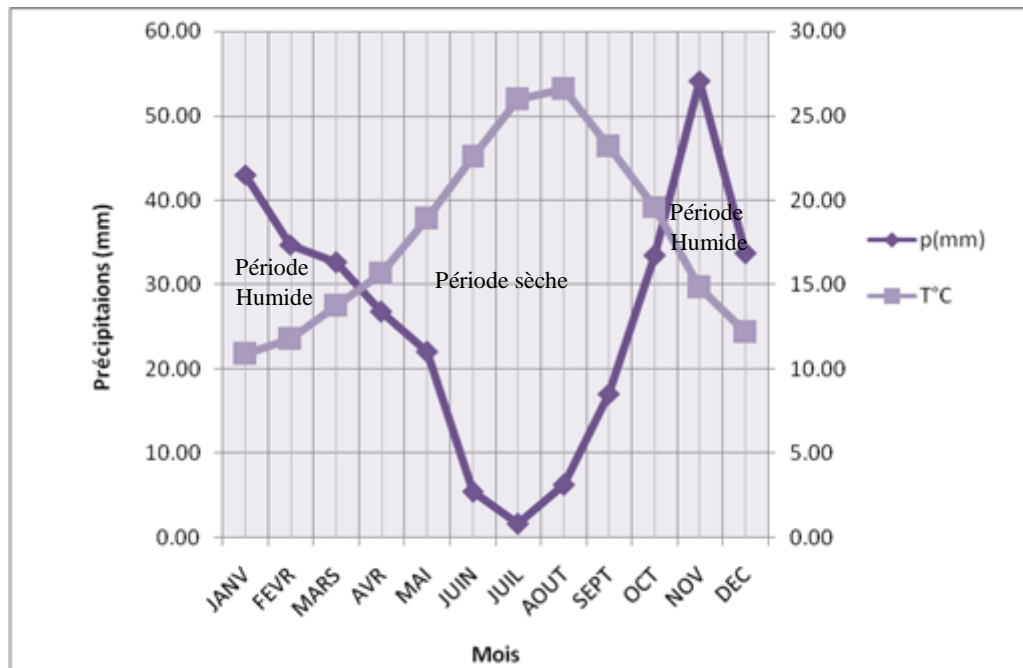


Fig. 1.8: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен (1987-2022).

D'après le diagramme, on constate que la courbe des précipitations se situe au-dessus de celle des températures.

- Une période sèche : qui s'étend de la mi-mars au mois d'octobre.
- Une période humide : qui s'étale sur le reste des mois de l'année.

1.2.4.2. Les indices climatiques

a. Indice annuel de DE Martonne (1923)

L'indice d'aridité de DE Martonne, noté I_a , a permis de déterminer le degré d'aridité annuel de la région d'étude suivant la formule :

$$I_a = \frac{P}{T+10}$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

I_a : Indice d'aridité annuel.

Pour :

- ✓ $20 < I < 30 \Rightarrow$ climat tempéré
- ✓ $10 < I < 20 \Rightarrow$ climat semi-aride
- ✓ $7.5 < I < 10 \Rightarrow$ climat steppique
- ✓ $5 < I < 7.5 \Rightarrow$ climat désertique
- ✓ $I < 5 \Rightarrow$ climat hyper-aride.

Tableau 1.7 : Tableau d'indice d'aridité annuel de DE Martonne.

Station	P (mm)	T (°C)	I	Type de climat
Ghazaouet	311,20	17,98	11,12	Semi-aride

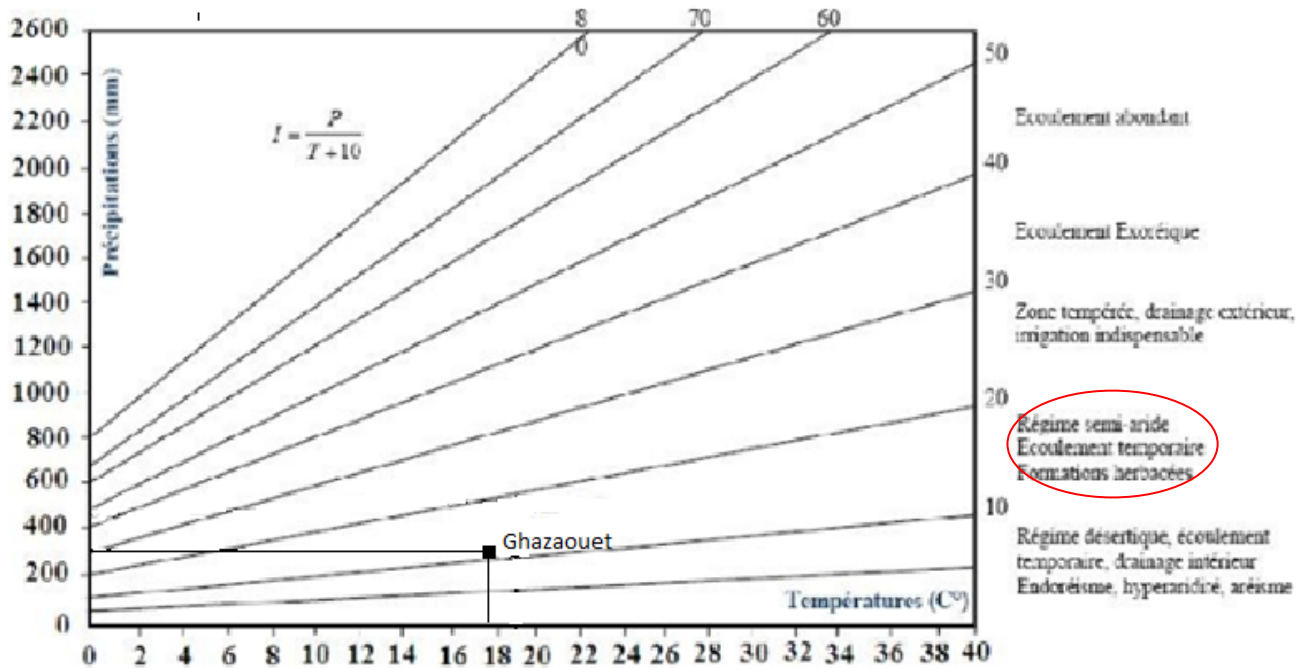


Fig. 1.9 : L'abaque d'indice d'aridité annuel de DE Martonne.

Le calcul de l'indice d'aridité annuel de DE Martonne (11.12) a montré qu'il est compris entre $10 < I_a < 20$, la zone étudiée a un climat semi-aride, à écoulement temporaire (Fig.1.9).

b. Indice d'aridité mensuelle de DE Martonne

Cet indice a été mis au point par les élèves de DE Martonne. Il est donné par la formule suivante :

$$I = \frac{12P}{T+10}$$

Avec :

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

T : Températures moyennes mensuelles (°C).

I : Indice d'aridité mensuelle

Tableau 1.8 : Résultats des indices d'aridité mensuels de DE Martonne.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
I	24,73	19,15	16,5	12,56	9,17	2,01	0,55	2,07	6,17	13,53	26,16	18,29
Type du régime	T	S	S	S	St	Ha	Ha	Ha	D	S	T	S

Avec:

- ✓ Ha : mois hyper- aride,
- ✓ D : mois désertique,
- ✓ S : mois semi-aride,
- ✓ T : mois tempéré.

c. Indice de Moral Annuel (1964)

D'après des études faites sur le régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest, Moral a établi un indice d'aridité annuel. Cet indice est donné par la relation suivante :

$$I(a) = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),

T : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau 1.9: Indice annuel de Moral.

Station	P (mm)	T (°C)	I(a)
Ghazaouet	311,20	17,98	0,90

Lorsque :

Ia < 1 le climat est considéré comme sec.

Ia > 1 le climat est considéré comme humide

Ce résultat (0.90 < 1) confirme que notre région d'étude est caractérisée par un climat sec.

d. Indice mensuel (Im)

Moral a proposé aussi un indice mensuel selon la formule :

$$I(m) = \frac{P}{0,1Tm^2 - Tm + 20}$$

Avec:

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm),

T_m : Températures moyennes mensuelles (°C).

Les quatre types de mois indiqués par Moral sont :

Mois pluvieux : $P > 0.1 T^2 + T + 30$

✓ Mois humide : $0.1 T^2 + T + 30 > P \geq 0.1 T^2 - T + 20$

✓ Mois sec : $0.1 T^2 - T + 20 > P \geq 0.05 T^2 - T + 10$

✓ Mois aride : $P < 0.05 T^2 - T + 10$.

Tableau 1.10 : Indice mensuel de moral.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	15,92	7,40	17,74	14,74	9,61	4,34	5,23	1,96	22,26	13,13	15,45	12,53
T (°c)	11,70	13,39	16,95	21,15	26,26	31,24	34,46	34,06	28,94	23,43	16,73	12,49
$0,1 T^2 m + T m + 30$	55,40	61,31	75,68	95,86	125,24	158,86	183,24	180,04	142,69	108,31	74,73	58,08
$0,1 T^2 m - T m + 20$	21,99	24,53	31,78	43,57	62,71	86,37	104,31	101,93	74,81	51,45	31,27	23,10
$0,05 T^2 m - T m + 10$	5,15	5,57	7,42	11,21	18,22	27,56	34,92	33,94	22,94	14,01	7,27	5,31
Type	Sec	Sec	Sec	Sec	Aride	Aride	Aride	Aride	Aride	Aride	Sec	Sec

1.2.5. Bilan hydrologique

L'étude du bilan hydrologique présente l'avantage de permettre la comparaison entre les précipitations (P en mm) et l'évapotranspiration potentielle (ETP), permettant ainsi de différencier diverses situations en fonction de valeurs seuils pertinentes pour un lieu ou une période donnée, selon les données de Dastes F.D. (2004).

1.2.5.1. Evapotranspiration et déficit d'écoulement

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation du sol et par transpiration des plantes.

On distingue deux types d'évapotranspiration :

- l'évapotranspiration réelle (ETR).
- l'évapotranspiration potentielle (ETP).

a. Evapotranspiration réelle (ETR)

L'estimation de ce paramètre peut se faire à l'aide de plusieurs méthodes :

- ✓ Méthode de TURC.
- ✓ Méthode de COUTAGNE.
- ✓ Méthode de WUNDT.
- **Méthode de TURC**

La formule de Turc (1954) ; qui permet d'évaluer l'ETR annuelle à partir de la hauteur de la pluie de la température moyenne annuelle, dont l'expression est la suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Avec :

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

ETR : évapotranspiration réelle annuelle (mm/an).

Cette méthode nous a permis de déterminer un taux d'évapotranspiration réelle annuelle supérieur à celui des précipitations et par la suite l'écoulement et l'infiltration sont nuls (Tableau 1.11).

Tableau 1.11 : Calcul de l'ETR par la méthode de TURC.

Station	P (mm)	T (°C)	ETR (mm/an)	L	Écoulement et infiltration (mm) (P-ETR)
Ghazaouet	311,20	17,98	312,85	1040,43	-

- **Méthode de COUTAGNE**

L'évapotranspiration réelle ou le déficit d'écoulement est calculée à partir de la relation suivante :

$$ETR = D = P - \lambda P^2$$

$$\text{Avec : } \lambda = \frac{1}{(0,8 + 0,14T)}$$

D : le déficit d'écoulement en (m/an).

P : précipitation moyenne annuelle (m/an).

T : température moyenne annuelle (°C).

λ : désigne un facteur dépendant de la température moyenne annuelle.

Remarque : cette formule n'est pas applicable que pour P comprise entre $\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$

$$\lambda = 0,30; \frac{1}{8\lambda} = 0,416; \frac{1}{2\lambda} = 1,666.$$

La formule de Coutagne n'est donc pas applicable dans notre cas, car :

$$\frac{1}{8\lambda} > P$$

Tableau 1.12 : Valeur du déficit d'écoulement (Coutagne).

P (mm)	$\frac{1}{8\lambda}$	$\frac{1}{2\lambda}$	D (mm)	Écoulement et infiltration (mm) (P-D)
311,20	416	1666	-	-

- **Méthode de WUNDT**

Wundt a établi un abaque curviligne, modifié par M. Coutagne, tel que la valeur du déficit d'écoulement D puisse être obtenue en fonction de la température moyenne annuelle T et de la précipitation moyenne annuelle P (**Fig. 1.11**).

La valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations est reportée sur l'abaque de Wundt.

Tableau 1.13 : Valeurs du déficit et du quotient d'écoulement.

P (mm)	T (°C)	D (mm)	Écoulement et infiltration (mm) (P-D)
311,20	17,98	320	-

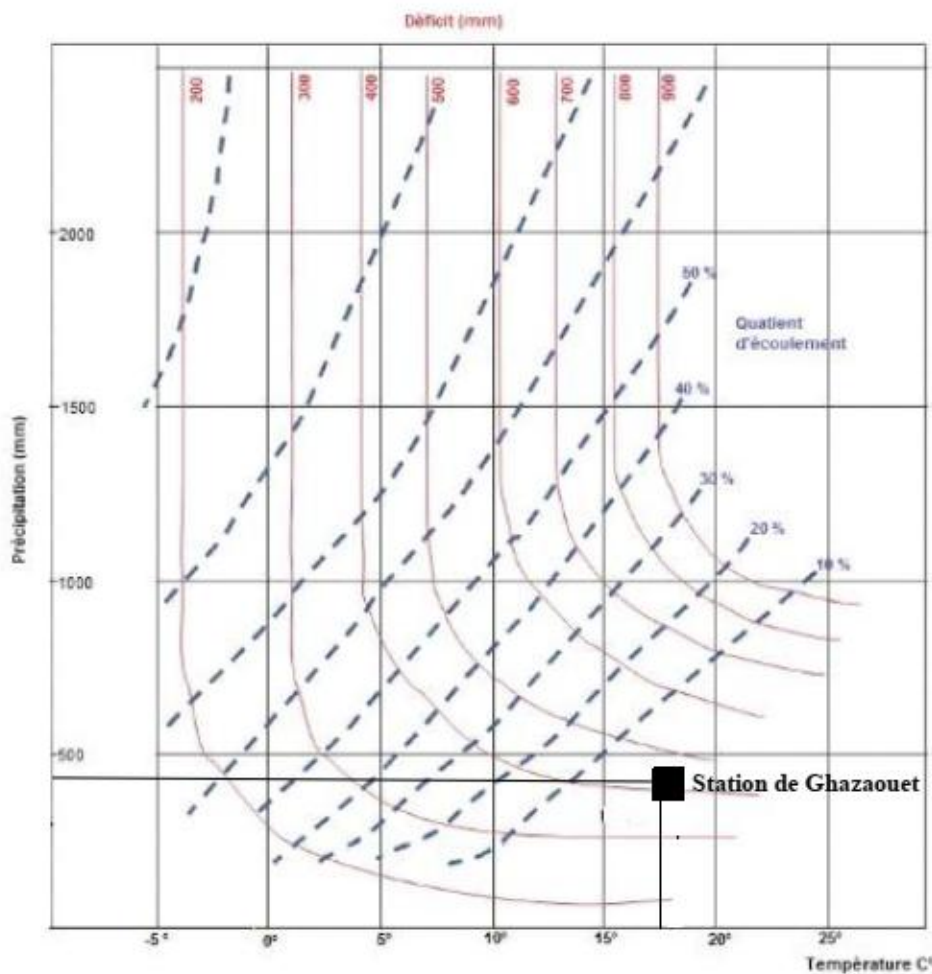


Fig. 1.10 : Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT).

b. Evapotranspiration potentielle (ETP)• **Méthode de THORNTHWAITE**

Pour chaque mois, il est nécessaire de calculer l'évapotranspiration potentielle, qui dépend de la température. Ensuite, une correction basée sur la latitude est appliquée en utilisant la méthode de Thornthwaite. Cette méthode empirique, formulée par C.W. Thornthwaite, est exprimée par la formule suivante:

$$\text{ETP non corrigée} = 16 \left(\frac{10T}{i} \right)^a \quad \text{avec : } a = 0,492 + 1,79 \cdot 10^{-2} I - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} I^3$$

$$\text{ETP corrigé} = 16 \left(\frac{10T}{i} \right)^a \times K$$

ETP : évapotranspiration potentielle (mm).

i : indice thermique mensuelle. $i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$

I : La somme des indices mensuels des 12 mois de l'année en °C. $I = \sum_{1}^{12} i$

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré en °C.

K : Coefficient de correction, en fonction de la latitude de la station de Ghazaouet (35°N).

