
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 – TLEMCEN
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

- **BOUROUIS** Abdelkader
- **SIDI IKHLEF** Fatima

**CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DU PUIIS DE SOUS
BASSIN VERSANT DE CHAABET EL MERABTENE
(REMCHI, TLEMCEN).**

Soutenu le , devant le jury composé de :

Président	GUETTAIA Sabrina	M.C.A	Université de Tlemcen.
Encadrant	CHIKH Mourad	M.A.A	Université de Tlemcen.
Co-Encadrant	BOUDJEMA Abderrezak	M.C.A	Université de Tlemcen.
Examinatrice	DJELAD Rahima	M.A.A	Université de Tlemcen.

Année universitaire 2021/2022.

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

M. CHIKH Mourad et M. BOUDJEMA Abderrezak,

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

Nous transmettons nos sincères remerciements aux membres de 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 aidé 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 ce modeste travail à **mes chers parents** pour le soutien aussi bien financier que moral pour l'achèvement de mes études.*

*À mes frères : **Ahmed et Wahid.***

*Et ma chère sœur... **Nessrine.***

*À mon binôme : **BOUROUIS Abdelkader,***

Je lui souhaiterai une bonne continuation.

*À toute ma famille **SIDI IKHLEF.***

À tous mes amis...

Sans oublier tous les enseignants et étudiants de la filière Hydrogéologie.

Fatima

Dédicaces

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

A Mes très chers parents, Ma mère et mon père,

*Ils m'ont toujours mené le sentiment de la fierté et n'ont Jamais hésité de me
supporter dans ma vie et dans*

Mon chemin d'études, je leur souhaiterai une longue et joyeuse vie.

À mes très chers frères : Ali, Saïd et Amra Nihel.

A tous les membres de mes familles.

A mon binôme : SIDI IKHLEF Fatima,

Je lui souhaiterai une bonne continuation.

A toutes mes amies ; A toute la promotion du Master 2 Hydrogéologie

2021/2022.

Abdelkader

ملخص

المساهمة في دراسة النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه بئر شعبة المرابطين الرمشي ، تلمسان

يركز العمل الحالي على دراسة الجودة الفيزيائية لبئر شعبة المرابطين الواقع في منطقة الرمشي تلمسان. وفقا لتحليلات المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية المتاحة لمياه البئر ، توصلنا إلى أنها غير مناسبة للاستهلاك البشري كما انها غير مناسبة للري الفلاحي فهي تحتوي على محتوى الملوحة (الصدىوم والكلورير) أعلى من معيار قيم الجريدة الرسمية الجزائرية.

أظهر التحليل البكتريولوجي (18مايو 2022) أن مياه البئر تتجاوز المعايير المسموح بها للجراثيم الكلية (عند 37 درجة مئوية) صنف مخطط **PIPER** مياه منطقة الدراسة إلى عائلة: كلورير وكيرينات الكالسيوم والمغنسيوم وقال **SHOELLER-BERKALLOF** فان الفئة المهيمنة هي كلوريرات الصوديوم ؛ أظهر تقدير مياه الري باستخدام مؤشرات مثل النسبة المئوية أنها ليست جيدة للري، وأظهر مخطط **RIVERSIDE** أن مياه بئر شعبة المرابطين مصنفة إلى فئة **S1-C3** (جودة مقبولة نحو رديئة)

الكلمات الأساسية: البئر؛ شعبة المرابطين ؛ التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجي؛ مخطط **PIPER**

؛مخطط الري الفلاحي **SHOELLER-BERKALLOF**.

RESUME

CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DU PUIIS DE SOUS BASSIN VERSANT DE CHAABET EL MERABTENE

(REMCHI, TLEMCEN).

Le présent travail est axé sur contribution à l'étude qualitative des eaux du puits de sous bassin versant de Chaabet el Merabtene (Remchi, Tlemcen).

D'après les analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques disponibles des eaux du puits, nous avons conclu qu'elles ne conviennent pas à la consommation humaine et n'utilisé pas d'irrigation, elles contiennent des teneurs en sodium et chlorure supérieures à la norme du JORA, L'analyse bactériologique (18 Mai 2021) a montré que l'eau du puits dépasse les normes admissibles en germe totaux (à 37°C) et en Entérocoques.

Le diagramme de Piper a classé les eaux de la région d'étude selon la famille : Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne. Selon **SHOELLER-BERKALLOF**, le faciès dominant est Chlorurée Sodique.

L'estimation des eaux à des fins d'irrigation, en utilisant des indices, comme le pourcentage en Na^+ , et le Kr a fait révéler qu'elles sont admissibles à médiocre pour l'irrigation.

Le diagramme de RIVERSIDE a montré que les eaux du puits de Chaabat el merabtene sont classées dans la classe : C3-S1 (qualité admissible), pour l'irrigation.

Mots-clés : puits ; Chaabat el Merabtine ; physico-chimiques et bactériologiques ; Diagrammes ; Potabilité ; Irrigation ; **Piper** ; **SHOELLER-BERKALL**.

ABSTRACT

CONTRIBUTION TO THE QUALITATIVE STUDY OF THE WATERS OF THE SUB- WATERSHED WELL OF CHAABET EL MERABTENE

(REMCHI, TLEMCEN).

This work focuses on contributing to the qualitative study of the water of the sub-basin well slope of Chaabet El Merabtine (Remchi, Tlemcen).

Based on the analyses of the available physico-chemical and bacteriological parameters of the well water, we concluded that they are not suitable for human consumption and do not use irrigation, they contain sodium and chloride contents higher than the JORA standard. Bacteriological analysis (May 18, 2021) showed that the well water exceeds the permissible standards for total germ (at 37°C) and enterococci.

The Piper diagram classified the waters of the study area according to the family: Chlorinated and sulphated calcium and magnesium. According to **SHOELLER-BERKALLOF**, the dominant facies is Sodium Chloride.

Estimating water for irrigation purposes, using indices, such as the percentage in **Na+** and the **Kr** revealed that it is eligible for irrigation.

The RIVERSIDE diagram showed that the water from the Chaabat El merabtine well is classified in class: C3-S1 (permissible quality), for irrigation.

Keywords: well; Chaabat El Merabtine; Physico-chemical and bacteriological analyses; Diagrams; Potability; Irrigation; Piper; SHOELLER-BERKALLOF.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumés	
Table des matières	
Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des abréviations	IV
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

I.	Présentation géographique.....	04
1.	Situation géographique de la zone d'étude (chaabet el Merabtine)	04
a.	Bassin versant de l'oued isser-sikkak	
b.	Bassin versant de l'oued boukiou	

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

II.	1.	Introduction.....	08
	2.	L'étude des paramètres climatologiques.....	08
	2.1.	Les précipitations.....	08
	a.	Précipitations moyennes annuelles.....	08
	b.	Précipitations moyennes mensuelles.....	09
	c.	Précipitations saisonnière	10
	2.2.	Étude des température.....	11
	a.	Températures moyennes mensuelles.....	11
	2.3.	Étude du climat.....	12
	a.	Méthode de visualisation (méthode graphique).....	12
	b.	Les indices climatiques.....	13
	c.	Climagramme d'EMBERGER.....	16
	2.4.	Bilan Hydrologique	18

a.	Evapotranspiration et déficit d'écoule.....	18
b.	Evapotranspiration potentielle (ETP).....	20
c.	Evapotranspiration réelle (ETR)	21
d.	Calcul de la réserve facilement utilisable (R. F. U.).....	21
e.	Le bilan hydrologique selon C.W Thornthwaite.....	21
3.	Conclusion.....	23

CHAPITRE III : CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

III.	1. Description géologique.....	25
	1.1. Introduction.....	25
	1.2. Néogène.....	27
	a. Miocène	27
	b. Pliocènes.....	28
	c. Quaternaire.....	28
	1.3. Présentation géologique du secteur d'étude.....	29
	a. Au plan stratigraphique.....	29
	b. Au plan tectonique.....	30
	2. Hydrogéologie.....	33
	2.1.Introduction.....	33
	2.2.Potentialités hydrique souterraines.....	33
	2.3.Niveaux perméable.....	35
	2.4.Réseau Hydrographique en eau important.....	36
	3. Conclusion.....	35

CHAPITRE IV : CADRE HYDROCHIMIQUE

VI.	1. Introduction.....	39
	2. Appareillage (Ph mètre, conductimètre, thermomètre).....	40
	3. le travail sur site	41
	4. Manipulation.....	43
	4.1. Dosage de calcium	43
	4.2. Dosage de chlorure	44
	4.3. Dosage de la durté totale.....	45
	4.4. Dosage des carbonates et des hydrogénocarbonates.....	46
	4.5. Dosage de sulfate.....	47

5. Interprétations des paramètres physico-chimiques.....	47
5.1. Balance ionique.....	47
5.2. Interprétation des analyses physico-chimiques.....	48
5.3. Représentation graphique des analyses d'eau.....	52
6. Potabilité de l'eau étudiée (classification selon les normes algériennes).	54
7. Classification des eaux selon les analyses microbiologiques.....	55
7.1.Résultats des analyses Microbiologiques.....	55
7.2.Interprétation des résultats d'analyse microbiologique.....	57
8. Aptitude des eaux destinées à l'irrigation.....	57
8.1. Le pourcentage en sodium % Na.....	58
8.2. Indice de Kelly's Ratio (Kr).....	59
9. Conclusion.....	60
Conclusion générales.....	61
Références bibliographiques.....	64
Annexes.....	67

Liste Des Figures

Figure I.1 : Situation géographique d'Oued Tafna.....	06
Figure I.2 : Situation géographique de la zone étude.....	06
Figure II.1 : Courbe des variations des précipitations moyennes annuelles à la station de Zenata (1995-202.....	09
Figure II.2 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de zenata.....	10
Figure II.3 : Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Zenata.....	11
Figure II.4 : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Zenata (1995-2021).....	12
Figure II.5 : Diagramme pluvio-thermique de la station de Zenata (1995-2021)	13
Figure II.6 : Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.....	14
Figure II.7 : Climagramme d'Emberger.....	17
Figure II.8 : Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT.....	19
Figure II.9 : Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P.VERDEIL, 1988).....	20
Figure III.1 : Contexte structural du bassin de la Tafna.....	26
Figure III.2 : Carte géologique de la zone étude.....	26
Figure III.3 : colonne lithostratigraphie de la zone étude.....	31
Figure III.4 : Schéma représenté le sens d'écoulement vers le puits.....	32
Figure III.5 : Coupe Géologique d'un puits.....	32
Figure III.6 : Potentialités hydrique souterraine.....	34
Figure III.7 : Réseau hydrographique.....	37
Figure IV 1 : Photo (PH mètre).....	40
Figure IV 2 : Photo(Conductimètre).....	40
Figure IV 3 : Photo(Thermomètre).....	41
Figure IV 4 : Photo (moment d'échantillonnage).....	41
Figure IV 5 : Photo (heur de prévisualisation).....	42
Figure IV 6 : Photo (Stérilisation).....	42
Figure IV 7 : Photo (NaOH, l'eau distillée, Murexide).....	43
Figure IV 8 : Photo (moment de mélange)	43

Figure IV 9: Photo (coloration avant dosage de Chlorure).....	44
Photo IV 10: (coloration après dosage de Chlorure).....	44
Figure IV 11: étapes de dosage de la dureté total.....	45
Figure IV 12: Diagrammes SHOELLER-BERKALLOF.....	52
Figure IV 13: Diagramme de Piper.....	53
Figure IV 14: Escherichia-coli	55
Figure IV 15: Entérocoques	56
Figure IV 16: Spores anaérobies Sulfatoréductrices	56
Figure IV 17: Coliformes Totaux	56
Figure IV 18: Diagramme de Wilox.....	58
Figure IV 19: Diagramme de RIVERSIDE.....	60

Liste Des Tableaux

- **Tableau.1** : Caractéristiques de la station climatologique de Zenata.....08
- **Tableau.2** : Tableau des précipitations totales annuelles à la station de Zenata (1995- 2021) 08
- **Tableau.3** : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2021).....09
- **Tableau.4** : Précipitations moyennes saisonnières à la station de Zenata (1995-2021)10
- **Tableau.5** : Températures moyennes maximales et minimales de la station de Zenata..... 11
- **Tableau.6** : Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de Zenata 12
- **Tableau.7** : Indice d'aridité annuel de Martonne concernant la station de Zenata 14
- **Tableau.8** : Indice d'aridité mensuel de Martonne15
- **Tableau.9** : Indice annuel de Moral / station de Zenata.....15
- **Tableau.10** : Indice mensuel de moral à la station de Zenata 16
- **Tableau.11** : Valeurs des indices mensuels de Moral à la station de Zenata 16
- **Tableau.12** : Indice d'Emberger.....17
- **Tableau.13**: Résultat de l'ETR par la méthode de TURC.....18
- **Tableau.14** : Résultat de l'ETR par la méthode de TUR.....19
- **Tableau.15** : Valeur du déficit et du quotient d'écoulement (Wundt).....19
- **Tableau.16** : Valeur du déficit d'écoulement (d'après P. VERDEIL).....20
- **Tableau.17** : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Zenata (1995-2021).....21
- **Tableau.18** : Calcul du bilan hydrologique de la station de Zenata (1995-2021) selon C.WThornthwaite22
- **Tableau.1**:caractéristique d'un puits étude42
- **Tableau 2** : Classification des eaux en fonction de la dureté.....48
- **Tableau.3** : Détermination de la minéralisation globale.....49
- **Tableau.4** : Classification des eaux en fonction du titre hydrotimétrique51

- **Tableau.5** : Résultats des analyse chimiques dans le puis de Chaabat el merabtin.....51
- **Tableau 6** : Potabilité de l'eau du puits selon les normes algériennes.54
- **Tableau 7** : Analyse microbiologique de l'eau du puits (18 Mai 2022).....55
- **Tableau 8** : Classification des eaux, selon le pourcentage en Na+58
- **Tableau 9** : Classification des eaux, selon le S.A.R.....59

Liste Des Abréviations

- P : Précipitations.
- T : Température.
- ETP : Evapotranspiration Potentielle.
- ETR : Evapotranspiration Réelle.
- BI : Balance Ionique.
- Meq/l : Méli-équivalent par litre.
- Mg/l : Milligrammes par litre.
- r : quantité en réaction.
- pH : potentiel Hydrogène.
- CE: Conductivité électrique.
- TH: dureté totale.
- RS : Résidu Sec.
- Ca 2+ : Ion Calcium.
- Mg2+ : Ion Magnésium
- Na+ : Ion Sodium.
- K+ : Ion potassium.
- HCO₃⁻⁻: Ion Bicarbonate.
- Cl⁻ : Ion Chlorure.
- SO₄⁻⁻ : Ion sulfate.
- NO₃⁻ : Ion Nitrate.
- Kr : Indice de Kelly's Ratio.
- Na% : Pourcentage en sodium.
- SAR : Sodium Adsorption Ratio.
- (OPEN LAB) : laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité.

Introduction générale

Introduction générale

La qualité de l'eau fait référence aux caractéristiques chimiques, physiques, biologiques et radiologiques de l'eau, des eaux de surface, des eaux profondes et des eaux souterraines. C'est une mesure de l'état de l'eau par rapport aux besoins d'une ou plusieurs espèces biotiques ou à tout besoin ou but humain.

Elle est utilisée plus fréquemment en référence à un ensemble de normes permettant d'évaluer la conformité. Les normes les plus couramment utilisées pour évaluer la qualité de l'eau sont liées à la santé des écosystèmes, à la sécurité des contacts humains et à l'eau potable.

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié du point de vue hydrogéochimique l'eau du puits de Chaabet el merabtine qui se trouve dans la Daïra de Remchi (Tlemcen), dont le but est d'identifier sa qualité pour la consommation humaine et l'irrigation, ainsi que pour voir l'origine de sa minéralisation.

Il s'étale en cinq parties :

- Cadre Géographique : situation géographique et présentation de la zone étudiée.
- Cadre climatologique : pour déterminer le type du climat qui caractérise la zone d'étude ainsi que les variations des paramètres climatiques.
- Cadre Géologique et hydrogéologique : Description des différentes formations géologiques et les grands traits structuraux présents dans la zone d'étude et Identification des formations géologiques qui peuvent être aquifères.
- Cadre Hydrogéochimique : Détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du puits, leurs faciès, leurs potabilités selon les normes algériennes et aussi leurs aptitudes pour l'irrigation, afin de comprendre l'origine de la minéralisation.

Ce travail sera terminé par une Conclusion Générale.

