

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث 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 Sciences de la Terre et de l'Univers.**

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du Diplôme de
MASTER en Hydrogéologie

Présenté par :

•MUSTAPHA BELACHOUI.

• IMENE DALI YUCEF.

Contribution à l'étude qualitative de l'eau de source el malhaRemchi, Tlemcen.

Soutenu le, devant le jury composé de :

Président	GUETTAIA Sabrine	M.C.B	Université de Tlemcen
Examinatrice	KERZABI Soumia	M.C.A	Université de Tlemcen
Encadrant	CHIKH Mourad	M.A.A	Université de Tlemcen

Année universitaire 2022/2023.

Remerciements

Nous remercions le Bon Dieu le Tout Puissant de nous avoir guidé et donné la foi et le courage pour accomplir ce travail.

Nous remercions

Mr. CHIKH Mourad

Nos encadreurs, dont leurs directions et leurs judicieux conseils nous ont accompagnés tout au long de ce travail.

Nous transmettons nos sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail et qui nous ont fait l'honneur de le juger.

Enfin, nos enseignants et tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire.

Qu'ils trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements.

Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec beaucoup d'amour, de sincérité et de fierté :

- *À mes parents, maman et papa, qui m'ont toujours guidé*

Je me sens si fier ils n'ont jamais hésité à me soutenir dans ma vie et dans mes études,

Je leur souhaite une longue et heureuse vie.

- *À mes chers frères,*

À tous les membres de ma famille,

- *À mon binôme : **Imene Daliyoucef**, je lui souhaite une bonne continuation.*

- *À tous mes amis de la promotion Master 2/Hydrogéologie 2022/2023,*

- *À tous mes collègues.*

BelachouiMustapha

Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

À toute ma famille et surtout à maman chérie, mon père,

*À mon très cher frère : **Nouredin**,*

*Ils m'ont toujours transmis le sentiment de la fierté et n'ont jamais hésité à me soutenir dans ma vie
et dans mon parcours d'études.*

À tous mes amis.

*À mon binôme : **BelachuiMustapha**,*

Je lui souhaite une bonne continuation.

À toutes mes amies ; À toute la promotion 2022/2023 du Master 2 Hydrogéologie.

ImeneDaliyoucef

ملخص

المساهمة في الدراسة النوعية للمياه منبوع المالحة

(رمشي تلمسان)

يقع منبع المالحة في منطقة رمشي في ولاية تلمسان. يعتمد البحث على دراسة جودة المواد الفعالة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية. بتاريخ 18-4-2023 تم إجراء تحليل ميكروبيولوجي لتوضيح حالة المياه من نبع شعب المرابطين. وقد لوحظ أن العدد الإجمالي للبكتيريا لم يتجاوز المعايير المعتمدة. تعد مستويات الملوحة (خاصة الصوديوم والكلور) مناسبة للري الزراعي. تم تطبيع القيم حسب الجريدة الرسمية الجزائرية. يصنف مخطط بايير مياه منطقة الدراسة عن طريق النظام الهيدروغرافي ، بما في ذلك الكلوريد وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم

. وفقاً لمخطط بيركالوف ، يسود كلوريد الصوديوم. أظهر تقدير الاحتياجات من مياه الري باستخدام مؤشرات مثل rNa K أنها مؤهلة للري الوسيط. يوضح الرسم البياني ريفارسيد أن مياه نبع مياه شعبة المرابطين مصنفة IS-3C (جودة مقبولة) للري. بعد تحليل ومراجعة النتائج توصلنا إلى أن الماء مناسب للاستخدام. الكلمات المفتاحية : الجودة، شعبة المرابطين الرمشي، التحليل الفيزيائي و الكميائي و بيولوجي قابلية الشرب، الري، رسم تخطيطي .

Summary

CONTRIBUTION TO THE QUALITATIVE STUDY OF EL MALHA SPRING WATERS (Ramchi, Tlemcen).

The Malha spring is located in the region of Remchi in the wilaya of Tlemcen. Research based on the study of the quality of physical, chemical and microbiologically active substances. on 04/18/2023 a microbiological analysis was carried out to clarify the state of the water from the EL malha spring waters. It was seen that the total number of bacteria did not exceed the approved criteria. Salinity levels (especially sodium and chlorine) for agricultural irrigation are appropriate. The values are normalized according to the Algerian Official Journal. The Piper diagram categorizes the waters of the study area, including chloride, calcium sulphate and magnesium.

According to SHOELLER-BERKALLOF, sodium chloride predominates.

Estimation of irrigation water requirements using indicators such as % Na^+ and Kr revealed that they are qualified for intermediate irrigation. The RIVERSIDE diagram shows that the water from the Chaabet el Merabtene spring is classified C3-S1 (acceptable quality) for irrigation. After analyzing and reviewing the results, we concluded that the water is suitable for use.

Keywords: quality, source el malha "remchi", analyse physico-chemical, analyse bacteriological potability, irrigation, diagram.

RESUME

CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DU SOURCE EL MALHA (REMCHI, TLEMCEM).

La source Malha est située dans la région de Remchi dans la wilaya de Tlemcen. Les recherches basées sur l'étude de la qualité des substances physiques, chimiques et microbiologiquement actives. Le 18/04/2023 une analyse microbiologique a été réalisée pour clarifier l'état de l'eau de la source el malha. On a vu que le nombre total de bactéries ne dépassait pas les critères approuvés. Les taux de salinité (en particulier le sodium et le chlore) pour l'irrigation agricole sont appropriés. Les valeurs sont normalisées selon le Journal officiel algérien. Le diagramme Piper catégorise les eaux de la zone d'étude, incluant le chlorure, le sulfate de calcium et le magnésium.

Selon SHOELLER-BERKALLOF, le chlorure de sodium prédomine.

L'estimation des besoins en eau d'irrigation à l'aide d'indicateurs tels que le % de Na^+ et le K^+ a révélé qu'ils sont qualifiés pour une irrigation admissible. Le schéma RIVERSIDE montre que l'eau de la source el malha est classée C3-S1 (qualité admissible) pour l'irrigation. Après avoir analysé et examiné les résultats, nous avons conclu que l'eau est adaptée à l'utilisation.

Mots clés : qualité, source el malha "remchi", analyse physico-chimique, analyse bactériologique, potabilité, irrigation diagramme.

Liste des abréviations

T :	La Température Annuelle moyenne.
TM :	La Température maximale moyenne annuelle.
Tm :	La Température minimale moyenne annuelle.
PP :	Pluie ou neige précipitations totales annuelles.
V :	Vitesse moyenne annuelle du vent.
RA :	Nombre de jours avec pluie.
SN :	Nombre de jours avec neige.
TS :	Nombre de jours avec orage.
FG :	Nombre de jours de brouillard.
TN :	Nombre de jours avec tornade.
GR :	Nombre de jours de grêle.

Listes des Figures :

Chapitre 01	
Figure 01 :	Situation géographique du bassin de la tafna (nW – algérie).AbderrazakBouanani.
Figure 02	Situation géographique du la zone d'étude.(source el malha)
Chapitre 02	
Figure 03	Variations des précipitations moyennes annuelles à la station De Zenata (1995-2022).
Figure 04	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata.
Figure 05	Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Zenata.
Figure 06	Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station deZenata (1995-2022).
Figure 07	Diagramme pluviaux-thermique de la station de Zenata (1995-2022).
Figure 08	Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.
Figure 09	Climagramme d'Emberger.
Figure 10	Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT)
Figure 11	Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P. VERDEIL, 1988).
Chapitre 03	
Figure 12	Carte géologique du bassin de la Tafna (Oran)

Figure 13	Carte géologique de la région d'étude (source el malha).
Figure 14	Schéma représentatif le sens d'écoulement vers la source
Figure 15	Coupe géologique de la source étudiée
Figure 16	Carte des potentiels hydrogéologiques bassin de la TAFNA
Chapitre 04	
Figure 17	PH mètre.
Figure 18	Conductimètre.
Figure 19	Thermomètre
Figure 20	Moment d'échantillonnage.
Figure 21	temps de prévisualisation.
Figure 22	NaOH ; 90 cc (ml) d'eau Distillée et Murexide.
Figure 23	Moment de mélange
Figure 24	Coloration avant dosage Cl⁻—Figure VI.10 : Coloration après dosage Cl⁻
Figure 25	Les étapes de dosage (Ca²⁺ + Mg²⁺)
Figure 26	Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF
Figure 27	Diagramme de Piper
Figure 28	Escherichia Coli
Figure 29	Entérocoques
Figure 30	Spores anaérobies sulfatoréductrices
Figure 31	Coliformes totaux
Figure 32	Diagramme de WILOX
Figure 33	Diagramme de RIVERSIDE.

Liste des tableaux :

Chapitre 02	
Tableau 01	Caractéristiques de la station climatologique de Zenâta.
Tableau 02	Précipitations moyennes annuelles à la station de Zenâta (1995/2022)
Tableau 03	1.1.1 Précipitations moyennes mensuelles :
Tableau 04	Précipitations moyennes saisonnières à la station de Zenata (1995-2022)
Tableau 05	Températures moyennes maximales et minimales de la station de Zenata.
Tableau 06	Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2022).
Tableau 07	Indice d'aridité de Martonne.
Tableau 08	Indice d'aridité de Martonne
Tableau 09	Indices d'aridité mensuels de DE Martonne.
Tableau 10	Indice de Moral / station de Zenata.
Tableau 11	Indice de moral à la station de Zenata.
Tableau 12	Valeurs des indices mensuels de Moral à la station de Zenata.
Tableu 13	Indice d'Emberger
Tableau 14	Résultat de l'ETR par la méthode de TURC
Tableau 15	Valeur du déficit et du quotient d'écoulement (Wundt).
Tableau 16	Valeur du déficit d'écoulement (d'après P. VERDEIL).

Tableau 17	Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Zenata (1995-2022).
Tableau 18	Calcul du ruissellement « R ».
Tableau 19	Calcul du bilan hydrologique de la station de Zenata (1995-2022) Selon C.W Thornthwaite.
Chapitre 04	
Tableau 20	Caractéristique d'un source étude
Tableau 21	Analyse physico-chimie de l'eau du source (26-04-2023).
Tableau 22	Classification de l'eau en fonction de la conductivité (Rodier J., 2009).
Tableau 23	Détermination de la minéralisation globale
Tableau 24	Classification des eaux selon le titre hydrotimétrique
Tableau 25	Potabilité de l'eau de Source selon les normes algériennes.
Tableau 26	Analyse microbiologique de l'eau du source(18/04/ 2023).
tableau 27	Classification des eaux, selon le pourcentage en Na+
Tableau 28	Classification des eaux, selon le S.A.R

Sommaire :

1	Introduction :	1
2	L'objectif de ce travail :	2
3	Chapitre 1 : Cadre géographique :	3
3.1	Situation géographique générale :	3
3.2	Situation géographique de la zone d'étude :	4
4	Chapitre 02 : Climatologie	5
4.1	Introduction :	5
4.2	L'étude des paramètres climatologiques :	5
4.3	Méthodes de visualisation (méthodes	10
5	Conclusion :	24
6	Chapitre 3 : Géologie et hydrogéologie.....	26
6.1	Présentation géologique du bassin de la Tafna :	26
6.2	Conclusion :	35
7	Chapitre 03 : Hydrochimie	36
7.1	Introduction.....	36
7.2	Conclusion	64
8	Conclusion générale :	66
9	Références Bibliographiques :	68
10	Annexes	70

INTRODUCTION

1. Introduction :

L'eau est la ressource naturelle la plus consommée au monde et la principale source de vie pour les êtres humains et tous les êtres vivants. Sa rareté constitue un problème majeur auquel le monde s'efforce de trouver des solutions. Avec la croissance démographique et le changement climatique, nous sommes censés appliquer une gestion rationnelle, de rechercher de nouvelles sources d'eau et prendre en compte leur qualité dans le but de les exploiter pour la consommation humaine et même pour l'agriculture.

2. L'objectif de ce travail :

Réaliser une étude qualitative de l'eau de source (Division source - El Malha) afin d'obtenir les résultats des analyses physico-chimiques de cette eau et de comprendre l'origine de la minéralisation de l'eau de cette source elMalha. De plus, il est important d'identifier les sources potentielles de pollution auxquelles cette eau est exposée.

Cette étude est divisée en plusieurs parties :

- **Situation géographique** : description de la localisation générale et locale du site étudié.
- **Cadre géologique** : description des différentes formations rocheuses entourant notre source d'eau et des principales caractéristiques des structures géologiques affectant la zone d'étude.
- **Cadre climatique** : détermination du type de climat prévalant dans notre zone d'étude au cours des dernières années et observation des variations des paramètres climatiques qui affectent le système de la source.
- **Cadre hydrogéologique** : identification des formations géologiques entourant cette source d'eau qui ont un impact direct ou indirect sur elle.
- **Cadre hydrochimie** : partie la plus importante de l'étude, qui se base sur les résultats de l'analyse physique, chimique et microbiologique, et qui détermine la potabilité de l'eau et sa convenance pour l'irrigation selon les normes algériennes. Une étude qualitative de l'eau sera menée à la source.

CHAPITRE I :
CADRE GEOGRAPHIQUE

3. Chapitre 1 : Cadre géographique :

3.1 Situation géographique générale :

La zone à étudier est située dans le bassin hydrologique de la Tafna, dans le nord-ouest de l'Algérie, dans la wilaya de Tlemcen, qui regroupe 37 villes. Elle porte le code 16 dans le bassin versant de l'Algérie et fait partie de la Région Hydrologique Oranie-Chott Chergui.

- Les bassins versants sont répartis comme suit :
- Partie nord : la mer Méditerranée.
- Partie nord-est : province d'Ain Temouchent.
- Partie nord-ouest : municipalités de Bab al-Assa, Jabala, Nadrumah, BaniKhallad et Hunin.
- Partie sud : municipalités d'Al-Buwaihi, Al-Kour, Sidi Jilali et Al-Arisha.
- Partie ouest : le Maroc.
- Partie est : wilaya de Sidi bel Abbes, commune d'Ain Talout.

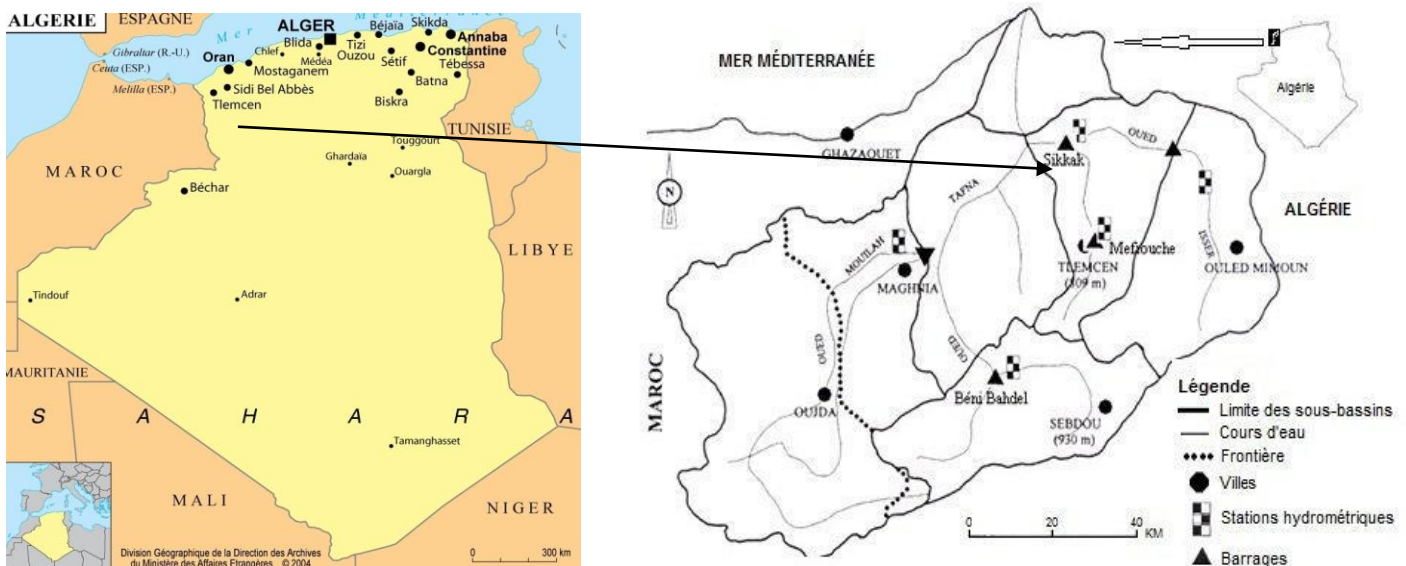


Figure 01 : situation géographique du bassin de la tafna (NW – algérie).AbderrazakBouanani.

3.2 Situation géographique de la zone d'étude :

Source El Malha est située dans le bassin versant de l'oued Boukiou, dans la partie extrême nord-est. Elle est également la zone limitrophe de la rive gauche de Sekak et du sous-bassin de l'oued Yasser.