Tableau 1.14 : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Ghazaouet (1987-2022).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
T (°c)	10,88	11,76	13,73	15,63	18,87	22,57	25,98	26,59	23,18	19,62	14,85	12,15	22,63
I	3,25	3,65	4,62	5,62	7,47	9,79	12,12	12,55	10,20	7,92	5,19	3,84	86,22
ETP	24,85	28,75	38,56	49,26	70,34	98,62	128,63	134,40	103,76	75,68	44,68	30,62	828,14
k	0,87	0,85	1,03	1,09	1,20	1,20	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	/
ETP c	21,62	24,44	39,72	53,69	84,40	118,35	158,21	155,91	106,87	73,41	38,43	26,02	901,06

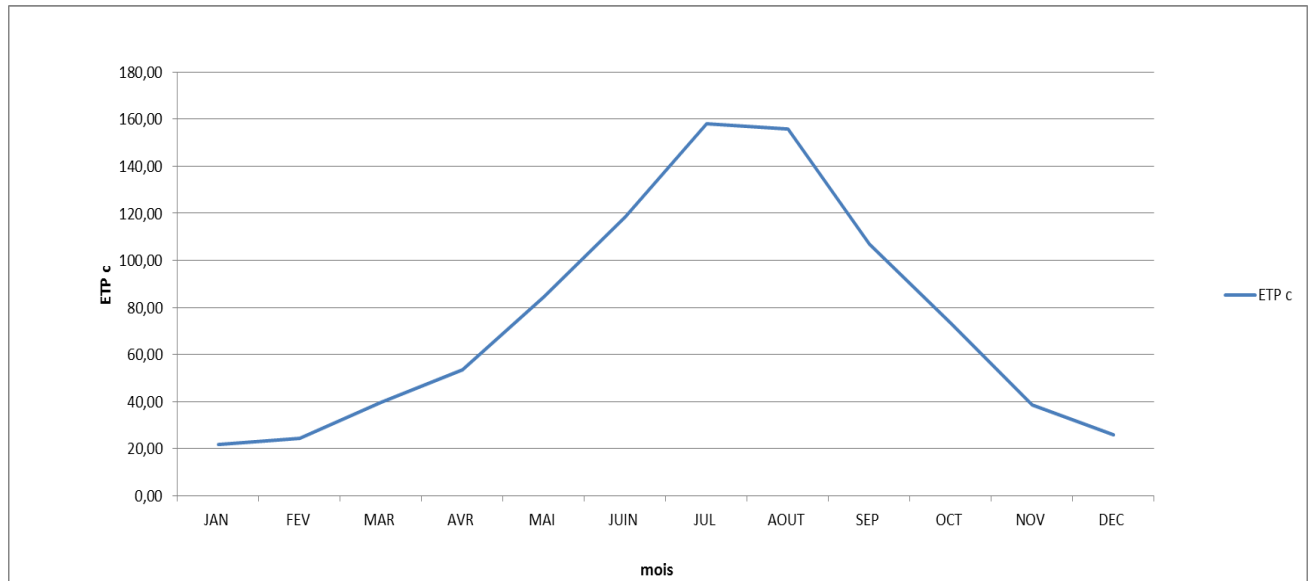


Fig. 1.11 : Variation d'Evapotranspiration potentielle corrigée (ETPc).

1.2.6. Evapotranspiration réelle

L'évapotranspiration réelle étant liée aux réserves en eau disponible, nous pouvons considérer deux cas :

- ✓ Si les précipitations sont supérieures à l'ETP alors $ETR=ETP$
- ✓ Si les précipitations sont inférieures à l'ETP, alors l'ETR sera égale à l'ETP aussi longtemps que les réservoirs en eau du sol seront capables d'équilibrer la balance, alors il y a un déficit.

- **Calcul de la réserve en eau du sol**

La R.F.U est calculée par application de la formule de Hallaire (1960) suivante :

$$RU = \frac{C - F}{100 \cdot H \cdot D + 30}$$

Ru : réserve utile en eau du sol.

C : capacité au champ.

F : capacité au point de flétrissement.

H : profondeur du sol, (H=500mm)

D : densité apparente du sol.

90mm : Enracinement capillaire.

La valeur de (C-F) dépendent de la nature du sol, d'après les travaux antérieurs on prend C-F=20%, donc Ru= 130 mm.

Tableau 1.15 : Eléments du bilan hydrologique calculés en (mm) pour la station de Ghazaouet.

Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
P (mm)	43,04	34,74	32,63	26,84	22,07	5,47	1,66	6,33	17,07	33,41	54,18	33,77	311,20
ETP (mm)	21,62	24,44	39,72	53,69	84,40	118,35	158,21	155,91	106,87	73,41	38,43	26,02	901,06
RU	21,42	31,73	24,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
ETR (mm)	21,62	24,44	39,72	51,48	22,07	5,47	1,66	6,33	17,07	33,41	54,18	33,77	311,20
D.a(mm)	0,00	0,00	0,00	2,21	62,33	112,88	156,55	149,58	89,80	40,00	-15,75	-7,75	589,86
R(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

P : Précipitations (mm), *ETP* : Evapo-Transpiration Potentielle (mm), *RU*: Réserve Utile (130 mm), *ETR* : Evapo-Transpiration Réelle (mm), *D.A* : Déficit Agricole (mm).

L'application de la méthode de Thornthwaite dans notre région d'étude, nous a montré que l'ETR est égale à 311,20 et le déficit agricole est de 589,86 mm.

1.2.7. Conclusion

La région étudiée présente un climat semi-aride, avec des précipitations annuelles moyennes de **311,20 mm** et une température mensuelle moyenne de **17,98°C**.

Les températures moyennes maximales sont atteintes en août et juillet (**26,59°C** et **25,95°C**), tandis que les températures moyennes minimales sont enregistrées en janvier (**10,88°C**).

La méthode des courbes pluvio-thermiques a permis d'identifier une période sèche allant de la mi-mars à octobre, et une période humide couvrant les autres mois de l'année.

Les résultats des calculs du bilan hydrologique montrent que :

- ✓ L'évapotranspiration potentielle est d'environ **901,06 mm**.
- ✓ L'évapotranspiration réelle annuelle est de **311,20 mm**.
- ✓ Le déficit hydrique agricole atteint **589,86 mm**.

CHAPITRE 2 :
SYNTHÈSE
GÉO-STRUCTURALE
SYNTHÈSE
HYDROGÉOLOGIQUE

2.1. Synthèse géo-structurale

2.1.1. Contexte géologique

Les principaux affleurements de la région étudiée sont d'âge Miocène et Mio-Pliocène. La zone est caractérisée par des grès du Jurassique supérieur, considéré comme un substrat rocheux, déposé en discordance sur les grès argileux du Permo-Trias, suivi d'une séquence de marnes du Jurassique supérieur et conglomérats et couches d'argiles du Miocène inférieur. La discordance du Crétacé se situe au-dessus d'un complexe volcano-sédimentaire du Mio-Pliocène, il est marqué par des formations de calcaire graveleux avec des lentilles de calcaires marneux. Enfin, les dépôts quaternaires (terrasses quaternaires) sont caractérisés par des croûtes calcaires et alluvions récents. Enfin, les dépôts quaternaires (terrasses quaternaires) caractérisés par des croûtes calcaires et alluvions récents. (**Fig. 2.1**).

2.1.1.1. Analyse litho- stratigraphique

Les formations géologiques qui caractérisent le secteur d'étude sont : (**Fig. 2.2**)

a. Paléozoïque

Il se trouve dans la partie nord du domaine atlasique, spécifiquement au Traras et Fillaoussène. Cette région est composée de terrains géologiques datant de l'Ordovicien au Viseen. Les granites de Nedroma, formés à l'époque du Viseen, traversent ces terrains, entraînant un métamorphisme de contact qui se manifeste par la formation de cornéennes.

- **Dévonien** : Il est constitué de calcaires à tentaculites, de flysch à micro-brèches largement répandues dans les Traras, et de schistes à l'Ouest de Fillaoussène.
- **Permo -Trias** : Représenté par une série détritique constituée de sédiments grossiers à l'image des poudingues, schistes, quartzites et des conglomérats.

b. Mésozoïque

Il est intermittent et limité à quelques affleurements.

- **Jurassique inférieur** : Le Jurassique inférieur affleure à Fillaoussène entre les marabouts de Sidi Ben Amer et Ouled Sidi Lahcen et dans une casquette aux côtés de Djorf El Asgou ; il s'agit de calcaires massifs métriques « Saccharoïdes » (Naimi, 2017).
- **Jurassique moyen et supérieur** : La région se distingue par la présence de calcaires argileux et de calcaires marneux à ammonites pyriteuses dans la partie Est de Fillaoussène, ainsi que par des marnes. Plus spécifiquement, à l'époque de l'Oxfordien, on trouve des dolomies, des grès fins, des pélites argileuses et des argilites marneuses qui émergent à la surface (Benali, 2007).

- **Crétacé** : Il correspond à des calcaires graveleux, calcaires marneux.

c. Cénozoïque

Il est très représenté dans le Sahel oranais.

- **Miocène inférieur** : C'est une série continentale constituée par des marnes. la transgression a épargné les Traras et la chaîne de Fillaoussène. Il correspond à une formation marneuse à microfaunes.

- **Mio-Pliocène** : constitué de roche basalte et de tufs basaltiques.

d. Quaternaire

Il est représenté dans tout le massif, et est constitué de croûtes calcaires, alluvions et limons.

- **Calabrien marin et dunaire** : Cette formation est localisée sur les parties Est, limitrophes de la mer.

- **Croûtes calcaires anciennes** : Sont dispersées en petites superficies sur l'ensemble de la commune.

- **Post-calabrienanté-croûte**: Se limitant à la partie sud d'Oued Abdellah.

- **Alluvions et limons**: Ils occupent des surfaces étendues sur les vallées des Oueds et le Nord- Ouest de la région (Ahmed Ammar Y, 2014).

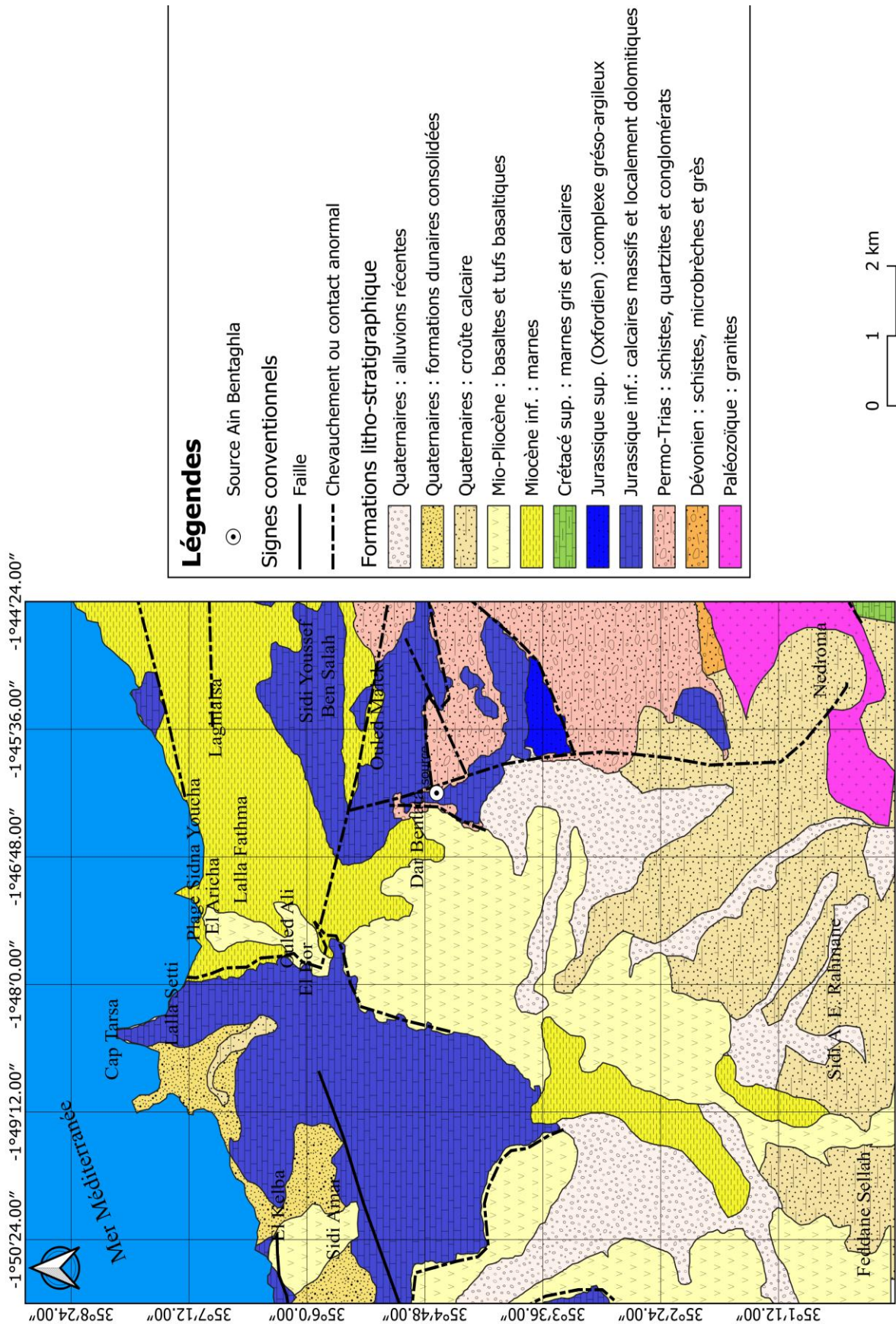


Fig. 2.1 : Extrait de la carte géologique de Ghazaouet (1/200 000) (ANRH)

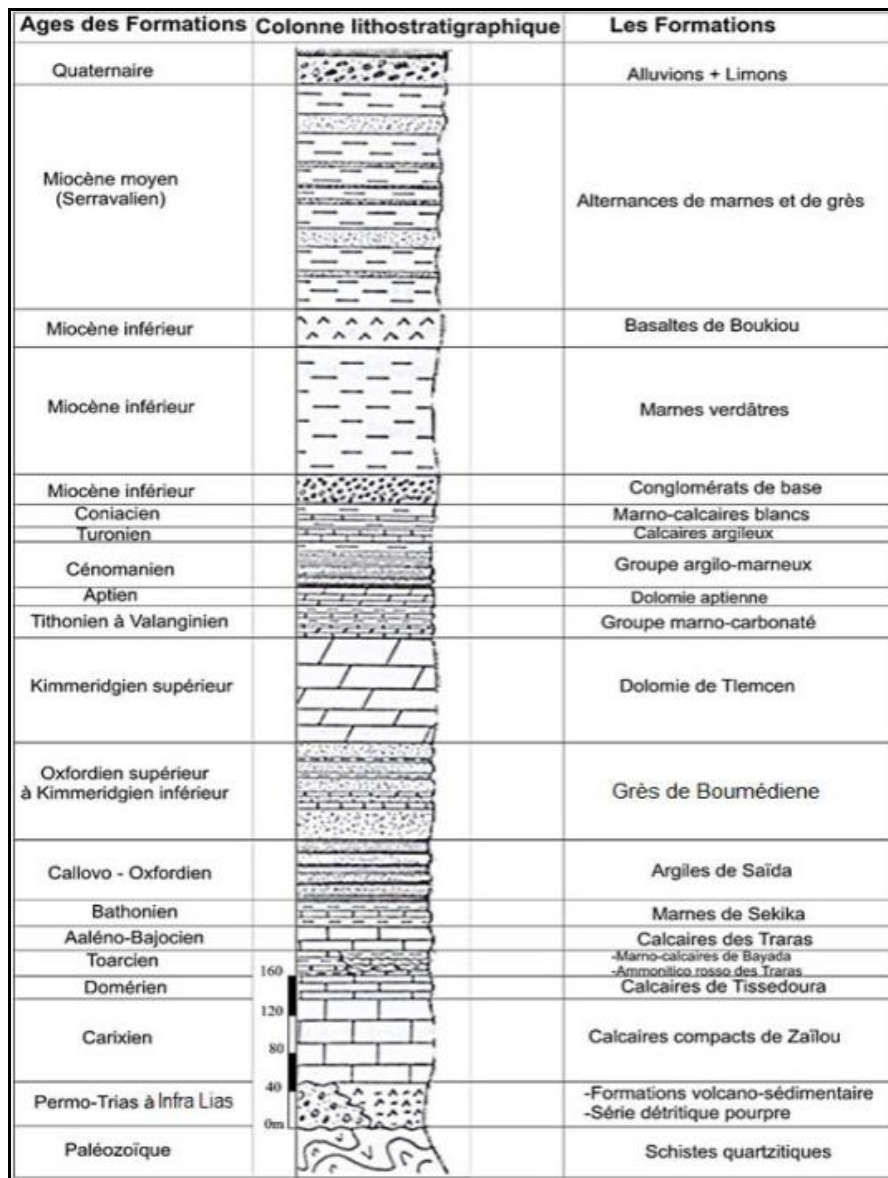


Fig. 2.2 : Colonne litho-stratigraphique synthétique (Miri et Kebir, 1992).

2.1.2. Synthèse Structurale

Les Traras peuvent se subdiviser en une série de massif montagneux, séparés par de profondes vallées, tels que le massif des Béni Ouarsous, le massif de Fillaoucène, la plaine de Nédroma, la dépression de M'Sirda Fouaga qui domine l'ensemble volcanique de M'Sirda Thata (Nouad-Merzoug, 2017). Le domaine atlasique constitue l'avant pays autochtone modérément déformé de la chaîne tellienne (Louni, 2002), représenté principalement aux monts de Traras et la chaîne de Fillaoussène par un substratum paléozoïque et d'une couverture mésozoïque assez développée.