Chapitre I : GÉNÉRALÉTÉS

1. Présentation géographique

1.1. Situation géographique de la zone étude

Le bassin versant de la Tafna, situé dans l'Oranie occidentale au Nord-Ouest du territoire algérien (**Figure.1**), s'étend sur une superficie de 7245 km². L'oued Tafna long de 170Km prend sa source dans les Monts de Tlemcen. Son cours peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna. Le bassin versant de Tafna est délimité comme suit :

- **Au Nord-Ouest** : les communes Bâb Al Assa, Djebala, Nedroma, Beni Khelad et Honaine.
- **Au Nord** : la mer Méditerranée.
- **Nord-est** : Wilaya Ain Temouchent.
- **Au Sud** : les 04 communes steppiques (Bouihi, El Gor, sidi Djillali, El Aricha)
- **A l'Ouest** : le Maroc.
- **An l'Est** : Wilaya de Sidi Bel Abbess, commune d'Ain Tellout.

Le bassin versant de la Tafna porte le code 16 et appartient à la région hydrographique Oranie Chott Chergui, il est constitué de sous bassins versants Isser-et Sikkak et sous bassin versant Boukiou (notre secteur d'étude -Chaabat Merabtine) la zone limitrophe entre les deux sous bassins.

a. BASSIN VERSANT DE L'OUED ISSER-SIKKAK

Le bassin versant d'Oued Isser-Sikkak correspond aux sous-bassins (6) et (7) du bassin de la Tafna comme indiqué sur la ci-dessus. Sous bassin (6) draine dans sa partie amont les formations carbonatées du jurassique jusqu'à Ouled Mimoun.

Au-delà, il entaille une gorge profonde dans les marnes du miocène. Oued Isser draine un bassin versant qui s'étend sur une superficie de 1935 Km². Sous bassin (7) du bassin de la Tafna. Il prend naissance sur le plateau de Terny à la source de Aïn Rhanous, c'est un affluent rive gauche de l'Oued Isser avec lequel il conflue au Nord de Aïn Youcef.

Le bassin versant d'Oued Sikkak occupe une superficie de 463 Km² et d'une longueur de 55,7 Km. Oued Sikkak présente des variations de pentes assez importantes. (**Fendi, 2005**).

b. BASSIN VERSANT DE L'OUED BOUKIOU

Oued Boukiou prend naissance à l'extrémité orientale des monts de Traras, c'est l'affluent rive gauche de l'oued Tafna. Le profil en long du cours principal du bassin versant n'apporte pas d'éléments complémentaires à ceux apportés sauf qu'à l'extrémité occidentale, la pente devient relativement forte. Le sous bassin Tafna Boukiou s'étend sur une superficie 978 km² avec un code 1605.

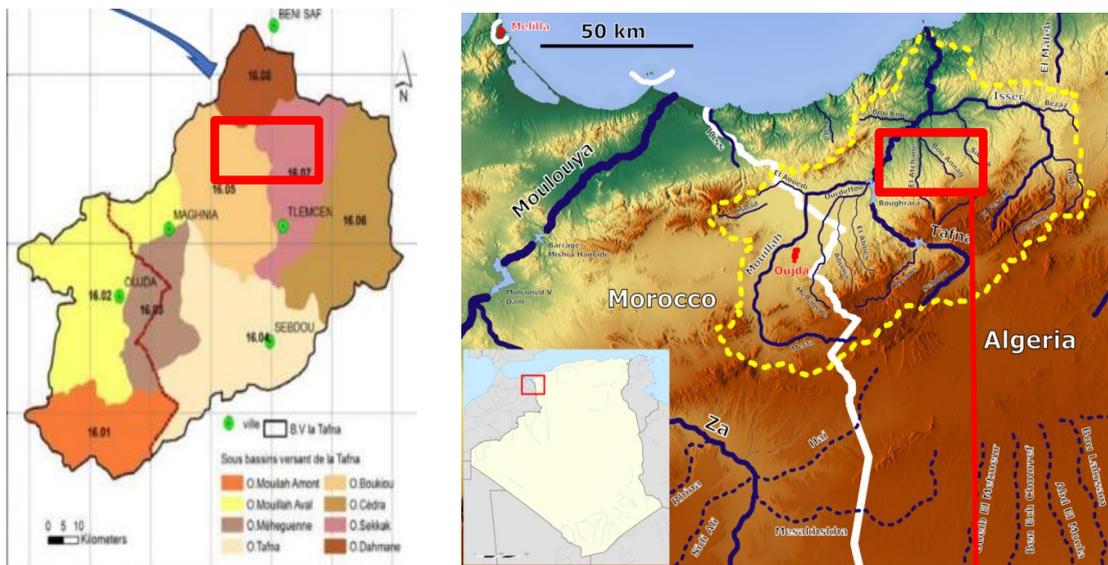


Figure 1.1: Situation géographique d'Oued Tafna



— Oued Tafna
— Oued Chaabet Merabtine
▼ Puit Chaabet Merabtine

Figure 2 : Situation géographique de la zone étude

L'ouvrage de captage (puits d'eau) est situé au niveau de Chaabet El Merabtene (REMCHI, TLEMCEN), cette dernière est située dans la partie extrême Sud-est du sous bassin versant Oued Boukiou. Zone limitrophe de la rive gauche sous bassin Isser-Sikak. . Elle est limitée par :

- La route nationale n°35 au Nord ;
- Des terrains agricoles au Sud
- Oued Tafna au Nord-Ouest et à l'Ouest ;
- L'extrémité occidentale de la ville de Remchi à l'Est

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Introduction

La climatologie est l'étude du climat et de l'état moyen de l'atmosphère, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques (températures, précipitations, évaporations, vents ...) sur de longues périodes dans le temps. L'objectif de ce chapitre est la détermination du type du climat régnant dans la région d'étude. Pour mener cette étude, nous avons utilisé les données climatiques de la STATION ZENATA Tlemcen sur la période qui s'étend de 1991 à 2021.

Tableau 1 : Caractéristiques de la station climatologique de ZENATA.

Station	Altitude (m)	Latitude	Longitude	X (m)	Y (m)
ZENATA	247	35°01' N	-1°.46' W	640 516,28	3 875 235.59

2. L'étude des paramètres climatologiques

2.1.La précipitation

La précipitation, définie toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle).

a. Précipitations moyennes annuelles.

Tableau 2 : Les précipitations totales annuelles (1995-2021).

Année	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
PP (mm)	325.65	335.31	250.74	290.5	225.30	344.93	333.6
Année	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
PP (mm)	441.71	362.23	274.1	227.32	302.74	428.49	374.71
Année	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
PP (mm)	370.59	395.46	359.18	474.24	344.91	208.53	251.20
Année	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021		
PP (mm)	221.5	310.5	299.95	203.97	175.52		

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

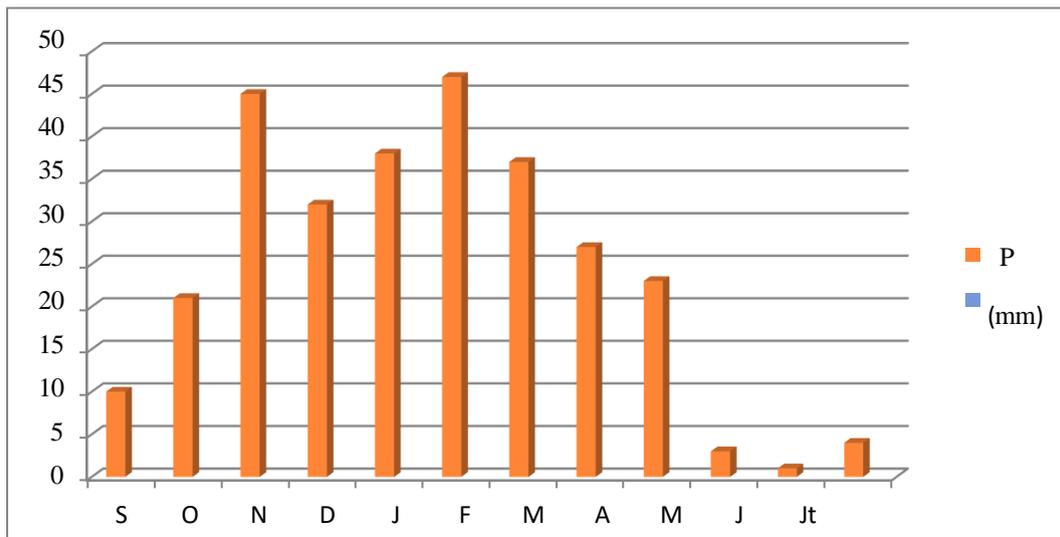


Figure II.1: Variations des précipitations totales annuelles à la station de ZENATA
(1995-2021)

Selon la courbe Les variations de la pluviométrie moyenne annuelle à la station de ZENATA montrent que :

- Les années les plus humides sont 2012 - 2013 avec 474.24 mm.
- Le minimum est enregistré en 2020 - 2021 avec 175.52 mm
- La moyenne annuelle des précipitations est de 312.26 mm.

b. Précipitations moyennes mensuelles

Tableau 3 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de ZENATA
(1995-2021).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P (mm)	10.2	21.2	45.5	32	38.5	47.2	37.3	27.5	23.1	3.7	0.9	3.6

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

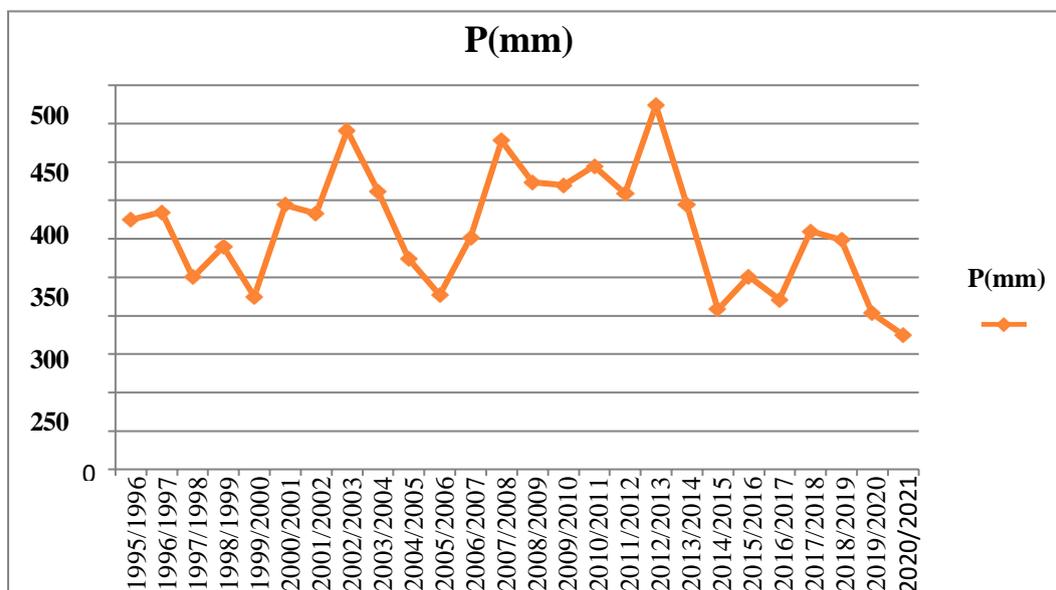


Figure II 2 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de ZENATA.

L'historique des précipitations mensuelles (**fig. II 2**) de la station de ZENATA, révèle que le mois de février est le plus humide avec 47.2 mm, tandis que le mois de Juillet est le plus sec, avec seulement 0.9 mm.

c. 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 4 : Précipitations moyennes saisonnières à la station de ZENATA (1995-2021).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Précipitations (mm)	76.9	117.7	87.8	8.2
Précipitations (%)	24.62	37.69	28.11	2.62

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

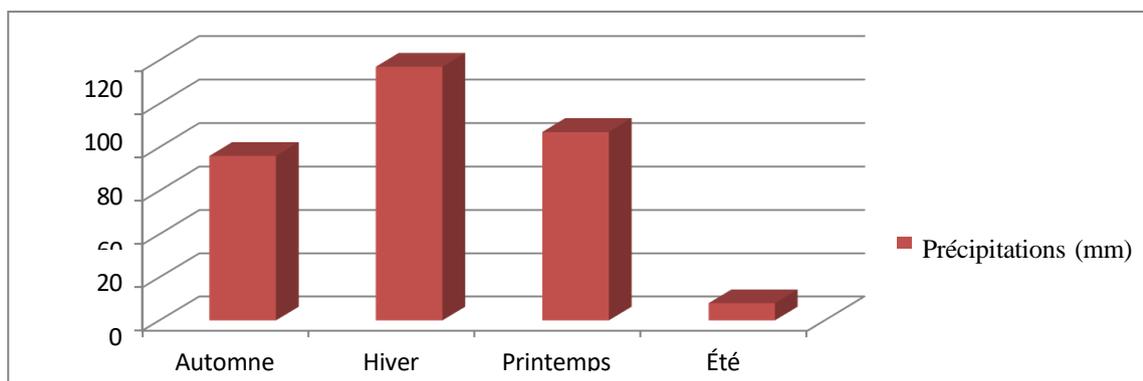


Figure II.3 : Histogramme des précipitations saisonnières de la station de ZENATA.

L'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.

2.2. Étude des Températures

La température constitue un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Elle régit directement le climat, en interaction avec les autres facteurs météorologiques et biogéographiques.

a. Les températures moyennes mensuelles

Les valeurs des températures moyennes mensuelles maximales et minimales de la station de ZENATA sont données dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales de la station de ZENATA (1995-2021).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
T moy	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
T max	29.97	25.79	20.77	17.57	16.25	17.23	19.53	21.60	24.76	29.07	32.84	33.36	24.06
T min	17.28	13.51	9.63	6.81	5.47	6.41	7.74	9.36	12.27	15.92	18.96	19.80	11.93

- Températures moyennes maximales (°C) = 24.06
- Températures moyennes minimales (°C) = 11.93
- Températures moyennes mensuelles (°C) = 18

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

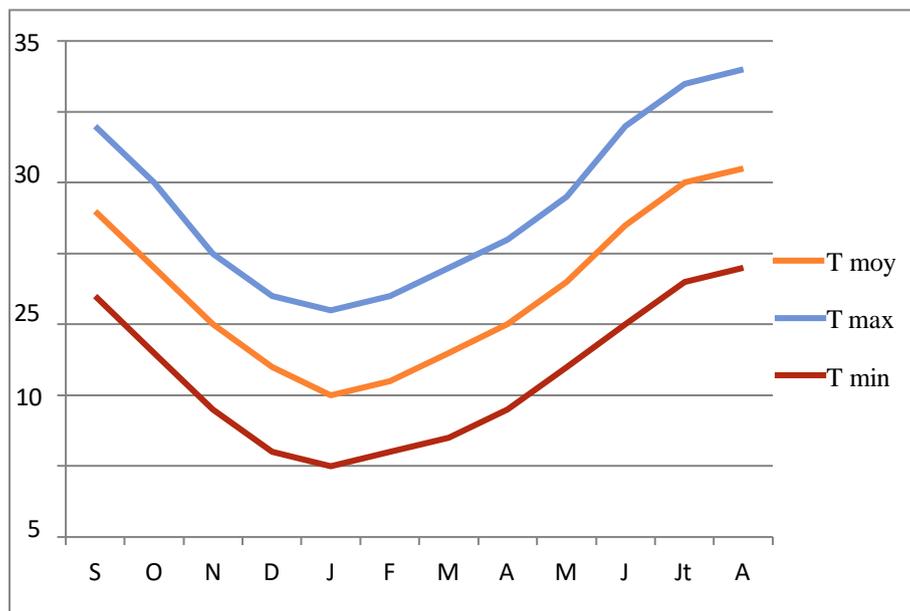


Figure II 4 : Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales de la station de ZENATA (1995-2021).

La représentation de la température moyenne mensuelle (**figII4**) permet de considérer le mois de janvier comme le plus froid (5.47°C) et les mois d’Août comme le plus chaude (33.36°C).

2.3. L’étude du climat

Pour l’étude du climat, nous disposons de différentes méthodes. La première est basée sur la visualisation de l’étendue des périodes sèches et humides. La deuxième est basée sur le calcul d’indices, permettant à partir des précipitations et des températures de caractériser le climat de la région. L’étude du climat peut être réalisée à partir :

- a. Des méthodes de visualisation (méthodes graphiques)
- b. Calcul des indices climatiques annuels et mensuels.