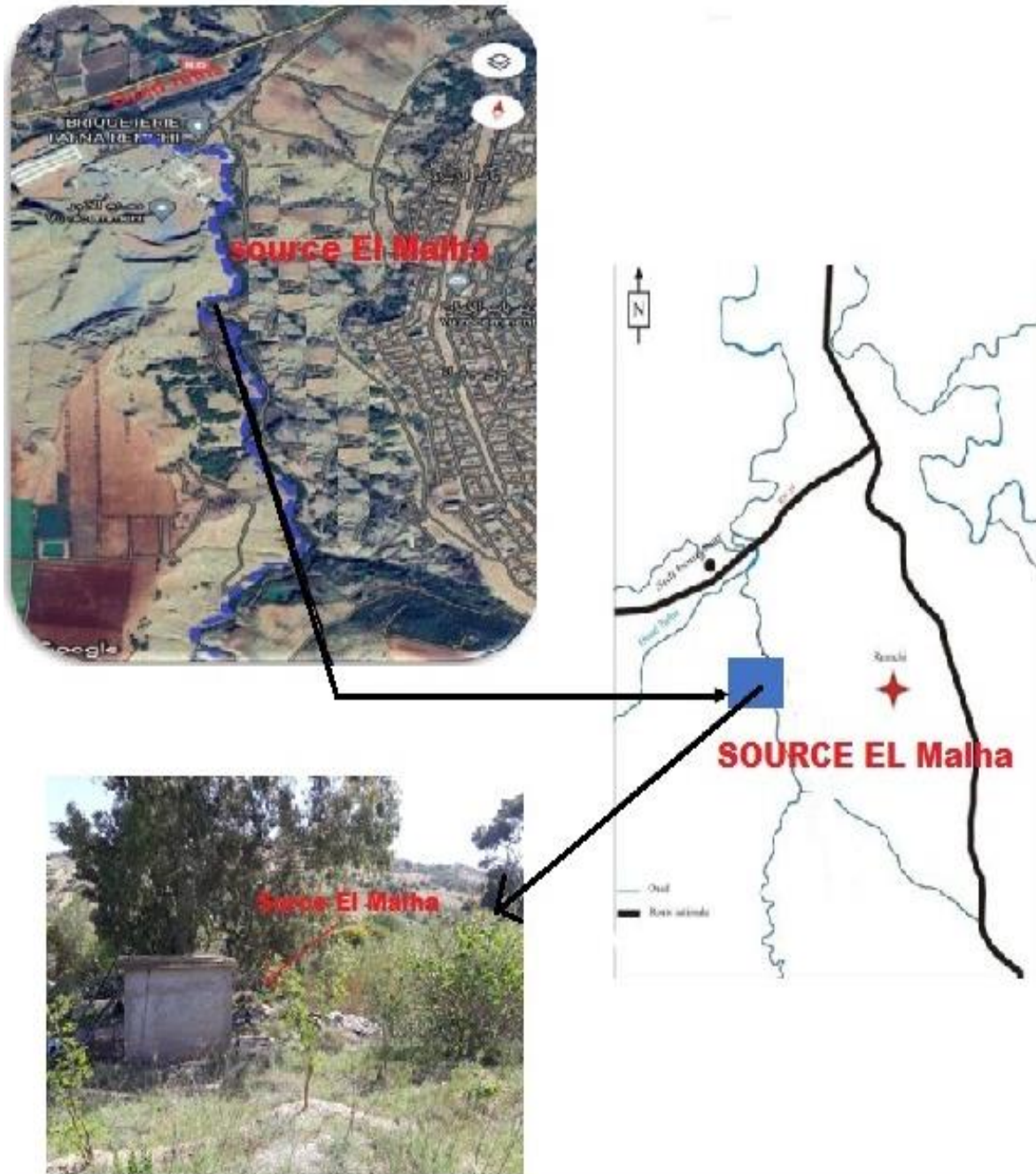


Figure 02 : situation géographique de la zone d'étude.(source el malha)

- Les coordonnées de la source sont les suivantes :

Les coordonnées UTM (WGS84)	X	Y
La source el malha	641225	3881028

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE

4. Chapitre 02 : Climatologie

4.1 Introduction :

La climatologie est l'étude du climat et de l'état moyen de l'atmosphère, incluant la succession des conditions météorologiques telles que la température et l'évaporation, sur de longues périodes de temps (10 ans et plus). C'est une discipline qui combine la géographie physique et la météorologie, tandis que l'étude du temps à court terme relève de la météorologie opérationnelle. Pour déterminer le type de climat dans la zone d'étude dans ce travail on utilise les données climatiques de la station Zenâta, de 1995 à 2022 .

Tableau.01 : Caractéristiques de la station climatologique de Zenâta.

Les coordonnées UTM	X	Y
ANRH (Zenâta)	641547	3875575

4.2 L'étude des paramètres climatologiques :

4.2.1 Les précipitations :

Il existe plusieurs formes de précipitations : les précipitations liquides telles que la bruine et la pluie, et les précipitations solides comme le grésil, la grêle et la neige. La nature et l'intensité des précipitations dépendent de divers facteurs tels que la température, l'humidité et les mouvements des masses d'air

4.2.2 Précipitations moyennes annuelles :

Tableau. 02 : Précipitations moyennes annuelles à la station de Zenâta (1995/2022)

Année	P(mm)	Année	P(mm)
1995 /1996	314.45	2008/2009	428.49
1996/1997	325.65	2009/2010	374.71
1997/1998	335.31	2010/2011	370.59
1998/1999	250.74	2011/2012	395.46
1999/2000	191.4	2012/2013	359.18
2000/2001	225.30	2013/2014	474.24
2001/2002	344.93	2014/2015	344.91
2002/2003	326.2	2015/2016	208.53

2003/2004	441.71	2016/2017	251.20
2004/2005	363.23	2017/2018	310.5
2005/2006	303.0	2018/2019	299.95
2006/2007	227.32	2019/2020	203.97
2007/2008	302.74	2020/2021	175.52
		2021/2022	237.77

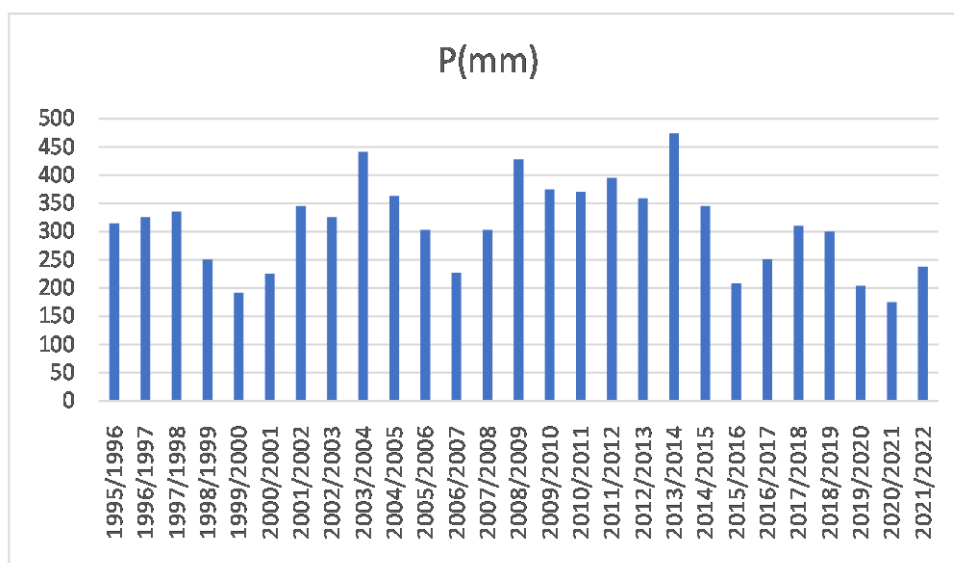


Figure 03: Variations des précipitations moyennes annuelles à la station De Zenata (1995-2022).

Les variations de la pluviométrie moyenne annuelle à la station de Zenata montrent que : **(Fig.I.1)**

- Le maximum est enregistré en 2013 – 2014 avec 474.24 mm
- Le minimum est enregistré en 2020 - 2021 avec 175.52 mm
- La moyenne annuelle des précipitations est de 310.62 mm

Tableau 03 : Précipitations moyennes mensuelles :

M	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
P(mm)	10.07	21.47	44.38	31.94	37.68	45.65	38.76	27.61	23.59	3.85	0.90	3.47

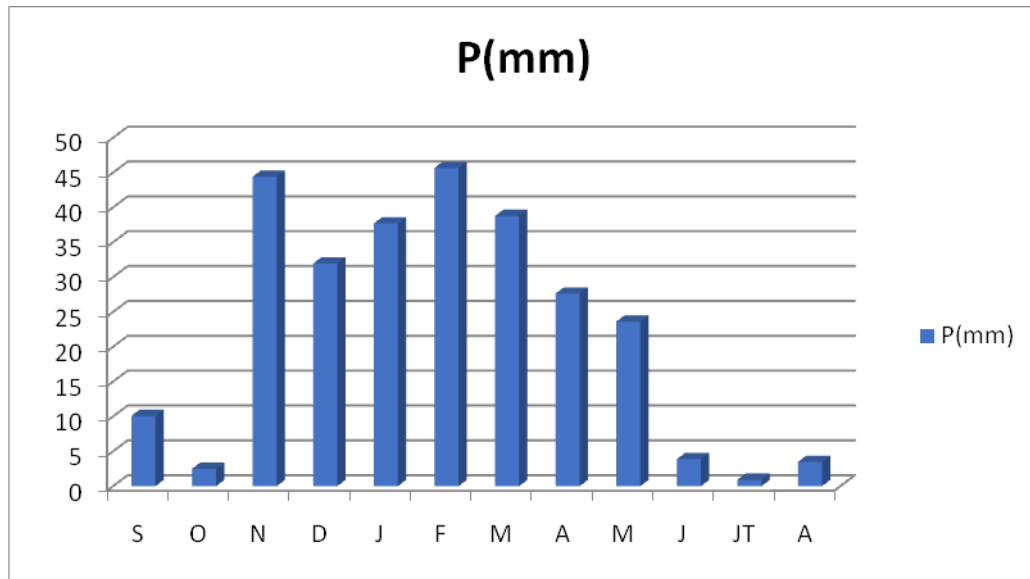


Figure04: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata.

Interprétation: histogramme des précipitations mensuelles (**fig. 03**) de la station de Zenata, révèle que le mois de Février est le plus humide avec 45.65 mm, tandis que le mois de Juillet est le plus sec, avec seulement 0.9 mm.

4.2.3 Précipitations saisonnières :

Correspondent aux quatre saisons de l'année :

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

Tableau. 04 : Précipitations moyennes saisonnières à la station de Zenata (1995-2022)

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Précipitations (mm)	56.92	115.27	89.96	8.22

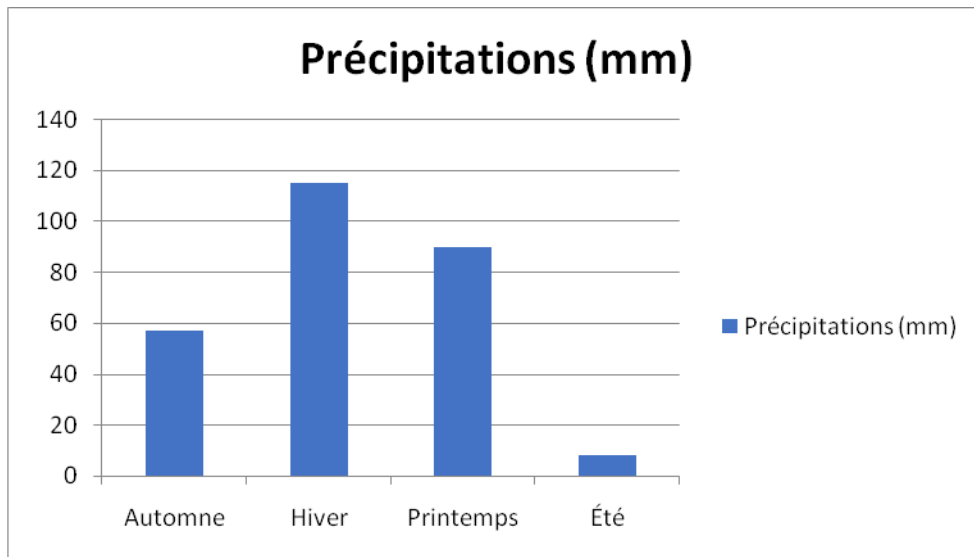


Figure 05 : Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Zenata.

• **interprétation:** histogramme des précipitations saisonnières nous indique que l'hiver est la saison la plus humide tandis que l'été est la saison la plus sèche.

4.2.4 Étude des températures :

Ensemble des conditions atmosphériques, variables, traduites subjectivement en sensations relatives de chaud et de froid, et dont l'appréciation exacte est fournie par le thermomètre

• Températures moyennes mensuelles :

Tableau. 05 : Températures moyennes maximales et minimales de la station de Zenata.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	an
T moy	23.6	19.6	15.2	12.1	10.8	11.8	13.6	15.4	18.5	22.5	25.9	26.5	18
T max	37	35	30	29	26	27	33	38	42	47	50	53	48
T min	8.2	13.5	9.63	6.81	5.47	6.41	7.74	9.36	12.2	15.9	18.9	19.8	11.9

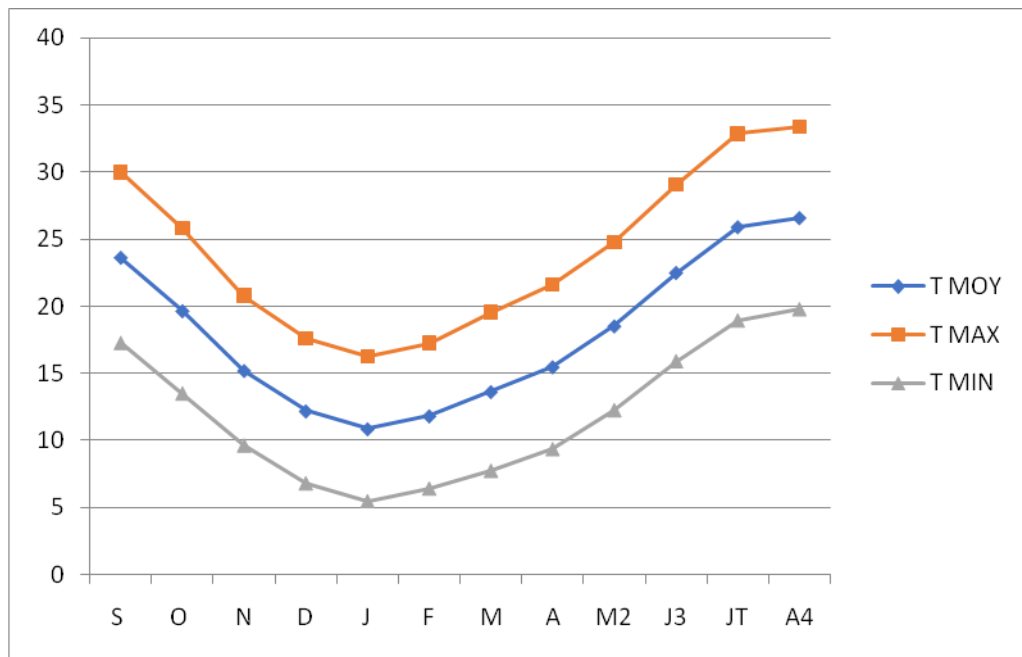


Figure 06 : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Zenata (1995-2022).

• **Remarque :** La figure 4, montre que la température moyenne mensuelle atteint son maximum aux mois de Juillet-Août (25.90 C° et 26.58°C) où la température moyenne. Maximale est de 32.84 °C à 33.36 °C. Son minimum est enregistré au mois de Janvier avec 10.86°C, correspondant à un minimum de 5.47°C.

Étude du climat :

Il existe deux approches différentes pour étudier le climat. La première est l'approche de visualisation (approche graphique). Ça dépend ; elle repose sur la visualisation basée sur les périodes de sécheresse et les niveaux d'humidité. Le second est le calcul des indicateurs climatiques annuels et mensuels. C'est-à-dire, selon le calcul, l'indice peut être mesuré par les précipitations et la température.

L'étude du climat peut être réalisée à partir des méthodes suivantes :

- Des méthodes de visualisation (méthodes graphiques).
- Le calcul des indices climatiques annuels et mensuels.

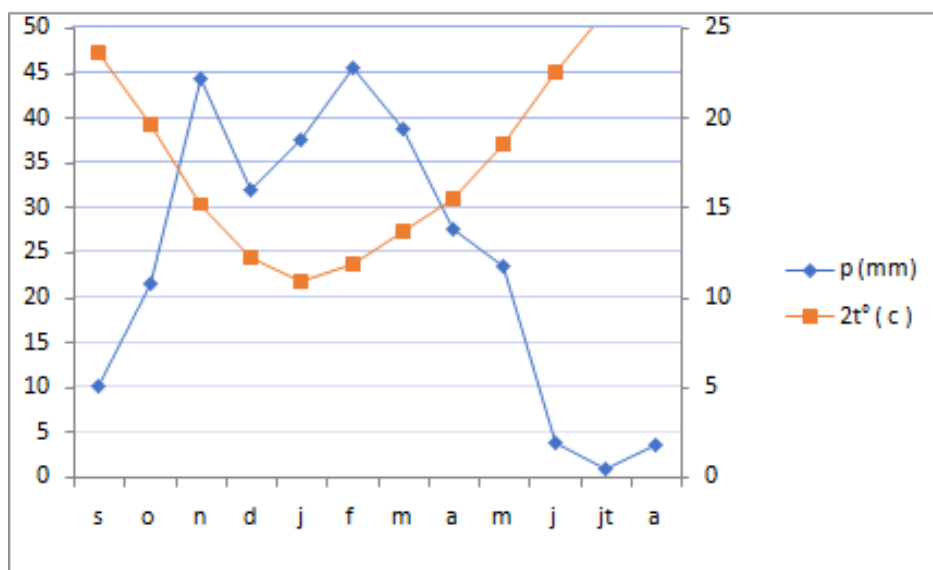
Tableau. 06 : Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2022).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
P (mm)	10.07	2.47	44.38	31.94	37.68	45.65	38.76	27.61	23.59	3.85	0.90	3.47	270.37
T°(c)	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58	18

4.3 Méthodes de visualisation :

Le diagramme pluie-chaleur de Bagnols et Gausson a deux courbes :

Pendant les mois secs, la courbe des températures dépasse la courbe des précipitations, et pour la saison des pluies, la courbe des précipitations dépasse la courbe ci-dessus température, la relation $P=2T$ permet d'établir la courbe pluie-chaleur, où l'échelle les précipitations doivent être deux fois supérieures à la température.

**Figure 07 : Diagramme pluviothermique de la station de Zenata (1995-2022).**

Le diagramme pluviothermique permet de visualiser :

- Une période humide : s'étend du début septembre à la fin du mois de mai.
- Une période sèche : occupant les autres mois de l'année (de la fin mai, jusqu'au mois d'août).

4.3.1 Les indices climatiques :

4.3.1.1 Indice d'Aridité de DE Martonne (1923) :

C'est un indicateur utile des phénomènes de sécheresse, basé sur la quantité en termes de précipitations annuelles correspondent à la température moyenne annuelle de l'air.

4.3.1.2 Indice d'aridité annuel :

Il est donné par la formule suivante :

$$I = P/T + 10$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

I : indice d'aridité annuel.

Tableau. 07 : Indice d'aridité de Martonne.

P_{moy} (mm)	T_{moy} (c°)	I (mm/c°)
310.62	18	11.09

Martonne propose la classification suivante :

Tableau. 08 : Indice d'aridité de Martonne

Valeur de I	Type de climat
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$10 < I < 20$	Climat Semi-aride
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$05 < I < 7.5$	Climat désertique
$I < 05$	Climat hyper- aride

Le calcul donne une valeur comprise entre 10 et 20, c'est-à-dire que la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, avec des écoulements temporaires.