De point de vue structural, ces terrains autochtones sont affectés par trois types de tectonique intense, à savoir:

2.1.2.1. La tectonique souple

Correspond à des plis à vergence NW de direction N060° ; englobe deux phases majeures à savoir :

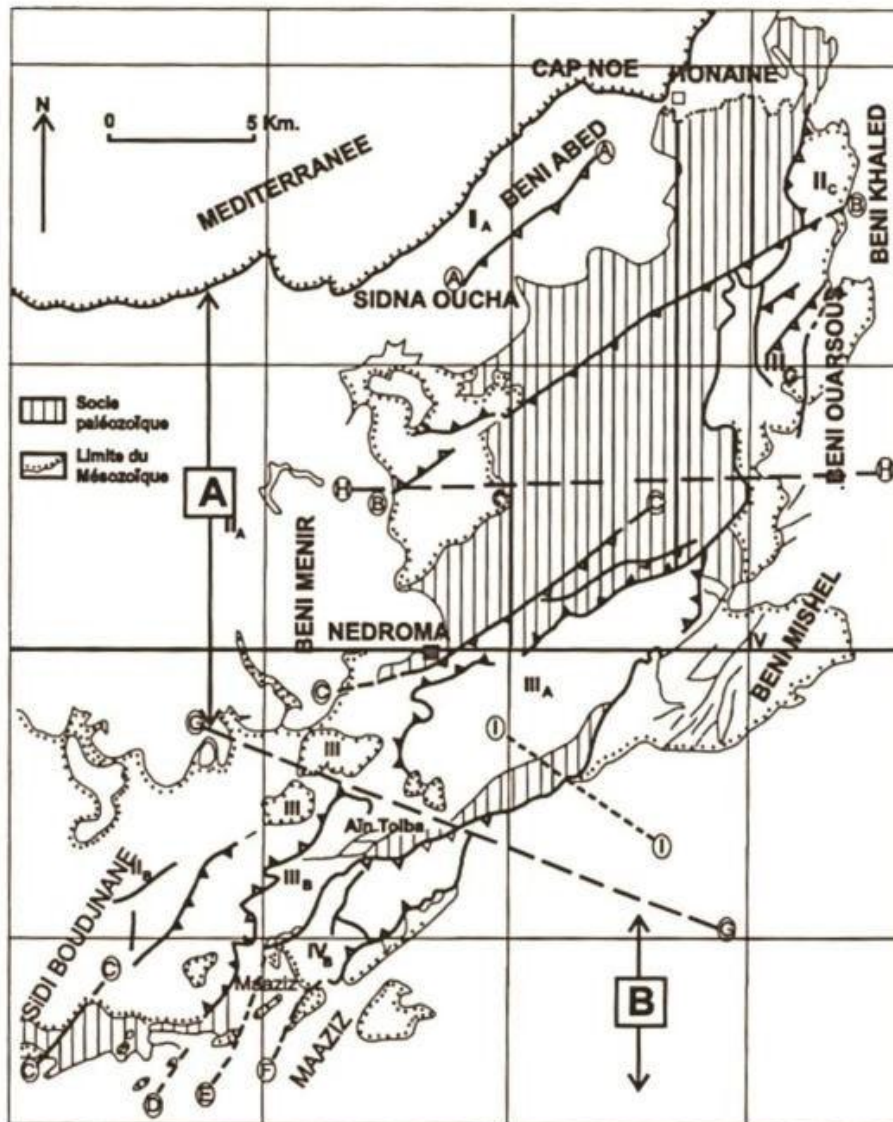
- La phase anté-vésienne engendrant un métamorphisme de faible intensité.
- La phase post-vésienne manifestée par un déversement vers le Sud où il est bien marqué au niveau du massif des Traras et la chaîne de Fillaoussène à l'Ouest, le Saheld'Oran, le plateau d'Ain Timouchent ainsi que les Sebaa Chioukh dans la partie orientale de ladite chaîne.

En outre, des accidents recoupent les structures en question et jouent à la faveur de la phase tectonique alpine, provoquant, vers le Nord, des effondrements par gradins de direction subméridionale voisine à celles des structures.

2.1.2.2. La tectonique cassante

Regroupée en famille de failles : atlasique NE-SW, transversale E-W et les N120° qui sont rares.

Les traits structuraux majeurs de la région et de l'ensemble du domaine atlasique sont acquis avant la transgression du Miocène moyen (Guardia, 1975). La phase cassante post-vésienne est difficilement mise en évidence dans les Traras, en raison de rejeu post-hercynien de presque tous les accidents (Guardia, 1975). Elle correspond à un réseau de grandes fractures ayant de direction moyenne N20° et N50°.



A: Traras septentrionaux ; **B**: Traras méridionaux ; A : faille de cap Noé B : Faille de Dhar ed Diss
 C : Faille de Nedroma ; J : linéament de fernane IA : linéament de sidna oucha-Beni abed ; IIA : compartiment
 des Beni Menir ; IIB : compartiment de Sidi boudjane ; IIIC : compartiment des Beni khaled ; IIIA :
 compartiment de Fellaoucene ; IIIB/compartiment des Djebala-maaziz ; IIIC : compartiment de Beni ouarsous ;
 IVA : compartiment des Beni mishel ; IVB : compartiment du Dj. Tiouina-Bentouila.

Fig. 2.3 : Carte structurale des Monts des Traras
 Guardia 1975, modifiée par Ameer ,1999.

2.2. Synthèse hydrogéologique (Fig. 4.1)

A travers l'analyse lithostratigraphique, on peut conclure que les formations qui peuvent constituer des potentiels hydriques dans notre zone d'étude sont :

- **Granite de Nédroma:** Formation qui peuvent présentée un intérêt hydrogéologique par leurs perméabilités de fissures.
- **Calcaires du Lias (Carixien-Domérien):** Ils sont représentés par les calcaires compacts de Zailou et les calcaires de Tissedoura. Les sources qui émergent de ce niveau témoignent de son intérêt hydrogéologique, exemple :Ain Znaina (A.N.R.H, 2008).
- **Calcaires des Traras (Aaléno-Bajocien) :** Ces formations sont très fissurées, elles sont caractérisées par leur potentiel réduit, à cause de leur faible surface d'affleurement (A.N.R.H, 2008).
- **Grès de Boumediène (Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur):** Ces grès présentent une perméabilité généralement faible . La présence de fissures et/ou diaclases leur donnent une certaine perméabilité.
- **Dolomies de Tlemcen (Kimméridgien supérieur):** affleurent dans le secteur étudié au sommet du Djebel Fillaoussène, constituent ainsi le château d'eau de la région. L'intensité de la karstification et des fissures, ainsi que la présence de sources qui se localisent aux points bas de leurs affleurements (exemple Ain Kebira) témoignent de leur intérêt hydrogéologique (A.N.R.H, 2008).
- **Conglomérats de base du Miocène inférieur :** les conglomérats résultent de la destruction des montagnes aux pieds desquelles ils constituent une sorte de ceinture de cône de déjection ou d'éboulis. Le réservoir perd de ses potentialités et se colmate de ses bordures, selon sa géométrie et ses variations lithologiques (A.N.R.H, 2008).
- **Aquifère des basaltes de Boukiou (Miocène inférieur):** C'est un aquifère discontinu, il occupe une superficie très importante au Sud de Ghazaouet et dans la région de Fillaoucène (A.N.R.H, 2008).
- **Les alluvions du Quaternaire :** Ces formations sont localisées dans les vallées et au niveau des oueds : Oued Ghazouanah ainsi qu'à Ouled Ziri.

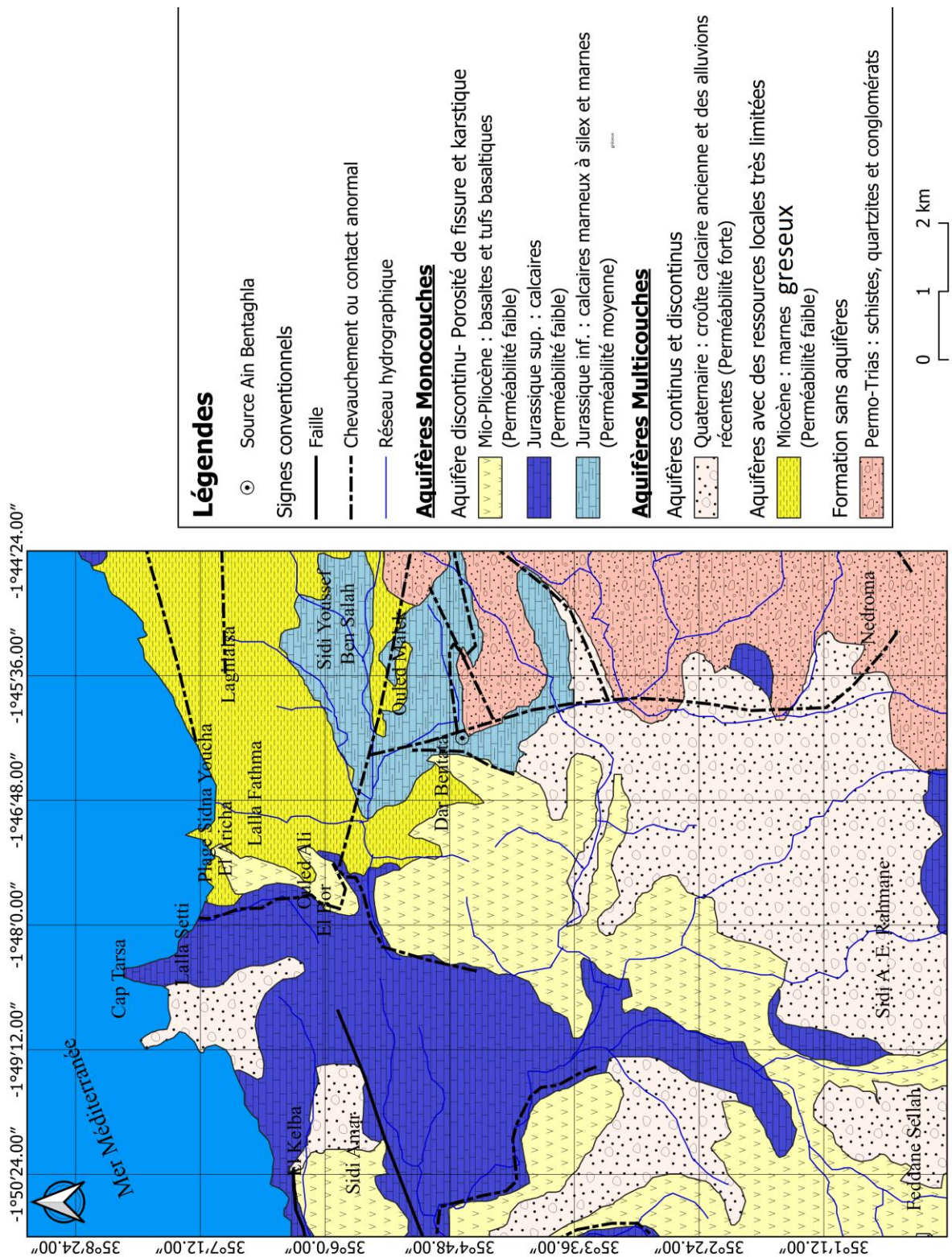


Fig. 2.4 : Extrait de la carte Hydro-géologique de Ghazaouet (1/200 000) (ANRH)

2.3. Conclusion

La synthèse géostructurale de la région étudiée révèle une histoire complexe et diversifiée marquée par plusieurs phases de sédimentation et d'activités tectoniques. Les affleurements principaux, allant du Miocène au Mio-Pliocène, surmontent des formations plus anciennes du Jurassique supérieur et du Permo-Trias, illustrant une succession de dépôts et d'épisodes discordants.

Le substratum paléozoïque, surtout visible dans la partie nord du domaine atlasique, présente des terrains allant de l'Ordovicien au Viséen, avec des granites de Nédroma provoquant un métamorphisme de contact. Le Mésozoïque est représenté par des calcaires et marnes du Jurassique inférieur et supérieur, tandis que le Crétacé se manifeste par des calcaires graveleux.

Les phases tectoniques post-jurassiques, décrites par Guardia (1970-1975), montrent une évolution structurale, incluant des périodes de compression et de distension, aboutissant à la configuration actuelle du massif avec des anticlinaux et failles complexes. Les mouvements atlasiques ont largement influencé la morphologie régionale, en particulier lors de la phase compressive miocène et pliocène.

D'un point de vue hydrogéologique, plusieurs formations présentent des caractéristiques aquifères notables. Les granites de Nédroma et les calcaires des Traras, bien qu'ils sont fissurés, offrent un potentiel réduit. En revanche, les dolomies de Tlemcen, fortement karstifiées, constituent un réservoir d'eau important. Malgré leurs discontinuités, les formations du Mio-Plio-Quaternaire offrent des ressources en eau significatives.

En conclusion, la région étudiée présente une richesse géologique et hydrogéologique complexe, modelée par des forces tectoniques variées et des périodes de sédimentation successives. Cette diversité géologique offre un aperçu précieux des processus naturels ayant façonné le paysage actuel et souligne l'importance de chaque phase dans l'évolution géo-structurale et hydrogéologique de la région.

CHAPITRE 3 :
ETUDE
HYDRO-CHIMIQUE

3.1. Etude hydro-chimique

3.1.1. Introduction

Les habitants et les consommateurs des eaux fraîches de la source de Ben Teghla sont unanimes à vanter son pouvoir miraculeux indéniable pour altérer les calculs rénaux. Sa réputation a dépassé les frontières de la région, où des hommes et des femmes venus d'un peu partout font la chaîne devant cette fontaine pour s'approvisionner de cette eau aux vertus thérapeutiques avérées.

Afin de dévoiler l'aptitude des eaux de la source à la consommation humaine et à l'irrigation ainsi que son pouvoir thérapeutique, une étude physico-chimique est portée sur ces eaux pour voir aussi leur effet sur les différents calculs rénaux délivrés par le CHU de Sidi Bel Abbès et analysés par le laboratoire de la faculté de médecine, département de pharmacie par un Spéctromètre infrarouge.



Fig. 3.1 : Spéctromètre infrarouge.



Fig. 3.2 : Les spectres des calculs rénaux.

3.1.2. Étude des paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques portées sur les éléments majeurs des eaux de la source d'Ain Ben Teghla sont fournis par l'Algérienne Des Eaux (ADE) /Tlemcen (04 et 26/11/2023 -17/04/2024).

Balance ionique :

La balance ionique est déterminée par la formule suivante :

$$BI = \frac{|\sum cations - \sum anions|}{\sum cations + \sum anions} \times 100$$

Lorsque:

- $BI \leq 2\%$: c'est une bonne analyse.
- $2\% < BI < 5\%$: c'est une analyse acceptable.
- $BI > 5\%$: c'est une mauvaise analyse.

Tableau 3.1 : Résultats de la balance ionique de la source de Ben Teghela.

Numéros d'analyses	Anions	Cations	BI	Observation
(1) 08/11/2023	17.1710	16.4050	2%	Bonne
(2) 26/11/2023	16.8710	17.3180	1%	Bonne
(3) 17/04/2024	17.2600	15.9210	4%	Acceptable

Les résultats de la balance ionique (BI) montrent que les analyses examinées sont bonnes à acceptables (**Tableau 3.1**).

3.1.3. Étude des paramètres physiques

Les résultats des analyse physiques portées sur les eaux de la source d'Ain Ben Teghla sont fournis par l'Algérienne Des Eaux (ADE) de la wilaya de Tlemcen et concernent uniquement les paramètres (pH, conductivité et Turbidité) et cela durant les périodes citées dans le **tableau 3.2**.

Tableau 3.2 : Paramètres physiques (ADE).

Période	pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)
06/05/2018	7,25	1519	0,936
11/06/2018	6,67	1544	0,307
17/07/2018	7,22	1626	0,726
10/09/2018	6,61	1572	1,67
20/11/2018	6,51	1514	0,349
09/04/2019	6,8	1655	0,164
16/07/2019	7,11	1699	0,159
29/08/2019	7,44	1556	0,252
21/09/2019	7,5	1649	0,134
30/12/2019	8	1563	0,205
30/01/2020	7,87	1584	0,133
16/02/2020	7,7	1491	0,208
16/07/2020	7,21	1520	0,255
25/08/2020	6,96	1503	0,167
22/02/2022	7,65	1583	0,18
27/03/2022	7,71	1446	1,29
08/11/2023	8,08	1674	0,243
26/11/2023	8,08	1589	0,243
30/01/2024	7,36	1675	0,459
17/04/2024	8,19	1706	0,161

3.1.3.1. pH

Le PH indique la concentration d'ions hydrogène (H^+) présents dans l'eau, ce qui détermine si une solution est acide ou basique (alcaline). Cette échelle logarithmique varie de 0 à 14 et reflète l'acidité ou l'alcalinité d'une solution, la neutralité étant à pH 7. Ainsi :

- Une solution à $pH=7$ est neutre.
- Une solution à $pH<7$ est acide.
- Une solution à $pH>7$ est basique.

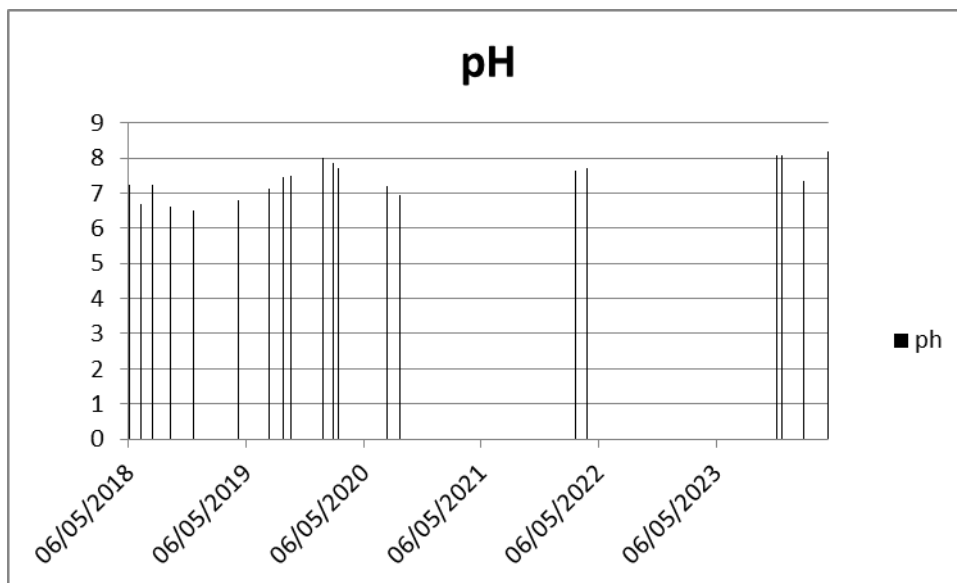


Fig. 3.3 : Variation du pH.