Tableau 6 : Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de ZENATA (1995-2021).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
P(mm)	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63	290.50
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	18.00

- a. Méthodes de visualisation (méthodes graphiques)
 - Les courbes pluvio-thermiques (Méthode de GAUSSEN et BAGNOULS)

Il y a deux courbes dans le graphe pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen :

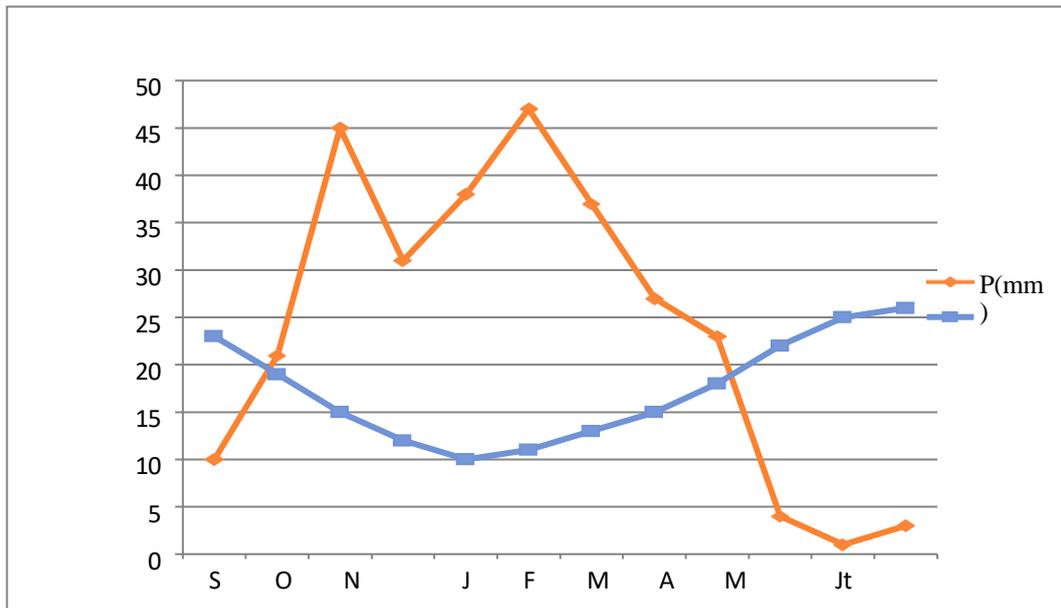


Figure II.5: Diagramme Pluvio-Thermique de la station de ZENATA (1995-2021).

Cette méthode est basée sur une visualisation graphique. On trace les deux courbes des précipitations et des températures moyennes mensuelles sur un graphe avec deux échelles différentes ($P=2T$). Si la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations, on dit que la période est déficitaire. Dans le cas inverse, la période est dite excédentaire.

La courbe des températures passe au-dessus de celles des précipitations pendant les mois sèche (déficitaire), (Juin, Juillet Aout et Septembre) alors que pour les mois humides excédentaire (Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril et Mai), la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures, et la relation $P=2T$ permet d'établir les courbes pluvio-thermiques, où l'échelle des précipitations doit être le double de celle des températures.

6. Les indices climatiques

▪ Indice d'Aridité de DE Martonne(1923)

C'est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité, en se basant sur la quantité annuelle de précipitation et la température moyenne annuelle de l'air.

– **Indice d'aridité annuel** Il est donné par la formule suivante : $I = \frac{P}{T + 10}$

- **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm).
- **T** : Température moyenne annuelle (°C).
- **I** : indice d'aridité annuel.

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 7 : Indice d'aridité de Martonne.

P moy (mm)	Tmoy (°C)	I (mm/°C)
312.26	18	11.15

DE Martonne propose la classification suivante :

Type de climat	climat tempéré	climat Semiaride	climat steppique	climat désertique	climat hyperaride
Valeur de I	20<I<30	10<I<20	7,5<I<10	5 < I < 7.5	I<5

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 (d'après la classification de De Martonne).

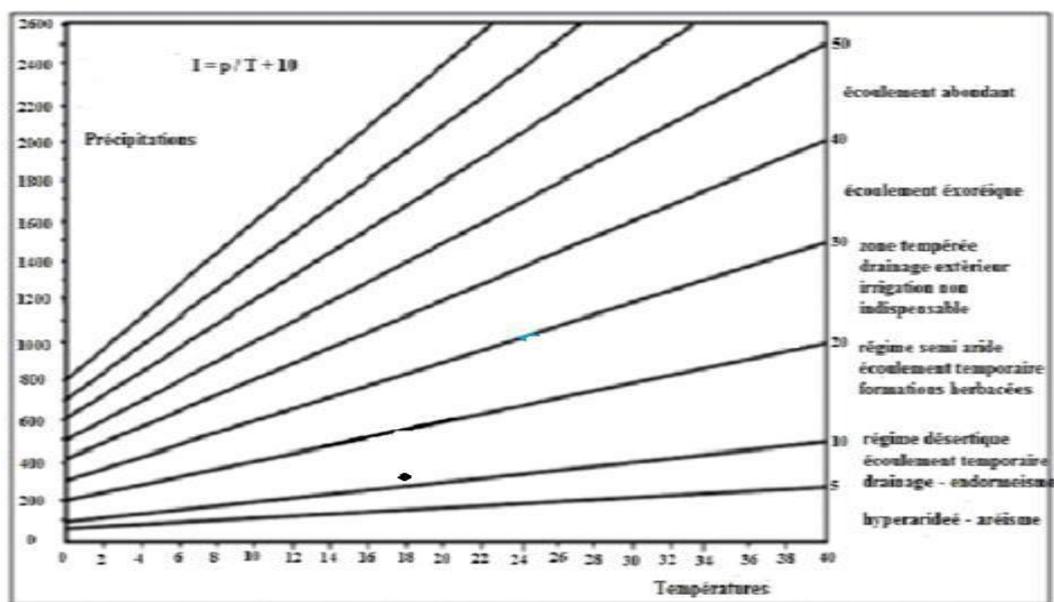


Figure II.6: Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.

- **Indice d'aridité mensuel** : Il est donné par la formule suivant $i = \frac{12p}{t + 10}$
- 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 :

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 8 : Indices d'aridité mensuels de DE Martonne.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
i	3.65	8.58	21.66	17.27	22.13	25.95	18.90	12.95	9.69	1.35	0.30	1.18
Type du régime	Hyper aride	Steppi-que	Tempéré	Semi-aride	Tempéré	Tempéré	Semi-aride	Semi-aride	Steppi-que	Hyper-aride	Hyper-aride	Hyper-aride

D'après le (tableau 8), nous remarquons que le régime climatique mensuel varie entre un climat Hyper Aride, Désertique, Steppique, Semi-aride et Tempéré.

▪ Indice de Moral (1964)

En étudiant le régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest, Moral a établi un indice d'aridité annuel. Il est donné par la relation suivante :

- **Indice annuel (Ia)** : L'Indice pluviométrique annuel est défini par la formule suivante : $Ia = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$ Avec :

- **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm)
- **T** : Température moyenne annuelle (°C)
- **Ia > 1** : climat humide.
- **Ia < 1** : climat sec

Tableau 9 : Indice de Moral / station de ZENATA.

Station	P moy (mm)	T moy (°C)	Ia
ZENATA	312.26	18	0.90

- **Ia = 0.90** Donc : le climat est sec (**Ia < 1**).

- **Indice mensuel (Im)** : Il est donné par la formule suivante $Im = \frac{P}{0.1T^2 - T + 20}$

- **P** : Précipitations moyennes mensuelles (mm).
- **T** : Températures moyennes mensuelles (°C).

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 10 : Indice mensuel de moral à la station de ZENATA.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
P moy (mm)	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63
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
Im	0.19	0.54	1.63	1.40	1.83	2.13	1.49	0.96	0.64	0.07	0.01	0.05

Tableau II.11 : 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)	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63
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 + 30	109.46	88.26	68.30	57.04	52.65	55.79	62.20	69.44	82.81	103.12	122,98	127,22
0,1T² - T + 20	52.20	38.96	27.90	22.66	20.93	22.15	24.94	28.48	35.77	48.12	61.18	64.07
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	Aride	Sec	Humi -de	sec	sec	aride	aride	Aride				

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) : $P < 0,05 T^2 - T + 10$

c. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est défini par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 \times P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \quad \text{Avec :}$$

- **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm)
- **M** : Moyenne des maxima 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,

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

- $m=5.47^{\circ}\text{C}+273=278.47\text{ k}^{\circ}$
- **Q2** : Quotient pluvio-thermique d'Emberger : **38.28**

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

Tableau 12 : Indice d'Emberger.

Station	P (mm)	M ($^{\circ}\text{K}$)	m ($^{\circ}\text{K}$)	Q2
ZENATA	312.26	306.36	278.47	38.28

En reportant cette valeur sur le diagramme d'Emberger (*Figure 9*), qui comporte en ordonnées les valeurs de Q2 et en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}\text{C}$), nous pouvons constater que la région présente un climat semi-aride avec un Hiver tempéré.

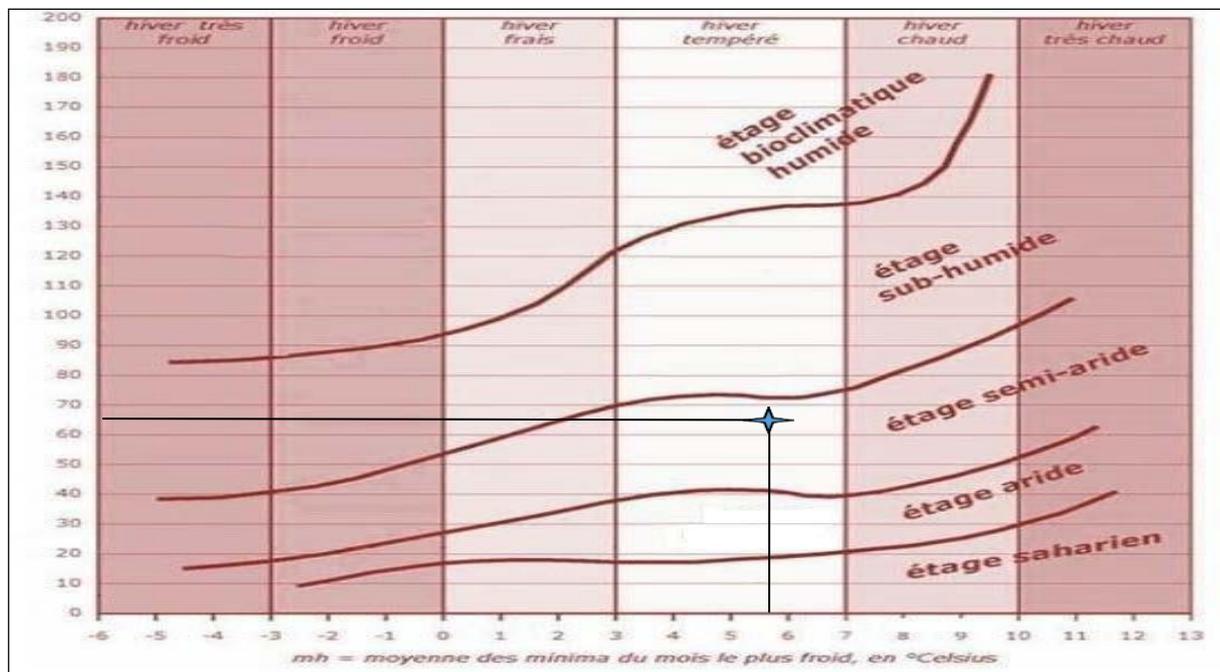


Figure II.7: Climagramme d'Emberger.

- **Indice de Stewart (1969)** : Définie par $Q2 = \frac{3,43P}{M + m}$ Avec :
- **Q2** : Quotient d'Emberger
- **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm) : **312.26** (mm)
- **M** : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{C}$) : (**33.36** $^{\circ}\text{C}$)
- **m** : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid ($^{\circ}\text{C}$) : (**5.47** $^{\circ}\text{C}$)
- Le quotient Q2 de la station de ZENATA est égal à **27.58** 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*.

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

2.4. 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.
- **Méthode de Turc (1954)** : Cette méthode permet d'évaluer l'ETR annuelle à partir de la hauteur de la pluie et de la température moyenne annuelle, selon l'expression suivante $ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$ 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 II.13: Résultat de l'ETR par la méthode de TURC.

Station	P (mm)	T(C°)	L	E (mm)
ZENATA	312.26	18	1041.6	315.41

- **Méthode de COUTAGNE** : L'évapotranspiration réelle ou le déficit d'écoulement est calculée à partir de la relation suivante : $ETR = D = P - \lambda P^2$
Avec $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$ Avec
 - **D** : le déficit d'écoulement en (m/an).
 - **P** : précipitations moyennes annuelles en (m/an)
 - **T** : température moyenne annuelle en (°C)
 - **λ** : désigne un facteur dépendant de la température moyenne annuelle

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 14 : valeur du déficit et du quotient d'écoulement (COUTAGNE).

Station	P (mm)	T (C°)	D (mm)	Écoulement et infiltration (P-D)
ZENATA	312.26	18°	283	29.26

- **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°)	D (mm/an)	Écoulement et infiltration (P-D)
ZENATA	312.26	18	215 soit 68.77% de P	97.26 soit 31.23 % de P

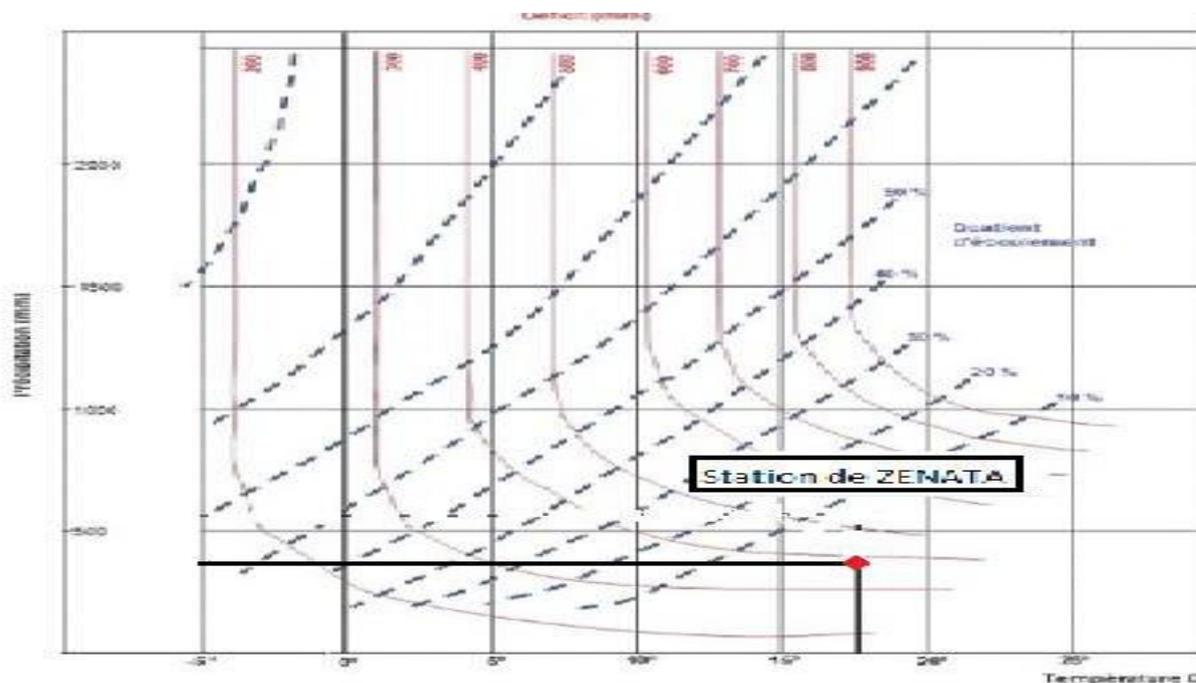


Figure II.8: Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT)

- **Méthode de P. VERDEIL** : Pour estimer les valeurs de l'évapotranspiration réelle ou du déficit d'écoulement, Verdeil (1988), a établi en Algérie un abaque bi-logarithmique pour les régions semi-arides, en tenant compte uniquement des précipitations moyenne annuelles.

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

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

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

Station	P (mm)	Déficit (mm/an)	Écoulement et infiltration (mm)
ZENATA	312.26	300 Soit 96.1% de P	12 soit 3.92 % de P

Pour la station de ZENATA, la moyenne des précipitations est 312.26 mm et après la projection sur l'abaque de P. VERDEIL le déficit d'écoulement est D=300 mm ce qui représente 96.1% des précipitations.