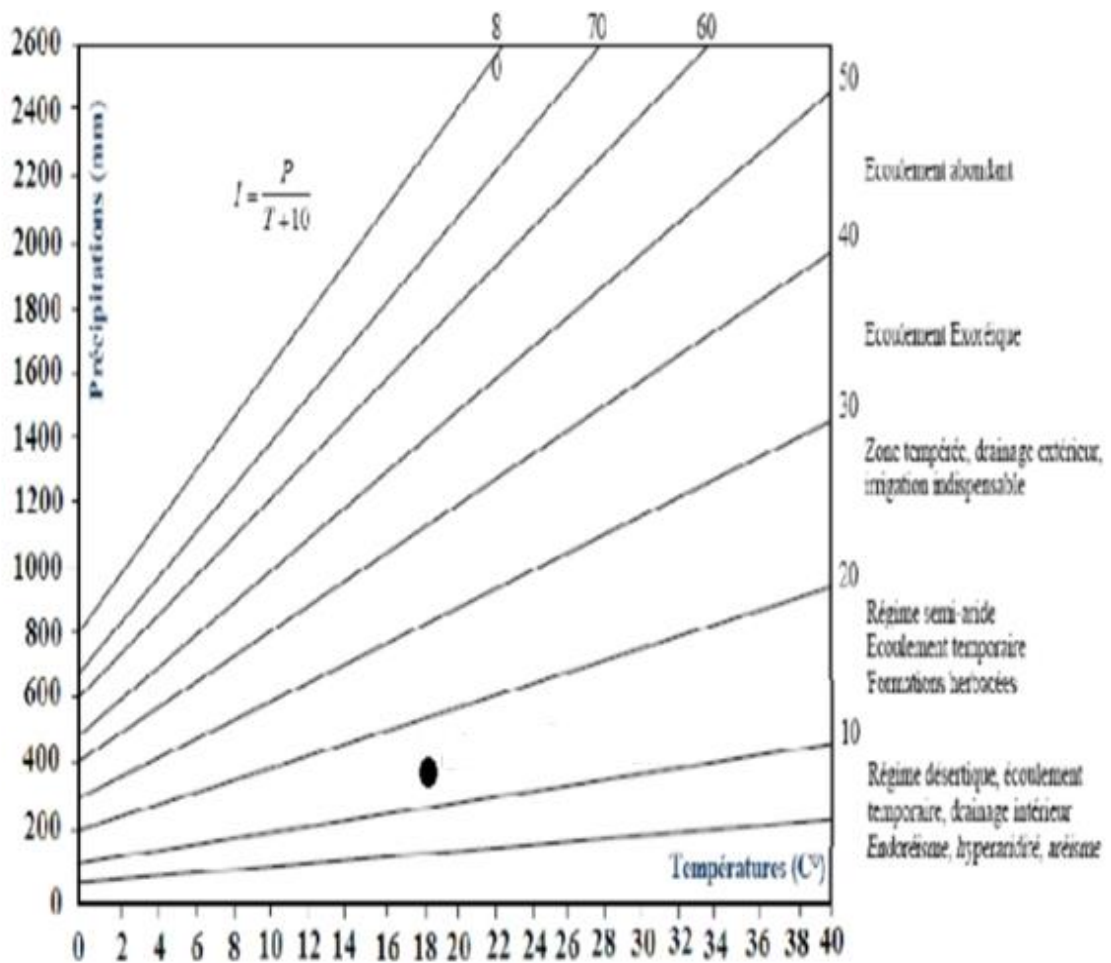


Figure 08 : Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.**4.3.1.3 Indice d'aridité mensuel :**

Il est donné par la formule suivante :

$$i = 12pt + 10 \quad \text{Avec :}$$

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

T : Températures moyennes mensuelles (°C).

i : indice d'aridité mensuelle.

Les résultats des indices d'aridité mensuels de DE Martonne sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau. 09 : Indices d'aridité mensuels de Martonne.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
I	3	8.6	21.2	17.2	21.7	24	19.6	13	9.9	1.4	0.3	1.1
Type de régime	h	st	t	s	t	t	s	s	st	h	H	h

h : hyperarides: Semi-aride

t: tempéré

St : steppique

4.3.2 Indice de Moral (1964) :

Moral a construit l'indice annuel de sécheresse en étudiant les régimes de précipitations en Afrique de l'Ouest. Il est donné par la relation :

4.3.2.1 Indice annuel (Ia) :

L'Indice pluviométrique annuel est défini par la formule suivante :

$$Ia = P/T^2 - 10T + 200$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

$I_a > 1$: climat humide.

$I_a < 1$: climat sec.

Tableau. 10 : Indice de Moral / station de Zenata.

Station	P moy (mm)	T moy(c°)	Ia
Zenata	310.62	18	0.9

$I_a = 0.9$ **Donc** : nous avons un climat sec.

4.3.2.2 Indice mensuel (Im):

Il est donné par la formule suivante :

$$I_m = p / 0.1T^2 - T + 20 \quad \text{Avec :}$$

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

T : Températures moyennes mensuelles (°C).

Tableau. 11 : Indice de moral à la station de Zenata.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P MOY (mm)	10.07	21.47	44.38	31.94	37.68	45.65	38.76	27.61	23.59	3.85	0.90	3.47
tmoy (c°)	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58
Im	0.19	0.55	1.59	1.40	1.79	2.10	1.55	0.96	0.65	0.08	0.01	0.05

Tableau. 12 : Valeurs des indices mensuels de Moral à la station de Zenata.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
P moy (mm)	10.07	21.47	44.38	31.94	37.68	45.65	38.76	27.61	23.59	3.85	0.90	3.47
T moy (°C)	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58
0,1 T² - T+20	52.20	38.96	27.90	22.66	20.93	22.15	24.94	28.48	35.77	28.21	61.18	64.18
0,1 T² +T+30	109.46	88.26	68.30	57.04	52.65	55.49	62.20	69.44	82.81	103.12	122.98	127.22
0,05 T² -T + 10	14.28	9.65	6.35	5.23	5.03	5.16	5.65	6.50	8.62	12.81	17.64	18.74
Type	A	S	H	H	H	H	H	S	S	A	A	A

➤ Les quatre types de mois, indiqués par Moral sont :

- Mois pluvieux (P) : $P > 0,1 T^2 + T + 30$.
- Mois humide (H) : $0,1 T^2 + T + 30 > P > 0,1 T^2 - T + 20$.
- Mois sec (S) : $0,1 T^2 - T + 20 > P > 0,05 T^2 - T + 10$.
- Mois aride (A) : $P < 0,05 T^2 - T + 10$.

➤ Climagramme d'EMBERGER :

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée.

Il est déterminé à partir de la formule :

$$Q2 = 1000 \times p / (M + m) / 2 \times (M - m) \quad \text{Avec :}$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

M : Moyenne des maximas de la température en (°K) du mois le plus chaud.

$$M = 33.36^\circ\text{C} + 273 = 306.36\text{K}^\circ$$

m : moyenne des minimas de la température en (°K) du mois le plus froid.

$$m = 5.47^\circ\text{C} + 273 = 278.47\text{K}^\circ$$

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

$$\text{Avec : } K = T (\text{°C}) + 273.$$

Tableau. 13 : Indice d'Emberger

Station	P (mm)	M (k°)	m (k°)	Q2
Zenata	310.62	306.36	278.47	38.08

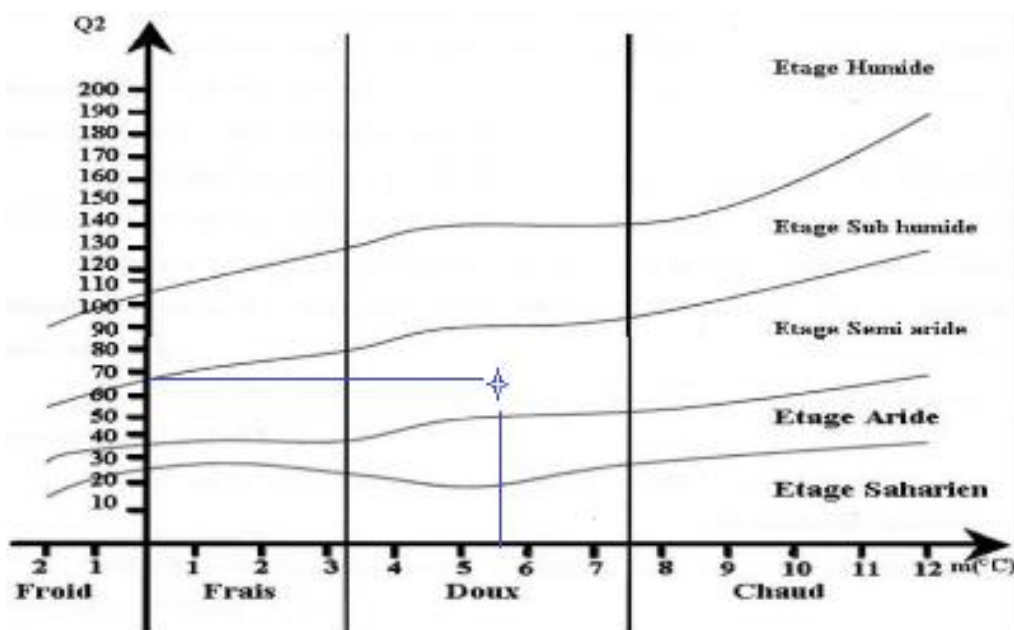


Figure 09: Climagramme d'Emberger.

4.3.2.2 Indice de Stewart (1969) :

Définie par :

$$Q2 = 3.43PM + m$$

Avec :

Q2 : Quotient d'Emerger.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm) : 313.43 (mm)

M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud (°C) : (33.5C°).

m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid (°C) : (5.8 C°)

Le quotient Q2 de la station de Zenata est égal à 27.35

Pour :

10 < Q2 < 50 Climat semi-aride.

2 < Q2 < 10 Climat désertique.

Q2 < 2 Climat insaturé.

Q2 est compris entre 10 et 50. selon Stewart cette valeur caractérise un climat **semi-aride**.

4.3.3 Bilan Hydrologique :

Evapotranspiration et déficit d'écoulement :

❖ **Evapotranspiration** : c'est la quantité d'eau qui s'évapore du sol, et de la transpiration des végétaux. On distingue deux types d'évapotranspiration :

• **L'évapotranspiration réelle (ETR)** : c'est la quantité d'eau retirée du sol en raison du processus d'évaporation et de transpiration des plantes.

• **L'évapotranspiration potentielle (ETP)** : d'évaporation d'un sol est défini comme la quantité d'évaporation qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant.

❖ **Déficit d'écoulement** : c'est la différence entre la hauteur d'eau moyenne des précipitations sur le bassin et la lame d'eau équivalente.

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

• La méthode de TURC.

• La méthode de COUTAGNE.

• La méthode de VERDEIL.

• La méthode de WUNDT

4.3.3.1 Méthode de Turc (1954) :

C'est une méthode empirique de calcul du déficit d'écoulement en fonction de la précipitation et de la température annuelles,

Selon l'expression suivante :

$$ETR = p / \sqrt{0.9 + (pL)^2}$$

Avec :

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

P : pluviométrie moyenne annuelle, en (mm).

T : température moyenne annuelle, en (C°).

ETR : évapotranspiration réelle annuelle, en (mm/an).

Tableau. 14 : Résultat de l'ETR par la méthode de TURC

STATION	P (mm)	t (c°)	L	ETR (mm/an)
ZENATA	310.62	18	1041.6	312.35

4.3.3.2 Méthode de COUTAGNE :

Le défi d'écoulement se déduit de la hauteur moyenne annuelle des précipitations et de la température, est calculé à partir de la relation suivante :

$$ETR = D = P - \lambda P^2 \text{ Avec : } \lambda = 1 / (0.8 + 0.14T).$$

Avec :

D : le déficit d'écoulement en (m/an). $ETR = D = P - \lambda P^2$ Avec : $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$.

P : précipitations moyennes annuelles en (m/an)

T : température moyenne annuelle en (°C)

λ : désigne un facteur dépendant de la température moyenne annuelle

Remarque : Cette formule n'est applicable que pour P comprise entre $1/8 \lambda < P < 1/2 \lambda$ $0.0375 < 0.517 < 0.15$.

4.3.3.3 Méthode de Wundt :

L'application de cette méthode donne les résultats suivants :

Tableau. 15 : valeur du déficit et du quotient d'écoulement (Wundt).

Station	P (mm)	T (c°)	Déficit (mm/an)	Écoulement et infiltration (P-D)
zenata	310.62	18	281	29.62

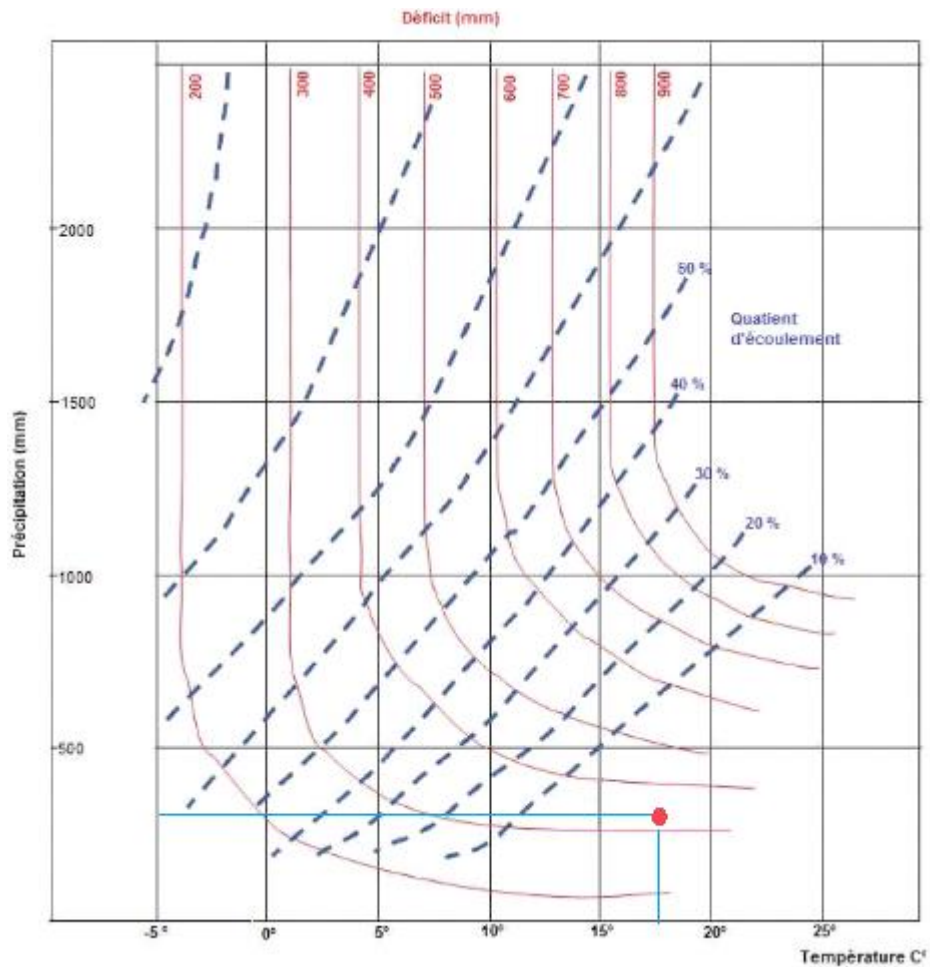


Figure 10 : Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT)

4.3.3.4 Méthode de P. VERDEIL :

Afin d'estimer les valeurs de l'évapotranspiration réelle ou du déficit d'écoulement, P. Verdeil a établi un abaque Bi logarithmique pour les régions semi-arides en tenant compte uniquement des précipitations annuelles.

Les résultats de cette méthode sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 16 : Valeur du déficit d'écoulement (d'après P. VERDEIL).

Station	P (mm)	Déficite (mm/an)
Zenata	310.62	300

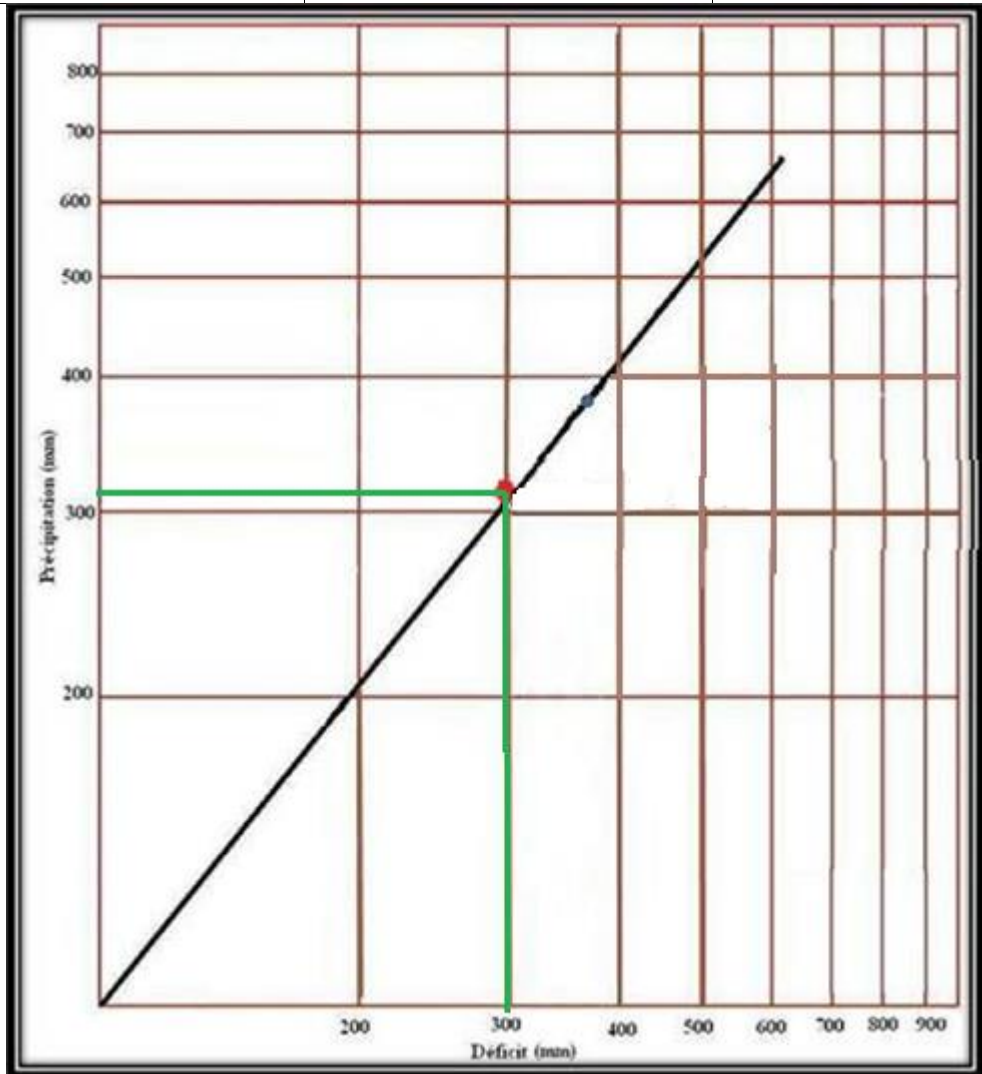


Figure 11 : Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P. VERDEIL, 1988).

Evapotranspiration potentielle (ETP) :

- Méthode de THORNTHWAITE :
- Pour appliquer la méthode de Thornthwaite, on doit calculer :

$$\text{ETP non corrigés} = 16 \times \left(\frac{T}{I} \times 10\right)^a$$

Avec : $a = 0.016 I + 0.5$

$$\text{ETP corrigée} = 16 \times \left(\frac{T}{I} \times 10\right)^a \times k$$

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm),

i: Indicethermiquemensueli = $\left(\frac{T}{5}\right) 1.514$

I : La Somme des indices mensuels des 12 mois de l'année **I=86.25**

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

K : Coefficient de correction, en fonction de la latitude de la station de Zenata (35.01°N), les résultats sont présentés dans le tableau suivant : **a=1.88**

Tableau. 17 : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Zenata (1995-2022).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Annuel
T (c°)	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58	18
I	10.49	7.94	5.38	3.83	3.23	3.66	4.54	5.51	7.24	9.74	12.06	12.52	86.14
ETP non corrigée (mm)	106.41	75.23	46.42	30.66	24.67	28.93	37.82	48.04	67.30	97.05	126.44	132.75	821.72
K	1.03	0.97	0.86	0.85	0.88	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	
ETP corrigée (mm)	109.60	72.97	39.92	26.06	21.71	24.59	38.95	52.37	81.41	117.43	155.52	153.99	894.52

• **Calcul de la réserve facilement utilisable (R. F. U.) :**

Selon Hallaire (1960) on peut calculer La R.F.U par la formule suivante :

$$RU = \frac{c-f}{100} H \cdot D + 30mm$$

Avec :

Ru : Réserve utile en eau du sol.