Les valeurs du pH sont comprises entre 6,8 et 8,19. La norme définie par la réglementation algérienne est comprise entre 6,5 et 9. Les eaux de la source sont conformes à cette norme.

3.1.3.2. Conductivité Electrique (CE)

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau. Le tableau suivant donne la relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux (J.Rodier, 2009).

Tableau 3.3 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (J.Rodier 2009)

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/L)
Conductivité < 100	Très faible
100 < conductivité < 200	Faible
200 < conductivité < 333	Moyenne
333 < conductivité < 666	Moyenne à accentuée
666 < conductivité < 1000	importante
Conductivité > 1000	Elevée

Le tableau suivant contient les valeurs de la conductivité et la classification de la minéralisation :

Tableau 3.4 : Conductivité et classification de la minéralisation de la source.

Périodes	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
06/05/2018	1519	Elevée
11/06/2018	1544	Elevée
17/07/2018	1626	Elevée
10/09/2018	1572	Elevée
20/11/2018	1514	Elevée
09/04/2019	1655	Elevée
16/07/2019	1699	Elevée
29/08/2019	1556	Elevée
21/09/2019	1649	Elevée
30/12/2019	1563	Elevée
30/01/2020	1584	Elevée
16/02/2020	1491	Elevée
16/07/2020	1520	Elevée
25/08/2020	1503	Elevée
22/02/2022	1583	Elevée
27/03/2022	1446	Elevée
08/11/2023	1674	Elevée
26/11/2023	1589	Elevée
30/01/2024	1675	Elevée
17/04/2024	1706	Elevée

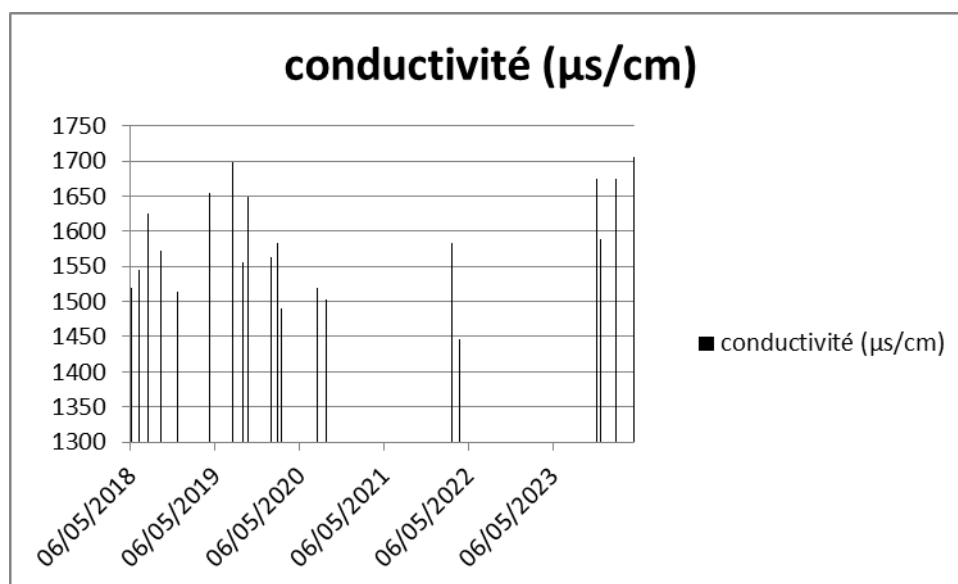


Fig. 3.4 : Variation des conductivités électriques.

Les valeurs des conductivités de la source étudiée varient entre 1446µS/cm pour la période 27/03/2022 et 1706 µS/cm pour la période 17/04/2024, ces valeurs sont inférieures à la norme 2800 (µS/cm).

La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières sont dissoutes dans l'eau.

Tableau 3.5 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (J. RODIER ,2009).

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation (mg/L)
Conductivité<50	1.365079 x conductivité
50<conductivité<166	0.947658 x conductivité
166<conductivité<333	0.715920 x conductivité
333<conductivité<833	0.715920 x conductivité
833<conductivité<10000	0.755844 x conductivité
Conductivité>10000	0.850432 x conductivité

Tableau 3.6 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.

Périodes	Conductivité (µS/cm)	Minéralisation (Mg/L)	Classification
06/05/2018	1519	1148.12	Elevée
11/06/2018	1544	1167.02	Elevée
17/07/2018	1626	1229	Elevée
10/09/2018	1572	1188.18	Elevée
20/11/2018	1514	1144.34	Elevée
09/04/2019	1655	1250.92	Elevée
16/07/2019	1699	1284.17	Elevée
29/08/2019	1556	1176.09	Elevée
21/09/2019	1649	1246.38	Elevée
30/12/2019	1563	1181.38	Elevée
30/01/2020	1584	1197.25	Elevée
16/02/2020	1491	1126.96	Elevée
16/07/2020	1520	1148.88	Elevée
25/08/2020	1503	1136.03	Elevée
22/02/2022	1583	1196.50	Elevée
27/03/2022	1446	1092.95	Elevée
08/11/2023	1674	1265.28	Elevée
26/11/2023	1589	1201.03	Elevée
30/01/2024	1675	1266.03	Elevée
17/04/2024	1706	1289.46	Elevée

D'après ces résultats, la valeur maximale de la minéralisation est observée à la date du 17/04/2024 (1289.46mg/L) et la valeur minimale est enregistrée en 27/03/2022 (1092.95mg/L).

3.1.3.3. Turbidité (NTU)

La turbidité est une mesure de l'aspect trouble des liquides, a été reconnue comme un indicateur simple et basique de la qualité de l'eau. Ces analyses ont montré que ces eaux ont une turbidité inférieure à la norme admissible prescrite (5 NTU).

Tableau 3.7 : Valeurs de la turbidité.

Périodes	Turbidité (NTU)	Périodes	Turbidité (NTU)
06/05/2018	0,936	30/01/2020	0,133
11/06/2018	0,307	16/02/2020	0,208
17/07/2018	0,726	16/07/2020	0,255
10/09/2018	1,67	25/08/2020	0,167
20/11/2018	0,349	22/02/2022	0,18
09/04/2019	0,164	27/03/2022	1,29
16/07/2019	0,159	08/11/2023	0,243
29/08/2019	0,252	26/11/2023	0,243
21/09/2019	0,134	30/01/2024	0,459
30/12/2019	0,205	17/04/2024	0,161

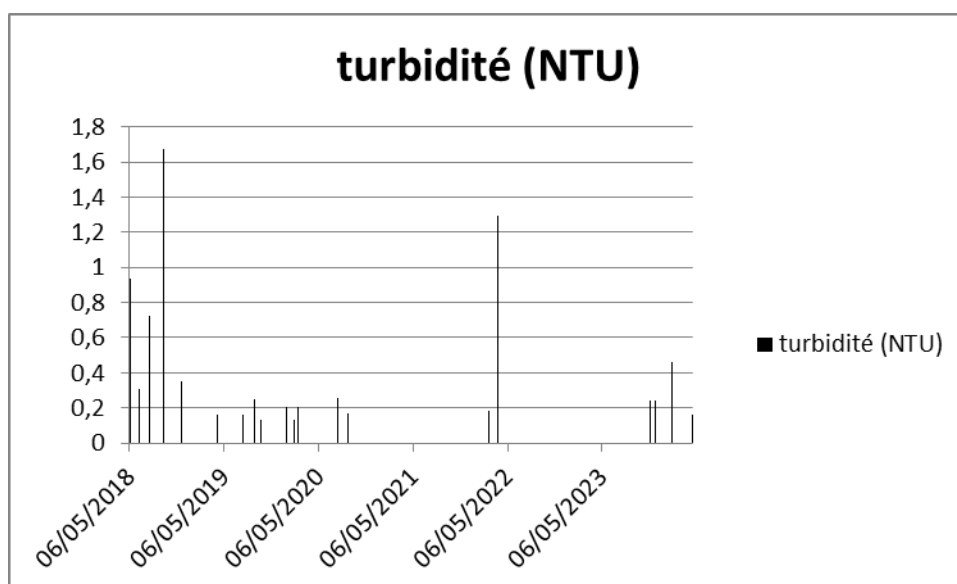


Fig. 3.5 : Variation des turbidités.

3.1.4. Étude des paramètres chimiques

3.1.4.1. Les cations

a. L'ion Calcium

Est un composant de la dureté totale de l'eau. Conformément aux normes algériennes, la concentration recommandée pour les eaux de source est de 200 mg/L, toutes les valeurs observées se situent dans cette plage recommandée. La concentration maximale enregistrée par l'analyse (03), atteignant 70 mg/L, tandis que la valeur minimale est observée à l'analyse (01) et (02), avec 56 mg/L.

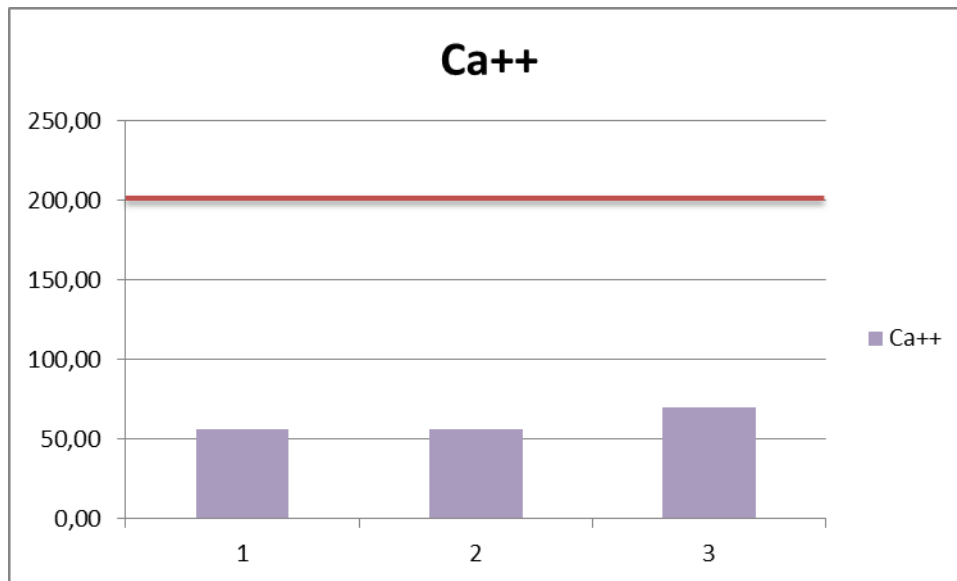


Fig. 3.6: Variation du Calcium.

b. L'ion Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature et constitue un composant significatif de la dureté totale de l'eau. Selon les normes algériennes, la concentration maximale recommandée de Mg^{2+} est de 150 mg/L. Toutes les analyses de la source se situent dans cette plage. La concentration maximale est observée par l'analyse (01) et (02), atteignant 52,80 mg/L, tandis que la valeur minimale est enregistrée par l'analyse (03), avec 12 mg/L.

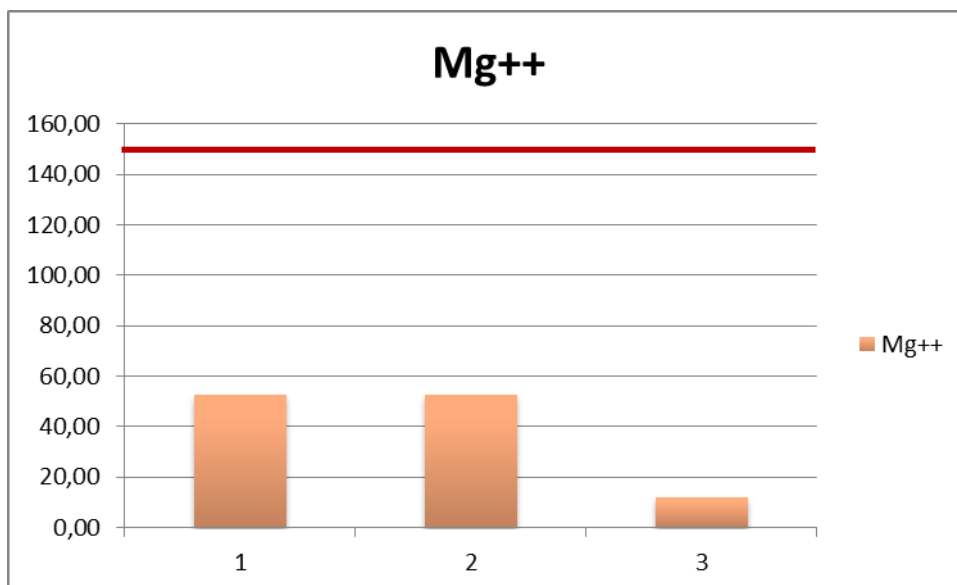
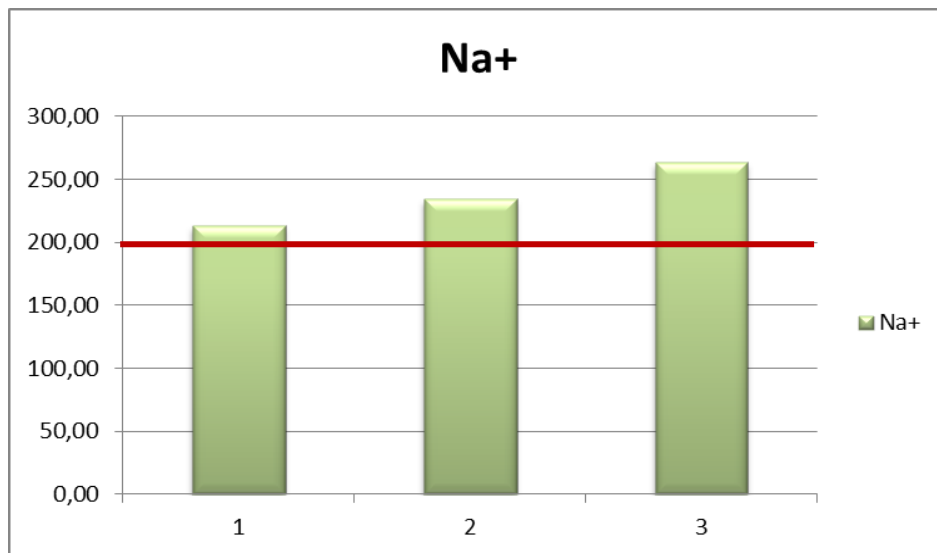


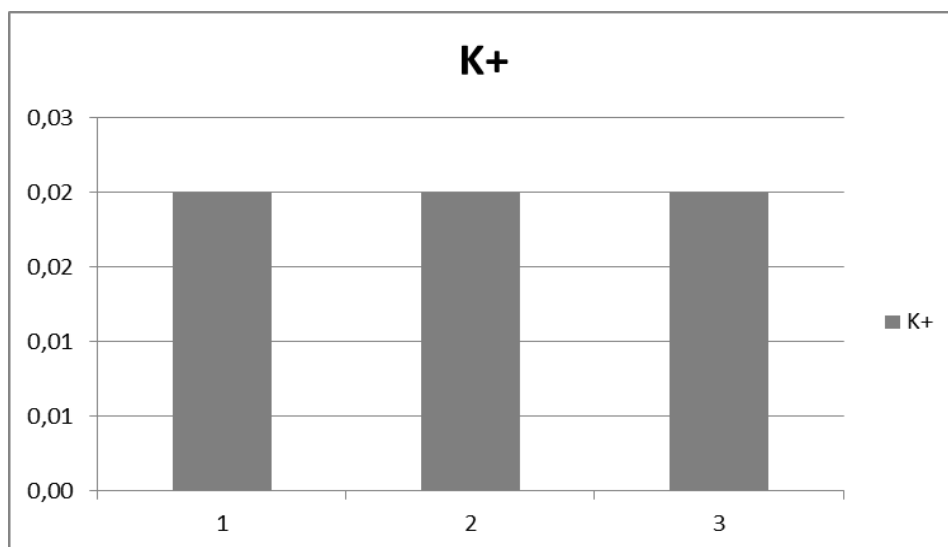
Fig. 3.7 : Variation du Magnésium.

c. L'ion sodium

Est l'un des éléments les plus abondants parmi les éléments alcalins. Selon les normes algériennes, la concentration recommandée pour le sodium est de 200 mg/L. Les valeurs observées dans les analyses de la source étudiée sont supérieures à cette norme. La concentration la plus élevée est enregistrée à l'analyse (03), avec 263 mg/L, tandis que la valeur la plus basse est de 213 mg/L à l'analyse (01).