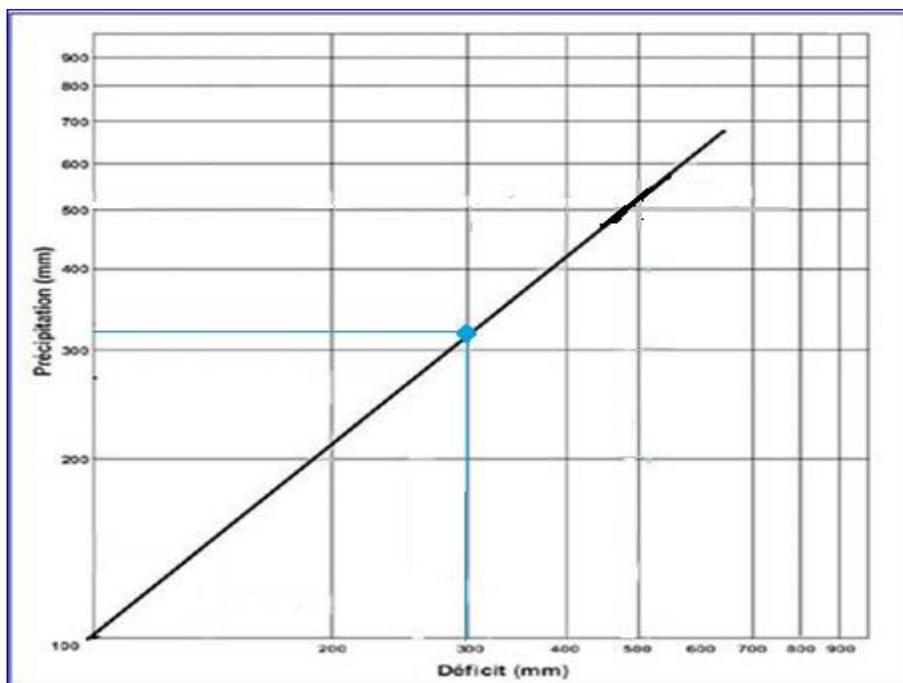


Figure II.9 : Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P. VERDEIL, 1988).

▪ Evapotranspiration potentielle (ETP)

• Méthode de THORNTHWAITE

Pour appliquer la méthode de Thornthwaite, on doit calculer :

- **ETP non corrigée** = $16x\left(\frac{T}{I} \times 10\right)^a$
- **ETP corrigée** = $16x\left(\frac{T}{I} \times 10\right)^a \times K$ Avec : $a = 0.016I + 0.5$
- **ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm),
- **i** : Indice thermique mensuel $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$
- **I** : La Somme des indices mensuels des 12 mois de l'année = 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 (34°N), les résultats sont présentés dans le tableau suivant : $a = 1.88$

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 17 : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de ZENATA (1995-2021).

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	3,85	3,23	3,67	4,56	5,53	7,26	9.74	12,06	12,54	86.25
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	821.71
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 Corrigé e (mm)	109.60	72.97	39.92	26.06	21.70	24.59	38.95	52.36	81.43	117.43	155.52	153.99	894.52

▪ Evapotranspiration réelle (ETR)

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

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

3. Calcul de la réserve facilement utilisable (R. F. U.)

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

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, d'après les travaux antérieurs consultés, nous avons pris : $(C-f) / 100 = 20\%$, donc : $Ru=130$ mm.

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

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.

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

Tableau 18 : Calcul du bilan hydrologique de la station de ZENATA (1995-2021)

➤ Selon C.W Thornthwaite

Para- mètres	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	juill.	Aout	Ann
P (mm)	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63	290.49
ETP (mm)	109.60	72.97	39.92	26.06	21.70	24.59	38.95	52.36	81.43	117.43	155.52	153.99	894.52
RU (130mm)	0.0	0.0	5.57	11.46	28.23	50.84	49.12	24.26	0.0	0.0	0.0	0.0	169.48
ETR (mm)	10.24	21.22	39.92	26.06	21.70	24.59	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63	239.65
D.A (mm)	99.36	51.75	0.0	0.0	0.0	0.0	1.72	24.86	58.38	113.77	154.67	150.36	654.87
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0									
I	0.0	0.0	0.0	0.0									
R (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0									

- **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)
- **I** : Infiltration.

CHAPITRE II : CADRE CLIMATOLOGIQUE

5. Conclusion

D'après les résultats des calculs obtenus, la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. Les précipitations moyennes annuelles sont de 312.26 mm. La température moyenne mensuelle est d'environ 18 °C. Les mois de Juillet et d'Août sont les plus chauds (25.90°C et 26.58°C), et Janvier est le mois le plus froid (10.86°C).

- Le diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен, nous a permis de définir une période humide entre le début du mois de Septembre et la fin du mois de Mai et une période sèche pour le reste des mois de l'année.
- Les méthodes de calcul de l'ETR comme celle de TURC donne un déficit d'écoulement égale à 313.86.

Les calculs du bilan ont fait ressortir les résultats suivants :

- L'évapotranspiration potentielle a été évaluée à environ 894.52**mm**.
- L'évapotranspiration réelle annuelle est de 239.65 **mm**.
- L'écoulement de surface annuel est de **0 mm**.
- L'infiltration annuelle est de **0.0 mm**.

CHAPITRE III : Cadre Géologique Hydrogéologique

1. D'description géologique

1.1. Introduction

Le bassin de la Tafna comprend de grandes plaines, dont les deux principales sont celle de Maghnia à l'Ouest et celle des Ghossels à l'Est entourées de massifs élevés :

- Le massif des Traras comprenant la chaîne des Fillaoussène fait partie de la chaînes alpine (d'après Ameer, 1988) qui s'étend vers l'Ouest par le massif des Béni-Snassen (Maroc occidental)
- Les Monts de Tlemcen dessinant la bordure sud du bassin et s'interposent entre deux domaines bien définis :
 - Le domaine des nappes du Tell au Nord,
 - Le domaine stable des hautes plaines oranaises au Sud.

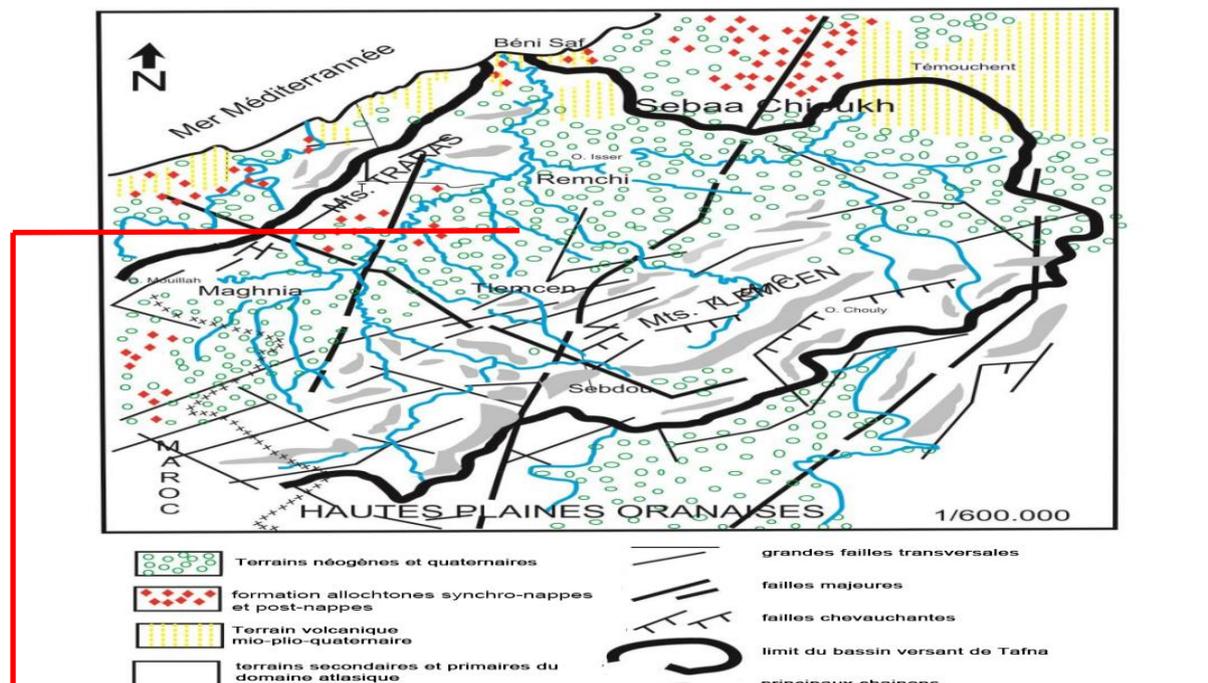


Figure. 1 : Contexte structural du bassin de la Tafna (d'après Remaoun, 2003, modifiée)

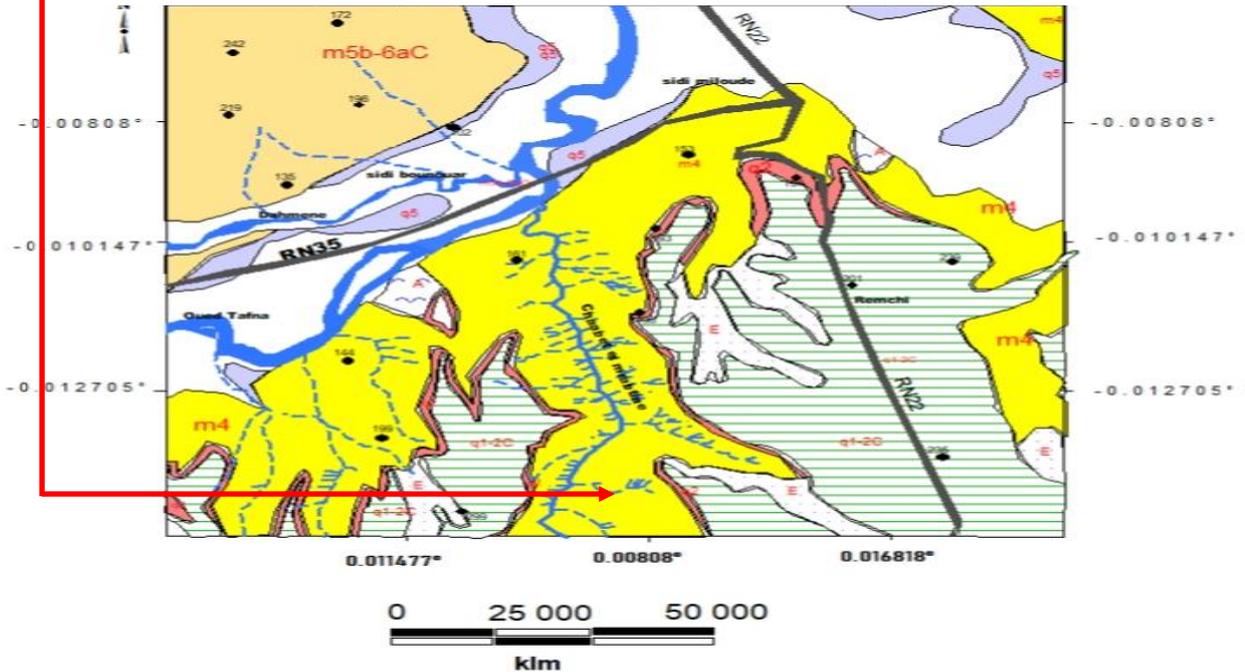


Figure. 2 : Carte géologique du sous bassin versant de Chaabat el Merabten

CHAPITRE III : Cadre Géologique Et Hydrogéologique

La région se présente comme un bombement anticlinal de direction générale NE-SW, constitué par des terrains primaires formant le substratum sur lequel reposent les formations allant du Permo-Trias au Miocène.

1.2. Néogène

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

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

- **Miocène synchro-nappes :** d'après FENET (1975), le terme « Miocènes synchro-nappes » a été utilisé pour caractériser les dépôts subsistent d'âge Miocènes, dans lequel se sont en partie mise en place les nappes telliennes. 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 admette localement des niveaux chenalisés de grès grossier et de conglomérat.
- **Miocène du premier cycle post-nappes :** d'une épaisseur variable, il est séparé du matériel des nappes telliennes par une série continentale détritique. Il est formé d'argiles ou pélitique de couleur verdâtre et de niveau de gypse. Ces argiles sont intercalées par des passées lenticulaires renfermant des cailloux et des galets.
- **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 Sebaa Chioukh.
- **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

CHAPITRE III : Cadre Géologique Et Hydrogéologique

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 le Nord de Bensekrane. Ces dépôts renferment des Huitres et dents d'Hipparion africaine comparable à ceux de l'Oued El hammam. Ce contenu fossilifère permet de attribuer un âge Miocène supérieur pour 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 Sebaa Chioukh et sur la rive gauche d'Oued Tafna.

b. Pliocènes

Il affleure dans la région de Nedroma où il est représenté par des calcaires lacustres de la basse vallée d'Oued Mouillah et des conglomérats rubéfiés, très épais au Sud-Est de Fillaoussence. Près la région d'Ain Temouchent, il est caractérisé par des grés ocre, irrégulièrement indurés, d'origine dunaire et par une série de sédiments assez fins de couleur ocre-rouge, d'origine continentale. Ces derniers sont attribués au Plaisancien par G. Thomas 1985 (in. Guardia, 1990).

- **Mio-pliocène continental** : Le Mio-pliocène de la région de Nedroma est de nature continentale, représenté par des alluviaux assez fins, généralement rubéfiés. Il passe latéralement vers le Nord, dans la région de Ghazaouet, aux dépôts marins (Messinien). Dans la région de la moyenne Tafna, la transgression marine du (Messinien) est absente, il y a continuité de sédimentation continentale entre le Miocène terminal et le pliocène.

C. Quaternaire

Divers facies lithologiques ont été distingués et attribués au Quaternaire en sens large. Dans ce travail, pour simplifier on a regroupé ces facies en un Quaternaire récent qui regroupe les formations récentes ou actuelles et un Quaternaire ancien qui englobe toutes les formations anciennes-post pliocène.

- **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.

1.3. Présentation géologique du secteur d'étude

a. Au plan stratigraphique

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

- **Ensemble Mésozoïque** : Il affleure à Sidi Belkralid sur la rive droite de l'oued Tafna. Il est représenté par un faciès keuper. Ce dernier est constitué par des marnes gypseuses multicolores, de gypse et des roches vertes présentant un aspect chaotique.
- **Ensemble Tertiaire** Il comprend de bas en haut :
 - **Eocène** : il n'affleure que dans la vallée d'Oued Sikkak, à l'Est d'Ain Youcef. Il est formé par des grès fissurés jaunes à rougeâtre à ciment argileux alternant avec des marnes verdâtres. Cette formation est bien développée, plus au Nord dans le massif de Sebaa Chioukh où elle est surmontée par des poudingues des grès grossiers et des marnes rouges ou vertes désignés comme « le terrain rouge de la basse Tafna » par GENTIL (1902). L'épaisseur de cet Eocène peut être estimée à 50 mètres.
 - **Miocène inférieur** : il surmonte les dolomies de Tlemcen. Il débute par une assise de poudingues à nombreuses valves d'ostrea. Ces poudings, hétérométriques et polygéniques sont formés par des éléments calcaire et fissuré, montre un grano-classement normal avec des intercalations marneuses à la base. Au-dessus de ces sédiments, se montrent des marnes grises au sein desquelles s'intercalent des bancs de grès ferrugineux.
 - **Helvétien** : il est constitué par une épaisse série de marnes grises ou bleutées. Au sein de cette série s'intercalent de nombreux bancs décimétriques de grès jaunes, plus fréquent au sommet. Ces marnes sont très développées dans la vallée d'Oued Amyer et Oued Sikkak où leur puissance est de l'ordre de 100 mètres.
 - **Tortonien** : il s'agit des grès fissurés jaune d'or ou citron avec, par endroits, de minces passées marneuses. Ces grès sont durs, mal stratifiés. Localement, ce

CHAPITRE III : Cadre Géologique Et Hydrogéologique

Tortonien peut avoir des faciès différents : argiles plus ou moins sableuses. Notons que le Tortonien est surmonté par des conglomérats formant une bande continue qui va du nord de l'agglomération d'Hennaya à Ain Hallilifa. Ces sédiments sont le témoin d'un paléo-Oued qui se déversait dans l'Oued Issir.

- **Quaternaire** : il est représenté essentiellement par une carapace calcaire. Cette dernière n'a qu'une épaisseur réduite de l'ordre du mètre.

b. Au plan tectonique

Du point de vue morpho-tectonique, la région étudiée est une partie du grand pli très probablement graben complexe comblé sédiments du miocène et du quaternaire. Ce pli est un synclinal de direction parallèle aux chaînes de montagne nord et sud environnantes. L'axe aux synclinaux dans la région étudiée passe dans les terrains plus au (plaine d'Hennaya). De la côte Sud, la région est située sur le flanc nord du grand synclinal près de Tlemcen, constitue essentiellement de formation carbonatée du jurassique. Sur ce flanc, sont déposés d'une manière transgressive et discordante, les sédiments de l'Helvétien et du Tortonien.

Les marnes Helvétiques sont en plis, disloquées, tandis que les grès du Tortonien sont déposés d'une manière disloquée sur la surface irrégulière de l'Helvétien. Ceci nous indique, qu'entre Serravalien et le Tortonien il y a eu interruption de sédimentation et plissement de Serravalien avant la déposition du Tortonien.