C : Capacité au champ.

f : Capacité au point de flétrissement.

H : Profondeur du sol (**H=500 mm**).

D : Densité apparente du sol (**D=1**).

30 mm : Enracinement capillaire.

Les valeurs de (C – f) dépendent de la nature du sol, nous avons pris :

$(C-f) / 100 = 20\%$.

4.3.4 Le bilan hydrologique selon C.W Thornthwaite :

Le bilan hydrologique c'est l'étude comparée de la lame d'eau tombée à la surface d'un bassin versant et des différentes formes de transfert de cette eau soit par évapotranspiration, écoulement, infiltration et alimentation des nappes souterraines. Dans notre travail, nous évaluerons la contribution de chaque paramètre hydrologique dans la station de Zenata.

4.3.4.1 Calcul du ruissellement « R » :

C'est cette partie de l'eau de pluie qui n'est pas renvoyée par évaporation ou dans l'atmosphère qui n'est pas absorbée par le sol et ne s'accumule pas à la surface, mais traverse le sol dans de minuscules canaux jusqu'à ce qu'elle atteigne le réseau de drainage naturel du bassin versant. Le nombre de couches d'eau dépend de l'intensité et de la hauteur de la pluie, de la séquence des précipitations, de l'état d'humidité et de la structure de la couche de surface des précipitations, ainsi que de la couverture végétale, de la pente et de la rugosité du sol avant la pluie.

L'effet de tous ces facteurs rend le ruissellement difficile à utiliser précisément. Il peut être estimé à partir de la formule par la méthode de Tixeront-Berkaloff :

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \quad \text{Avec :}$$

R : Ruissellement (mm).

P : Précipitations (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

Tableau. 18 : Calcul du ruissellement « R ».

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT
R	0.028	0.61	18.28	15.99	0.02	52.44	12.86	2.55	0.66	00	00

**Tableau. 19 : Calcul du bilan hydrologique de la station de Zenata (1995-2022) Selon C.W
Thornthwaite.**

Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	ANNUE L
P(mm)	10.07	21.4 7	44.3 8	31.9 4	37.6 8	45.6 5	38.7 6	27.6 1	23.5 9	3.85	0.90	3.47	289.37
ETP(mm)	109.6 0	72.9 7	39.9 2	26.0 6	21.7 1	24.5 9	38.9 5	52.3 7	81.4 1	117.4 3	155.5 2	153.9 9	894.52
RU (130mm)	00	00	4.46	10.3 4	26.3 1	47.3 7	00	00	00	00	00	00	88.48
ETR (mm)	10.07	21.4	39.9 2	26.0 6	21.7 1	24.5 9	38.7 6	27.6 1	23.5 9	3.85	0.90	3.47	241.93
D.A (mm)	99.53	51.5	00	00	00	00	0.19	24.7 6	57.8 2	113.5 8	154.6 2	150.5 2	652.52
EXC	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
R(mm)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

P : Précipitations (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

Ru : Réserve utile (mm).

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm).

D.A : Déficit Agricole (mm).

Exc : Excédent (mm).

R : Ruissellement (mm).

Remarque : Selon les précipitations et la température, l'évapotranspiration potentielle est toujours supérieure aux précipitations, ce qui donne un ruissellement = 0, mais la réalité est qu'il y a un ruissellement permanent dans différentes zones d'accumulation.

5. Conclusion :

Selon les résultats des calculs, la zone d'étude a un climat semi-aride, relativement froid et pluvieux en hiver, et chaud et sec en été. Les précipitations annuelles moyennes sont de 310,62mm. La température mensuelle moyenne est d'environ 18°C. Juillet et août sont les mois les plus chauds (25,90°C et 26,58°C), tandis que janvier est le plus froid (10,86°C).

- Les cartes de chaleur des pluies de Bagnols et Gausсен permettent de définir des périodes humides entre début septembre et fin mai et des périodes sèches le reste de l'année.
- Les méthodes de calcul ETR telles que TURC donnent un déficit de flux égal à 313.86.

Le calcul du bilan donne les résultats suivants :

- L'évapotranspiration potentielle estimée est d'environ 894.52mm.
- L'évapotranspiration réelle annuelle est de 241.93mm.
- Le ruissellement annuel est de 0 mm.
- Perméabilité annuelle de 0,0 mm

CHAPITRE III

GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

6. CHAPITRE 3 : Géologie et hydrogéologie

6.1 Présentation géologique du bassin de la Tafna :

6.1.1 Au plan stratigraphique :

Des travaux menés dans le Bassin de Tafna (GENTIL, 1903 ; PERRODON, 1957 ; GUARDIA, 1975 ; FERDI & HOUBECHÉ, 2013 ; FARDJI, 2017) ont permis d'établir des séries stratigraphiques. Ces derniers sont représentés de bas en haut par la séquence stratigraphique-lithologique suivante :

6.1.2 Néogène :

Il est formé de bas en haut par la succession litho stratigraphique suivante :

6.1.3 Miocène :

Cet intervalle chronologique comprend dans l'ordre ascendant la succession suivante :

- **Miocène synchro-nappes** : d'après FENET (1975), le terme « Miocènes synchronappes » a été utilisé pour caractériser les dépôts subsistent d'âge Miocènes, dans lequel se sont en partie mise en place les nappes tellien. Avec une épaisseur moyenne de 2000 m. Il est constitué de marnes grises verdâtres et de grès. Ce dernier est représenté par des bancs de teinte gris à roux, d'épaisseur centimétrique à métrique et à grain généralement fins. Cette formation admettre localement des niveaux chenaillés de grès grossier et de conglomérat.

- **Miocène du premier cycle post-nappes** : D'épaisseur variable, elle est séparée de la matière de la couche thalienne par une série de continents de débris. Il est constitué d'étages verts et gypseux d'argile ou de roche argileuse. Ces argiles sont insérées par des canaux lenticulaires contenant des cailloux .

- **Miocène du second cycle post-nappes** : il est formé de calcaires à lithothamniées à niveaux luma-chelliques. La présence de Globoration méditerranéen permet d'attribuer ces calcaires supérieurs au Messénien. Cette formation est observée dans la région d'Ain Temouchent, en bordure des Traras et sur la crête des SebaaChioukh.

- **Miocène supérieur continental saumâtre et marin** : il comprend trois unités lithologiques (GUARDIA, 1989) :

Les marnes grises : ces marnes sont attribuées au Tortonien supérieur voir Messénien par GUARDIA en 1989. Il s'agit essentiellement des marnes franchement marines considérées comme un passage latéral progressif des niveaux saumâtres vers le Nord-Ouest de Bensekrane. Ces marnes renferment des foraminifères benthiques du Tortonien.

Les dépôts saumâtres gypseux d'origine lagunaire à marine : ils affleurent vers au Nord de Bensekrane. Les sédiments contenaient les huîtres et les dents du cheval africain à trois têtes, l'équivalent de l'Oued El hammam. Cette composition fossilifère permet d'attribuer un âge miocène supérieur à ces dépôts.

Les formations rouges de la Tafna : elles sont formées essentiellement par des dépôts de plaine alluviale de teinte ocre à rouge brique. Elles affleurent largement au Nord des SebaaChioukh et sur la rive gauche d'Oued Tafna.

6.1.4 Pliocènes :

Il affleure dans la région de Nedroma et est représenté par des calcaires lacustres et des conglomérats rouges des vallées en aval de l'Oued Mouillah et est très épais au sud-est de Fillaoussen. La région d'Ain Temouchent est caractérisée par des grès de couleur ocre à durcissement irrégulier dérivés des dunes et une série de sédiments ocre-rouge assez fins provenant du continent. Ces derniers sont attribués au Plaisancien par G. Thomas 1985 (in. Guardia, 1990)

6.1.4.1 Quaternaire :

Les sédiments de cet intervalle chronologique comprennent des conglomérats au-dessus du travertin, des sédiments de surface et des sédiments de terrasses récentes et actuelles.

Quaternaire ancien : Il englobe les dépôts terrasses moyennes et anciennes, les glacis d'accumulation encroutés et autres accumulations plus anciennes.

Quaternaire récent : Il regroupe les travertins, les glissements en masses de marnes, les éboulis et les dépôts superficiels, les dépôts colluviaux et alluviaux ainsi que tous les dépôts de terrasses récentes et actuelles.

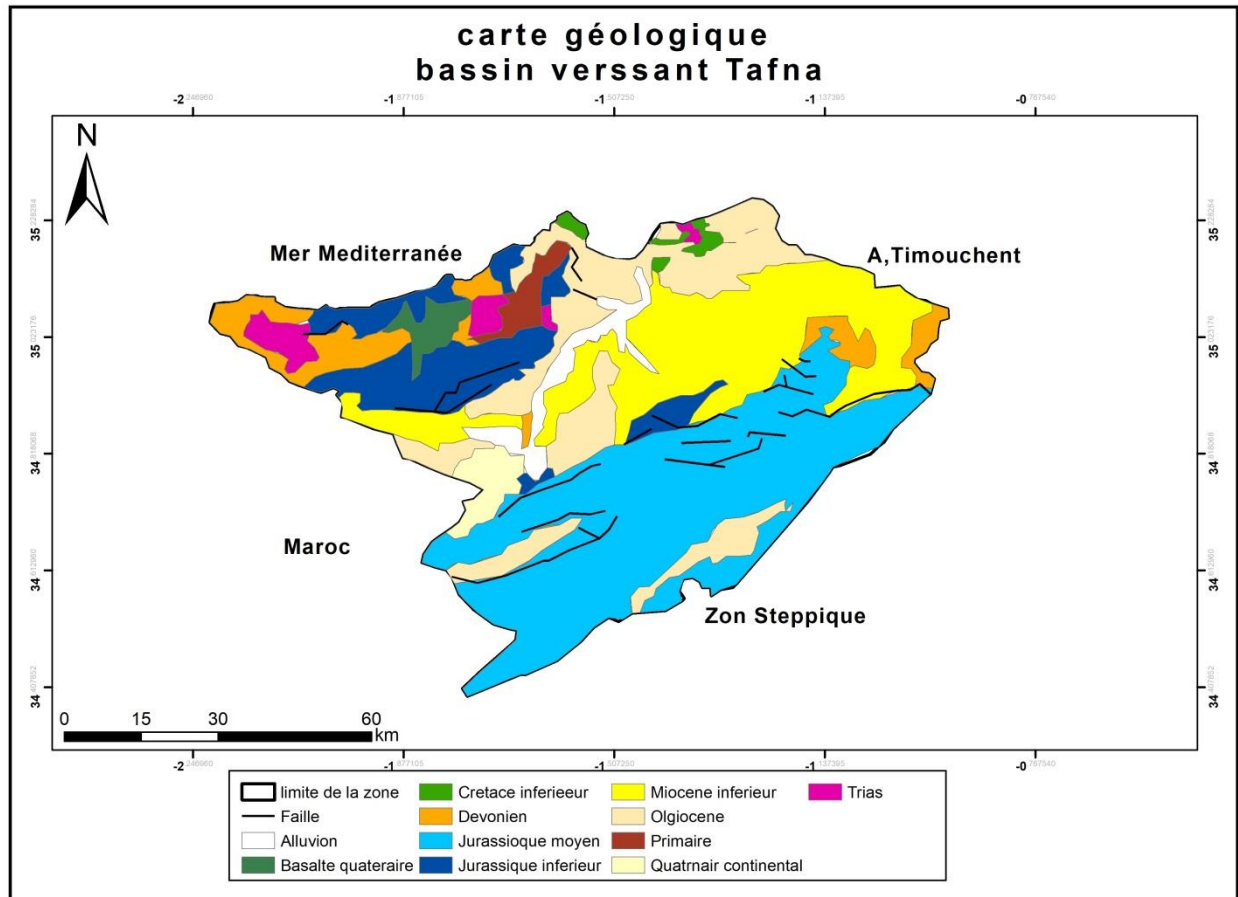


Figure 12: Carte géologique du bassin versant de la tafna (Digitalisation Arc Gis).

6.1.5 Présentation géologique du secteur d'étude :

Au plan stratigraphique :

Deux ensembles litho stratigraphiques ont été détectés dans la région de Remchi Il s'agit de bas en haut la succession suivante :

6.1.5.1 Ensemble Mésozoïque :

Il affleure à Sidi Belkralid sur la rive droite d'oued Tafna. Elle est représentée par la phase de keuper. Ce dernier est composé d'enduit multicolore de plâtre, plâtre et roche verte, et a un aspect chaotique.

6.1.5.2 Ensemble Tertiaire :

Il comprend de bas en haut :

- **Eocène** : Il n'affleure que dans la vallée de l'oued Sikkak, à l'est d'Ain Youcef. Il est constitué de grès fissuré jaune à rougeâtre alternant avec du ciment argileux. Aux marnes vertes. Cette formation est bien développée, plus au nord-Sur la parcelle de SebaaChioukh,

recouverte de la meulière et la marne rouge ou verte sont appelées "sol Bas Rouge Tafna de GENTIL (1902). L'épaisseur de cet Eocène peut être estimée à 50 mètres.

- Miocène inférieur

Cela commence par : une base en pierre de pudding avec beaucoup valves d'ostréa. Ces boudings ,hétérogènes et polygéniques sont des formations calcaires et fissurées, montrant le type normal avec des grains de marne au fond. Au-dessus de ces sédiments apparaissent des marnes grises, dans lesquelles s'alternent des couches de grès ferreux.

- **Seravallien** :il est constitué par une épaisse série marnes grises ou bleutées. Au sein de cette série s'intercalent de nombreux bancs de grès jaunes, plus fréquents au sommet. Ces marnes sont très développées dans la vallée d'Oued yesser et Oued Sikkak où leur puissance est de l'ordre 100mètres.

Quaternaire : Il est principalement représenté par une couche de calcaire. L'épaisseur de ce dernier n'est que de mètre.

Au plan tectonique :

D'un point de vue structurel, la zone d'étude fait partie d'un grand pli, peut-être un complexe de sédiments miocènes et quaternaires.

Ce pli est une ligne synchronisée parallèle aux montagnes environnantes du nord et du sud. L'axe synclinal de la zone d'étude traverse les terres plus au sud.

Vue de la côte sud, cette zone située sur le versant nord du grand synclinal près de Tlemcen est constituée principalement de formations rocheuses carbonatées du Jurassique.

De ce côté, les dépôts helvétiques et tortoniens sont éparpillés et dispersés. Les marnes helvétiques sont en plis, disloquées, tandis que les grès tortoniens se déposent en dislocation sur la surface irrégulière de l'helvète.

Ceci nous indique qu'entre le Serravalien et le Tortonien, il y a eu une discontinuité des sédiments Serravaliens et un plissement des sédiments Tortoniens.

Dans le côté tectonique, la série sédimentaire est quasi-horizontale, légèrement inclinée vers le nord-est jusqu'au gypse, qui plus pro éminent vers le sud jusqu'à former le versant anticlinal de pierre du chat.

L'accident était le diapir triasique, qui marquait le centre petit anticlinal de l'Eocène au Miocène, avec une inclinaison de 20 à 30.