**Fig. 3.8 :** Variation du Sodium.**d. L'ion potassium**

Est un élément naturellement présent dans les eaux, sa présence est souvent liée à la composition géologique des terrains ou à l'utilisation d'engrais. Dans le cas des eaux étudiées, les concentrations en potassium sont inférieures à la norme algérienne de 12 mg/L.

**Fig. 3.9 :** Variation du Potassium.

3.1.4.2. Les anions

a. L'ion Chlorure

L'ion chlorure est généralement présent dans l'eau en raison de son origine naturelle, qui dépend de la composition des terrains traversés. Selon les normes algériennes, la concentration maximale recommandée pour les chlorures est de 500 mg/L. Toutes les valeurs observées sont au dessous de cette norme.

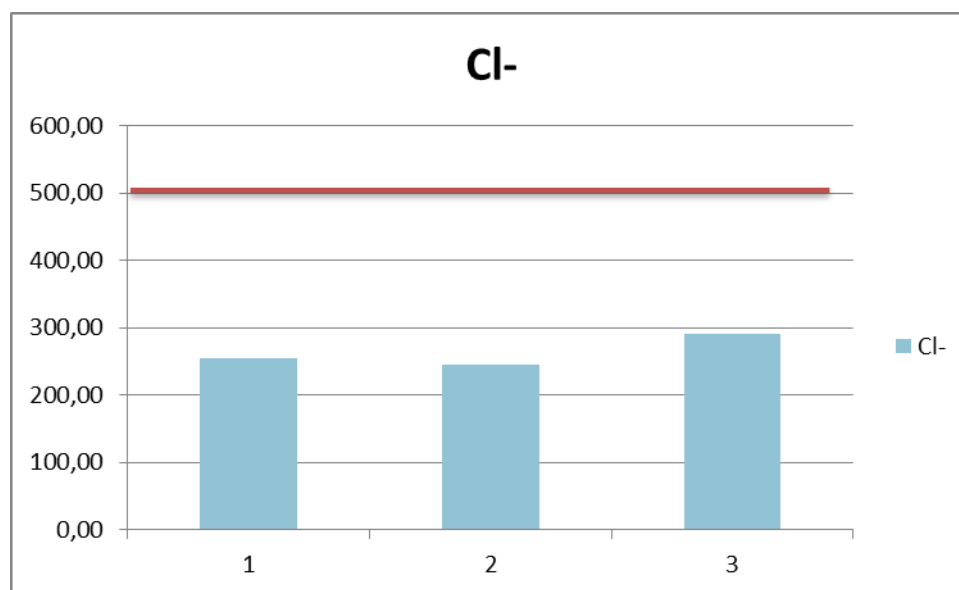


Fig. 3.10 : Variation des Chlorures.

b. L'ion sulfate

Est naturellement présent dans l'eau à des concentrations variables, et il peut également provenir des rejets d'eaux usées ou de l'utilisation d'engrais. Selon les normes algériennes, la concentration maximale recommandée pour les sulfates est de 400 mg/L. Tous les échantillons présentent des concentrations inférieures à cette norme.

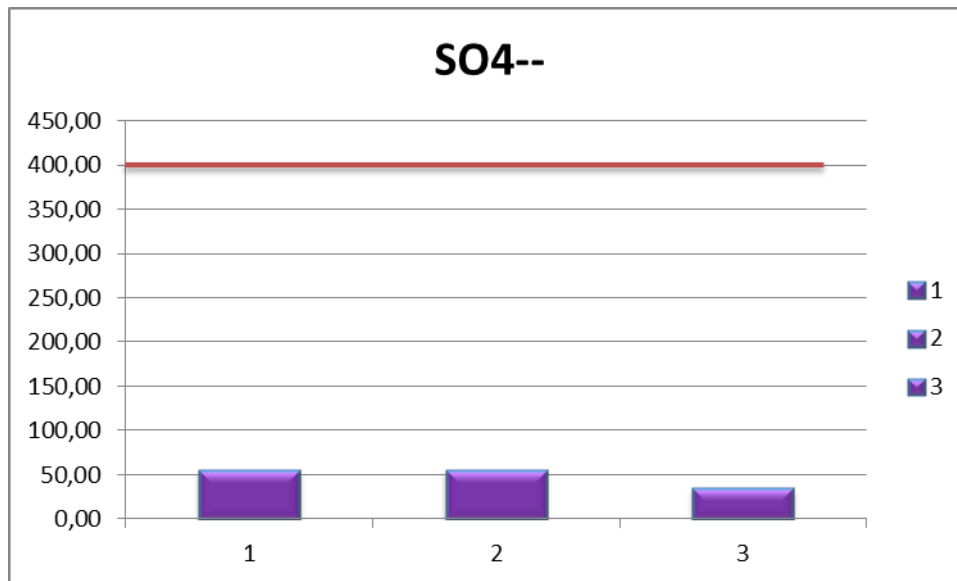


Fig. 3.11 : Variation des Sulfates.

c. L'ion Bicarbonate

La concentration en bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés, comme l'indique J. Rodier (2009). Les normes algériennes ne définissent aucune valeur spécifique pour ce paramètre. Quelque soit les concentrations en bicarbonates dans les eaux destinées à la consommation, leur potabilité n'est pas affectée. La valeur la plus élevée est enregistrée par l'analyse (01) 428 mg/L, tandis que la valeur minimale 403 mg/L est observée dans l'analyse (03).

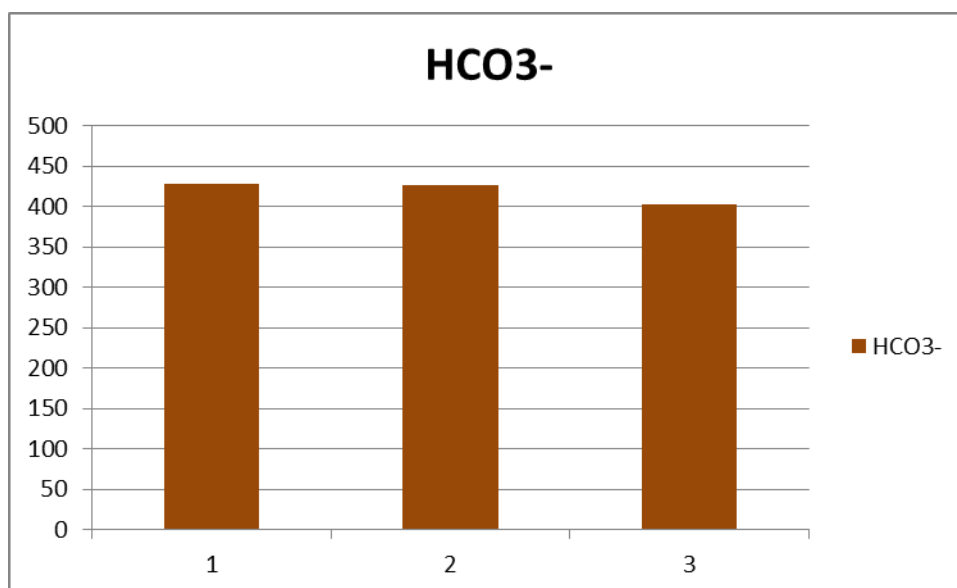


Fig. 3.12 : Variation des Bicarbonates.

d. L'ion Nitrate

Les nitrates peuvent provenir des engrais chimiques utilisés en agriculture, qui peuvent s'infiltrer dans le sol. La norme algérienne pour les nitrates est de 50 mg/L. Les concentrations de l'eau analysée varient entre 109,80 mg/L et 113,80 mg/L, toutes ces valeurs sont supérieures à la norme recommandée.

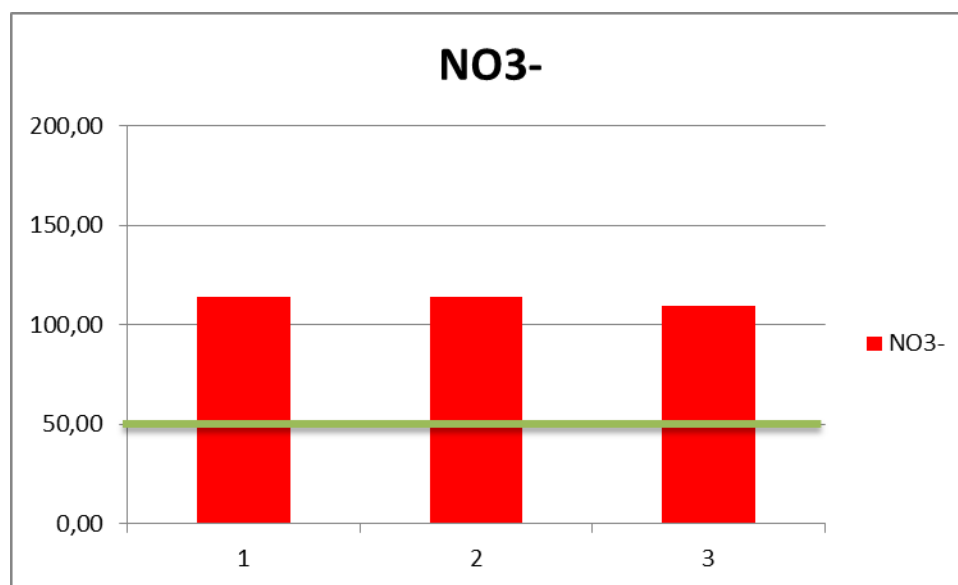


Fig. 3.13 : Variation des Nitrates.

Tableau 3.8 : Etat qualitatif des eaux de la source de Ben Toghela, selon les paramètres Physico-chimiques.

Paramètres	pH	Conductivité	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Etat
Les normes algériennes de potabilité	≥ 6.5 et ≤ 9	2800	75-200	150	12	200	200-500	200-400	/	50	/
1	8,08	1674	56,00	52,80	0,02	213	255,24	54	428	113,80	Non-conforme aux N.A
2	8,08	1589	56,00	52,80	0,02	234	245,03	54	427	113,80	Non-conforme aux N.A
3	8.19	1706	70,00	12,00	0,02	263	290,00	34	403	109,80	Non-conforme aux N.A

3.1.5. Etude classificative et qualitative de la source

3.1.5.1. *Faciès hydro-chimiques et familles d'eau*

Les roches encaissantes jouent un rôle essentiel dans la qualité et le type d'eau souterraine. Leur influence sur la composition chimique de l'eau résulte des processus de dissolution, de réaction et de filtration qui ont lieu lorsque l'eau s'infiltré à travers ces roches. Plusieurs auteurs ont proposé diverses méthodes pour classer et identifier les différents faciès hydro-chimiques des eaux.

Afin de déterminer la famille et le type de faciès prédominant pour les eaux de la source d'Ain Ben Teghla ainsi que leur aptitude à l'irrigation, nous avons utilisé les méthodes suivantes :

- **La classification de Piper.**
- **La classification de Schoeller et Berkloff.**
- **La classification de Stiff.**
- **La classification de Stabler.**

Toutes ces classifications sont basées sur la composition chimique des eaux.

a. **Classification de Piper**

Le diagramme de Piper (Piper, 1944) est tracé en utilisant les éléments majeurs pour représenter les différents faciès des eaux souterraines. Il permet également de voir l'évolution d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents. Ce diagramme est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses. Il est composé de deux triangles et un losange. Les deux triangles (un triangle portant les cations et un autre les anions) sont d'abord remplis puis ensuite le losange. Les valeurs utilisées sont exprimées en $\% \text{.meq. L}^{-1}$.

Le report des résultats des 03 analyses portées sur les eaux de cette source a montré que ces dernières appartiennent à la famille d'eau : Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique (**Fig. 3.14**).

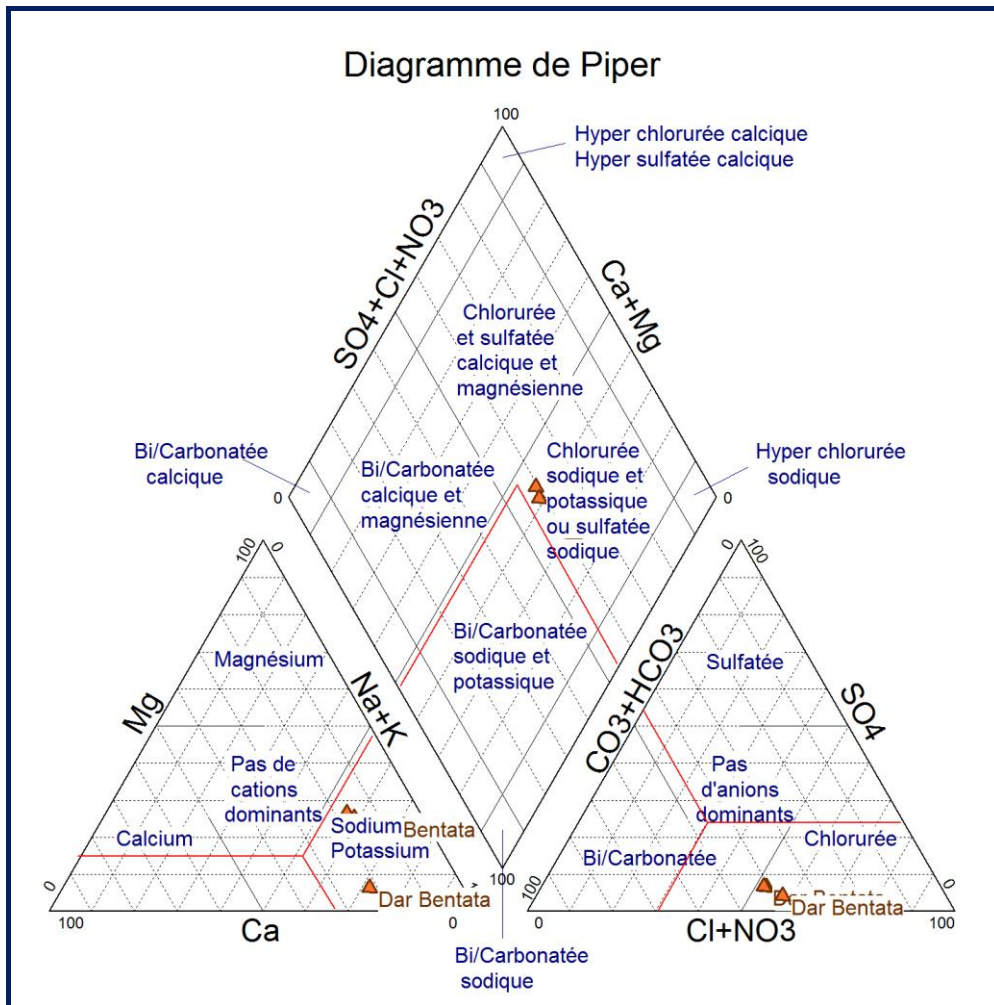


Fig. 3.14 : Diagramme de Piper.

b. Classification de Schoeller -Berkaloff

Le diagramme de Schoeller et Berkaloff offre une méthode simple pour identifier le faciès d'une eau souterraine. Il utilise les concentrations des principaux éléments, représentées sur un graphique à colonnes à échelles logarithmiques. Les valeurs, exprimées en mg/L, sont placées au centre du diagramme et latéralement en meq/L.

L'analyse des résultats sur ce diagramme a révélé que ces eaux sont à la fois chlorurées sodiques et potassiques (**Fig. 3.15**).

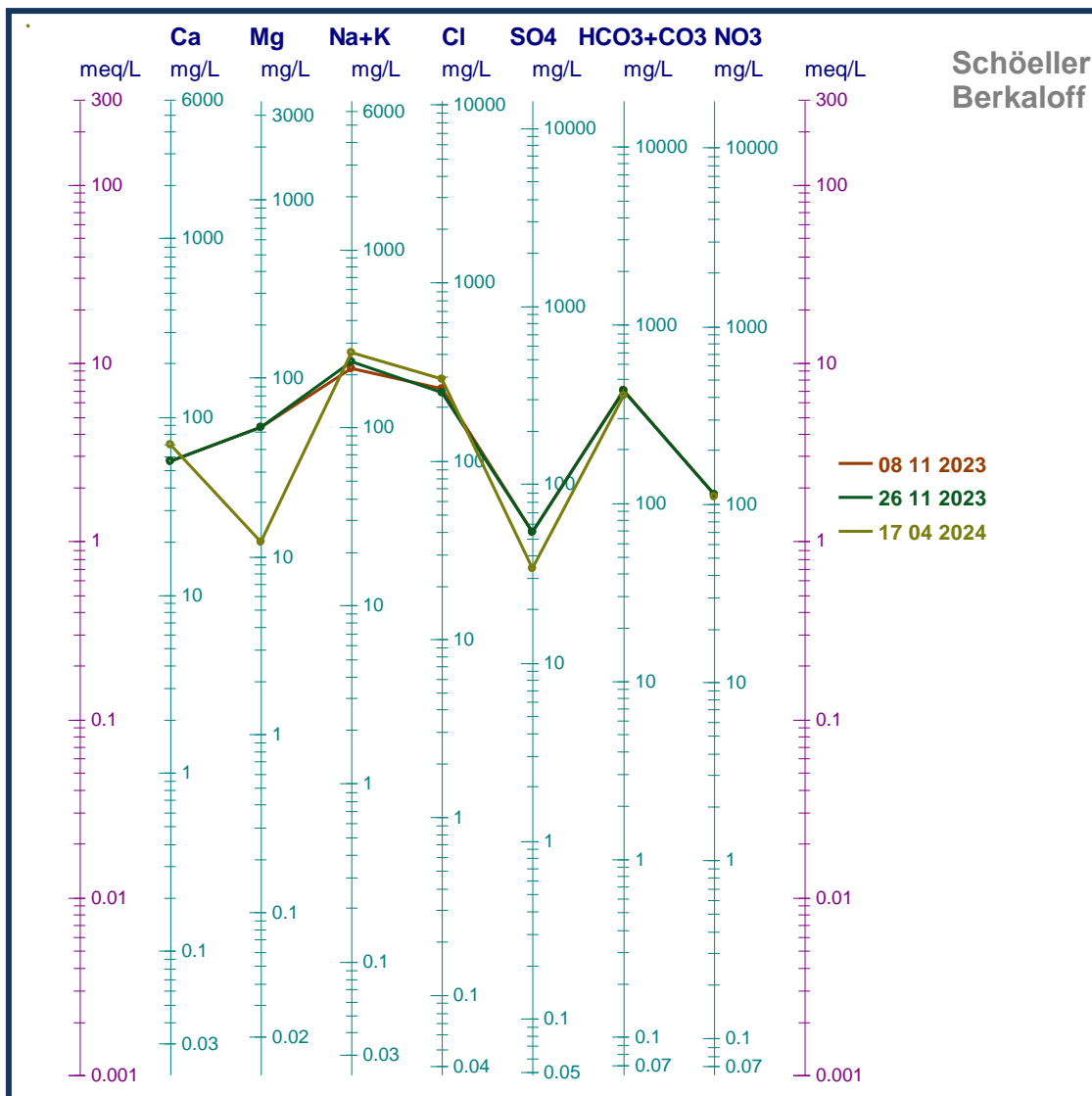


Fig. 3.15 : Diagramme de Schoeller et Berkaloff.

c. Classification de Stiff

Le diagramme de Stiff présente les analyses en deux axes différents, l'axe gauche présente les cations ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+}) et l'axe droit présente les anions (Cl^- , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$, $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$). Les valeurs utilisées sont exprimées en **meq/L**. L'analyse des résultats sur ce diagramme a révélé que ces eaux sont aussi à la fois chlorurées sodiques et potassiques (Fig.3.16).