Du point de vue tectonique, les séries sédimentaires sont généralement subhorizontales avec un léger pendage vers le nord-est jusqu'à la plâtrière, ce dernier s'accroît en allant vers le sud jusqu'à former le flanc Nord d'un vaste anticlinal au niveau de la pierre du chat. Le seul accident important notable étant le diapir triasique qui marque le cœur d'un petit anticlinal d'âge Eocène à Miocènes avec pendage de 20 à 30.

CHAPITRE III : Cadre Géologique Et Hydrogéologique

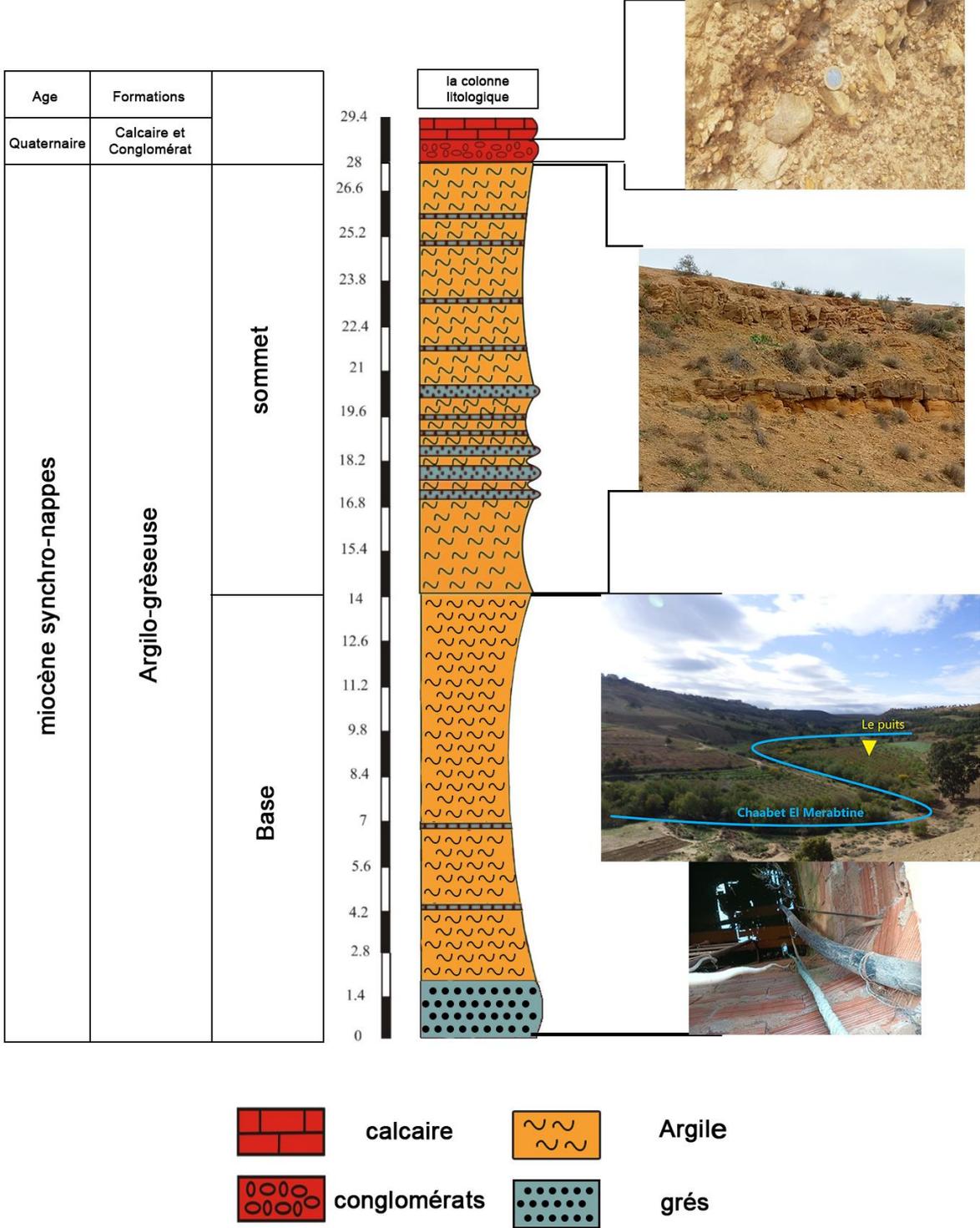


Figure. III.3: Colonne lithologique de la zone d'étude.

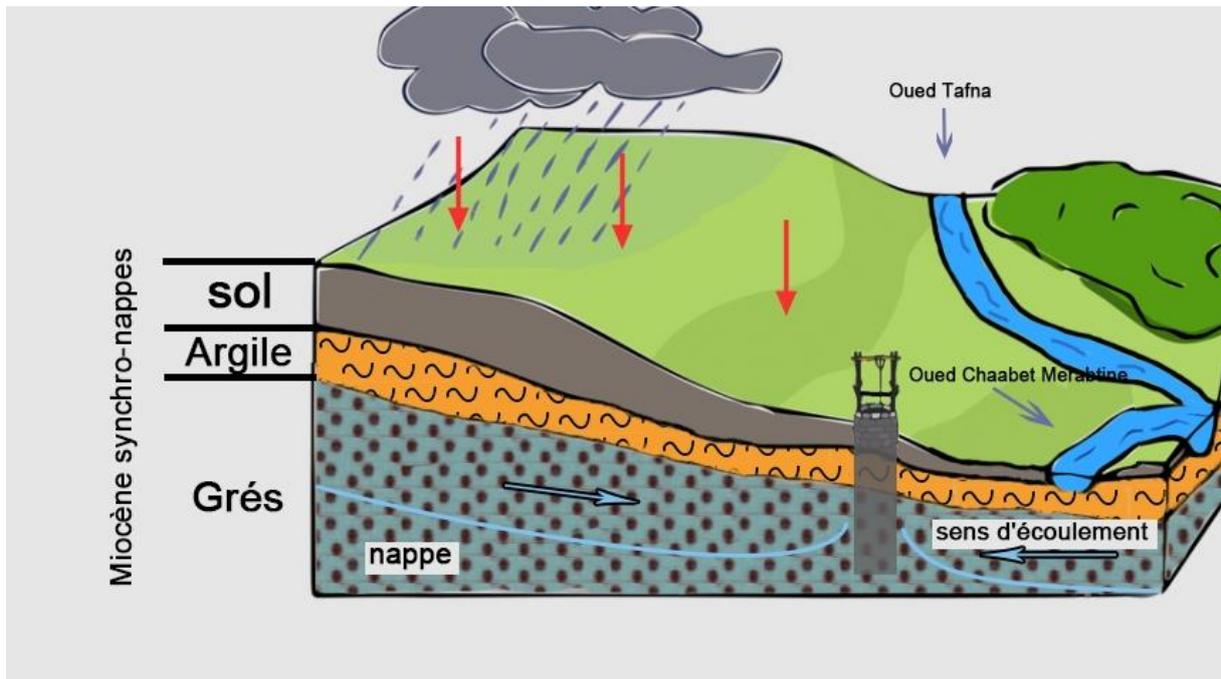


Figure III.4 : Schéma représenté le sens d'écoulement vers le puits

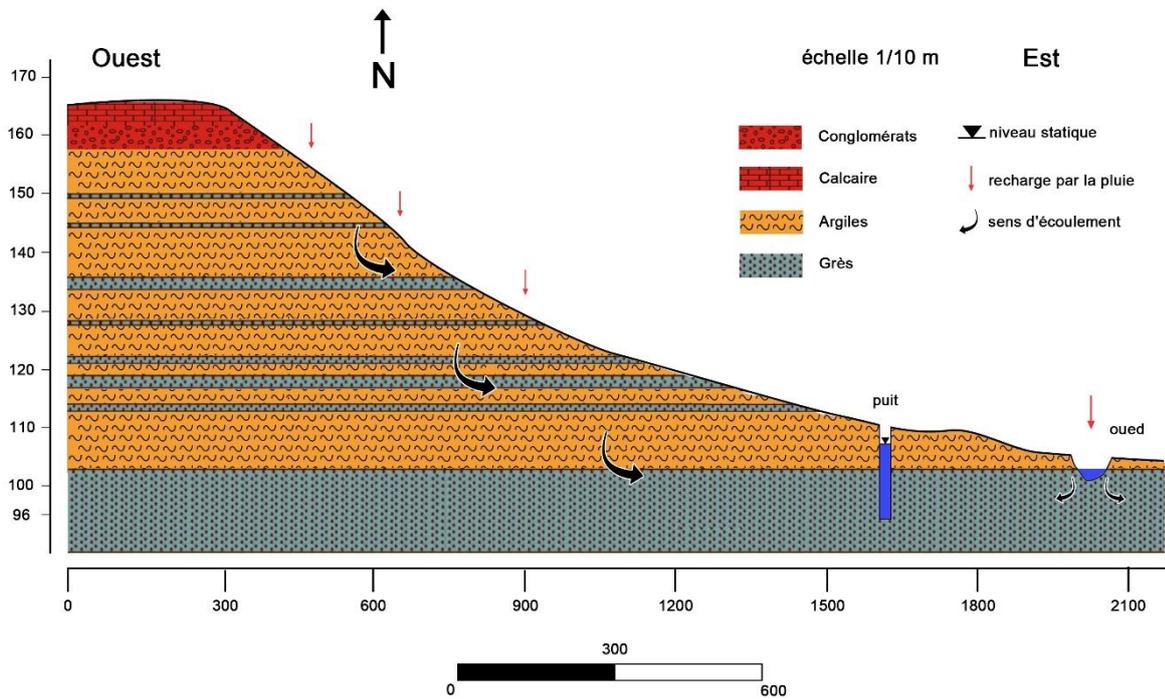


Figure III.5 : Coupe géologique d'un puits étudié

▪ Description de la coupe

- Plus bas nous avons observé des grès sont de couleur gris clair à la patine et gris à la cassure.
- Plus haut les argiles fines, gris claire à la patine et de couleur gris sombre à la cassure, surmonté par des grés légèrement carbonatés centimétrique à décimétrique.
- Au-dessus, on observe les conglomérats présente fins grains argileux surmontés avec les calcaires très fissuré.

2. Hydrogéologie

2.1. Introduction

L'étude lithostratigraphique et tectonique des différentes formations, nous a permet d'identifier des aquifères qui sons comme suit :

- **Miocènes synchro-nappes** : Affleurement d'argile à intercalations gréseuses qui prend contact avec le Quaternaire.
 - **A la base** : le passage graduel d'argile bleues vers les argiles jaunes.
 - Les intercalations gréseuses, grises claire à la patine et grises à la cassure.
 - **Au milieu** : caractérisées par les cassures et préparation de la matière première ; pouvant constituer un aquifère.
 - **Au sommet** : les argiles jaunes à passage gréseux prennent contact avec le Quaternaire représenté par des limons rouges à concrétion calcaire contenant de nombreux chenaux de poudingues claires à matrice sableuse.

2.2.Potentialités hydriques souterraines

La disposition du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables. Selon les données hydrogéologiques, la nappe phréatique de Boukiou au niveau du bassin versant de la Tafna avec une potentialité 1.50 Mm³/an.

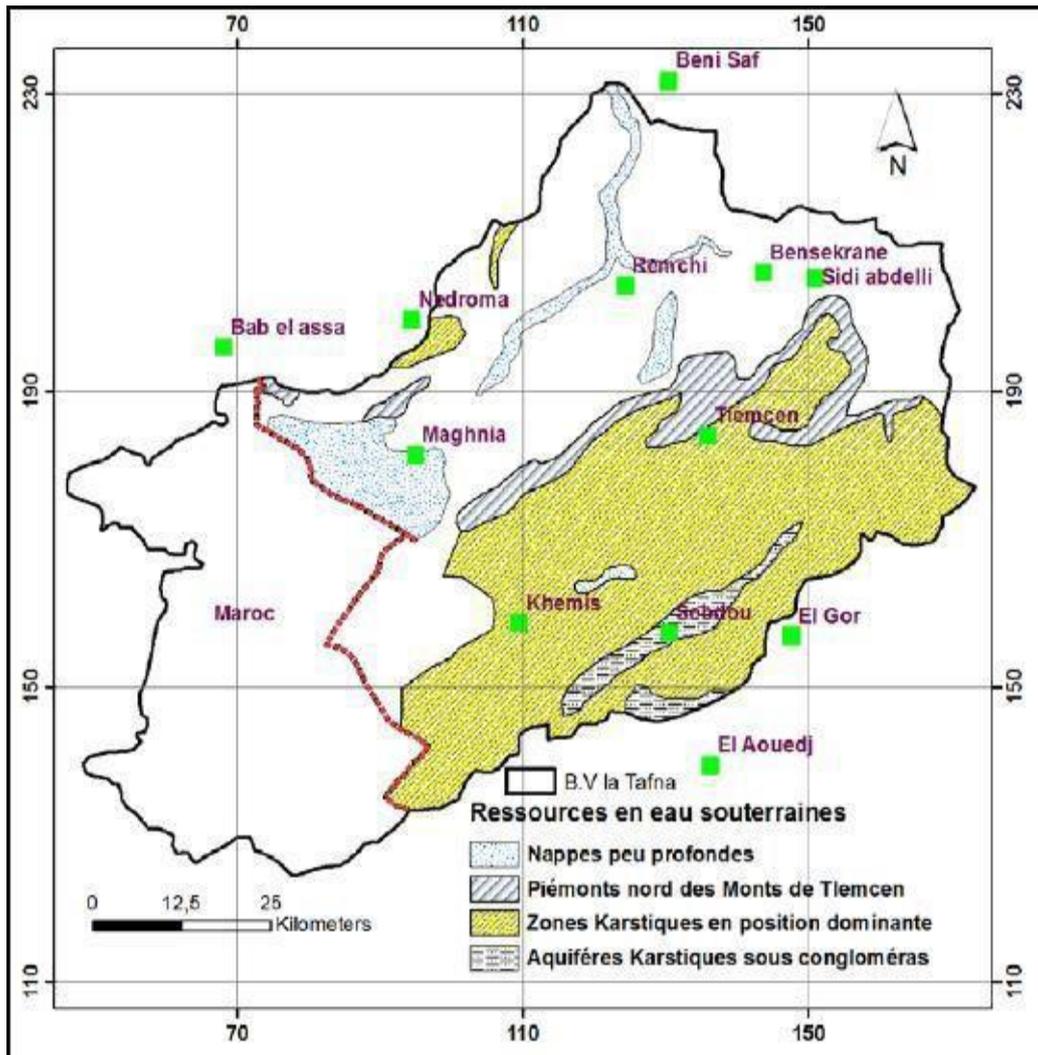


Figure III.6 : Potentialités hydriques souterraines dans le système Tafna

(Bemmoussat.A.2012).

2.3.Niveaux perméables :

a. Calcaires des Traras, dolomies aptiennes et calcaires blancs du Turonien

Ces formations sont très fissurées, elles sont caractérisées par l'absence de réserves d'eau à cause de leur faible surface d'affleurement. Sèment au niveau de l'intersection de ces éléments dont l'évolution conduit à la karstification des roches surtout carbonatées par suite du phénomène de dissolution.

b. Conglomérats de base du Miocène

Les conglomérats résultent de la destruction des montagnes aux pieds desquelles, ils constituent une sorte de ceinture de cône de déjection. Les conglomérats présentent un granoclasement avec passage progressif d'une formation de forte granulométrie à une formation détritique caractérisée par des fins grains argileux. Ainsi, le réservoir perd de ses qualités et se colmate de ses bordures vers le centre du bassin. De ses qualités décroissantes il ne peut être utilisé de manière économique car il est mal aisé de se prononcer sur ses ressources, sur sa géométrie et sur ses variations lithologiques.

c. Travertins

Ils sont caractérisés par une forte perméabilité et l'absence de réserves d'eau, vu leur petite surface d'affleurement.

2.4. Un réseau hydrographique en eau important

La Tafna est dans l'ensemble, un organisme hydrographique composite, qui réunit, dans un bassin évasé, appartenant à la montagne et à la plaine, des rameaux de longueur sensiblement égale :

- Oued Mouileh- Isly à l'Ouest, Tafna supérieure au centre et l'oued Isser à l'est (TINTHOIN, 1984). La région est caractérisée par la présence de deux grands oueds, oued Mouileh et oued Tafna.
 - Oued Mouileh avec un débit moyen de 400 l/s. Il est alimenté par les affluents suivants : Oued Bossil, Ben Sria, Nachef, Timersallte, Moukraf, Bousslit.
 - Oued Tafna qui a un débit très variable est faible, il est alimenté par Oued Sinrouf, Melaka et Egick (Anonyme, 2000).