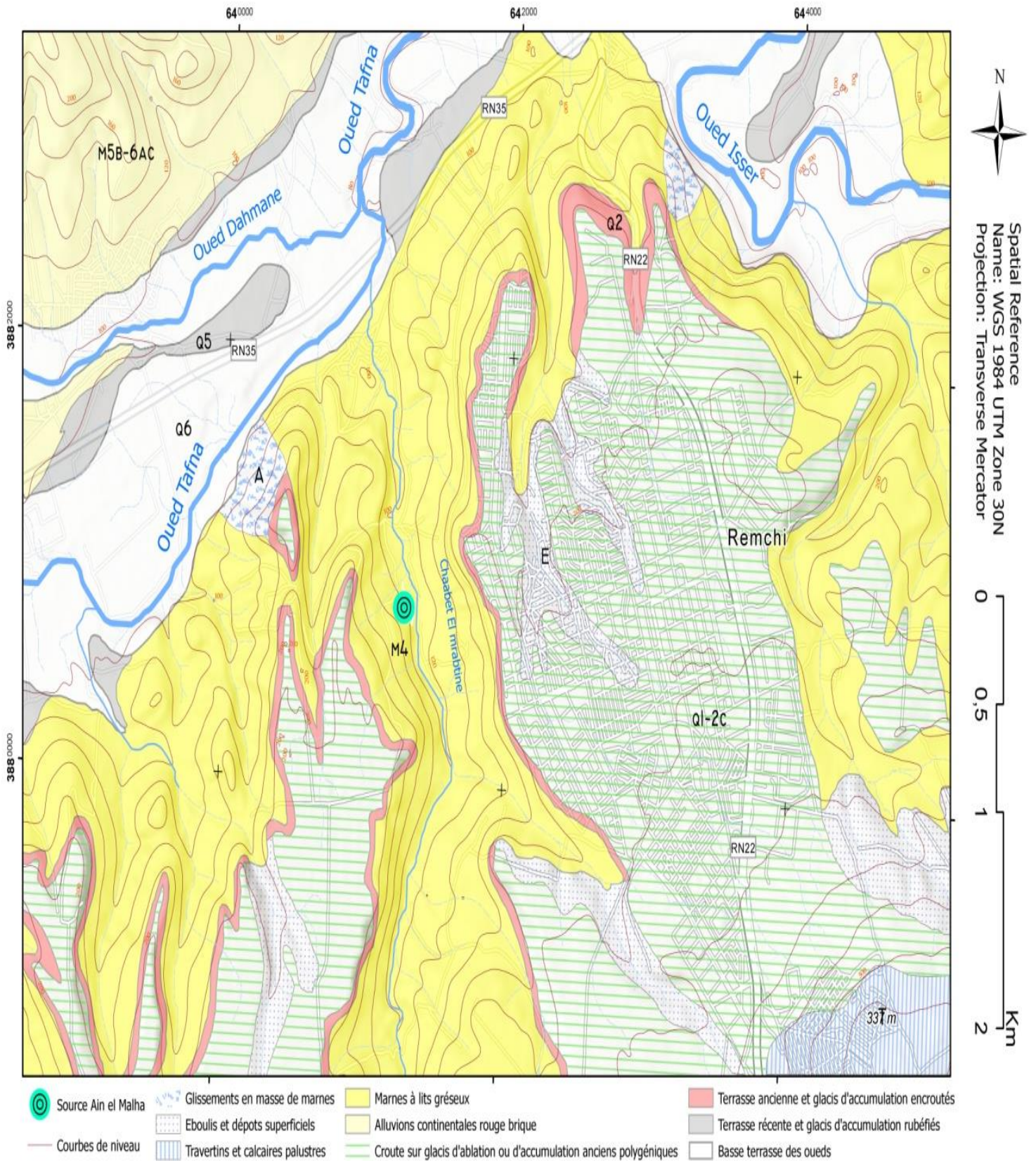
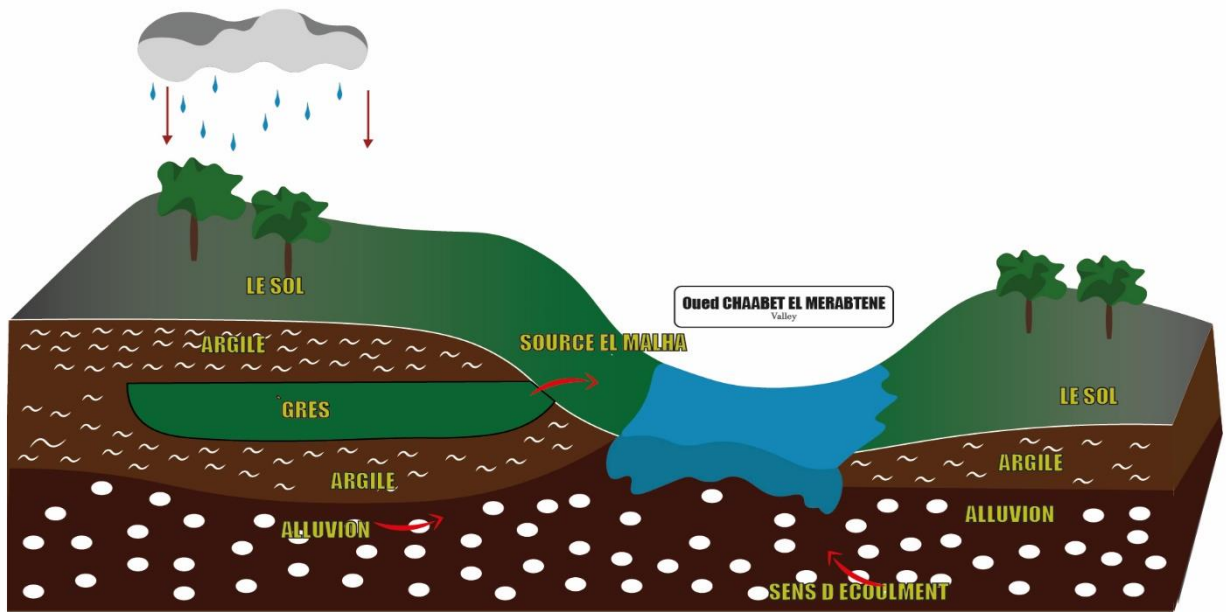
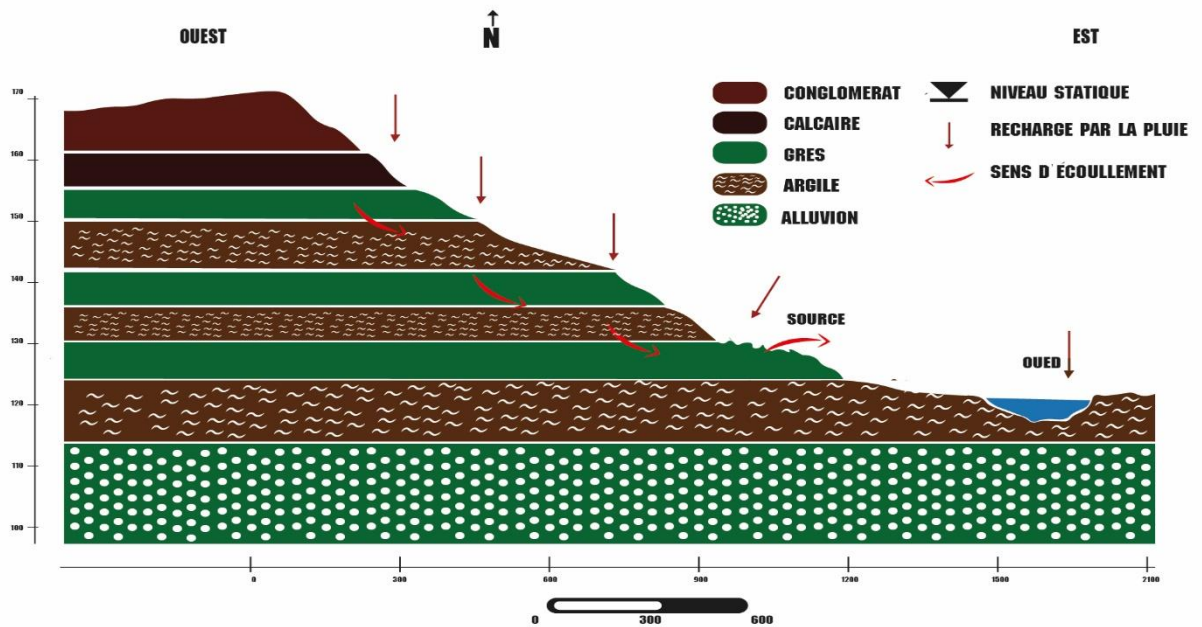


Figure 13: Carte géologique de la région d'étude source el Malha (MapInfo mise en page Arc Gis).



Project Title: hydrological cross section of a studied source
 Developed by: Mohammed M. Boulik, December 08/10/2022 08h
 Project Duration: June 2022, 23, to June 2022, 24

Figure 14: Schéma représentatif le sens d'écoulement vers la source el Malha



Project Title: hydrological cross section of a studied source
 Developed by: Mohammed M. Boulik, December 08/10/2022 08h
 Project Duration: June 2022, 23, to June 2022, 24

Figure 15: Coupe géologique de la source étudiée

Figure 15 : Coupe géologique de la source étudiée

6.1.6 Etude Hydrogéologique :

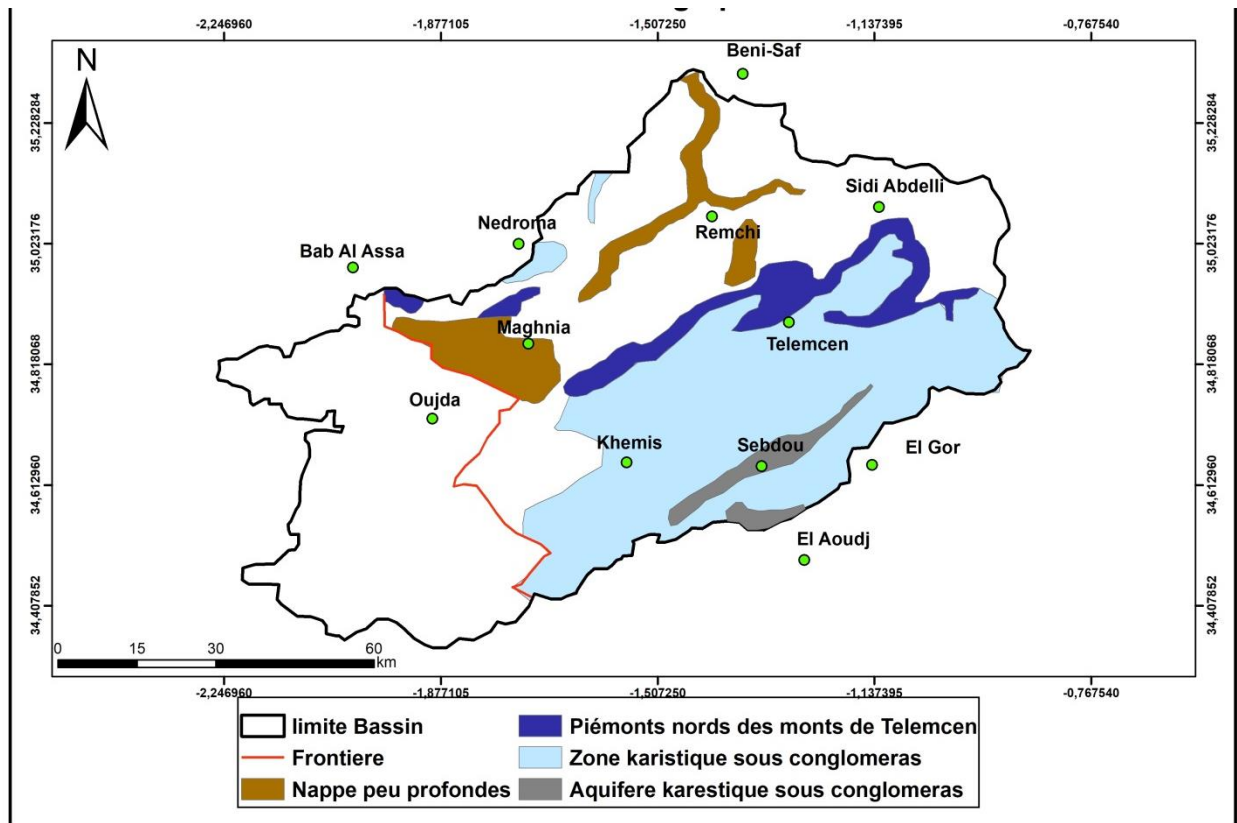


Figure 16 : Carte des potentiels hydrogéologiques bassin de la TAFNA (Digitalisation Arc Gis).

6.1.6.1 Formations a potentiel hydrogéologiques :

Les structures profondes à mouvement vertical sont cachées par la formation Miocène affecté par une déformation douce. Par conséquent, notre domaine de recherche nécessite une différenciation parmi les ressources en eaux souterraines :

➤ **Les formations perméables :**

- **Grès du Miocène :** Les grès sont un matériau abondant dans le bassin versant de la Tafna. Les grès de différentes périodes géologiques sont très exploités. Au-delà de son utilisation en tant que réservoir naturel pour les gisements d'eau en raison de sa perméabilité, il est considéré comme le réservoir naturel de l'eau de source El Malha .
- **Les alluvions :** Des alluvions perméables recouvrent tout le sol du oued Tafna. En fait un tank les dérives de sable ont des parois complètement fermées et des berges représentées par des marnes le grès du Miocène moyen se trouve en aval et le mudstone verdâtre du Miocène inférieur en amont.

La perméabilité des formations alluviales et gréseuses dépend du degré de cimentation et de sa teneur en éléments fins.

➤ **Les formations non perméables :**

- **Les marnes** : les marnes se comportent comme des roches imperméables, C'est une couche protectrice pour le réservoir des eaux de source El Malha . Elles sont très poreuses et possèdent, quand elles sont sèches, une perméabilité appréciable. Mais quand le marne est humide dans ce cas, les pellicules d'eau absorbées sur les plaquettes marne la rendent imperméable.

6.2 Conclusion :

La lithostratigraphie et les études structurales des différentes formations montrent un certain intérêt hydrogéologique. Notre secteur d'étude la source el malha - représentée par une succession de lithofaciès stratigraphiques.

De manière générale, les compositions hydrogéologiques des marnes miocènes (marnes vertes et marnes gréseuses) et des limons superficiels sont imperméables. Le reste est constitué d'alluvions et de formations gréseuses perméables.

CHAPITRE IV

Hydrochimie

7. Chapitre 04 : Hydrochimie

7.1 Introduction

L'étude de l'hydrochimie de l'eau permet de comprendre la qualité de l'eau et de confirmer les résultats des études géologiques. Une étude de la qualité de l'eau de source El Malha a Remchi est probablement nécessaire afin de conclure s'il y a une pollution microbiologique et hydrochimique sachant que a proximité passe juste a coté oued chaabet merabtine qui se remplit aussi par les eaux de sources repartis sur l'oued. Nous avons complété cette recherche par étudier et analyser la source d'eau. Cette étude est basée sur l'interprétation de l'analyse chimique d'échantillon réalisée le 18 avril 2023 de la source El Malha. Ces analyses réalisées au laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité (**OPENLAB**) et laboratoire pédagogique de l'université de Tlemcen de la Faculté SNV –STU impliquant les principaux éléments chimiques suivants :

7.1.1 Les cations

- **L'ion calcium Ca^{2+}** : Est un atome de calcium ayant perdu deux électrons et s'écrit Ca^{2+} . Le carbonate de calcium est l'un des principaux composants du calcaire. Par calcination du calcaire on obtient de la chaux vive de formule CaO . L'hydratation de la chaux vive donne de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- **L'ion magnésium Mg^{2+}** : Sont des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre, la teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques, dolomies.) (Rodier, 2009).
- **L'ion sodium Na^+** : Le sodium, sous forme de chlorure de sodium, indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères. (**Rodier, 2009**).
- **L'ion potassium K^+** : Sa présence est constante dans les eaux naturelles, elle ne dépasse pas habituellement 10 à 15mg/l. Certains rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d'usines d'engrais, peuvent entraîner dans l'eau des quantités de potassium relativement importantes. (**Rodier, 2009**).

7.1.2 Les anions

- **L'ion chlorure Cl^-** : La teneur en Cl^- des eaux souterraines est essentiellement fonction de la nature des terrains traversés (**RODIER J., 2009**).
- **L'ion sulfate SO_4^{2-}** : La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. La présence de l'ion sulfate dans l'eau est liée à la dissolution du gypse en concentrations très variables (**RODIER J., 2009**).
- **L'ion bicarbonate HCO_3^-** : La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (**RODIER J., 2005**).
- **L'ion nitrate NO_3^-** : Les nitrates sont souvent liés au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, les excréments et fumiers divers, voire les boues de stations d'épuration. Les rejets des collectivités et occasionnellement de certaines industries (**Rodier, 2009**).

Ainsi que le pH, la conductivité et la minéralisation. En fin les analyses Microbiologique.

➤ Appareillage

- **Le PH-mètre** : Le pH-mètre est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence. Son fonctionnement est basé sur le rapport qui existe entre la concentration en ions et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans le pH-mètre une fois plongé dans l'eau sur le terrain.



Figure 17: PH mètre.

Conductimètre/Salinomètre : La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. L'eau potable a généralement une conductivité d'environ 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mais elle varie considérablement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.



Figure 18 : Conductimètre.

7.1.3 Le travail sur site :

Le 18/04/2023, l'échantillonnage a été réalisé. Des échantillons prélevés sur Site où les échantillons d'eau ont été prélevés et situé dans la zone d'étude. Pour cet échantillonnage, nous avons utilisé des bouteilles en verre stérile pour analyse physico-chimique. La bouteille est débouchée à la prise, Une fois plein, récapitulez, étiquetez et expédiez au laboratoire.



Figure 20 : la source el Malha.

Après le prélèvement, nous avons mesuré le pH, la température et la conductivité est indiquée dans la figure ci-dessous :



Figure 21 : Processus d'échantillonnage.

Le résultat est le suivant :

- PH = 7
- Conductivité = **4720 ($\mu\text{S/cm}$)**..

7.1.4 Manipulation :

Après échantillonnage et calcul des paramètres spécifiés. Nous sommes allés au laboratoire et nous avons fait les analyses suivantes :

7.1.4.1 Dosage de calcium Ca^{2+} :

- Mettre dans la burette l'EDTA N/50 ou (M/100)
- Dans l'erlenmeyer de 250 ml mettre 100 ml d'eau à analyser NaOH 2N pour avoir un pH 12 à 13.
- Une pincée de murexide, avant dosage on a une coloration ROSE VINEUX
- Doser jusqu'à coloration violer V(ml) chute de burette.
- Interprétation des résultats 1 ml d'EDTA= 4.008 mg/l de Ca^{2+} Donc

$$\text{Ca}^{2+} = V(\text{ml}) * 4.008 \text{ mg/l} = \dots \text{mg/l.}$$

Mode opératoire

- Mettre dans la burette l'EDTA N /50 (M/100).
- Dans l'erlen de 250 ml mettre 10ml de NaOH à 10 % (pour avoir un pH 12 à 13) 90cc d'eau distillée.
- Pincée de murexide. Avant dosage coloration ROSE VINEUX.
- Doser jusqu'à coloration Violer



Figure 22: NaOH 90 cc (ml) d'eau distillée et Murexide.



Figure 23 : Moment de mélange

7.1.4.2 Interprétation des résultats :

- 1 ml d'EDTA = 0.4008 mg /L de Ca^{2+}

Volum de calcium = 25 ml

- $0.4008 \times 25 = 10.02$ mg / L de Ca^{2+} $\text{Ca}^{2+} = 10.02$ mg / L.

- $10.02 \times 10 = 100.2$ mg / L.

L'eau d'une source étudiée est chargée en calcium avec un teneur $\text{Ca}^{2+} = 100.2$ mg / L

Cette valeur dans l'intervalle de la norme algérienne (200 mg/l).

➤ Dosage du Chlorure (Cl^-)

- Méthode de Mohr

- Mettre dans la burette AgNO_3 N/10

- Dans l'erlenmeyer de 250 ml Mettre : 100 ml d'eau à analyser ,3 gouttes de solutions de Chromate de potassium à 10% (K_2CrO_4) (+1 pincée de $CaCO_3$ pur) (+2 à 3 gouttes de HNO_3 pur) La solution à une coloration avant dosage JAUNE.
- Doser jusqu'à coloration ROUGE ; la couleur rouge doit persister
- Interprétation des résultats $V(ml) \cdot 10 \cdot 3.55 = \dots Cl^- \text{ mg/l}$
- Mode opératoire
- Mettre dans la burette $AgNO_3$ N/10.
- Dans l'erlenmeyer de 250 ml mettre : 100 ml d'eau à analyser 3 gouttes de solutions de Chromate de potassium à 10 % (K_2CrO_4) (+1 pincée de $CaCO_3$ pur) (2 à 3 gouttes de pur).
- La solution a une coloration avant dosage JAUNE.
- Doser jusqu'à coloration ROUGE la couleur rouge doit persister.



Figure 24 : Coloration avant dosage Cl^- —Figure VI.10 : Coloration après dosage Cl^-

▪ Interprétation des résultats

- $V=25$ ml
- $25 \times 10 \times 3.55 = \dots$ Cl⁻-mg / L. Cl⁻= 887.5 mg / L.

La norme algérienne indique une concentration maximale admissible de 500mg/l. La

Réglementation de notre pays fixe 500 mg/l comme teneur limite. ➤ La teneur trouvée au niveau d'une eau de puits 887.5 mg/l elle est très chargée en chlorures.

➤ Dosage de la dureté totale (Ca²⁺ +Mg²⁺)

La dureté totale d'une eau est définie comme la quantité d'ions calcium Ca²⁺ (dureté

Calcique) et magnésium Mg²⁺ (dureté magnésienne) présents dans cette eau. Elle se

Détermine par titrage par l'EDTA à pH = 10, en utilisant le NET (noir d'ériochrome) comme indicateur de fin de réaction. Elle s'exprime en mg/l

- Eau a analysé (échantillon) 100 ml ;
- Solution ammoniacale tampon (NH₄OH) d'un pH de 10,1 ;
- Indicateur coloré NET (deux pincées) ;
- Solution EDTA à N / 50.

▪ Mode opératoire

- Mettre dans la burette l'EDTA N / 50.
- Dans l'erlenmeyer de 250 ml Mettre : 100 ml d'eau à analyser 2à5 ml de solution tampon pH 10. 1 pincée de NET (noir ériochrome T).