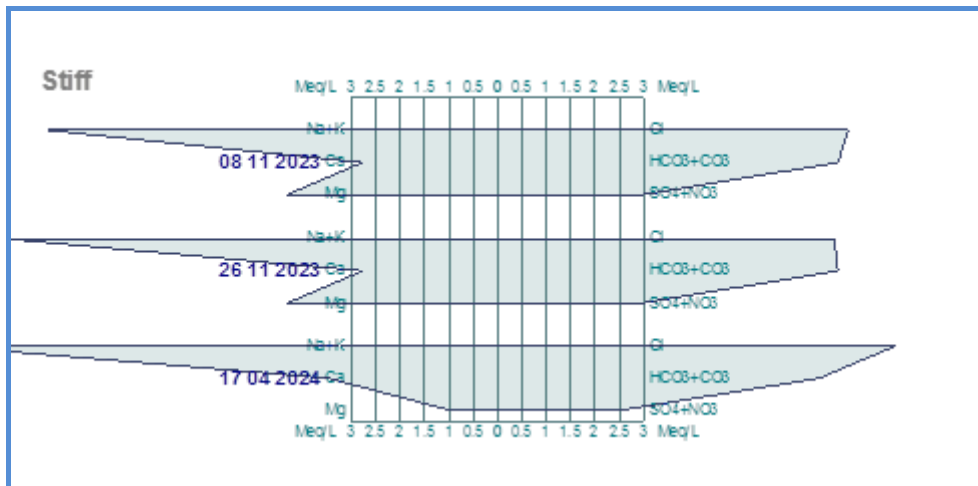


Fig. 3.16 : Diagramme de Stiff.

d. Classification de Stabler

Le diagramme de stabler est un outil utilisé pour une évaluation rapide des différentes concentrations d'une eau. Pour ce faire, les concentrations en meq/L des anions et des cations sont représentées sur deux barres ou colonnes distinctes de même longueur, exprimées en pourcentage.

L'analyse des résultats sur ce diagramme a révélé que ces eaux sont chlorurées sodiques (Fig.3.17).

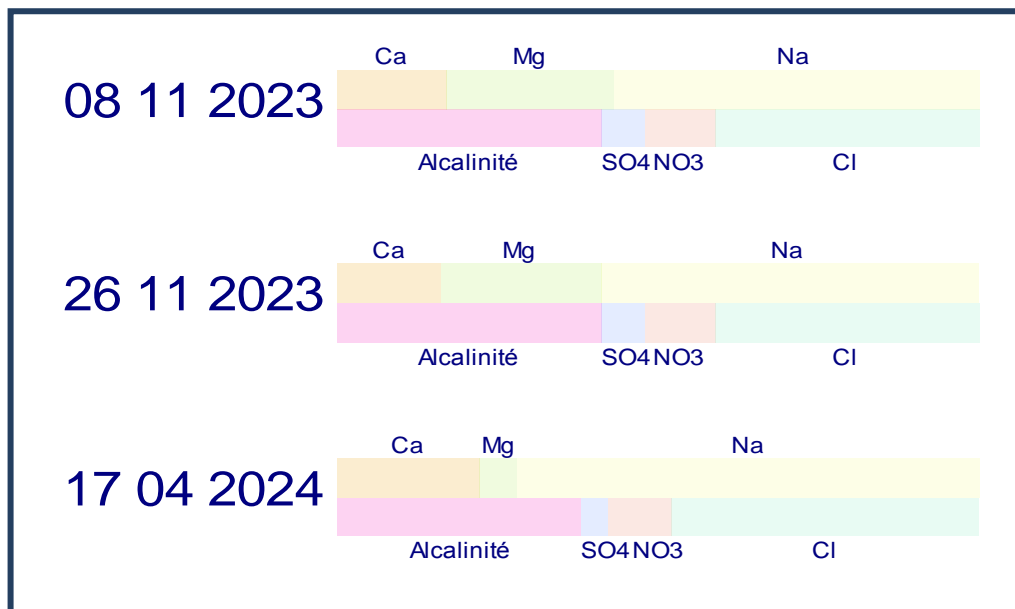


Fig. 3.17 : Diagramme de Stabler.

3.1.5.2. *Aptitude des eaux souterraines destinées à l'irrigation*

Pour évaluer l'aptitude des eaux de la source d'Ain Ben Teghla à l'irrigation, divers indices et diagrammes ont été utilisés, notamment :

- L'indice de Kelly's Ratio (Kr).
- Le pourcentage en sodium (% Na⁺).
- Sodium Adsorption Ratio (S.A.R).
- Diagramme de Wilcox.

a. **L'indice de Kelly's Ratio (KR)**

L'indice de Kelly's Ratio (KR) est représenté par le rapport des concentrations de Na⁺ (meq/L), et la somme de Ca²⁺ (meq/L) et de Mg²⁺ (meq/L). Il constitue une base pour la détermination de l'aptitude des eaux à l'irrigation (Paliwal K.V, 1967).

Une forte concentration en Na⁺ dans l'eau d'irrigation est jugée inadéquate pour son utilisation. Cette mesure est déterminée par la relation suivante :

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$$

Si le **KR** < 1 ⇒ L'eau est bonne pour l'irrigation ;

Si le **KR** > 1 ⇒ L'eau est mauvaise pour l'irrigation ;

Tableau 3.9 : Classification des eaux selon l'indice de KR.

Nom des échantillons	KR	Observation
1 (8/11/2023)	1.95	Qualité Mauvaise
2 (26/11/2023)	2.15	Qualité Mauvaise
3 (17/04/2024)	3.20	Qualité Mauvaise

L'application de cet indice sur le résultats des analyses a montré que ces eaux sont de qualité mauvaise pour l'irrigation (Tableau. 3.9)

b. **Sodium Adsorption Ratio (SAR)**

Le taux d'adsorption du sodium est une mesure relative à la présence de sodium (Na) comparativement à celle du calcium (Ca) et du magnésium (Mg) dans l'extrait aqueux de pâte de sol saturé. Il est calculé en divisant la concentration de Na⁺ par la racine carrée de la moitié de la somme des concentrations de Ca²⁺ et Mg²⁺.

Le SAR peut être déterminé par la formule suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}/2}}$$

S.A.R < 10 : Eau excellente : eau à faible danger d'alcalinisation des sols.

10 < S.A.R < 18 : Eau bonne, danger d'alcalinisation assez appréciable.

18 < S.A.R < 26 : Eau convenable : danger d'alcalinisation important.

S.A.R > 26 : Eau médiocre, danger de forte alcalinisation.

Tableau 3.10 : Classification des eaux selon le SAR

Echantillons	SAR
1	3,47
2	3,81
3	5,40

L'application de cet indice sur le résultats d'analyse a montré que ces eaux présentent un faible danger d'alcalinisation des sols (Tableau. 3.10)

c. Pourcentage en sodium et classification des eaux par la méthode de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. Le pourcentage du sodium (% Na) de l'eau est un paramètre utilisé dans l'évolution de l'aptitude des eaux à l'irrigation (wilox L.V., 1948 ; Tiwari T.N. et Manzoor A., 1988). Le pourcentage de sodium (% Na) peut être calculé par l'équation suivante :

$$\text{Na \%} = \frac{\text{Na}^{++} + \text{K}^+}{\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} * 100$$

Tableau 3.11 : Classification des eaux d'irrigation selon le % Na⁺.

Paramètre	Classe 1 Très bonne	Classe 2 Bonne	Classe 3 Admissible	Classe 4 Médiocre	Classe 5 Mauvaise
% Na ⁺	<20	20-40	40-60	60-80	>80
% Na ⁺ de la zone d'étude				66.19 68.26 76.22	

L'application de cette méthode sur les résultats d'analyse des eaux de cette source sont de qualité médiocre pour l'irrigation. Tandis que le rapport de ces résultats d'analyse sur le diagramme de Wilcox, et qui repose sur la conductivité électrique et le pourcentage de sodium dans l'eau a montré que ces dernières sont de qualité admissible pour l'irrigation (*Fig. 3.18*)

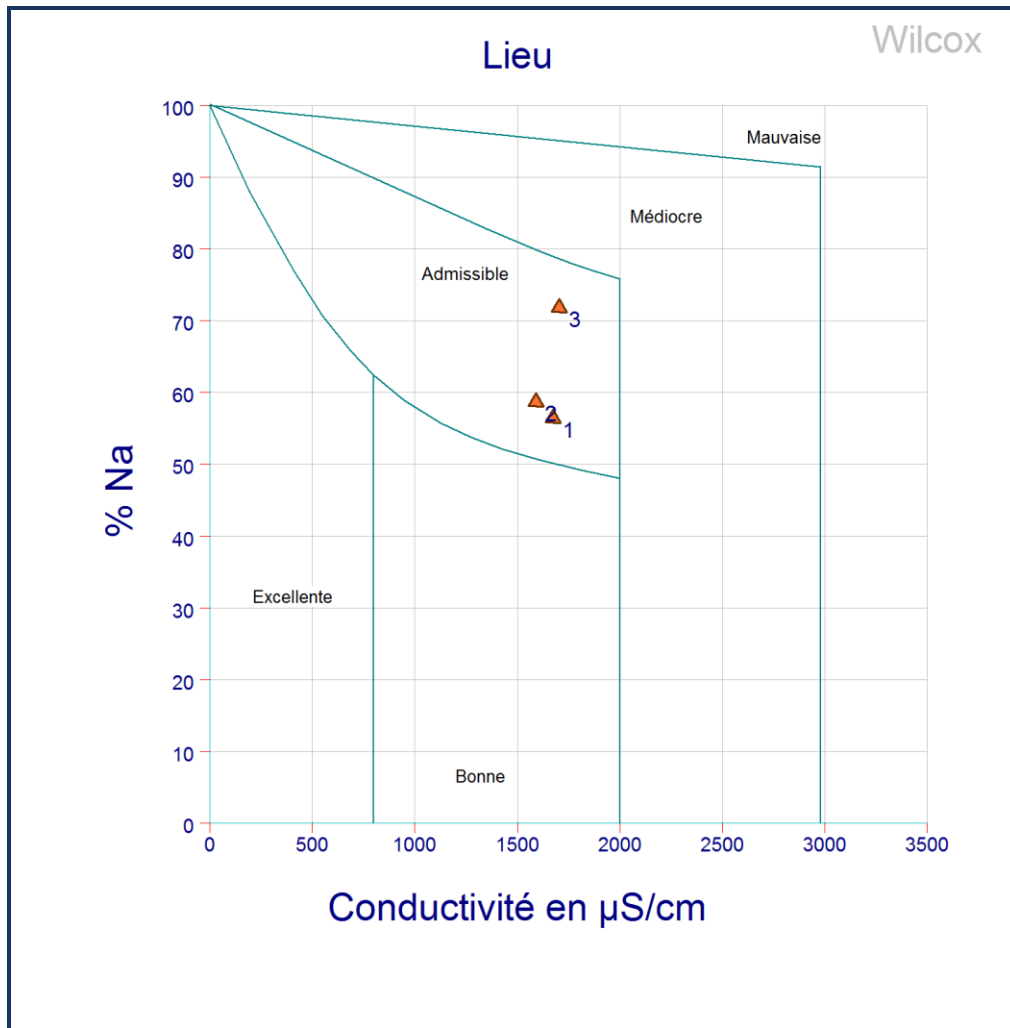


Fig. 3.18 : Diagramme de Wilcox.

3.1. Effet des eaux de la source d'Ain Ben Toghla sur les calculs rénaux

Malgré que les analyses chimiques ont montré que les eaux de cette source ont des concentrations en nitrates élevées, dépassant les normes admissibles algériennes pour la consommation humaine. Sa réputation ne cesse à dépasser les frontières de la région, où des hommes et des femmes venues d'un peu partout font la chaîne devant cette fontaine pour s'approvisionner de cette eau aux vertus thérapeutiques, connue par son pouvoir curative à travers l'altération des calculs qui demeurent au niveau des reins. Pour cela, cette étude s'impose pour dévoiler ce pouvoir.

3.2.1. Origine et type des calculs rénaux

La lithiase urinaire est une maladie multifactorielle qui aboutit à la formation de calculs dans la voie excrétrice urinaire. Les deux termes ne sont donc pas synonymes, le calcul étant la conséquence de la lithiase. L'objectif est donc de traiter les calculs et de porter ensuite le diagnostic étiologique de lithiase urinaire pour adapter la prise en charge et éviter les récives. Cette maladie affecte surtout le haut appareil urinaire, l'atteinte vésicale étant plus rare.

L'incidence de la lithiase urinaire a pratiquement triplé depuis le début du XX^e siècle. Cette évolution reflète les habitudes alimentaires des pays industrialisés avec une nette augmentation de la consommation de sel, de sucre et de protéines animales.

La lithiase oxalocalcique est la plus fréquente (**Tableau 3.12**).

Un calcul est un agglomérat de cristaux liés par une matière organique. La lithogénèse est l'ensemble des processus qui vont conduire au développement d'un calcul dans les voies urinaires. Il existe sept étapes. (Daudon M, 2008) :

- **La sursaturation urinaire** : l'excès de concentration d'une substance dans les urines par rapport aux capacités de dissolution de celles-ci. Ce phénomène est très important dans la lithogénèse.
- **La germination cristalline** : des germes cristallins se forment à partir des ions de la substance en solution dans l'urine.
- **La croissance cristalline** : les cristaux vont grossir en captant de nouvelles molécules pour arriver à former des particules plus volumineuses.
- **L'agrégation des cristaux** : conduit à la formation de particules plus volumineuses mesurant jusqu'à plusieurs centaines de microns.
- **L'agglomération cristalline** : apport de nouveaux cristaux pour former l'architecture du calcul.

- **La rétention des particules cristallines** : les particules cristallines vont être retenues dans le rein et croître pour conduire à la formation du calcul.
- **La croissance du calcul** : se fait à une vitesse variable, selon l'importance des anomalies physico-chimiques de l'urine.

Tableau 3.12 : Caractéristiques des principaux types de calculs (d'après Daudon M, 2008).

Composant majoritaire	Fréquence homme (%)	Fréquence femme (%)	Fréquence globale (%)	Densité (UH) scanner	Principal facteur favorisant
Oxalates de calcium	75	58	70		
Whewellite (monohydraté)	52	45	50	1 200–1 700	Hyperoxalurie
Weddellite (dihydraté)	23	13	20	900–1 300	Hypercalciurie
Phosphates de calcium	10	28	15		
Carbapatite (CA)	7	24	12	1 300–1 400	Hypercalcurie
Brushite	2	2	2,5	1 600–1 900	Hypercalciurie
Struvite	1	2	1,5	600–900	Infection urinaire
Présence de struvite (minoritaire)	4	12	6		
Acides uriques	11	7	10	350–500	pH urinaire acide
Urates	0,5	0,5	0,5		Hyperuricurie/pH urinaire alcalin
Cystine	1	3	1,5	600–850	Cystinurie
Protéines	1	1	1		
Médicaments	0,5	0,5	0,5		
Divers	1	2	1,5		

3.2.2. Anomalies du pH urinaire

- Le pH normal des urines est de 5,8 (Daudon.M, 2008).
- Un pH acide, autour de 5, favorise la formation des calculs d'acide urique, de cystine et d'oxalate de calcium.
- Un pH alcalin, autour de 7, favorise les calculs d'infection et les calculs phosphocalciques.