La formation du réseau hydrographique est fortement conditionnée par les facteurs caractéristiques des terrains traversés par les différents oueds. Ainsi la lithologie intervient sur le degré de ramification des oueds. C'est le cas de l'oued Tafna qui traverse les calcaires des Monts de Tlemcen et suit la direction Sud- Ouest, Nord – Est du relief dominant représenté par la chaîne montagneuse des Traras et les Monts de Tlemcen.

L'Oued Tafna est une cour d'eau de 170 km de long, il prend naissance au Sud de Sebdou, à 1500 m d'altitude, dans les Monts de Tlemcen. Le cours est subdivisé en trois parties (la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna) :

- **La haute Tafna** : la partie occidentale (Oued Sebdou, Oued Khemis et l'Oued Mouilah). L'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach à Ghar Boumaaza et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descendant de crêtes atteignant 1500m.
- **La moyenne Tafna** : la partie orientale avec comme principaux affluents l'Oued Isser et L'Oued Sikkak. À partir de Sidi Medjahed, l'Oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux.
- **La basse Tafna** : la partie septentrionale débute pratiquement au village Tafna et s'étend jusqu'à la Plage de Rachgoun, embouchure de l'Oued. Les Oueds Boukiou, Boumesaâoud et Zitoun sont les principaux affluents dans cette partie.

CHAPITRE III : Cadre Géologique Et Hydrogéologique

Le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de Pierre du Chat (aujourd'hui Fatmi Lakhdar) jusqu'à la plage de Rachgoun à la mer Méditerranée, sur une distance de 20 Km.

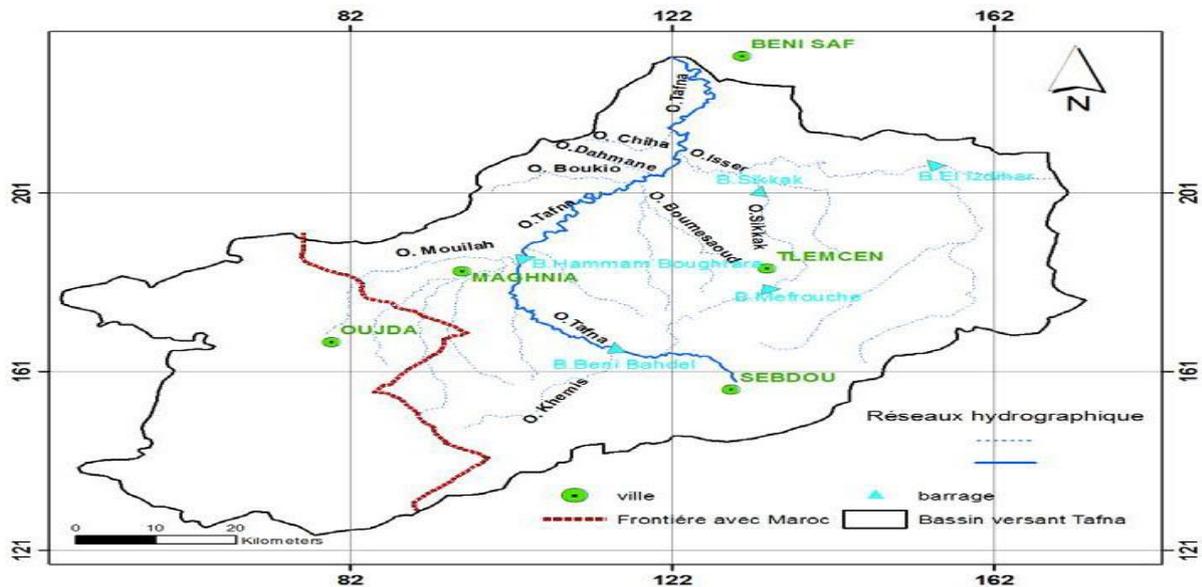


Figure III.7: Réseau hydrographique (Rouissait. 2016)

3. Conclusion

Les formations du Mio-Plio-Quaternaire :

- La perméabilité des formations alluvionnaires et gréseuses dépend du degré de cimentation ainsi que de leur teneur en éléments fins.
- L'aquifère alluvionnaire constitue le principal en eau de la région que soit pour l'alimentation en eau potable du village Remchi, ou pour l'irrigation des terres cultivables de la vallée.
- Ce puits est profond et caractérise par un grand diamètre (dépassant un mètre) utilisé pour l'irrigation.
- L'épaisseur de l'aquifère (niveau grossier), il est souhaitable d'approfondir les puits dans la zone qui pourrait faire l'objet d'un approfondissement de quelque mètre.
- L'écoulement de la nappe se fait de manière générale vers différents directions (l'Oued et les intercalations gréseuse).

CHAPITRE IV : **Hydrochimie**

1. Introduction

L'étude Hydro-chimique de l'eau nous permet de connaître la qualité des eaux et de confirmer les résultats de l'étude géologique. Cette étude est basée sur l'interprétation des analyses chimiques d'un échantillon prélevé au niveau du puits Chaabet El Merabtene ou EL MALHA (REMCHI, TLEMCCEN) le 22 mars 2022. Ces analyses réalisées au niveau du laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité et laboratoire de l'université de Tlemcen de la faculté SNV –STU N° 25 (Géologie et hydrogéologie) concernant les éléments chimiques majeurs suivants :

a. Les cations

- **L'ion calcium Ca^{2+}** : Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates (**Rodier, 2009**).
- **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**).

b. 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**).

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- **L'ion nitrate NO₃⁻** : 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.

2. Appareillage

- **Le PH-mètre** : est un appareil, souvent électronique, permettant la mesure du PH d'une eau. Le PH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre (photo).



Figure IV.01 : PH mètre.

- **Conductimètre/Salinomètre** : La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart de matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Le conductimètre/salinomètre est un instrument portable qui mesure la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et la salinité mg/l en fonction de la température dans liquide donné.



Figure IV.02 : Conductimètre.

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- **Thermomètre** : Le thermomètre est un appareil qui sert mesurer des températures. C'est le domaine d'étude de la thermométrie. En réalité, un thermomètre mesure sa propre température (celle de sa partie qui sert à faire la mesure). Cette température n'est celle du milieu ambiant que s'il y a un équilibre thermique entre le thermomètre et le milieu ambiant.

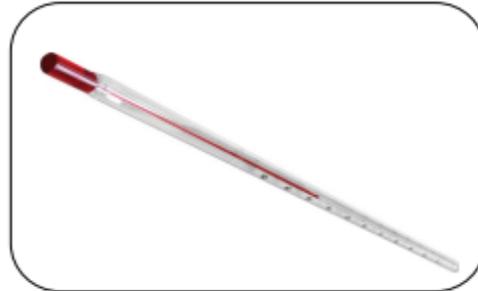


Figure VI.03 : Thermomètre

3. Le travail sur site

a. Sortie terrain n° 01 (puits Chaabet el Merabtine)

L'échantillonnage a été réalisé le 22/03/2022. Les prélèvements ont été effectués sur sites ou ont lieu les prélèvements des échantillons d'eau et sont situés dans la zone d'étude (Chaabet el Merabtine). Pour réaliser cet échantillonnage, on a utilisé des flacons en verre, stérile pour les analyses physico-chimiques. Le flacon est débouché au moment de la prise, une fois rempli, il est rebouché, étiqueté et acheminés au laboratoire.



Figure IV.04 : moment d'échantillonnage.

Le puits est localisé dans la partie Est de la ville Remchi. Les caractéristiques générales de puits sont représentées dans le Tableau suivant :

CHAPITRE IV : Hydrochimie

Tableau.1 : caractéristique d'un puits étude

X	Y	Protection du Puits	Moyens D'utilisation	Utilisation Du puits	La profondeur	Niveau statique
641 224.69 ^E	3881027.50N	Recouvert	Pompe électrique	Irrigation	14 m	11.8

Après le prélèvement des échantillons, nous avons mesuré le pH, la température et la conductivité comme le montrent les images suivantes :



Figure IV.05 : Heures de prévisualisation.

Où les résultats étaient les suivants :

- PH = 6.83
- Conductivité = 4.94 ms.
- Température = 25 °C.

b. Sortie terrain n° 02

Pour effectuer les analyses microbiologiques le prélèvement a été réalisé à partir du puits, on a utilisé des flacons lavés, rincés, séchés et stérilisés, avant le prélèvement, les mains doivent être désinfectées à l'alcool. On a chauffé l'embouchure du flacon par le feu et la remplir direct par l'eau de puits après chauffée Deuxième fois et fermer le flacon immédiatement. Les échantillons doivent être transportés au laboratoire le plus rapidement possible.



Figure IV.06 : Stérilisation

4. Manipulation

Après avoir prélevé des échantillons et calculé les caractéristiques mentionnées. Nous sommes allés au laboratoire et avons fait les analyses suivantes :

4.1. Dosage de calcium Ca^{2+}

- Mettre dans la burette l'EDTA N/50 ou (M/100)
- Dans l'eren 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 $Ca^{2+} = V(ml) * 4.008 \text{ mg/l} = \dots \text{mg/l}$.

a. Mode opératoire

- Mettre dans la burette L'EDTA N /50 (M/100).
- Dans l'eren 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 VI.7: NaOH ; 90 cc (ml) d'eau Distillée et Murexide.

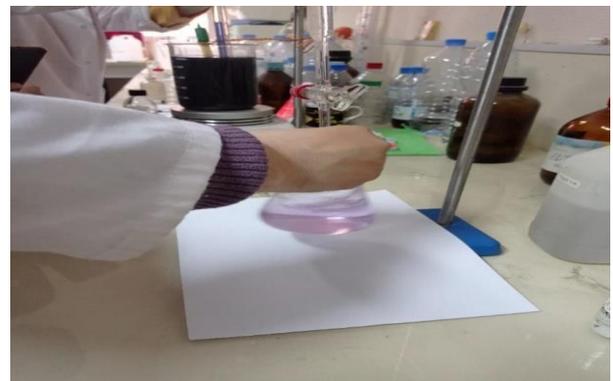


Figure VI.8 : Moment de mélange

▪ Interprétation des résultats

- 1 ml d'EDTA = 0.4008 mg /L de Ca^{2+} .
- 16.1- 12.1 = 4 ml
- $0.4008 \times 4 = 1.60 \text{ mg / L de } Ca^{2+}$ \Longrightarrow $Ca^{2+} = 160.32 \text{ mg / L}$.
- $1.60 \times 100 = 160.32 \text{ mg / L}$.

CHAPITRE IV : Hydrochimie

L'eau d'un puits étudiée est chargée en calcium avec un teneur $rCa2 = 160.32 \text{ mg/l}$. Cette valeur dans l'intervalle de la norme algérienne (200 mg/l).

4.2. Dosage du Chlorure (Cl^-)

▪ Méthode de Mohr

- Mettre dans la burette $AgNO_3$ N/10
- Dans l'eren 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 a une coloration avant dosage JAUNE.
- Doser jusqu'à coloration ROUGE ; la couleur rouge doit persister
- Interprétation des résultats $V(\text{mL}) \times 10 \times 3.55 = \dots Cl^- \text{ mg/l}$

▪ Mode opératoire

- Mettre dans la burette $AgNO_3$ N/10.
- Dans l'eren 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 VI.9 : Coloration avant dosage Cl^- **Figure VI.10 :** Coloration après dosage Cl^-

▪ Interprétation des résultats

- $V=32.8 \text{ ml}$
- $32.8 \times 10 \times 3.55 = \dots Cl^- \text{ mg / L.} \implies Cl^- = 1164 \text{ mg / L.}$

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 du puits 1164.4 mg/l elle est très chargé en chlorures.

CHAPITRE IV : Hydrochimie

4.3. Dosage de la dureté totale ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)

La dureté totale d'une eau est définie comme la quantité d'ions calcium Ca^{2+} (dureté calcique) et magnésium Mg^{2+} (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 à analyser (échantillon) 100 ml ;
 - Solution ammoniacale tampon (NH_4OH) 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'erlen de 250 ml Mettre : 100 ml d'eau à analyser 2 à 5 ml de solution tampon pH 10. 1 pincée de NET (noir ériochrome T).



Figure VI.11 : Les étapes de dosage ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)

- Avant dosage coloration VIOLETTE en présence de Ca^{2+} et Mg^{2+}
- Doser jusqu'à coloration BLEU Franc.
 - Dureté total $THt = V(ml)$ en °F
 - Ou $THt = 2 V / 10$ en meq /L.
 - $V = 50 ml + 50 ml + 26 ml$
 - $THt = 2 (126) / 10$
 - **$THt = 25.2 meq / L.$**

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- **Calcul du magnésium (Mg^{2+})**
 - La dureté totale = la dureté calcique + la dureté magnésium.
 - $THt = 25.2 \text{ meq / L.}$ et $T Ca^{2+} = 160.32 \text{ mg / L.}$

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

- $cep = \frac{cp \times z}{M}$ M : la masse molaire (tableau périodique) ;
- $Cep Ca^{2+} = \frac{160.32 \times 2}{40} = 8.016 \text{ meq / L.}$
- $T Mg^{2+} = THt - T Ca^{2+} = 25.2 - 8.016 = 17.19 \text{ meq / L}$
- $T Mg^{2+} = 17.19 \text{ meq / L.}$
- $Cep Mg^{2+} = \frac{Cep Mg^{2+} \times M}{Z} = 17.19 \times 24 = 206.28 \text{ mg / L.}$

4.4. Dosage des carbonates Co^{3-} et des hydrogencarbonates HCo^{3-}

- **Principe** : les ions Co^{3-} 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'eren de 100 ml Mettre : 25 ml d'eau à analyser quelques gouttes de vert de bromocrésol, Bien mélanger
 - Doser jusqu'à coloration BLEU
 - Interprétation des résultats
 - On a $CaVa = CbVb$ avec $Ca = 0.1 \text{ mol/l}$ $Va =$ chute de burette $Vb = 25 \text{ ml}$
 - $Cb = CaVa / Vb = 0.1 \times Va / 25 = \dots \text{ mol/l}$ Avec $M = 61 \text{ mmol/mg}$
 - $Cp = Cb \cdot M = Cb \cdot 61 = \dots \text{ mg/l}$
- **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 H_2SO_4 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.

CHAPITRE IV : Hydrochimie

▪ Expression des résultats :

- La teneur en carbonate en (mg/l) est : $Co_3 = V_1 * 0.5 * 30$
- La teneur en bicarbonate en (mg/l) est : $HCo_3 = V_2 * 0.5 * 61$

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 (546.56 mg/l).

4.5. Dosage du sulfate SO_4^{2-}

- Mettre l'eau à analyser dans la burette
- Mettre 20 ml de $BaCl_2$ (le même)
- Doser avec l'eau à analyser (bien mélanger) jusqu'à disparition colorante.
- Noter le volume V Burette
 - La valeur des sulfates trouvée au niveau d'une eau du puits étudiée est égale de 148 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible (400 mg/l).
 - La teneur de sodium Na^+ est égale 428 mg/l. Elle est non conforme à la norme algérienne (200mg/l). ➤ Le résultat d'analyse d'une eau du puits qui concerne du potassium K^+ dépasse la norme algérienne (12 mg/l) $r_{k^+} = 16mg/l$
 - La teneur en nitrate est très faible dans l'eau de puis a été égal 2.5 mg/l

5. Interprétation des données de mesure et des résultats d'analyse

5.1. Balance ionique

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

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

- $\sum r^+$: Somme des quantités en réactions des cations.
- $\sum r^-$: Somme des quantités en réactions des anions.
- BI : Balance ionique en %. Si :
 - - $BI \leq 2\% \Rightarrow$ Bonne analyse
 - - $2\% < BI < 5\% \Rightarrow$ Analyse acceptable
 - - $BI > 5\% \Rightarrow$ Mauvaise analyse.

5.2. Interprétation des analyses physico-chimiques

a. Les paramètres physiques

- **Le PH** : Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide base sur une échelle de 0 à 14.7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le PH des eaux naturelles varie suivant l'origine des terrains traversée par exemples la valeur (≥ 6.5 et ≤ 9) indique la majorité des eaux sous terrain. 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 du puits été égale 6.83.
- **La Température** : est un caractère intéressant pour la classification des eaux. La température présentes dans l'eau du puits égales (T=25°C)
- **La conductivité et la minéralisation**
 - **La conductivité électrique** : La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. (RODIER J, 2005) Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (MENS et DEROUANE, 2000).

Tableau 2 : 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

CHAPITRE IV : Hydrochimie

La valeur d'une conductivité du puits étudié, 4940 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette valeur est supérieure à la norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les eaux de terrain argileux marneux sont représentées une conductivité élevée de l'ordre de 4940 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- **La minéralisation** : au cours de son cheminement souterrain, l'eau se charge d'un certain Nombre d'éléments minéraux en liaison avec les terrains traversés.