Figure 25: Les étapes de dosage ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)

- Avant dosage coloration VIOLETTE en présence de Ca^{2+} et Mg^{2+}
- Doser jusqu'à coloration BLEU Franc.
- Dureté total $\text{THt} = V(\text{ml})$ en °F
- Ou $\text{THt} = 2 V / 10$ en meq / L.
- $V = 25 \text{ ml} + 25 \text{ ml} + 29 \text{ ml}$
- $\text{T Ht} = 2 (126) / 10$
- $\text{T Ht} = 15.8 \text{ meq} / \text{L}$

7.1.4.3 Calcul du magnésium (Mg^{2+}) :

• La dureté totale = la dureté calcique + la dureté magnésium.

• $THt = 15.8 \text{ meq / L.}$ et $T Ca^{2+} = 100.2 \text{ mg / l.}$

Nous convertissons une unité de Ca^{2+} (mg / L) en meq / L

$Cep = \frac{cp \times z}{M} M$: la masse molaire (tableau périodique) ;

• $Cep Ca^{2+} = 5.01 \text{ meq / L.}$

• $T Mg^{2+} = THt - T Ca^{2+} = 15.8 - 5.01 = 10.79 \text{ meq / L}$

• $T Mg^{2+} = 10.79 \text{ meq / L.}$

• $Cep Mg^{2+} = 10.7 \times 24 / 2 = 129.84 \text{ mg / L.}$

➤ Dosage des carbonates des hydrogencarbonates HCO_3^- et CO_3^{2-}

▪ Principe : les ions CO_3^{2-} existent que si le PH de l'eau n'est supérieur à 8.4 ils sont neutralisés par les ions H^+ de l'acide sulfurique, Les carbonates sont ainsi transformés en bicarbonates HCO_3^- .

Les ions existent si le PH est compris L. entre 4.2 et 8.4 et sont neutralisés selon la réaction suivante : $COH + H \rightarrow CO_2 + H_2O$

- Mettre dans la burette HCL 0.1 mol/l

- Dans l'erlenmeyer de 100 ml Mettre : 25 ml d'eau à analyser quelques gouttes de vert de Bromocrésol, puis bien mélanger.

- Doser jusqu'à coloration BLEU

- Interprétation des résultats

• On a $CaVa = CbVb$ avec $Ca = 0.1 \text{ mol/l}$ $Va = \text{chute de burette}$ $Vb = 25 \text{ ml}$

• $Cb = CaVa / Vb = 0.1 Va / 25 = 0.1 * 10 / 25 = 0.04 \text{ mol/l}$ Avec $M = 61 \text{ mmol/mg}$

• $Cp = Cb. M = Cb. 61 = 0.04 * 61 = 2.44 \text{ mg/l}$

▪ **Réactifs :** a) Acide sulfurique à 50mg/l, H_2SO_4 (prendre 1.4 ml d'acide sulfurique pur et les diluer dans de l'eau distillé dans un ballon jaugé de 1 litre jusqu'au trait de jauge). b) phénophtaléine 1% (1g dans 100 ml d'eau distiller).

▪ **Mode opératoire :** Prélever 50 ml d'eau à analyser, les verser dans un bécher (pour

pouvoir mesurer le PH) Si le PH est à 8.4 ajouter 2 gouttes de phénophtaléine puis doser avec l'acide H₂SO₄ jusqu'à décoloration de l'eau. Noter le volume d'acide versé V1 en ml. Ajouter 3 gouttes Méthylorange et doser avec l'acide jusqu'à virage au rose. Noter le volume d'acide versé V2 en ml.

▪ **Expression des résultats :**

- La teneur en carbonate en (mg/l) est : $\text{CO}_3^{2-} = V1 * 0.5 * 30$

$$\text{CO}_3^{2-} = 10 * 0.5 * 30 = 150$$

- La teneur en bicarbonate en (mg/l) est : $\text{HCO}_3^- = V2 * 0.5 * 61$

$$\text{HCO}_3^- = 10 * 0.5 * 61 = 305 \text{ mg/l.}$$

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée. La valeur de bicarbonates d'une eau analysée (305mg/l).

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur l'échantillon sont mentionnés sur le tableau suivant :

Tableau 21 : Analyse physico-chimie de l'eau de la source (26-04-2023).

Paramètres	Résultats	Valeur limites	Normes internationales et méthodes
Sulfates So4	49.4 mg/l	Au max 400 mg/l	NFT 90-009
Nitrates No3-	12.5 mg/l	Au max 50 mg/l	NFT 90-012
Sodium Na	419 mg/l	Au max 200 mg/l	ISO 9964-1993
Potassium K	25 mg/l	Au max 12 mg/l	ISO 9964-1993

NB : A l'issue des analyses : la teneur en sodium et potassium dépassent les valeurs maximales tracées par la réglementation.

▪ Les cations

- L'eau d'une source étudiée est chargée en calcium avec un teneur $rCa^{2+} = 100.2 \text{ mg/l}$.

Cette valeur dans l'intervalle de la norme algérienne (200 mg/l).

- Pour l'eau étudiée, la valeur de magnésium trouvée est comprise 129.4mg/l. Ce résultat non conforme avec la norme algérienne (150mg/l). Le rapport rMg^{2+}/rCa^{2+} supérieur à 1.

- La teneur de sodium Na^+ est égale 419 mg/l. Elle est non conforme à la norme algérienne (200mg/l).

- Le résultat d'analyse d'une eau de source qui concerne du potassium K^+ dépasse la norme algérienne (12 mg/l) $rK^+ = 20 \text{ mg/l}$.

▪ Les anions

- La norme algérienne indique une concentration maximale admissible de 500mg/l. La réglementation de notre pays fixe 500 mg/l comme teneur limite. La teneur de Cl trouvée au niveau d'une eau de source 887.5 mg/l elle est très chargée en chlorures.

- Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans les eaux de consommation.

- Potabilité n'est pas affectée. La valeur de bicarbonates d'une eau analysée (305 mg/l).

- La valeur des sulfates SO_4^{2-} trouvée au niveau d'une eau de la source étudiée est égale de 4.49 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible (400 mg/l).

- La teneur en nitrate est très faible dans l'eau de source a été égal 12.5 mg/l

7.1.5 Interprétation des données de mesure et des résultats d'analyse :

➤ Balance ionique :

Le calcul de la balance ionique permet de contrôler le pourcentage d'erreur, en utilisant la

Formule suivante : $BI = \left| \frac{\sum r^+ - \sum r^-}{\sum r^+ + \sum r^-} \right| \times 100$ Avec :

• $\sum r^+$: Somme des quantités en réactions des cations.

• $\sum r^-$: Somme des quantités en réactions des anions.

• **BI** : Balance ionique en %. Si :

- o - $BI \leq 2\%$ => Bonne analyse
- o - $2\% < BI < 5\%$ => Analyse acceptable
- o - $BI > 5\%$ => Mauvaise analyse.

7.1.6 Interprétation des analyses physico-chimiques :

➤ Les paramètres physiques :

- **Le PH** : L'eau contient des ions hydrogènes, et la concentration de ces ions permet de définir si l'eau est basique ou acide. Le pH n'est rien d'autre que le potentiel hydrogène, c'est-à-dire qu'il permet de définir quelle est la concentration en ions hydrogènes de l'eau.

La valeur du pH est toujours comprise entre **1 et 14**, et le résultat permet de déterminer si l'eau est basique ou acide :

- Lorsque le pH est **supérieur à 7**, on estime que l'eau est basique, ou encore alcaline ;
- Lorsque le pH est **inférieur à 7**, on estime que l'eau est acide ;
- Lorsque le pH est **de 7**, on estime que l'eau est neutre.

Eaux minérale bicarbonatée sodique le PH entre 6.3 et 6.4 Eaux minérale sulfurée sodiques la valeur du PH (8-10). Eaux de soles alcalines PH (9 à 10). Le PH mesuré dans l'eau de source été égale 7.

- **La Température** : est un caractère intéressant pour la classification des eaux.

La température présentes dans l'eau de source égales ($T=25^{\circ}\text{C}$)

➤ La conductivité et la minéralisation

- **La conductivité électrique** : La conductivité est un moyen de mesurer la teneur en différents ions dissout dans l'eau (comme les chlorures, les nitrates, les sulfates, le sodium, le magnésium, le calcium, le fer), qui permettent le passage de l'électricité. Mesuré en micro siemens par cm, la conductivité électrique est déterminée à l'aide d'un conductivimètre.

Chaque eau naturelle a son niveau unique de conductivité qui dépendra du substrat rocheux présent sur son passage.

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (MENS et DEROUANE, 2000).

Tableau 22 : Classification de l'eau en fonction de la conductivité (Rodier J., 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	Elevée

La valeur de conductivité de source d'étude était de 4720 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur est supérieure à Norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Représentation de l'eau de l'argile marneuse

Haute conductivité d'environ **4720 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)**..

➤ **La minéralisation**

Au cours de son voyage souterrain, l'eau prend une certaine quantité d'éléments minéraux est liée au terrain traversé.

Tableau 23 : Détermination de la minéralisation globale

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/l)
Conductivités <50	1,365079 x conductivités
50 < Conductivités < 166	0,947658 x conductivités
166 < Conductivités < 333	0,769574 x conductivités
333 < Conductivités < 833	0,715920 x conductivités
833 < Conductivités < 10000	0,758544 x conductivités
Conductivités > 10000	0,850432 x conductivités

- Haute teneur en minéralisation de 3747 mg/l.

➤ **La turbidité :**

Ce sont des résidus secs contenus dans l'eau. Les résidus séchés dans l'eau non filtrée permettent d'évaluer la teneur en solides dissous et suspension, non volatile, obtenue après évaporation de l'eau (RODIER J., 2005).

Une eau avec une très faible teneur en résidus secs peut ne pas être acceptable comestible, plat et sans goût est insipide (WHO., 1994).

➤ **Titre hydrotimétrique :**

Le TH, à ne pas confondre avec le PH, c'est le titre hydrotimétrique de votre eau, c'est-à-dire le taux qui mesure sa minéralisation ou sa concentration en sels minéraux, à savoir en potassium, magnésium et calcium. En bref, le TH de votre eau vous indique précisément son niveau de calcaire. Connaître le TH de son eau permet donc de connaître son degré de dureté, qui est lié à la composition des sols de chaque région. la dureté s'exprime en mg/l de CaCo₃,

En meq/l En degrés français. 1°F correspond à 4 milligrammes de calcium et 2.4 milligrammes de magnésium par litre d'eau et à 1.5 meq/l.

- $TH = TH_{Ca^{2+}} + TH_{Mg^{2+}}$
- $TCa = C_{pCa^{2+}} \cdot Z_{Ca^{2+}} / M_{Ca^{2+}}$ en meq/l
- $TMg = C_{pMg^{2+}} \cdot Z_{Mg^{2+}} / M_{Mg^{2+}}$ en meq/l

Tableau 24 Classification des eaux selon le titre hydrotimétrique

TH (°F)	Eau
0	Eau pure
0 à 7°F	Eau très douce
7 à 15°F	Eau douce
15 à 25°F	Eau moyennement dure
25 à 42°F	Eau dure
≥ 42 °F	Eau très dure

▪ **Dureté calcique** : M : la masse molaire (tableau périodique) ;

$$Cp \text{ Ca}^{2+} = 100.2 \times 2 / 40 = 5.01 \text{ meq/L.}$$

▪ **Dureté magnésienne** : $Cp \text{ Mg}^{2+} = 129.48 / 24 \times 2 = 2.69 \text{ meq/l}$

▪ **Titre hydrotimétrique TH** = 15.8 meq/l

La valeur de la dureté totale d'eau de la s étudiée est comprise 366.6 mg/l en CaCO_3 ,

▪ **Titre alcalimétrique (T.A)** : Il permet de connaître les teneurs de l'eau en Bicarbonates HCO_3^- , carbonates CO_3^{2-} base forte (OH^-) présente dans l'eau.

▪ **Titre alcalimétrique complet (T.A.C)** Le TAC est la teneur d'une eau en hydroxydes, en carbonates, et en hydrogénocarbonates alcalins et alcalino-terreux

.Pour prendre également en compte les ions bicarbonates (HCO_3^-) on utilise le titrealcalimétrique complet (TAC).

Si le $\text{pH} < 8,3$, : le TA est = 0

Si le $\text{pH} < 4,3$, : TAC = TA

Si le $\text{pH} > 4,3$, : le TAC est déterminé de la même manière que le TA

Pour ce cas le PH est 7 est compris entre 4.3 et 8.3 donc vous diviser sur 12.2 pour trouver laTAC en degré français c'est tout.

calculs :

• $4.3 < \text{pH} = 7 < 8.3$.Alors $[\text{HCO}_3^-] / 12.2 = 23.5 \text{ mg/L.}$

Donc ; l'eau moyennement dure .

- **Représentation graphique des analyses d'eau**

L'objectif principal d'une représentation graphique est de permettre une approche rapide des résultats analytiques en vue de caractériser facilement le faciès chimiques d'une eau.

Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF : Le diagramme semi-logarithmique SHOELLER-BERKALLOF (Figure 26) est utilisé pour la représentation graphique des analyses chimiques. La

classification tient compte de l'importance des principaux anions et cations (concentration des ions majeurs) et permet de déterminer le type de faciès de l'eau de source.



Figure 26: Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF

A partir de diagramme de SHOELLER-BERKALLOF la position d'un point d'eau de source fait ressortir un faciès Chlorurée Sodique.

▪ **Diagramme logarithmique de PIPER** : La représentation des analyses chimiques dans le diagramme de PIPER permet d'avoir une approche de la composition chimique d'une eau.

Ce diagramme est établi à partir des quantités en réaction (en%). Les résultats ont été représentés sur le diagramme de Piper. La position des points représentatifs des anions et des cations caractérise la composition chimique de l'eau du puits.

Selon les diagrammes, ces eaux appartiennent la famille :

- Chlorurée et sodique et potassique et sulfatée.
- Type de faciès : Chlorurée et sodique et potassique et sulfatée.

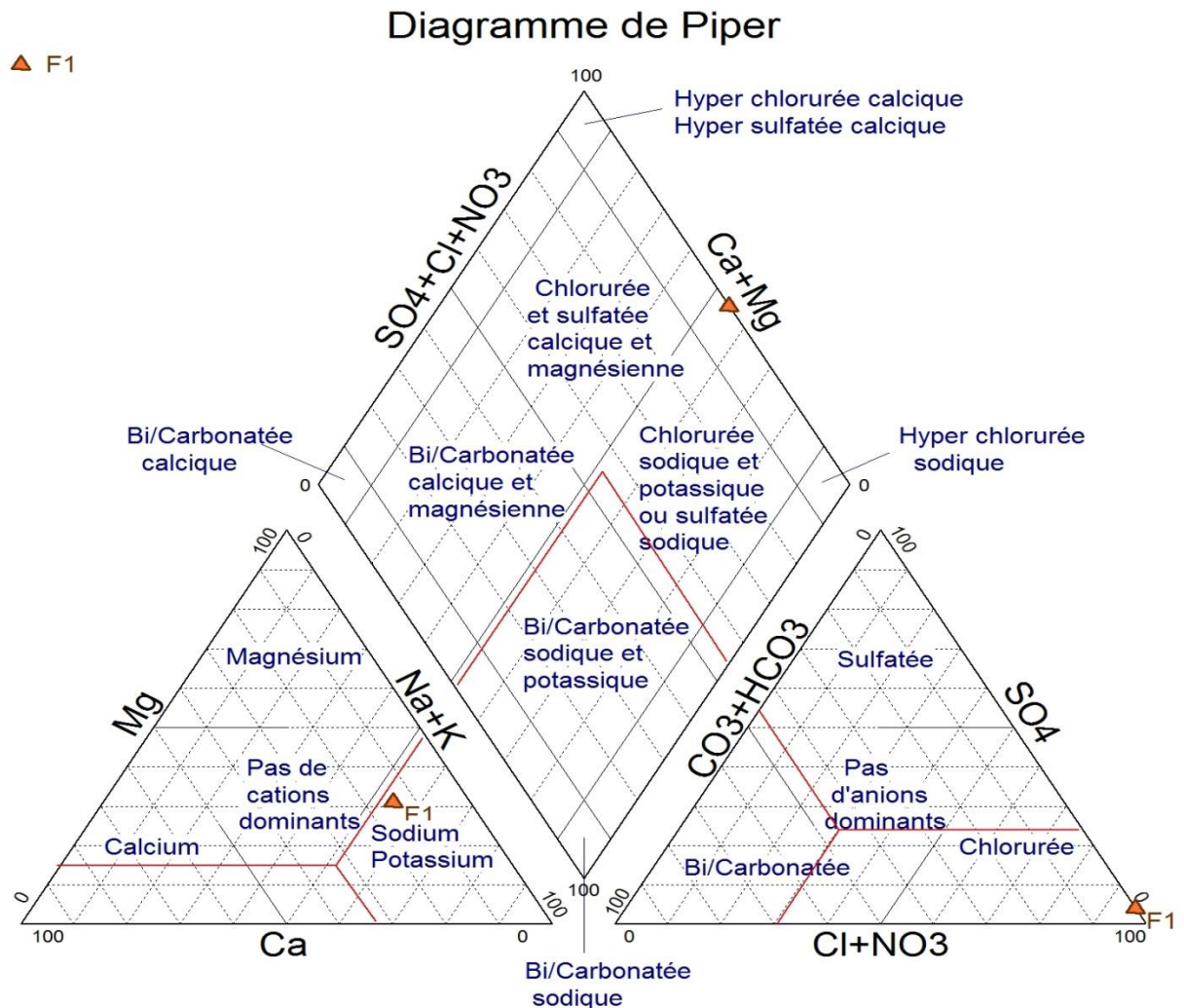


Figure 27: Diagramme de Piper

7.2 Potabilité de l'eau étudiée (classification selon les normes algériennes) :

7.2.1 Qualité des eaux destinées à la consommation Humaine :

Les normes de potabilité nous renseignent sur la qualité de l'eau. La norme algérienne (N.A.6360-1992) s'inspire des normes relatives à l'eau de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et des normes énoncées dans les directives de la Communauté économique européenne (CEE).

L'objectif de cette norme est d'élaborer des spécifications sensorielles, physico-chimiques et toxicologiques pour l'eau potable. (Tableau) Les résultats rapportés montrent que la norme d'eau potable de la source est conforme à la norme algérienne.

Tableau 25: Potabilité de l'eau de source selon les normes algériennes.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration Maximale admissible	Résultats des analyses physico-chimiques	
				Eau potable	Eau non potable
Ca ²⁺	mg/l	-	200	Eau potable	Eau non potable
Mg ²⁺	mg/l	-	150		Eau non potable
Na ⁺	mg/l	-	200		Eau non potable
K ⁺	mg/l	-	12		Eau non potable
Cl ⁻	mg/l	-	500		Eau non potable
SO ₄ ²⁻	mg/l	-	400	Eau potable	
NO ₃ ⁻	mg/l	-	50	Eau potable	
Ph	-	7	9	Eau potable	
Dureté totale	mg/l	-	500	Eau potable	
Résidu sec	mg/l	-	1500		
Conductivité	µS /cm	4720	2000		Eau non potable

7.2.2 Classification des eaux selon les analyses microbiologiques :

7.2.2.1 Résultats des analyses Microbiologiques :

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues. Nous n'avons pas pu avoir les résultats des analyses bactériologiques de la série étudiée pour les paramètres physico-chimiques. Nous avons utilisé les analyses

microbiologiques effectuées par le laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité (OPEN LAB).