3.2.3. Anomalies anatomiques

Certaines anomalies anatomiques des reins ou de la voie excrétrice, telles que le syndrome de jonction pyélo-urétérale, le diverticule caliciel, le rein en fer à cheval, le méga-uretère, favorisent la stase urinaire et donc la formation des calculs en présence d'anomalies métaboliques sous-jacentes.

Il faut donc traiter le calcul, et l'anomalie anatomique, si cela est possible.

3.2.4. Nature et composition des calculs (Estrade V et al, 2017)

Un calcul est toujours le reflet de divers processus pathogènes. L'analyse morpho- constitutionnelle du calcul renseigne sur son origine. Tout calcul doit donc être analysé pour remonter au diagnostic étiologique de la maladie « la lithiase ».

3.2.4.1. Oxalates de calcium (mono- ou dihydratés)

Les oxalates de calcium sont des sels de calcium de l'acide oxalique (CaC_2O_4). Ils sont généralement sous forme de cristaux incolores ou blancs, et sont souvent présents dans les reins sous forme de calculs rénaux. Ils sont faiblement solubles dans l'eau, mais peuvent être solubilisés en présence d'acides, tels que l'acide chlorhydrique.

Ils existent sous deux formes. La plus fréquente est la forme monohydratée (whewellite) qui est liée à une concentration urinaire excessive en oxalates, l'hyperoxalurie. L'autre forme est dihydratée (weddelite) et principalement liée à une hypercalciurie.

3.2.4.2. Acides uriques

L'acide urique est un composé chimique organique composé d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Sa formule chimique est $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$. Il existe deux formes: monohydratée et, plus fréquemment, dihydratée. L'hyperacidité urinaire et à un degré moindre l'hyperuricurie en sont les principales causes de ces calculs.

L'acide urique est le produit final du métabolisme des purines, qui sont des composés azotés présents dans certains aliments et dans les cellules de l'organisme. Il est principalement synthétisé dans le foie et éliminé par les reins sous forme d'urine.

3.2.4.3. Calculs d'acide urique et urate

Les calculs d'acide urique et d'urate sont des dépôts solides qui se forment dans les voies urinaires ou les reins suite à une concentration excessive d'acide urique ou d'urate dans l'urine. Lorsque les niveaux d'acide urique ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$) dans l'urine sont trop élevés, ils peuvent précipiter et former des cristaux, qui peuvent par la suite se regrouper pour former des calculs d'acide urique. Les calculs d'urate, quant à eux, se forment à partir de sels d'urate, des sels d'acide urique et de bases azotées.

Les calculs d'origine urate se forment dans des urines plutôt alcalines. Le sel d'urate, également appelé urate, est le sel résultant de la réaction chimique entre l'acide urique et une base azotée, et qui peuvent se combiner pour former un sel insoluble.

3.2.4.4. Cystine

Les calculs de cystine sont des calculs rénaux composés principalement de cystine, un acide aminé soufré. La cystine est formée par une molécule de deux molécules de l'acide aminé cystéine ($C_3H_7NO_2S$) liées ensemble. Les calculs de cystine se forment lorsque la concentration de cystine dans l'urine atteint un niveau supérieur à celui que l'urine peut normalement dissoudre.

La composition chimique exacte des calculs de cystine peut varier, mais ils sont principalement constitués de cristaux de cystine, parfois associés à d'autres substances, telles que le calcium, l'oxalate et le phosphate, selon les conditions spécifiques de formation du calcul.

De par leur nature, les calculs de cystine ont une composition qui les rend moins solubles dans l'urine, ce qui les rend plus propices à la formation de dépôts solides dans les reins ou les voies urinaires. En raison de cette faible solubilité, les calculs de cystine ont tendance à se développer plus facilement et à être plus volumineux que d'autres types de calculs rénaux.

3.2.5. Analyse de l'impact des eaux de la source d'Ain Ben Toghla sur les calculs rénaux

Les calculs rénaux qui sont délivrés par le CHU de Sidi Bel Abbès, sont préalablement identifiés de point chimique au niveau de la faculté de Médecine au département de pharmacie /Tlemcen (**Voir Ttableau 3.13 et Fig. 3.19**)

Tableau 3.13 : Types des calculs rénaux.

Echantillons	Résultat
Échantillon 01	Oxalate de calcium
Échantillon 02	Cystine
Échantillon 03	Oxalate de calcium (weddelite type I)
Échantillon 04	Cystine
Échantillon 05	Acide urique et urate
Échantillon 06	Oxalate de calcium (weddelite type I)
Échantillon 07	Acide urique et urate

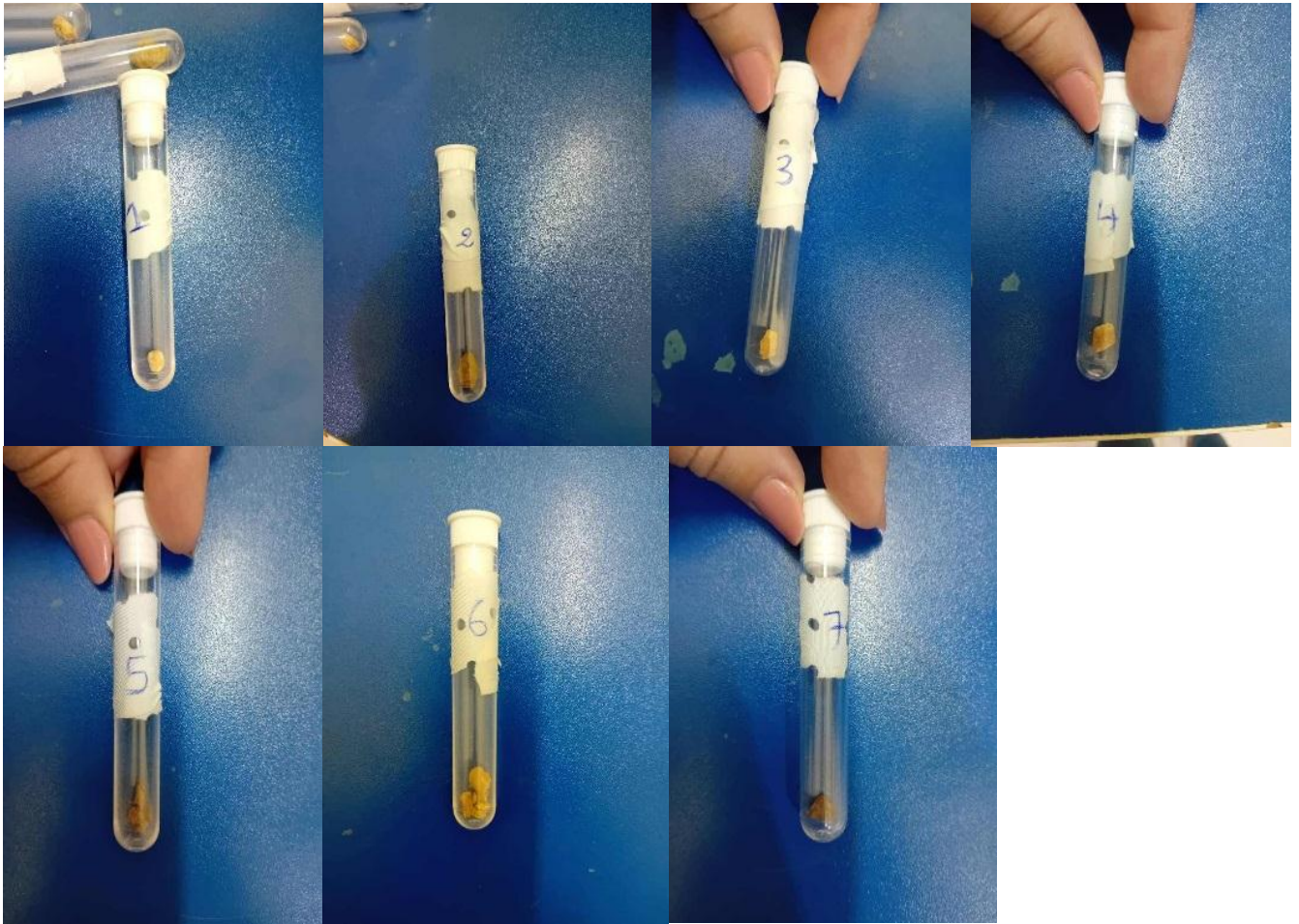


Fig. 3.19 : Numérotation des calculs rénaux.

3.2.5.1. Analyse de l'évolution du ratio conductivité/poids en fonction du temps

Après cette identification chimique, ces calculs ont été pesés et mis dans des béchers de même volume, puis on a procédé à mesurer l'évolution du ratio conductivité/poids. La prise de la mesure était chaque 5 minutes pour les 20 premières minutes, puis chaque heure, suivant l'intervalle (10h-16h) et cela pendant 09 jours.



Fig. 3.20 : Mesure de la conductivité électrique.

La mesure du ratio conductivité/poids pour chaque échantillon pendant cette période nous a montré que l'augmentation de ce dernier est plus importante au niveau de l'échantillon 1 (oxalate de calcium), suivie par l'échantillon n°7 (acide urique et urate), et en suite l'échantillon n°3, où ces ratios ont dépassé les 16000 $\mu\text{S}/\text{cm.mg}$.

La deuxième catégorie est celle où leurs ratios sont moins de 16000 $\mu\text{S}/\text{cm.mg}$. L'évolution la plus importante dans cette catégorie est au niveau de l'échantillon n°5 (acide urique), suivie par l'échantillon n°4 (cystine).

En fin, la troisième catégorie d'échantillon est celle où son ratio ne dépasse pas les 3000 $\mu\text{S}/\text{cm.mg}$. Dans cette dernière, les échantillons n°2 (cystine) et n°6 (oxalate de calcium) présentent une évolution identique du ratio conductivité/poids, en fonction du temps.

Aussi, le report du ratio conductivité/poids en fonction du temps nous a montré une augmentation du très prononcée, à partir de la cent-cinquantième heure et visiblement marquée au niveau de l'échantillon n°7.

La nette augmentation du rapport conductivité/poids observée pour l'échantillon n°1 contenant de l'oxalate de calcium et l'échantillon n°7 composés d'acide urique et d'urate indique une dissolution significative de ces derniers, par rapport aux autres échantillons.

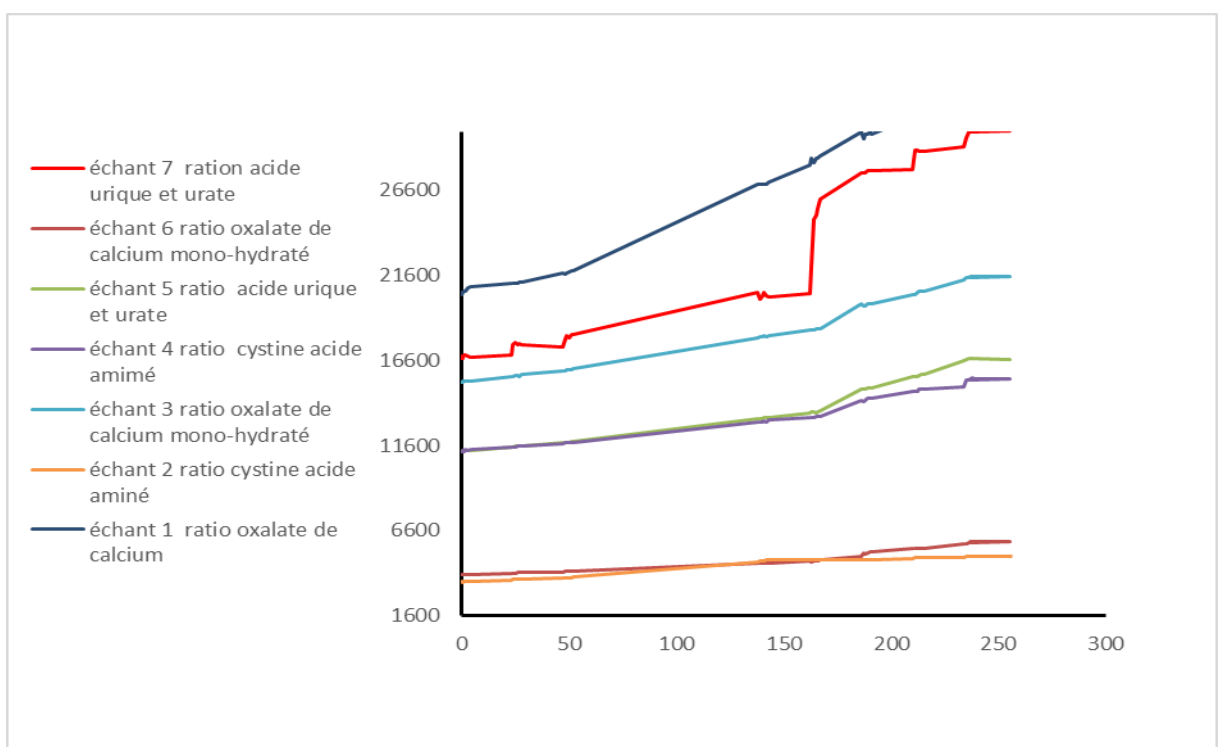


Fig. 3.21 : Variation du ratio conductivité/poids, en fonction du temps (Eaux de la source d'Ain Ben Teghla).

3.2.5.2. Analyse de l'évolution du poids des échantillons, après la mesure de la conductivité

Après la mesure de la conductivité, ces échantillons sont séchés à l'air libre pendant 72 heures et puis pesés (**Tableau 3.14**).

La perte de poids significative observée dans l'échantillon n°2 suggère que cette eau réagit efficacement avec les calculs de type Cystine. En revanche, les autres échantillons ont montré soit une augmentation de leur poids (échantillon 1) soit une variation très faible, probablement due à une hydratation des échantillons (**Tableau 3.14**).

Tableau 3.14 : Evolution du poids des échantillons avant et après la mesure de la conductivité

Poids avant la mesure de la conductivité							
Échantillons	Ech n°1	Ech n°2	Ech n°3	Ech n°4	Ech n°5	Ech n°6	Ech n°7
Poids	0,078	0,449	0,105	0,143	0,143	0,403	0,096
Poids après séchage à l'air libre							
Poids	0,195	0,268	0,08	0,132	0,138	0,387	0,095
Variation de poids	-0,117	0,181	0,025	0,011	0,005	0,016	0,001

3.2.6. Analyse de l'impact des eaux minérales de Mansourah sur les calculs rénaux

Afin de comparer l'effet des eaux de la source d'Ain Ben Teghla avec celles de l'eau minérale de Mansourah, un suivi de l'évolution du ratio conductivité/poids des calculs étudiés précédemment. Ce suivi nous a montré une légère variation de la conductivité pendant les quatre jours, cela nous mène à dire que l'interaction des eaux minérales de Mansourah avec les calculs rénaux est faible (**voir fig n° 3.22**).



Fig. 3.22 : Mesure de la conductivité électrique.

Aussi, la variation de la masse des calculs avant et après leur mise dans les eaux minérales de Mansourah étaient faible pour tous ces échantillons (**Voir tableau 3.15**).

Tableau 3.15 : Poids après la mesure de la conductivité et séchage à l'air libre.

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7
Poids	0,188	0,258	0,071	0,128	0,137	0,382	0,095
Variation de poids	0,007	0,01	0,009	0,004	0,001	0,005	0

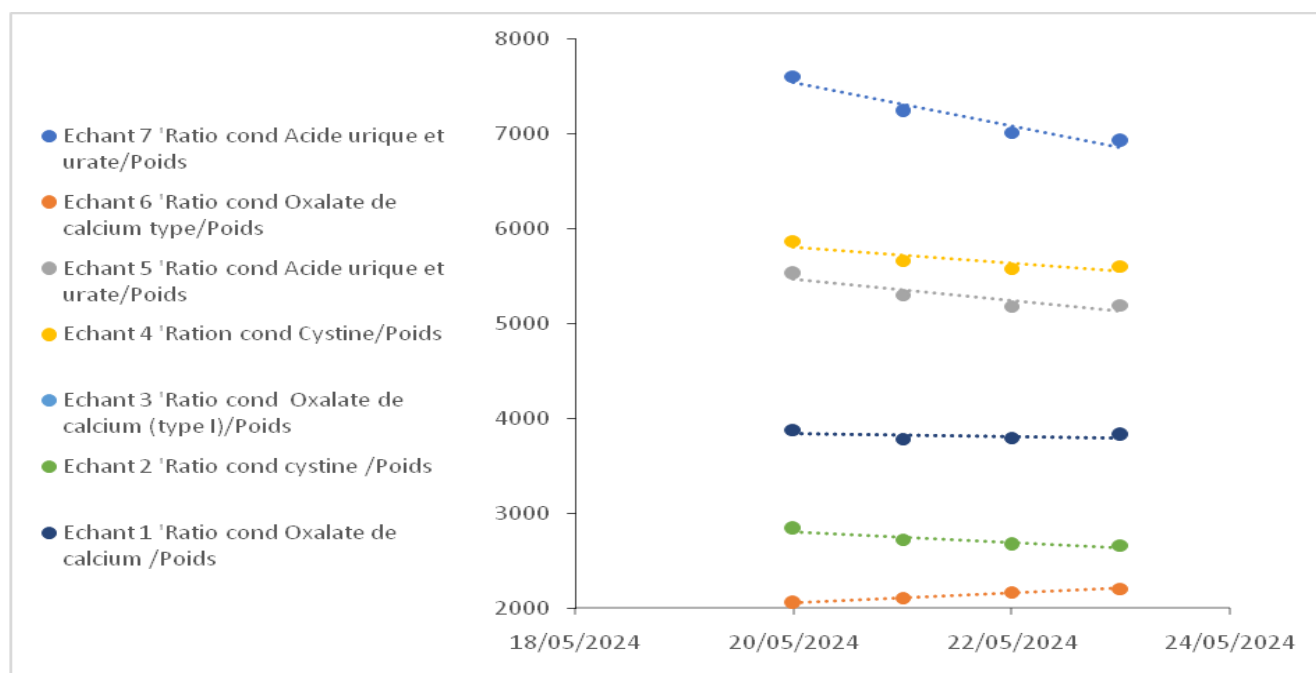


Fig.3.23 : Variation du ratio conductivité/poids en fonction du temps (Eaux minérales de Mansourah).