Tableau 3 : 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

La teneur de la minéralisation sont relativement élevées et atteignent 3747 mg/l

- **La turbidité** : ce sont des résidus secs qui contenant dans l'eau. La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (**RODIER J., 2005**).

Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation, en raison de son goût plat et insipide (**WHO., 1994**).

Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension.

- **Titre hydrotimétrique** : (T.H), ou dureté totale de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. la dureté s'exprime en mg/l de CaCO_3 , 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.
- $\text{TH} = \text{TH Ca}^{++} + \text{TH Mg}^{++}$

CHAPITRE IV : Hydrochimie

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

Tableau 4 : Classification des eaux en fonction du 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) ;
 $C_{pCa} = 160.32 \times 2 / 40 = 8.016 \text{ meq/L}$.
- **Dureté magnésienne** : $C_{pMg} = 206.28 / 24 \times 2 = 17.19 \text{ meq/l}$
- **Titre hydrotimétrique TH** = 25.2 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. Cette analyse se fait en présence de phénolphtaléine qui vire de l'incolore au rouge à un PH de 8.2. Le titre alcalimétrique s'exprime en degré français. $1^\circ F = 3.4 \text{ milligrammes par litre d'ion négatif } OH^- = 6.0 \text{ mg/l d'ion négatif } CO_3^{2-} = 12.2 \text{ mg/l de l'ion négatif } HCO_3^-$
- **Titre alcalimétrique complet (T.A.C)** : Il correspond à la teneur de l'eau en carbonates et hydrogénocarbonates (CO_3^{2-} et HCO_3^-) pour doser Le TAC, l'indicateur coloré est l'hélianthine. (Virage de l'indicateur : PH 3.1 à 4.4). Il s'exprime en degré Français (°F)

CHAPITRE IV : Hydrochimie

b. Résultats des analyses chimiques

- Cations : Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺
- Anions: Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻, NO₃⁻.

Les résultats des analyses chimique effectués sur l'échantillon prélevés dans le puis sont mentionnés au Tableau :

Tableau 5 : Résultats des analyse chimiques dans le puis de Chaabat el Merabtine

PH	Ca ²⁺ Mg/L Meq/l	Mg ²⁺ Mg/L Meq/l	Na ⁺ Mg/L Meq/l	K ⁺ Mg/L Meq/l	SOMME Mg/L Meq/l	Cl ⁻ Mg/L Meq/l	HCO ₃ ⁻ Mg/L Meq/l	SO ₄ ⁻ Mg/L Meq/l	NO ₃ ⁻ Mg/L Meq/l	SOMME Mg/L Meq/l	BI
6.83	160.32	206.28	428	16	810.6	1164.4	546.56	148	2.5	1861.06	-1
	8.01	17.19	18.61	0.40	43.99	32.84	8.96	3.08	0.04	44.92	

▪ Les cations

- L'eau d'un puis étudiée est chargée en calcium avec un teneur $rCa^{2+} = 160.32 \text{ mg/l}$. Cette valeur dans l'intervalle de la norme algérienne (200 mg/l).
- Pour l'eau étudiée, la valeur de magnésium trouvée est comprise 206.28mg/l. Ce résultat non conforme avec la norme algérienne (150mg/l). Le rapports rMg^{2+}/rCa^{2+} supérieur à 1.
- La teneur de sodium Na⁺ est égale 428 mg/l. Elle est non conforme à la norme algérienne (200mg/l).
- Le résultat d'analyse d'une eau du puits qui concerne du potassium K⁺ dépasse la norme algérienne (12 mg/l) $rK^{+} = 16\text{mg/l}$.

▪ 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 du puis 1164.4 mg/l elle est trie charger 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, la

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- Potabilité n'est pas affectée. La valeur de bicarbonates d'une eau analysée (546.56 mg/l). ➤
- La valeur des sulfates SO_4^{2-} trouvée au niveau d'une eau du puits étudiée est égale de 148 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible (400 mg/l).
- La teneur en nitrate est très faible dans l'eau de puits a été égal 2.5 mg/l

5.3. Représentation graphique des analyses d'eau

a. Faciès chimiques et formule caractéristique

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

- **Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF** : Le diagramme semi-logarithmique SHOELLER-BERKALLOF (Figure IV.10) 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 du puits.

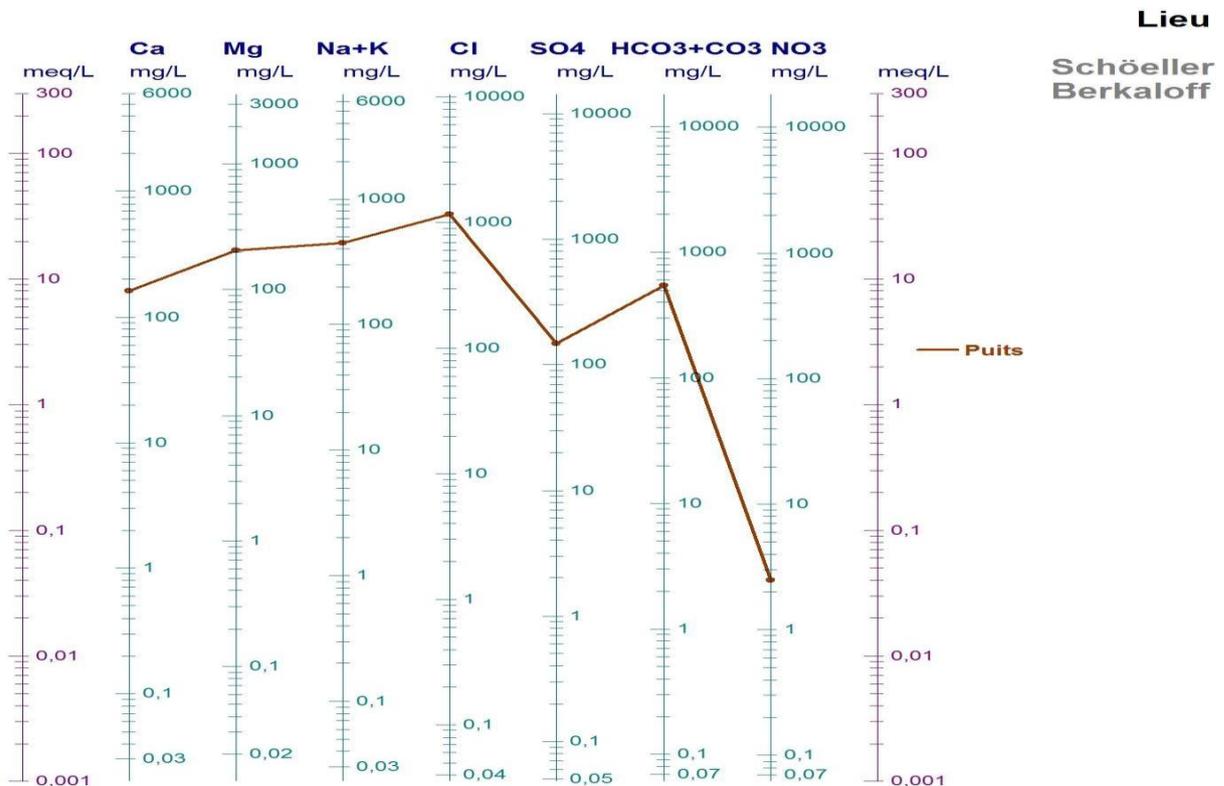


Figure IV.10: Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF

CHAPITRE IV : Hydrochimie

A partir de diagramme de SHOELLER-BERKALLOF la position d'un point d'eau de puits 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 sulfatée calcique et magnésienne
- Type de faciès : Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne

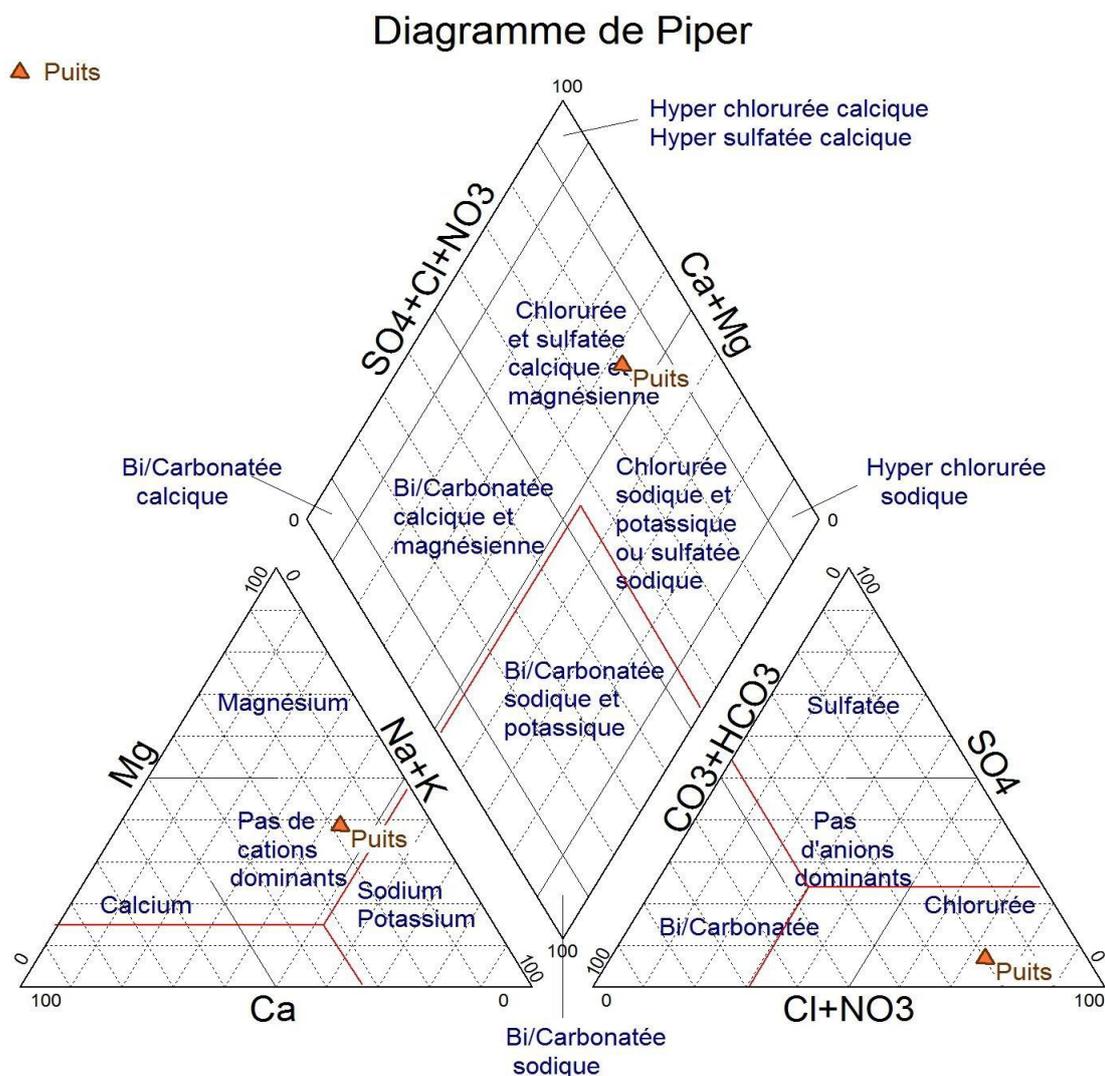


Figure VI.13 : Diagramme de Piper

6. Potabilité de l'eau étudiée (classification selon les normes algériennes)

a. Qualité des eaux destinées à la consommation Humaine

Les normes de potabilité nous nous renseignent sur la qualité des eaux. Les normes algériennes (N.A.6360-1992) sont inspirées de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la Communauté Economique Européenne (C.E.E).

La présente norme a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, physicochimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation. Les résultats reportés sur le (tableau) montrent que les normes de potabilité des eaux du puits répondants aux normes algériennes,

Tableau 6 : Potabilité de l'eau du puits selon les normes algériennes.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration Maximale admissible	Résultats des analyses physico-chimiques	
				Eau po- table	Eau non potable
Ca ²⁺	mg/l	-	200	Eau 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	-	6.83	9		
Dureté totale	mg/l	-	500	Eau potable	
Résidu sec	mg/l	-	1500		
Conductivité	µS/cm	4940	2000		Eau non potable

7. Classification des eaux selon les analyses microbiologiques

7.1. 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 7 : Analyse microbiologique de l'eau du puits (18 Mai 2022).

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

- **Escherichia Coli** : représentent approximativement 10% des microorganismes intestinaux humains et animaux, sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution (Sari H., 2014). La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence Escherichia Coli dans 250 ml. Nous avons constaté présence d'un Escherichia Coli dans les eaux sous terrain dans le bassin versant chaabet el Merabten.

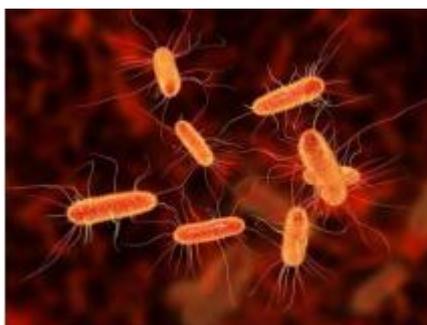


Figure VI.14 : Escherichia Coli

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- **Entérocoques** : Les Entérocoques sont des coques à métabolisme Aero-anaérobie, dites Cocci à germe positif, présentant habituellement sous forme de chainettes, ce sont des pathogènes opportunistes causant des septicémies, infections urinaires, ou abdominales d'origine intestinale

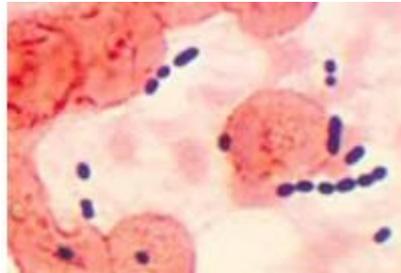


Figure VI.15 : Entérocoques

- **Spores anaérobies sulfatoréductrices (A.S.R)** : est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possède des caractéristiques biochimiques particulières, notamment de sulfure d'hydrogène. Nous constatons l'absence de ces germes dans l'eau, elles sont conformes aux normes.



Figure VI.16 : Spores anaérobies sulfatoréductrices

- **Coliformes totaux** : sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (Sols, végétation et eau)



Figure VI.17 : Coliformes totaux

7.2. Interprétation des résultats d'analyse microbiologique

- **Les entérobactéries** : sont des bactéries de forme bâtonnat à gram positif, regroupent une vingtaine des genres.
- **Déficient pathogène** : Salmonella, shigella, Klebsiella, Enterobacter, Savatie. D'après d'analyse on observe la présence des entérobactéries dans le 1er échantillon par contre les autres échantillons absence de ce germe des bactéries.
- **Escherichia Coli** : également appelé colibacille est une bactérie intestinale à gram négatif de forme bâtonnet, pathogène provoque des infection la présence de Escherichia Coli coliforme fécaux à l'entérocoque dans l'eau indique qu'elle été contaminé par les selles l'eau ainsi contaminé peut contenir des microbes (bactérie, parasite et virus) qui causant des problèmes de santé.

D'après les résultats d'analyse d'eau on remarque que la 1er échantillon est contaminé par la présence des d'E-coli par contre les résultats les échantillons analysés.

- **Les Coliformes totaux** : Les Coliformes totaux parmi lesquels Escherichia coli, représentent approximativement 10% des microorganismes intestinaux humains et animaux, sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution (Sari H., 2014). La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes totaux dans 100 ml.

D'après les analyses microbiologiques, nous avons constaté présence des coliformes totaux, elles sont conformes aux normes.

8. Aptitude des eaux destinées à l'irrigation

La salinisation est sans doute le principal risque encouru par les terrains irrigués, principalement en climat aride. Il peut être apprécié par la conductivité électrique des eaux d'irrigation (Rodier J., 1996). L'aptitude des eaux à être utilisées pour l'irrigation, peut être évaluée par un certain nombre d'indices et de diagrammes, parmi lesquels :

- Le pourcentage en sodium (% Na⁺).
- Diagramme de WILCOX :
- Indice de Kelly's Ratio (Kr).
- Diagramme de RIVERSIDE.

CHAPITRE IV : Hydrochimie

8.1. Le pourcentage en sodium % Na+

L'usage agricole d'une eau demande un pourcentage en sodium inférieure à 60% (seuil maximal admissible) (Rodier J., 1996). Le pourcentage en Na + 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 8 : 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'un puits 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 puits de Chaabat el Merabtine ont un taux de sodium inférieur à 60%, donc elles sont aptes à être utilisées en irrigation.

a. **Diagramme de WILOX** : WILCOX est basé sur les valeurs du rapport d'absorption en sodium (SAR) et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau, définissant 5 classes d'eau (très bon, bonne, admissible, médiocre et mauvaise).