Tableau 26: Analyse microbiologique de l'eau de la source (18/04/ 2023).

Détermination	1er Ect	2ème Ect	3ème Ect	4ème Ect	5ème Ect	Limite microbiologiques méthodes	Normes des méthodes
<i>Escherichia Coli/250ml</i>	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 9308-1
<i>Entérocoques/250ml</i>	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 7899-2
<i>Spores anaérobies sulfatoréductrices à 46°C</i>	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO 646162
<i>Coliformes totaux 250ml</i>	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 9308-1

- **Escherichia Coli** : Escherichia coli (E.coli) est une bactérie que l'on trouve couramment dans le tube digestif de l'être humain et des organismes à sang chaud. La plupart des souches sont inoffensives. Certaines en revanche peuvent provoquer une intoxication alimentaire grave, provoquant une maladie d'origine alimentaire.
- E.coli producteur de shigatoxines est une bactérie pouvant provoquer une maladie grave d'origine alimentaire.
 - À l'origine des flambées épidémiques d'E. coli producteur de shigatoxines, on trouve principalement la viande hachée crue ou mal cuite, le lait cru et la contamination fécale de légumes.



Figure 28 : Escherichia Coli

- **Les entérocoques** : sont un indicateur bactérien de contamination fécale. Leur présence dans l'eau potable indique que des agents pathogènes fécaux peuvent être présents, ce qui peut poser un risque pour la santé des consommateurs.



Figure 29 : Entérocoques

➤ **Spores anaérobies sulfatoréductrices (A.S.R) :**

- Microorganismes anaérobies dont les spores sont la forme de résistance
- Les plus fréquentes et faciles à mettre en évidence sont les clostridies
- Présence :
 - Dans les matières fécales mais en plus petite quantité que E.coli et autres coliformes
 - Dans l'environnement (sol, rivières)
 - Leur absence dans une nappe souterraine ou alluviale signe l'efficacité de la filtration naturelle réseau (Réalisé sous la direction du Pr Vincent Danel, Université Grenoble Alpes Dernière révision : Novembre 2017)

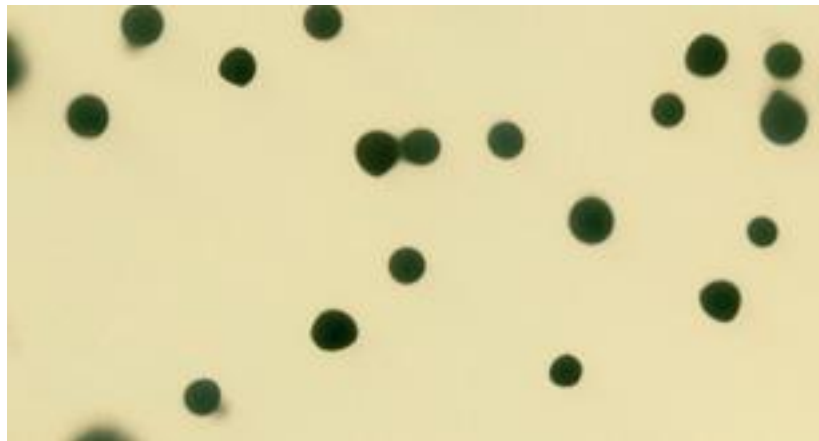


Figure 30 : Spores anaérobies sulfatoréductrices

- **Les coliformes totaux :** sont un indicateur de la dégradation de la qualité bactérienne de l'eau distribuée. Les coliformes décrivent des bactéries à coloration de Gram négative fermentant le lactose avec production de gaz à 35-37 °C en 48 h, ce sont des bacilles non sporulant, donnant une réponse négative au test à l'oxydase, aérobies ou anaérobies facultatives, capables de cultiver en présence de sels biliaires ou équivalents. La norme ISO 4831¹ de 1991 précise que la fermentation du lactose avec production de gaz doit être recherchée dans un milieu nutritif spécifique additionné de sels biliaires et de vert brillant (voir Lactosé bilié au vert brillant /cloche (BLBVB)). Ce groupe est basé sur des propriétés biochimiques et morphologiques et n'entre pas dans la classification conventionnelle des bactéries (taxinomie).

Il comprend des bactéries de la famille des entérobactéries qui habitent les intestins des animaux à sang chaud mais aussi d'autres microorganismes de l'environnement naturel. Certaines entérobactéries, pourtant pathogènes, ne répondent pas à cette définition de coliformes.



Figure 31 : Coliformes totaux

Interprétation des résultats d'analyse microbiologique :

D'après les analyses microbiologiques, nous avons constaté présence des Spores anaérobies sulfatoréductrices (A.S.R) dans l'eau de source el Malha.

Leur présence dans l'eau en l'absence de germes fécaux signe :

- Si constante : la présence habituelle de ces germes dans la nappe
- Si irrégulière
 - La vulnérabilité de la nappe et son défaut de protection contre la présence d'une flore bactérienne étrangère
 - Une possible contamination ancienne (forme persistante)
- Les spores
- Similitude de comportement avec les parasites (résistance à la chloration) : bon indicateur de ces microorganismes
- Indicateur de l'efficacité d'un traitement (filtration, désinfection) et de l'entretien du réseau (Réalisé sous la direction du Pr Vincent Danel, Université Grenoble Alpes Dernière révision : Novembre 2017)

7.2.3 Aptitude des eaux destinées à l'irrigation :

Pour déterminer le degré d'aptitude de l'eau à l'irrigation, il y a lieu de considérer les problèmes liés à sa teneur en sels, la salinisation est sans doute le principal risque pour les terres irriguées, Principalement dans les climats arides. Peut être compris par la conductivité de l'eau Irrigation (Rodier J., 1996). Adéquation des zones d'eau disponibles pour l'irrigation

Évaluer avec un certain nombre de mesures et de graphiques, notamment :

- Pourcentage de sodium (% Na+).
- Schéma de principe de WILOX :
- Indice du ratio de Kelly (Kr).
- Schéma de principe de RIVERSIDE.

➤ Le pourcentage en sodium % Na⁺ :

Une grande quantité d'ions *sodium* dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. L'usage agricole d'une eau demande un pourcentage en sodium inférieure à 60% (seuil maximal admissible) (Rodier J., 1996).

Est donné par la formule suivante :

$$\text{Na}^+ = \frac{(\text{Na}^+ + \text{K}^+)}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) \times 100}$$

Tableau 27 : Classification des eaux, selon le pourcentage en Na⁺

Classe	Eau très bonne	Eau bonne	Eau admissible	Eau médiocre	Eau Mauvaise
Na ⁺ %	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80

- Pourcentages en Sodium d'une source étudiée est égale 54.77 %
- D'après les résultats obtenus, le pourcentage en sodium est compris entre 40% et 60%
- Les eaux sont classées admissibles pour l'irrigation (< 20).
- Les eaux étudiées d'un sourceel Malhaont un taux de sodium inférieurà 60%, donc elles sont aptes à être utilisées en irrigation.

a. Diagramme de WILCOX :

WILCOX est basé sur les valeurs du rapport d'absorption ensodium (SAR) et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau, définissant5 classes d'eau (très bon, bonne, admissible, médiocre et mauvaise).

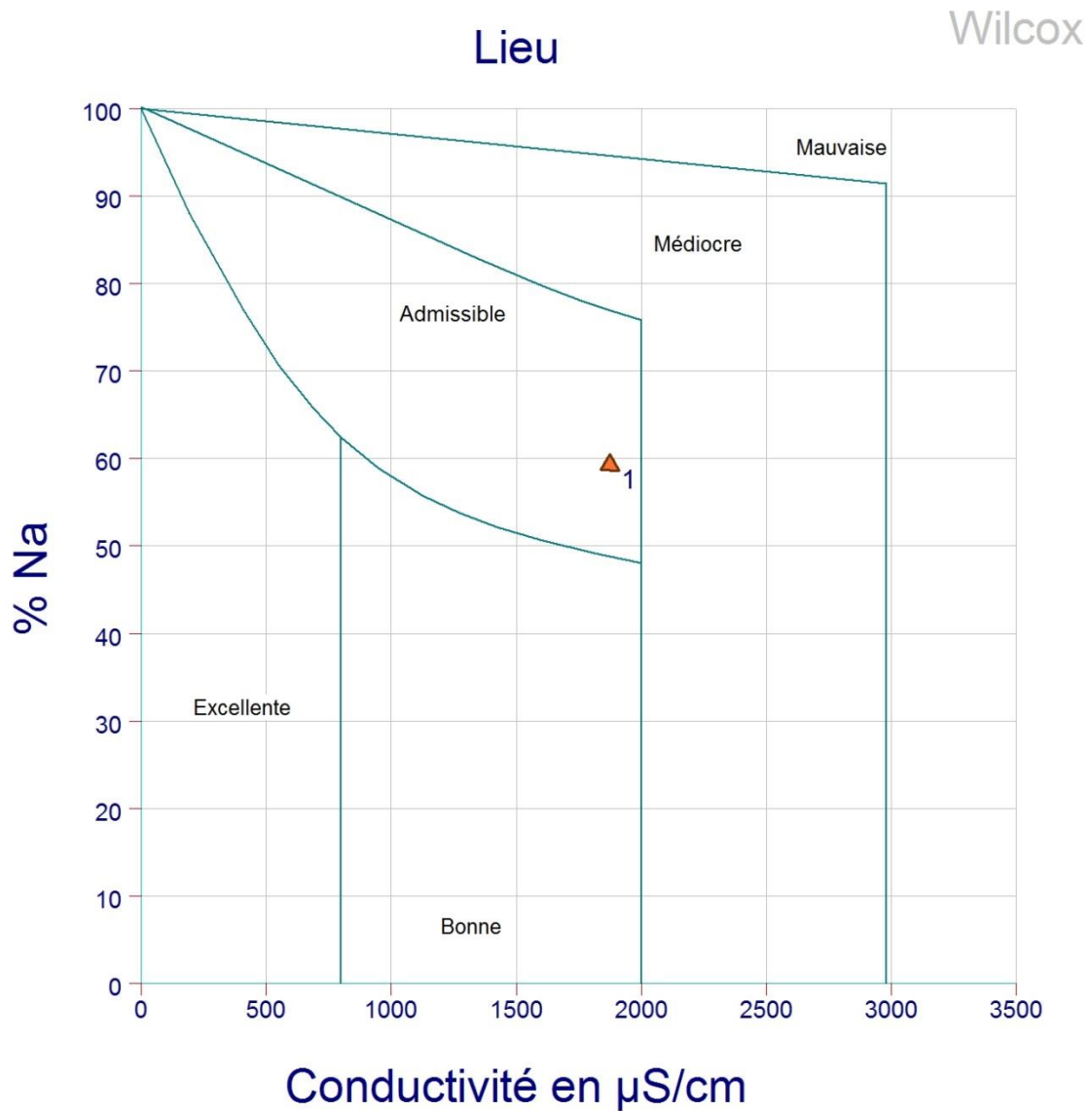


Figure 32 : Diagramme de WILCOX

Selon de WILCOX Les eaux étudiées de la source el Malhaa admissible. Pour utilisées en irrigation.

- **Indice de Kelly's Ratio (Kr) :**
- Cet indice est exprimé par la formule suivante : $Kr = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$ Avec :
 - $Kr < 1$: Eau bonne pour l'irrigation.
 - $Kr > 1$: Eau mauvaise pour l'irrigation.
- La valeur du Kr d'eau étudiée, $Kr=0.981$ Les valeurs calculées du Kr indiquent que l'eau de source est de bonne qualité pour l'irrigation (inférieure à 1).

- **Diagramme de Riverside :**

Diagramme de Riverside C3-S1 regroupe une classe où les risques de salinisation sont moyens et ceux d'alcalinisation sont faibles, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés ; C4-S1 ce sont des eaux qui présentent un fort danger de salinité et faible risque d'alcalinité.

Le SAR est défini par la relation suivante :

$$\text{S.A.R.} = \frac{r\text{Na}^{2+}}{\sqrt{(r\text{Ca}^{2+} + r\text{Mg}^{2+})/2}}$$

• **S.A.R. < 10** : eau excellente, à faible danger d'alcalinisation des sols. • **10 < 18** : eau de bonne qualité, danger d'alcalinisation assez appréciable. • **18 < 26** : eau convenable, danger d'alcalinisation important. • **S.A.R. > 26** : eau de qualité médiocre, danger de forte alcalinisation.

Tableau 28 : Classification des eaux, selon le S.A.R

Point d'eau	S.A.R	Conductivité	Qualité de l'eau
Source	30 , 96	4720 (µS/cm).	Médiocre

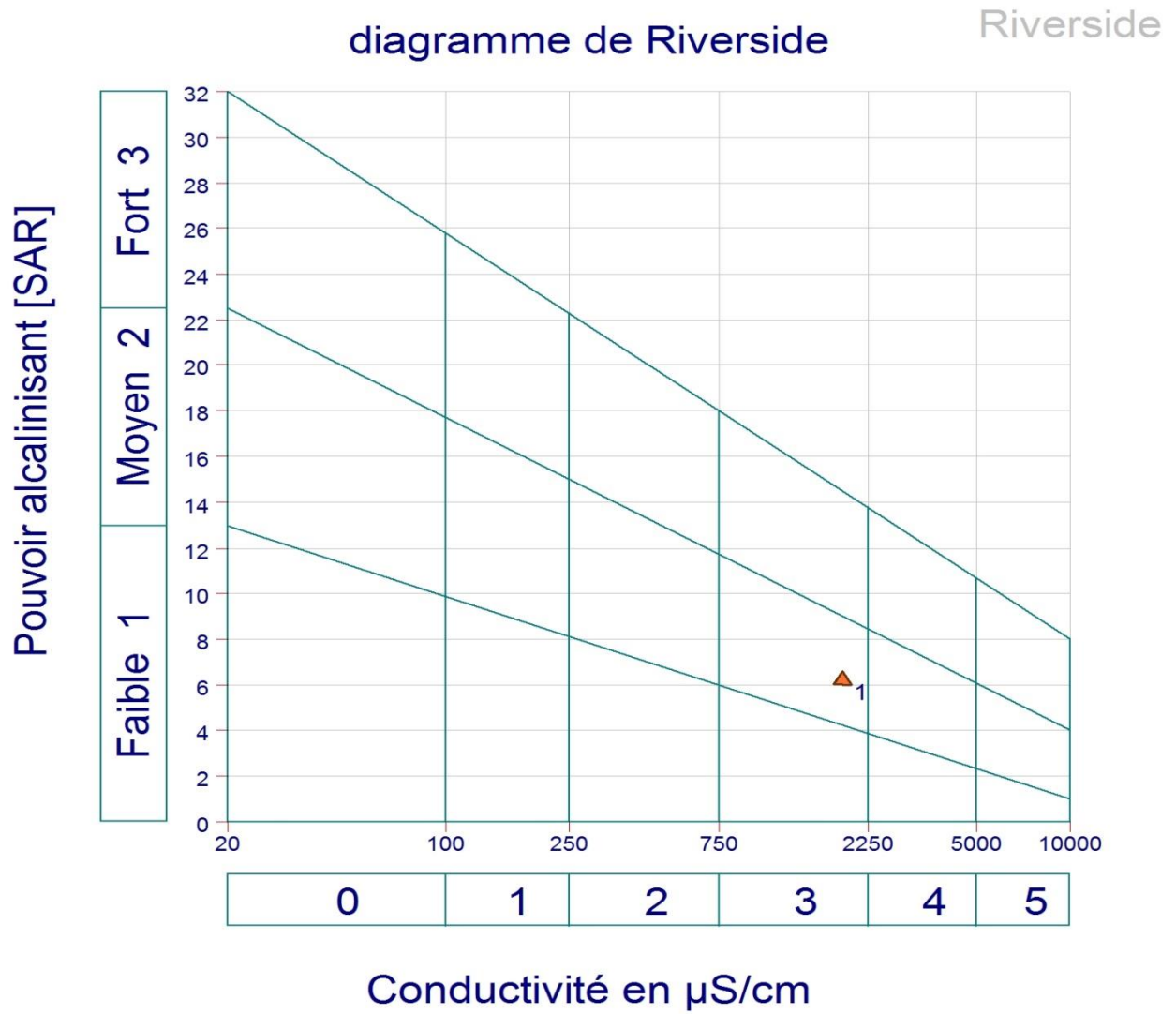


Figure 33 : Diagramme de RIVERSIDE.

Les eaux de d'une sourceEl Malha est classée dans la classe : C3-S1 (qualité admissible) d'après le diagramme de Riverside.

7.3 Conclusion

Nous pouvons dire après l'étude des paramètres bactériologiques et physico-chimiques que les eaux de source El Malha étaient potables dans des conditions ex extrêmes vue les taux élevés en sodium et le chlorure.

- Le diagramme SHOELLER-BERKALLOF montre que le facies est Chloruré sodique.

Le diagramme de Piper classe les zones d'eau comme :

- Zone d'étude par famille : Chlorurée et sodique et potassique et sulfatée
- Estimer l'utilisation de l'eau d'irrigation à l'aide d'indicateurs tels que Le pourcentage de Na^+ , KR montre :
 - L'eau de la source est de qualité moyenne en calculant le pourcentage de Na^+ . Pour KR, ils Classé comme moyen qualité d'irrigation (KR supérieur à 1).
- Selon WILCOX, les eaux étudiées de la source el Malha sont La teneur en sodium est inférieure à 60%, adaptée à l'irrigation.
- Selon RIVERSIDE montre que la source el Malha est Classe de classification : C3-S1 (admissible) .

Conclusion Générale

8. Conclusion générale :

Ce travail vise à contribuer à l'étude qualitative de l'eau de source el Malha (Remchi, Tlemcen).

Des études climatologiques menées entre 1995 et 2022 montrent que ce type de la zone d'étude a un climat semi-aride avec des hivers froids et pluvieux été chaud et sec.

La température mensuelle moyenne est d'environ 18°C. Août est le mois le plus chargé. Chaud (25,90°C et 26,58°C), janvier est le mois le plus froid (10,86°C).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls , permettant de définir une La saison des pluies entre fin septembre et début du mois de Mai et une période sèche pour le reste des mois de l'année.

Les précipitations annuelles moyennes sont de 310.62mm Les calculs du bilan ont fait ressortir les résultats suivants :

- L'évapotranspiration potentielle a été évaluée à environ 894.52mm.
- L'évapotranspiration réelle annuelle est de 241.93mm.
- L'écoulement de surface annuel est de 0 mm.
- L'infiltration annuelle est de 0.0 mm.

Des études lithostratigraphiques et tectoniques de différentes formations ont montré que, Seul le niveau d'intérêt en hydrogéologie est :

- Miocène Synchro-nappes : Affleurements argileux, principalement gréseux, en contact avec les alluvions du Quaternaire.