3.2. Conclusion

L'étude qualitative de l'eau de la source Ben Toghla a révélé les résultats suivants :

- D'après les différents diagrammes de Piper, Scholler-Berkaloff, Stiff et Stabler, un type de faciès chimiques a été identifié : **Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique.**
- D'un point de vue potabilité, la majorité des paramètres des trois analyses sont conformes aux normes de potabilité algériennes, à l'exception du sodium et des nitrates qui dépassent les normes. Par conséquent, l'eau de cette source n'est pas potable pour la consommation humaine.
- Concernant l'irrigation, en utilisant des indices comme le pourcentage en Na^+ , le Kr et des diagrammes, nous avons obtenu les résultats suivants :

- ✓ Le Kr : l'eau de la source est de qualité mauvaise pour l'irrigation dans les 03 analyses.
- ✓ Le % en Na^+ calculé a montré que les 03 analyses de la source sont de qualité médiocre pour l'irrigation.
- ✓ Le diagramme de Wilcox a montré que les eaux de la source d'Ain Ben Toghla ont une qualité admissible pour l'irrigation

L'analyse de l'évolution du rapport entre la conductivité et le poids sur une période de neuf jours, ainsi que les variations de la masse des calculs, suggère que les calculs de type cystine de l'échantillon 2 répondent de manière efficace aux eaux de la source d'Ain Ben Toghla, par rapport aux autres types de calculs initialement définis. De plus, il est démontré que même si les échantillons 1, 3, 4, 5, 6 et 7 présentent un rapport plus élevé que l'échantillon 2, ils ont subi une hydratation, ce qui rend les eaux d'Ain Ben Toghla non recommandées pour ces types de calculs.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La présente étude menée sur la région de Dar Bentata : source d'Ain BenTeghla a fait ressortir ce qui suit :

Le climat est semi-aride, avec des précipitations annuelles moyennes de 311,20 mm et une température mensuelle moyenne de 17,98°C.

Les températures moyennes maximales sont atteintes en août et juillet (26,59°C et 25,95°C), tandis que les températures moyennes minimales sont enregistrées en janvier (10,88°C).

La méthode des courbes pluvio-thermiques a permis d'identifier une période sèche allant de la mi-mars à octobre, et une période humide couvrant les autres mois de l'année. Les résultats des calculs du bilan hydrique montrent que :

- ✓ L'évapotranspiration potentielle est d'environ 901,06 mm.
- ✓ L'évapotranspiration réelle annuelle est de 311,20 mm.
- ✓ Le déficit hydrique agricole atteint 589,86 mm.

La synthèse géologique de la région étudiée révèle une histoire complexe et diversifiée marquée par plusieurs phases de sédimentation et d'activités tectoniques. Les affleurements principaux, allant du Miocène au Mio-Pliocène, surmontent des formations plus anciennes du Jurassique supérieur et du Permo-Trias, illustrant une succession de dépôts et d'épisodes discordants. La totalité de la région caractérisée par des déformations souples (plis) et d'autres cassantes (failles) liées à de nombreuses phases tectoniques compressives.

Du point de vue hydrogéologique, plusieurs formations présentent des caractéristiques aquifères notables. Les granites de Nédroma et les calcaires des Traras, bien qu'ils sont fissurés, offrent un potentiel réduit. En revanche, les dolomies de Tlemcen, fortement karstifiées, constituent un réservoir d'eau important. Malgré leurs discontinuités, les formations du Mio-Plio-Quaternaires offrent des ressources en eau significatives.

L'étude qualitative des eaux de la source Benteghela a révélé les résultats suivants :

✓ D'après les différents diagrammes de Piper, Schoeller-Berkaloff, Stiff et Stabler, un type de faciès chimique a été identifié : « Chlorurée sodique et potassique ou sulfaté sodique ».

✓ Du point de vue potabilité, la majorité des paramètres des trois analyses sont conformes aux normes de potabilité algériennes, à l'exception du sodium et des nitrates qui dépassent les normes. Par conséquent, l'eau de cette source n'est pas potable pour la consommation humaine.

Concernant l'irrigation, en utilisant des indices comme le pourcentage en Na^+ , le Kr et des diagrammes :

✓ D'après les résultats du Kr, l'eau de la source est de qualité mauvaise pour l'irrigation dans les 03 analyses.

✓ Le % en Na^+ calculé a montré que les 03 analyses de la source sont de qualité médiocre pour l'irrigation.

✓ Le diagramme de Wilcox a fait ressortir une classification pour les 03 analyses de la source : « Admissibles ».

L'analyse de l'évolution du rapport entre la conductivité et le poids sur une période de neuf jours, ainsi que les variations de la masse des calculs, suggère que les calculs de type cystine de l'échantillon 2 répondent de manière efficace aux eaux de la source d'Ain Ben Teghla, par rapport aux autres types de calculs initialement définis. De plus, il est démontré que même si les échantillons 1, 3, 4, 5, 6 et 7 présentent un rapport plus élevé que l'échantillon 2, ils ont subi une hydratation, ce qui rend les eaux d'Ain Ben Teghla non recommandées pour ces types de calculs.

Les recommandations :

1) Bien que la procédure expérimentale a été menée sans tenir compte de l'influence des conditions internes du corps humain ou se déroulent les interactions entre l'eau et les calculs rénaux, il est recommandé d'inclure ces conditions, notamment :

- La T°
- Le pH
- Les enzymes présentes dans les reins,

2) Traitement des eaux de ain BenTeghla des nitrates par l'ADE avant consommation humaine, bien qu'elle est efficace pour l'altération des calculs mais néfaste pour la santé

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

AHMED AMMAR Y. (2014) -Gestion des ressources en eau dans la commune de Ghazaouet. Mém.Master. Univ Tlemcen.62p.

AMEUR M. (1988) -Etude stratigraphique et sédimentologique du Jurassique inférieur et moyen de la partie orientale de la chaîne du Fillaoussène. Thèse Doctorat d'Etat, Univ, Oran, 192 p.

ANRH (2008) - Agence Nationale des Ressources Hydriques de Tlemcen.

BENALI H. (2007) - Les minéralisations associées aux roches magmatiques tertiaires du Nord de l'Algérie : typologie, pétrologie, cadre géodynamique et implication métallogénique, Thèse Doctorat d'Etat pétrologie-structurale, USTHB (Alger) ,175p.

BELKACEM H. et MENDI I. (2020) -Contribution a l'étude qualitative de quelques sources dans la region de Ghazaouet et de Nedroma (nord-ouest algerien). Mém.Master. Univ Tlemcen.

CHEBEL F. et AKERMOUN T. (2020) -Typologies des déformations synsédimentaires de la région de M'Sirda – Bidder. Wilaya de Tlemcen, Oranie occidentale. Mém.Master.

CHEKOUKI Z. & BELGUERNA A. (2012)- In MEMOIRE Présenté par BELKACEM HOUARIA & MENDI IMAKNE - Contribution a l'étude qualitative de quelques sources dans la region de Ghazaouet et de Nedroma (Nord-Ouest Algerien) Mém.Master. Univ Tlemcen.58p.

DAUDON M. et TRAXER O. et LECHEVALLIER E. et SAUSSINE C. -
Épidémiologie des lithiases urinaires.Prog Urol 2008 ; 18(12) : 802–14.

ESTRADE V. et DAUDON M. et TRAXER O. et MERIA P. -Pourquoi l'urologue doit savoir reconnaître un calcul et comment faire ? Les bases de la reconnaissance endoscopique. Prog Urol – FMC 2017 ; 27 : F26-F35.

GUARDIA P. (1970) - Etude structurale de Djebel Fellaoucène et aperçu sur la tectogenèse atlasique dans l'autochtone oranais (Algérie occidentale). Bull. Soc. Géol. Fr., Paris, sér.7, t. XII, pp. 220-226.

GUARDIA P. (1975) - Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Thèse de doctorat en géologie. Université de Nice (France). 289p.

NOUAD A. et MERZOUG A. (2017) -Cartographie et pétrographie du massif gabbrodioritique de la région de Sidi Sofiane et litho- stratigraphie des formations sédimentaires associées (Monts des Traras ; Oranie - Algérie). Mém.Master. Univ.Tlemcen.69p.

RODIER J. (2009) - L'analyse de l'eau : eaux naturelles 9ème édition, Dunod, Paris, 1383P.

Site web:

<https://www.Google.com>

ملخص

تم تخصيص هذا المشروع النهائي لدراسة لتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لنوع بن تغلا بمنطقة دار بن طاطا بالغزوات تنتمي المنطقة المدروسة الى مناخ شبه جاف، و يتميز بمتوسط هطول سنوي قدره 311.20 ملم و متوسط درجة حرارة شهرية 17.98 درجة مئوية. يكشف التركيب الجيولوجي عن تاريخ غني و معقد، يتميز بعدة مراحل من الترسيب و الانشطة التكتونية. التتواتر الرئيسية، التي يعود تاريخها الى العصر الميوسيني الى العصر البليوسيني، تستقر على تكوينات أقدم من العصر الجوراسي العلوي و العصر البرمائى الترياسي. تظهر هذه الطبقات متتالية من الرواسب و الاحداث المتناثرة، نتيجة للنشاط التكتوني الذي اثر على المنطقة بأكملها. ويتميز هذا بالتشوهات المرنة (الطيّات) و الهشة (العيوب)، الناتجة عن المراحل التكتونية الضاغطة العديدة. وعلى الجاني الهيدروجيولوجي، تتمتع العديد من التكوينات في المنطقة بخصائص مميزة لطبقة المياه الجوفية، الجرانيت في ندروما و الحجر الجيري في تراراس، عى الرغم من تشققهما، يقمان امكانيات محدودة. من ناحية اخرى، تشكل الدولوميت بتلمسان، شديدة الكارستية، خزانا رئيسيا للمياه. كما توفر تكتلات الميوسين السفلى و تكوينات الميوسين الميوسيني، على الرغم من انقطاعها. و كذلك الطمي الرباعي، موارد مائية كبيرة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية لينوع بن تغلا في منطقة دار بن طاطا في الغزوات. وقد سمح لنا تقرير العناصر الكيميائية في مخططات شولر-بيركالوف وستابلر وسيف بتصنيف المياه إلى سحنة واحدة: كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم أو كبريتات الصوديوم. أما مخطط باير فيصنف مياه النبع إلى فئة: كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم أو كبريتات الصوديوم.

وفيما يتعلق بالامتثال للمعايير الجزائرية، فإن غالبية معايير التحليلات الثلاثة تحترم العتبات، باستثناء الصوديوم والنترات التي تتجاوزها.

لرئي مؤشرات مختلفة مثل:

- ✓ تشير نسبة Na^+ المحسوبة إلى أن المصدر ذو نوعية رديئة للرئي؛
- ✓ حسب نتائج Kr فإن المصدر ذو نوعية رديئة؛
- ✓ أظهر مخطط ويلكوكس من خلال 03 تحليلات أن هذه المياه مقبولة.

ويشير تحليل تطور نسبة التوصيل إلى الوزن على مدى تسعة أيام، فضلا عن التغيرات في كتلة الحجاره، إلى أن الحجاره من نوع السبستين في العينة 2 تتفاعل بشكل فعال مع مياه نبع عين بن تغلا، مقارنة بأنواع أخرى من الحسابات المحددة في البداية. و علاوة على ذلك، فقد ثبت أنه على الرغم من أن العينات 1 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 لديها نسبة أعلى من العينة 2، إلا أنها خضعت للترطيب، مما يجعل مياه عين بن تغلا غير موصى بها لهذه الأنواع من الحسابات.

الكلمات الرئيسية: بنتغلا- غزاوة- ينبوع- المعايير الفيزيوكيميائية- الرسوم البيانية- المعايير الجزائرية- حصى الكلى.

Résumé

Ce projet de fin d'études est consacré à évaluer la qualité physico-chimique de la source de Ben Teghla dans la région de Dar Bentata, à Ghazaouet.

La région étudiée appartient à un climat semi-aride, caractérisé par une moyenne annuelle de précipitations de 311,20 mm et une température mensuelle moyenne de 17,98°C.

La synthèse géologique révèle une histoire riche et complexe, marquée par plusieurs phases de sédimentation et d'activités tectoniques. Les affleurements principaux, datant du Miocène au Mio-Pliocène, reposent sur des formations plus anciennes du Jurassique supérieur et du Permo-Trias. Cette stratigraphie montre une succession de dépôts et d'épisodes discordants, conséquence de l'activité tectonique qui a affecté toute la région. Celle-ci est caractérisée par des déformations flexibles (plis) et cassantes (failles), résultant de nombreuses phases tectoniques compressives.

Du côté hydrogéologique, plusieurs formations de la région présentent des caractéristiques aquifères remarquables. Les granites de Nédroma et les calcaires des Traras, bien que fissurés, offrent un potentiel limité. En revanche, les dolomies de Tlemcen, fortement karstifiées, constituent un réservoir d'eau majeur. Les conglomérats du Miocène inférieur et les formations mio-pliocènes, malgré leur discontinuité, ainsi que les alluvions quaternaires, fournissent également des ressources en eau significatives.

Le report des éléments chimiques sur les diagrammes de Schoeller-Berkaloff, Stabler et Siff nous a permis de classer les eaux en un seul faciès : Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique. Quant au diagramme de Piper, il classe les eaux de la source dans la catégorie : Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique.

En ce qui concerne la conformité aux normes algériennes, la majorité des paramètres des trois analyses respecte les seuils, sauf le sodium et les nitrates qui les dépassent.

Pour l'irrigation, divers indices, tels que :

- ✓ Le pourcentage en Na^+ calculé indique que la source est de qualité médiocre pour l'irrigation;
- ✓ Selon les résultats du Kr, la source est de qualité mauvaise;
- ✓ Le diagramme de Wilcox a révélé à travers les 03 analyses que ces eaux sont admissibles.

L'analyse de l'évolution du ratio conductivité/poids sur une période de neuf jours, ainsi que les variations de masse des calculs, suggère que les calculs de type cystine de l'échantillon 2 réagissent de manière efficace aux eaux de la source d'Ain Ben Teghla, comparativement aux autres types de calculs initialement définis. De plus, il est démontré que même si les échantillons 1, 3, 4, 5, 6 et 7 présentent un ratio plus élevé que l'échantillon 2, ils ont subi une hydratation, ce qui rend les eaux d'Ain Ben Teghla non recommandées pour ces types de calculs.

Mots clés : Source de Benteghla- Dar Ben Tata - Paramètres physico chimiques-Normes algériennes- calculs renaux.

ABSTRACT

This end-of-study project is dedicated to evaluating the physico-chemical quality of the Ben Teghla spring in the Dar Bentata region of Ghazaouet. The study region has a semi-arid climate, with an average annual rainfall of 311.20 mm and an average monthly temperature of 17.98°C.

The main outcrops, dating from the Miocene to the Mio-Pliocene, rest on older formations from the Upper Jurassic and Permo-Triassic. This stratigraphy shows a succession of deposits and discordant episodes, a consequence of the tectonic activity that has affected the entire region. This is characterized by flexible (folds) and brittle (faults) deformations, resulting from numerous compressive tectonic phases.

On the hydrogeological side, several formations in the region have remarkable aquifer characteristics. The granites of Nédroma and the limestones of Traras, although cracked, offer limited potential. On the other hand, the Tlemcen dolomites, which are highly karstified, constitute a major water reservoir. The conglomerates of the Early Miocene and the Mio-Pliocene formations, despite their discontinuity, as well as the Quaternary alluvium, also provide significant water resources.

The transfer of the chemical elements to the Schoeller-Berkaloff, Stabler and Siff diagrams allowed us to classify the waters into single facies: sodium chloride and potassium or sodium sulphate. As for Piper's diagram, it classifies the water from the spring into a broad category: Sodium chloride and potassium or sodium sulphate. As far as drinkability is concerned, the majority of the parameters of the three analyses comply with Algerian standards, except for sodium and nitrates, which exceed them. As far as irrigation is concerned, various indicators, such as: The percentage of Na^+ calculated indicates that the spring is of mediocrative quality, according to the results of the Kr, the spring is of poor quality for irrigation.

The Wilcox diagram revealed through the 03 analyses that these waters are admissible for irrigation. Analysis of the evolution of the conductivity-to-weight ratio over a nine-day period, as well as the variations in the mass of the stones, suggests that the cystine-like stones in sample 2 react effectively to the waters of the Ain Ben Teghla spring, compared to the other types of calculations initially defined. In addition, it is shown that even though samples 1, 3, 4, 5, 6 and 7 have a higher ratio than sample 2, they have undergone hydration, which makes the waters of Ain Ben Teghla not recommended.

Keywords: Benteghla source- Dar Ben Tata- Physico-chemical parameters-physico chemical analyses- kidney stones.