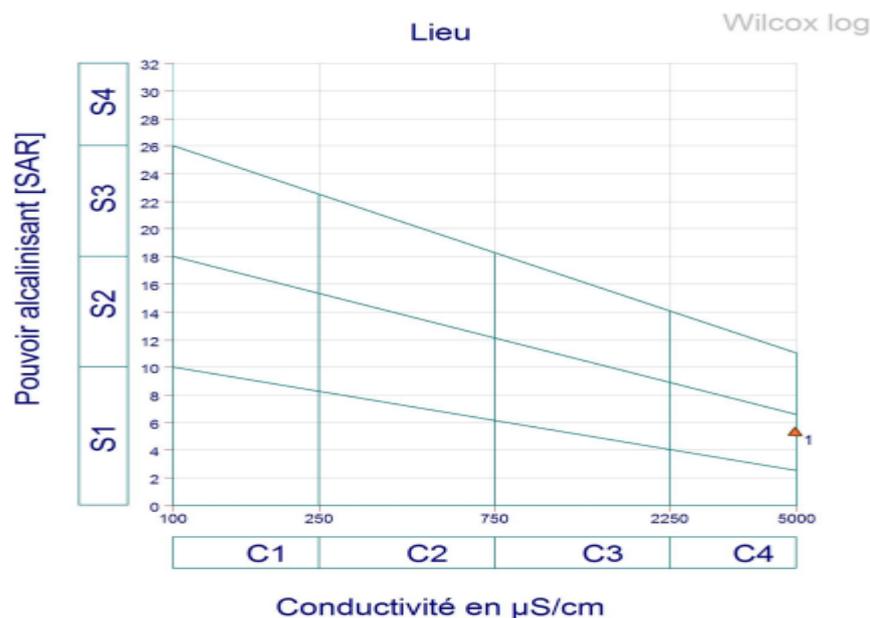


Figure VI.18 : Diagramme de WILOX

CHAPITRE IV : Hydrochimie

- Selon de WILOX Les eaux étudiées d'un puits de Chaabat el Merabtine est médiocre pour utilisées en irrigation

8.2.Indice de Kelly's Ratio (Kr)

Cet indice est exprimé par la formule suivante : $Kr = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ Avec :

- $Kr < 1$: Eau bonne pour l'irrigation.
- $Kr > 1$: Eau mauvaise pour l'irrigation.
- La valeur du Kr d'eau étudiée, $Kr=1.16$

Les valeurs calculées du Kr indiquent que l'eau de puits est de mauvaise qualité pour l'irrigation (supérieur à 1).

a. Diagramme de Riverside

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses, joue un rôle important dans le maintien de la perméabilité des sols pour l'irrigation. Pour déterminer ce risque, Riverside a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par le sol (SAR : Sodium Adsorption Ratio) et la conductivité.

Le SAR est défini par la relation suivante :

$$S.A.R = \frac{rNa^{2+}}{\sqrt{(rCa^{2+} + rMg^{2+})/2}}$$

- 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 9 : Classification des eaux, selon le S.A.R

Point d'eau	S.A.R	Conductivité	Qualité de l'eau
Puits	31.63	4940 (μ S/cm)	Médiocre



Figure IV.19 : Diagramme de RIVERSIDE.

D'après le diagramme de Riverside (Fig.IV.19), les eaux de d'un puits de Chaabat el Merabtine est classée dans la classe : C3-S1 (qualité **médiocre**)

9. Conclusion

À partir de l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, nous pouvons dire que les eaux de puits de chaabet el Merabtine étaient non potables vue les taux très élevés en sodium et le chlorure. L'analyse bactériologique (18 mai 2022) a montré que l'eau du puits dépasse les normes admissibles en germe totaux (à 37°C et à 22°C) et en Streptocoques fécaux.

- Le diagramme de SHOELLER-BERKALLOF a montré que le faciès dominant est Chlorurée Sodique.
- Le diagramme de Piper a classé les eaux de
- La région d'étude selon la famille : **Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**
- L'estimation des eaux à des fins d'irrigation, en utilisant des indices, comme le pourcentage en Na^+ , et le KR a fait révéler que :
 - L'eau du puits, en calculant le % en Na^+ est de qualité médiocre. Pour le KR, elles sont classées de mauvaise qualité pour l'irrigation (KR supérieur à 1).
- Selon WILCOX. Les eaux étudiées d'un puits de Chaabat el Merabtine ont un taux de sodium inférieur à 60%, donc elles sont aptes à être utilisées en irrigation.
- Le diagramme de RIVERSIDE a montré que le puit de chaabet el Merabtine est classée dans la classe : C3-S1 (qualité médiocre) est médiocre pour l'irrigation

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce modeste travail a pour but contribution à l'étude qualitative des eaux du puits de sous bassin versant de Chaabet EL Merabtene (Remchi, Tlemcen).

L'étude climatologique faite sur une période allant de 1995 à 2021 a montré que le type du climat de la zone étudié est semi-aride, avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec.

- La moyenne annuelle des précipitations est de 312.26 mm.
- La température moyenne mensuelle est d'environ 18 °C. Le mois d'Août est le plus chaud (25.90°C et 26.58°C), et Janvier est le mois le plus froid (10.86°C).
- Le diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausson, nous a permis de définir une période humide entre la fin du mois de Septembre et le début du mois de Mai et une période sèche pour le reste des mois de l'année.

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 239.65 mm.
- L'écoulement de surface annuel est de 0 mm.
- L'infiltration annuelle est de 0.0 mm.

L'étude lithostratigraphique et tectonique des différentes formations, montre que les seuls niveaux présentant un intérêt hydrogéologique sont :

- Miocènes synchro-nappes : Affleurement d'argile à intercalations gréseuses qui prend contact avec le Quaternaire. L'étude hydrogéochimique réalisée à partir des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du puits de Chaabat el Merabtine a permis d'aboutir aux résultats suivants : La classification de puits selon les normes algériennes par rapport à la période étudiée est non potable, suite au taux de Sodium et le Chlorure, à l'exception de quelques périodes.
- L'analyse bactériologique (18 Mai 2021) a montré que l'eau de puits dépasse les normes admissibles en germe totaux (à 37°C) et en Entérocoques.

La représentation des eaux sur des diagrammes a donné les résultats suivants :

- Le diagramme de SHOELLER-BERKALLOF: faciès chlorurée sodique.

Conclusion Générale

- Le diagramme de Piper : les eaux de la région d'étude sont classées selon la famille : Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.
- L'estimation des eaux à des fins d'irrigation, en utilisant des indices, comme le pourcentage en Na^+ , et le Kr a fait révéler que :
 - L'eau de puits en calculant le % en Na^+ et le Kr est classée : eau apte à être utilisées en irrigation. (% Na^+) et de mauvaise qualité (Kr =1.16) pour l'irrigation.
- Selon WILCOX, les eaux du puits étudié sont médiocre pour l'irrigation
- Le diagramme de RIVERSIDE a montré que le puits de Chaabat el Merabtine est classé dans les classes : C3-S1, elle est médiocre qualité pour l'irrigation.

Références bibliographiques

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 Es Senia. 195p., 151fig.
2. Babalé Mallam 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 algerien). Mém. Master,Univ. Tlemcen.
9. FERDI.B et HOUBECHHE.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., 121 fig.,2cartes Géo- logique.
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,171 fig.
12. GUARDIA. P (1990) : - Carte géologique détaillée. Algérie au 1/50.000 Feuille Bensekrane : n°239 et Notice explicative. 72

Références bibliographiques

13. HAYANE S.M (1983). - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Sikkak (région de Tlemcen). Thèse. Doc. 3eme cycle, Univ.Oran, 236 p, 91fig.
14. KACEMI.M et SENINA.A (2016). - Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale d'Oued Boukiou (Nord-Ouest Algerien). 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. ODIER. 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

Tableau des Valeurs Climatiques Moyennes et totaux annuels :

Année	T	TM	Tm	PP	V	RA	SN	TS	FG	TN	GR
1981	17.2	23.6	11.2	-	9.7	51	0	14	7	0	0
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	17.3	24.4	11.3	127.96	7.3	50	0	11	6	0	0
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	17.5	24.1	12.0	208.05	7.9	51	3	10	9	0	0
1986	17.1	23.4	11.7	503.70	8.0	67	1	19	10	1	0
1987	17.8	24.5	12.3	496.05	7.5	52	1	10	7	0	0
1988	17.7	24.4	12.1	201.18	7.9	48	0	8	6	0	1
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	17.0	23.6	11.5	302.23	7.3	76	1	22	11	0	3
1992	17.0	23.8	11.1	292.90	7.7	77	0	18	12	0	2
1993	16.9	23.4	11.3	541.76	7.8	70	0	19	7	0	0
1994	18.1	25.0	12.1	342.17	8.0	44	0	19	15	0	1
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	359.18	8.0	70	1	19	22	0	2
2013	17.1	23.9	11.5	474.24	9.1	80	0	21	18	0	0
2014	18.2	25.1	12.2	344.91	9.1	66	0	21	18	0	2
2015	18.2	25.6	12.1	208.53	7.7	48	0	25	14	0	0
2016	18.5	25.4	12.6	251.20	8.7	60	1	25	15	0	1
2017	18.3	25.3	12.1	-	8.1	48	0	15	12	0	0
2018	17.6	24.2	11.9	-	8.8	84	0	30	13	0	0
2019	17.9	24.6	11.8	299.95	9.1	55	0	27	9	0	0
2020	18.9	25.2	12.4	203.97	9.0	32	1	16	13	0	1
2021	18.5	25.1	12.7	175.52	9.0	61	0	24	6	0	0
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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.

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

Degr ee	Qualité	Clas se	Descriptio n
1	Excellent e	C1- S1	Eau utilisable sans danger dans l'irrigation de la plupart 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 moyennement tolérantes aux sels sur sol ayant une bonne perméabilité. Principaux problèmes Dus aux plantes trop sensibles, au sodium et aux sols à forte capacité d'échanges d'ions (sols argileux).
3	Admissib le	C3- S1	En général, eau convenant à l'irrigation cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. Principaux problèmes dus aux Plantes trop sensibles au sodium et aux sols à faible perméabilité.
4	Médiocre	C4- S1 C4- S2 C3-S3	En général eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur Des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvais e	C3- S4 C4- S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, mais pouvant 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	NTU	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 (2011-2014).

BULLETIN D'ANALYSE N°268/022

Dénomination : Eau de forage (puit).

Reçu le : 15/05/2022

N° d'inscription : E060

Type d'analyse : Microbiologie

Observation : Echantillon prélevé par le client

Client :

CHIKH Morad

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	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO 9308-1
Entérocoques/250ml	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO 7899-2
Spores anaérobies sulfatoréductrices à 46°C	Absence	/	/	/	/	Absence	ISO 646162
Coliformes totaux/250ml	Présence	/	/	/	/	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 Mme : KHOUANE.B

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

Bulletin établi le 18/05/2022

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°281/22

Dénomination : Eau de forage « puit ».

Reçu le : 15/05/2022

N° d'inscription : E060

Type d'analyse : Physico-chimie

Observation : Echantillon prélevé par le client.

Client :

CHIKH Morad

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

Paramètres	Résultats	Concentration	Normes et méthodes référencielles
Nitrates	2.5 mg/l	50 mg/l	ISO 7890-3 :1998
Sulfates	148 mg/l	400 mg/l	ISO 15923-1 :2013
Bicarbonates	546.56 mg/l	/	ISO 9963-2 :1994
Sodium	428 mg/l	/	ISO 9964-3 :1993
Potassium	16 mg/l	/	ISO 9964-3 :1993
Conclusion :			
Réf : J.O N°34 du 19 juin 2011 concernant la qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable.			

Bulletin établi le **19/05/2022**

Le directeur de laboratoire



PERIODIC TABLE OF ELEMENTS



1 H Hydrogen Nonmetal																	2 He Helium Noble Gas						
3 Li Lithium Alkali Metal	4 Be Beryllium Alkaline Earth Metal																	5 B Boron Metalloid	6 C Carbon Nonmetal	7 N Nitrogen Nonmetal	8 O Oxygen Nonmetal	9 F Fluorine Halogen	10 Ne Neon Noble Gas
11 Na Sodium Alkali Metal	12 Mg Magnesium Alkaline Earth Metal																	13 Al Aluminum Post-Transition Metal	14 Si Silicon Metalloid	15 P Phosphorus Nonmetal	16 S Sulfur Nonmetal	17 Cl Chlorine Halogen	18 Ar Argon Noble Gas
19 K Potassium Alkali Metal	20 Ca Calcium Alkaline Earth Metal	21 Sc Scandium Transition Metal	22 Ti Titanium Transition Metal	23 V Vanadium Transition Metal	24 Cr Chromium Transition Metal	25 Mn Manganese Transition Metal	26 Fe Iron Transition Metal	27 Co Cobalt Transition Metal	28 Ni Nickel Transition Metal	29 Cu Copper Transition Metal	30 Zn Zinc Transition Metal	31 Ga Gallium Post-Transition Metal	32 Ge Germanium Metalloid	33 As Arsenic Metalloid	34 Se Selenium Nonmetal	35 Br Bromine Halogen	36 Kr Krypton Noble Gas						
37 Rb Rubidium Alkali Metal	38 Sr Strontium Alkaline Earth Metal	39 Y Yttrium Transition Metal	40 Zr Zirconium Transition Metal	41 Nb Niobium Transition Metal	42 Mo Molybdenum Transition Metal	43 Tc Technetium Transition Metal	44 Ru Ruthenium Transition Metal	45 Rh Rhodium Transition Metal	46 Pd Palladium Transition Metal	47 Ag Silver Transition Metal	48 Cd Cadmium Transition Metal	49 In Indium Post-Transition Metal	50 Sn Tin Post-Transition Metal	51 Sb Antimony Metalloid	52 Te Tellurium Metalloid	53 I Iodine Halogen	54 Xe Xenon Noble Gas						
55 Cs Cesium Alkali Metal	56 Ba Barium Alkaline Earth Metal	*	72 Hf Hafnium Transition Metal	73 Ta Tantalum Transition Metal	74 W Tungsten Transition Metal	75 Re Rhenium Transition Metal	76 Os Osmium Transition Metal	77 Ir Iridium Transition Metal	78 Pt Platinum Transition Metal	79 Au Gold Transition Metal	80 Hg Mercury Transition Metal	81 Tl Thallium Post-Transition Metal	82 Pb Lead Post-Transition Metal	83 Bi Bismuth Post-Transition Metal	84 Po Polonium Metalloid	85 At Astatine Halogen	86 Rn Radon Noble Gas						
87 Fr Francium Alkali Metal	88 Ra Radium Alkaline Earth Metal	**	104 Rf Rutherfordium Transition Metal	105 Db Dubnium Transition Metal	106 Sg Seaborgium Transition Metal	107 Bh Bohrium Transition Metal	108 Hs Hassium Transition Metal	109 Mt Meitnerium Transition Metal	110 Ds Darmstadtium Transition Metal	111 Rg Roentgenium Transition Metal	112 Cn Copernicium Transition Metal	113 Nh Nihonium Post-Transition Metal	114 Fl Flerovium Post-Transition Metal	115 Mc Moscovium Post-Transition Metal	116 Lv Livermorium Post-Transition Metal	117 Ts Tennessine Halogen	118 Og Oganesson Noble Gas						
		*	57 La Lanthanum Lanthanide	58 Ce Cerium Lanthanide	59 Pr Praseodymium Lanthanide	60 Nd Neodymium Lanthanide	61 Pm Promethium Lanthanide	62 Sm Samarium Lanthanide	63 Eu Europium Lanthanide	64 Gd Gadolinium Lanthanide	65 Tb Terbium Lanthanide	66 Dy Dysprosium Lanthanide	67 Ho Holmium Lanthanide	68 Er Erbium Lanthanide	69 Tm Thulium Lanthanide	70 Yb Ytterbium Lanthanide	71 Lu Lutetium Lanthanide						
		**	89 Ac Actinium Actinide	90 Th Thorium Actinide	91 Pa Protactinium Actinide	92 U Uranium Actinide	93 Np Neptunium Actinide	94 Pu Plutonium Actinide	95 Am Americium Actinide	96 Cm Curium Actinide	97 Bk Berkelium Actinide	98 Cf Californium Actinide	99 Es Einsteinium Actinide	100 Fm Fermium Actinide	101 Md Mendelevium Actinide	102 No Nobelium Actinide	103 Lr Lawrencium Actinide						

1
H
Hydrogen
Nonmetal

Atomic Number
Symbol
Name
Chemical Group Block