Les études hydrogéochimiques sont basées sur l'analyse ainsi les propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source el Malha.

La classification de la source selon la norme algérienne, Le consommateur ne boit pas en termes de teneur sodium par rapport à la période étudiée. Aussi que pour les chlorure, sauf en cas de nécessité.

L'analyse bactériologique (18 /04/ 2023) a indiqué que l'eau de source ne dépassait pas les limites maximales permises.

▪ Une représentation graphique de la masse d'eau a donné les résultats suivants :

- Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF : facies chloruré sodique.

- Diagramme de Piper : Les masses d'eau de la zone d'étude sont classées comme suit.

Famille : Chlorurée et sodique et potassique et sulfatée.

- Estimation des besoins en eau d'irrigation à l'aide d'indicateurs tels que la fraction Na^+ et Kr ont révélé ce qui suit :

• L'eau de source est classée en calculant le pourcentage de Na^+ et Kr . Cette eau convient à être utilisé pour l'arrosage. (% Na^+) et de bonne qualité pour irrigation ($Kr=0.981$).

▪ Selon WILCOX, l'eau de source d'irrigation enquêtée est admissible.

▪ Le diagramme de RIVERSIDE a montré que la source el Malha. Il est classé dans les classes C3 à S1, admissible pour l'irrigation.

Références
Bibliographiques

9. Références Bibliographiques :

1. **BABA HAMED, K. (2001)** Contribution à l'étude hydrologique de trois sous bassins de la Tafna : bassins de Sebdou, Mouilah et Isser). Thèse de magister. Univ. Oran EsSenia. 195p., 151fig.
2. **BabaléMallam Sani Ibrahim (2017)** Cartographie de la vulnérabilité aux extrêmes climatiques : cas du bassin versant de la Tafna. Mém. Master, Univ. Ain Témouchent
3. **BENEST .M (1985).** - Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse Sc. Lyon, Laboratoire Géologique, 95 : 581 p.
4. **BONNET M. (1966)** Etude hydrogéologique de l'Oued Boukiou (Département de Tlemcen) S.E.S. N° OR- 10/DH.1 Génie Rural. D'Oran 16p. 2fig. (Inédit).
5. **BOUANANI A. (2004).** : Hydrologie, transport solide et modélisation : Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse Doct. Univ. Tlemcen. 249p., 81fig.
6. **BOUKRA BETTAYEB.I et MAHLIA.N, (2021)** valorisation des argiles miocène de la région de Remchi Exemple : gisement de djebel gheznone. Mém. Master, Univ. Tlemcen.
7. **CHAIB.D et TANI.M (2019)** Acteurs de l'eau et leurs interactions dans la gestion de l'eau au niveau du bassin versant Tafna. Mém. Master, Univ. Tlemcen.
8. **DERROUCHE. S et LAHOUEL.Z (2021)** -Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité physico- chimique des eaux de la source de kobet el djouz (tlemcen, ouest algérien). Mém. Master, Univ. Tlemcen.
9. **FERDI.B et HOUBECHÉ.M (2013).** -Etude Géologique et Cartographique des argiles du Miocène de DJEBEL GHEZNOUNE (Région de Remchi, Tlemcen). Mém. Master, Univ. Tlemcen.
10. **GENTIL. Louis (1868-1925) :** - Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie) Coll.Serv. Cart.Géol.France et Cart.Géol.Algérie 521p., 121fig., 2cartes Géologique.
11. **GUARDIA.P (1975).** - Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Relation structurales et paléogéographiques entre le Rif externe et le Tell. Thèse Nice N° 10.1141., 286p., 171fig.

- 12. GUARDIA. P (1990)** : - Carte géologique détaillée. Algérie au 1/50.000 Feuille Bensekrane : n°239 et Notice explicative. 72
- 13. HAYANE S.M (1983)**. - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Sikkak (région de Tlemcen). Thèse. Doc. 3ème cycle, Univ. Oran, 236 p, 91 fig.
- 14. KACEMI.M et SENINA.A (2016)**. - Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale d'Oued Boukiou (Nord-Ouest Algérien). Mém. Master, Univ. Tlemcen.
- 15. MENS et DEROUANE (2000)**. - État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie. Mém. Master
- 16. RODIER. J (1996)**. - L'analyse de l'eau : eaux naturelles. 6ème édition, Dunod, Paris, 1383p.
- 17. RODIER. J (2005)**. - L'Analyse de l'eau. 5ème édition. Dunod, Paris 1383pR
- 18. RODIER. J (2009)**. - L'analyse de l'eau : eaux naturelles. 9ème édition, Dunod, Paris, 1383p.
- 19. TOUMI.T (2012)**. - Contribution à l'étude de la faune aquatique des puits du Nord-Ouest Algérien (Région de Maghnia). Mém. Master, Univ. Tlemcen.

Annexes

10. Annexes

Année	T	TM	Tm	PP	V	RA	SN	TS	FG	TN	GR
1995	18.2	24.9	12.6	314.45	9.0	41	0	11	11	0	0
1996	17.6	23.9	12.1	325.65	9.4	71	0	17	14	0	0
1997	18.1	24.4	12.8	335.31	8.7	63	0	28	19	0	1
1998	17.8	24.5	11.9	250.74	7.9	49	0	23	21	0	0
1999	17.9	24.2	12.4	-	7.5	64	2	16	14	0	1
2000	17.9	24.4	12.2	225.30	7.5	33	0	13	21	0	0
2001	18.4	25.1	12.4	344.93	9.2	49	0	16	21	0	0
2002	-	-	-	-	-	50	0	10	17	0	0
2003	18.1	24.6	12.6	441.71	7.1	68	7	20	22	0	0
2004	17.6	24.6	11.9	362.23	6.6	75	2	34	27	0	1
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	18.2	25.0	12.7	227.32	6.9	72	0	22	27	0	0
2007	17.4	24.1	11.7	302.74	6.5	60	0	22	22	1	1
2008	17.7	24.2	12.2	428.49	8.0	80	0	25	20	0	2
2009	18.2	25.2	12.3	374.71	7.8	75	0	27	19	0	2
2010	18.3	24.7	13.0	370.59	7.4	84	0	29	22	1	1
2011	18.1	25.1	12.3	395.46	6.8	72	0	23	22	1	0
2012	17.8	24.7	12.1	395.18	8.0	70	1	19	22	0	2
2013	17.1	23.9	23.9	474.24	9.1	80	0	21	18	0	0
2014	18.2	25.1	25.1	344.91	9.1	66	0	21	18	0	2
2015	18.2	25.6	25.6	208.53	7.7	48	0	25	14	0	0
2016	18.5	25.4	25.4	251.20	8.7	60	1	25	15	0	1
2017	18.3	25.3	25.3	-	8.1	48	0	15	12	0	0
2018	17.6	24.2	24.2	-	8.8	84	0	30	13	0	0
2019	17.9	24.6	24.6	299.95	9.1	55	0	27	9	0	0
2020	18.9	25.2	25.2	203.97	9.0	32	1	16	13	0	1
2021	18.5	25.1	25.1	175.52	9.0	61	0	24	6	0	0
2022	19.2	26.2	26.2	237.77	8.5	57	0	20	17	0	0

Tableau N°04 : Classification des eaux d'irrigation, d'après Servant ,1975 (U.S SalinityLab).

Degrée	Qualité	CLASSE	Description
1	Excellent	C1-S1	Eau utilisable sans danger dans l'irrigation de laplupart des cultures, sur la plupart des sols
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennementtolérantes aux sels sur sol ayant une bonneperméabilité. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles, au sodium et aux sols à forte capacité d'échanges d'ions (sols argileux).
3	Admissible	C3-S1	En général, eau convenant à l'irrigation culturestolérantes aux sels, sur des sols bien drainés.L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.Principaux problèmes dus auxPlantes trop sensibles au sodium et aux sols à faibleperméabilité.
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général eau fortement minéralisée pouvant convenirà l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au seletsurDes sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, maispouvant être utilisées sous certaines conditions sols très perméable, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Tableau N°05 : Normes algériennes de potabilité des eaux.

Paramètres	Unité	Concentration maximale Admissible
Calcium	mg/l	200
Magnésium	mg/l	150
Sodium	mg/l	200
Chlorures	mg/l	500
Potassium	mg/l	12
Sulfates	mg/l	400
Nitrates	mg/l	50
Turbidité	mg/l	5
Résidu sec	mg/l après séchage à 105°C	1500
Ph	/	≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité	µS/cm à 20°C	2800
Dureté totale	mg/l CaCO3	200

Source : JORA (2011-2017).

tableau périodique des 120 éléments chimiques

1	2											13	14	15	16	17	18	
1 H 1.008(1)												5 B 10.81(1)	6 C 12.011(1)	7 N 14.007(1)	8 O 15.999(4)	9 F 18.998(4)	10 Ne 20.1797(6)	2 He 4.002602(2)
2 Li 6.941(3)	3 Be 9.012182(2)											13 Al 26.9815385(3)	14 Si 28.0855(3)	15 P 30.973762(2)	16 S 32.06(5)	17 Cl 35.45(3)	18 Ar 39.948(1)	
3 Na 22.98976928(2)	4 Mg 24.304(6)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31 Ga 70.62(3)	32 Ge 72.63(1)	33 As 74.9216(2)	34 Se 78.96(3)	35 Br 79.904(1)	36 Kr 83.80(1)	
4 K 39.0983(1)	5 Ca 40.078(4)	21 Sc 44.955912(2)	22 Ti 47.88(7)	23 V 50.9415(1)	24 Cr 51.9961(6)	25 Mn 54.938(4)	26 Fe 55.845(3)	27 Co 58.933(2)	28 Ni 58.71(3)	29 Cu 63.546(3)	30 Zn 65.38(3)	49 In 114.818(8)	50 Sn 118.710(7)	51 Sb 121.757(3)	52 Te 127.6(3)	53 I 126.905(4)	54 Xe 131.29(4)	
5 Rb 85.4678(3)	6 Sr 87.62(3)	39 Y 88.90584(2)	40 Zr 91.224(2)	41 Nb 92.906(3)	42 Mo 95.94(1)	43 Tc 98.906(2)	44 Ru 101.07(2)	45 Rh 102.905(5)	46 Pd 106.42(1)	47 Ag 107.8682(4)	48 Cd 112.414(3)	81 Tl 204.384(3)	82 Pb 207.2(3)	83 Bi 208.980(4)	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222	
6 Cs 132.905(3)	7 Ba 137.327(7)	71 Lu 174.967(1)	72 Hf 178.49(6)	73 Ta 180.94788(2)	74 W 183.84(1)	75 Re 186.207(1)	76 Os 190.23(4)	77 Ir 192.222(1)	78 Pt 195.084(3)	79 Au 196.966569(4)	80 Hg 200.59(3)	113 Nh 286	114 Fl 289	115 Mc 288	116 Lv 293	117 Ts 294	118 Og 294	
7 Fr 223	8 Ra 226	103 Lr 260	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 266	110 Ds 267	111 Rg 268	112 Cn 269	113 Nh 286	114 Fl 289	115 Mc 288	116 Lv 293	117 Ts 294	118 Og 294	
8 Uue 288	9 Ubn 289																	

lanthanides 6

57 La 138.905(2)	58 Ce 140.12(1)	59 Pr 140.90765(2)	60 Nd 144.24(1)	61 Pm 144.91288(2)	62 Sm 150.36(2)	63 Eu 151.964(1)	64 Gd 157.25(3)	65 Tb 158.925(3)	66 Dy 162.50(3)	67 Ho 164.93032(2)	68 Er 167.259(3)	69 Tm 168.93032(2)	70 Yb 173.054(8)
89 Ac 227	90 Th 232.0377(4)	91 Pa 231.036888(2)	92 U 238.02891(3)	93 Np 237.048173(3)	94 Pu 244.06422(4)	95 Am 243.061389(3)	96 Cm 247.071373(4)	97 Bk 247.071373(4)	98 Cf 251.083288(4)	99 Es 252.083288(4)	100 Fm 257.10375(4)	101 Md 258.10375(4)	102 No 259.10375(4)

actinides 7

www.aquaportail.com

Tables des matières

1.	Introduction :.....	1
2.	L'objectif de ce travail :	2
3.	Chapitre 1 : Cadre géographique :.....	3
3.1	Situation géographique générale :.....	3
•	Les bassins versants sont répartis comme suit :.....	3
•	Partie nord : la mer Méditerranée.....	3
•	Partie nord-est : province d'Ain Temouchent.....	3
•	Partie nord-ouest : municipalités de Bab al-Assa, Jabala, Nadrumah, BaniKhallad et Hunin.	3
•	Partie sud : municipalités d'Al-Buwaihi, Al-Kour, Sidi Jilali et Al-Arisha.....	3
•	Partie ouest : le Maroc.....	3
3.2	Situation géographique de la zone d'étude :.....	4
4.	Chapitre 02 : Climatologie	5
4.1	Introduction :	5
4.2	L'étude des paramètres climatologiques :.....	5
4.2.1	Les précipitations :	5
4.2.2	Précipitations moyennes annuelles :.....	5
4.2.3	Précipitations saisonnières :.....	7
4.2.4	Étude des températures :.....	8
4.3	Méthodes de visualisation :.....	10
4.3.1	Les indices climatiques :	10
4.3.1.1	Indice d'Aridité de DE Martonne (1923) :	11
4.3.1.2	Indice d'aridité annuel :.....	11
4.3.1.3	Indice d'aridité mensuel :.....	13
4.3.2	Indice de Moral (1964) :	13
4.3.2.1	Indice annuel (Ia) :	13
4.3.2.2	Indice mensuel (Im)	14
4.3.2.2	Indice de Stewart (1969) :	16

4.3.3 Bilan Hydrologique :	17
4.3.3.1 Méthode de Turc (1954) :	17
4.3.3.2 Méthode de COUTAGNE :	18
4.3.3.3 Méthode de Wundt :	18
4.3.3.4 Méthode de P. VERDEIL :	19
4.3.4 Le bilan hydrologique selon C.W Thornthwaite :	22
4.3.4.1 Calcul du ruissellement « R » :	22
5. Conclusion :	24
6. CHAPITRE 3 : Géologie et hydrogéologie	26
6.1 Présentation géologique du bassin de la Tafna :	26
6.1.1 Au plan stratigraphique :	26
6.1.2 Néogène :	26
6.1.3 Miocène :	26
• Miocène synchro-nappes :	26
• Miocène du premier cycle post-nappes	26
• Miocène du second cycle post-nappes	26
• Miocène supérieur continental saumâtre et marin	26
Les marnes grises	27
Les dépôts saumâtres gypseux d'origine lagunaire à marine	27
Les formations rouges de la Tafna	27
6.1.4 Pliocènes :	27
6.1.4.1 Quaternaire :	27
Quaternaire ancien	27
Quaternaire récent	27
6.1.5 Présentation géologique du secteur d'étude :	28
Au plan stratigraphique	28
6.1.5.1 Ensemble Mésozoïque :	28
6.1.5.2 Ensemble Tertiaire :	28
Au plan tectonique	30
6.1.6 Hydrogéologique :	33
6.1.6.1 Etude Hydrogéologique :	33

6.2	Conclusion :.....	35
7.	Chapitre 04 : Hydrochimie.....	36
7.1	Introduction	36
7.1.1	Les cations	36
7.1.2	Les anions.....	37
7.1.3	Le travail sur site :	39
7.1.4	Manipulation :.....	40
7.1.4.1	Dosage de calcium Ca ²⁺ :.....	40
7.1.4.2	Interprétation des résultats :.....	41
7.1.4.3	Calcul du magnésium (Mg ²⁺) :.....	45
7.1.5	Interprétation des données de mesure et des résultats d'analyse :.....	47
7.1.6	Interprétation des analyses physico-chimiques :	48
7.2	Potabilité de l'eau étudiée (classification selon les normes algériennes) :.....	53
7.2.1	Qualité des eaux destinées à la consommation Humaine :	53
7.2.2	Classification des eaux selon les analyses microbiologiques :	54
7.2.2.1	Résultats des analyses Microbiologiques :.....	54
7.2.3	Aptitude des eaux destinées à l'irrigation :.....	59
7.3	Conclusion.....	64
8.	Conclusion générale :.....	66
9.	Références Bibliographiques :.....	68
10.	Annexes	70



Laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité

Agriculture et agroalimentaire, Détergents, Cosmétique et Parfums,
Parapharmaceutique, Matériaux polymères, Analyse environnementale et d'Eaux.

Décision Ministérielle N°03 du 21-03-2021

RC 13/00-1400604A19 NIF 191130106043135 AI 13510705511

RIB 00100533030000105996 Banque BNA agence 533

BULLETIN D'ANALYSE N°283/23

Dénomination : Eau de source.

Reçu le : 11-02-2023

N° d'inscription : E012

Type d'analyse : Microbiologie

Observation : prélever par le client.

Client :

**BELLACHOUI
Mustapha**

Déterminations	1 ^{er} Echt	2 ^{eme} Echt	3 ^{eme} Echt	4 ^{eme} Echt	5 ^{eme} Echt	Limites microbiologiques méthodes	Normes des méthodes
Escherichia Coli/250ml	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 9308-1
Entérocoques/250ml	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 7899-2
Spores anaérobies sulfatoréductrices à 46°C	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO 646162
Coliformes totaux/250ml	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 9308-1

Conclusion : l'eau analysée est de qualité bactériologique non satisfaisante.

Ref : eau minérale naturelle selon l'Arrêté du 16/10/2016 concernant les spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.

Réalisé par MLLe : ZELLAL W

NB : cette analyse ne concerne que l'échantillon reçu.

Bulletin établi le : 18/04/2023

Le directeur de laboratoire





Laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité

Agriculture et agroalimentaire, Détergents, Cosmétique et Parfums,
Parapharmaceutique, Matériaux polymères, Analyse environnementale et d'Eaux.

Décision Ministérielle N°20 du 07-12-2020

RC 13/00-1400604A19 NIF 191130106043135 AI 13510705511

RIB 00100533030000105996 Banque BNA agence 533

BULLETIN D'ANALYSE N°294/23

Dénomination : Eau DE SOURCE

Reçu le : 18-04-2023

N° d'inscription : E012

Type d'analyse : Physico-chimie.

Client :

**BELLACHOU
Mustapha**

Paramètres	Résultats	Valeur limites	Normes internationales et méthodes
Sulfates	49,4 mg/l	Au max 400 mg/l	NFT 90-009
Nitrates	12,5 m/l	Au max 50 mg/l	NFT 90-012
Sodium	419 mg/l	Au max 200 mg/l	ISO 9964-3:1993
Potassium	25 mg/l	Au max 20 mg/l	ISO 9964-3:1993

Conclusion : A l'issue des analyses ; la teneur en sodium et potassium dépassent les valeurs maximales tracées par la réglementation.
Réf : Arrêté du 23 octobre 2014
J.O : N°03 du 27 Janvier 2015

NB : Cette analyse ne concerne que l'échantillon reçu.

Bulletin établi le : **26-04-2023**

Le directeur de laboratoire

