



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

**Université Aboubakr Belkaïd**

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.**

- Tlemcen -



## **MÉMOIRE**

Présenté par

**BENTRAR Abdennour et ZAOUÏ Soufiane**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de MASTER**

**En Hydrogéologie**

**Thème :**

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

Soutenu le ....., devant le jury composé de :

Président	BOUDJEMA Sabrine	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.
Examineur	KERZABI Soumia	M.C.B	Université de Tlemcen.

**Année universitaire 2021/2022**

## *Remerciements*

*Tout d'abord, nous remercions Allah, le tout-puissant de nous avoir bénis avec de nombreuses personnes formidables qui ont été nos plus grands soutiens dans notre vie personnelle et professionnelle.*

*Nous aimerons saisir cette occasion pour exprimer nos plus sincères salutations et notre gratitude à nos encadreurs, Mr. **CHIKH Mourad** et Mr. **BOUDJMAA Abderrezak** pour leur grand engagement et leurs efforts sincères, tout au long des étapes de la mise en lumière de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères gratitudes aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre modeste travail : Mme **BOUDJEMA Sabrina** et Mme **KERZABI Soumia**.*

*Enfin, nous remercions nos amis qui leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

## *DÉDICACES*

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

- *A mes parents, maman et papa, ils m'ont toujours conduit*

*Je me sens fier et n'ai jamais hésité à me soutenir dans ma vie et dans ma vie*

*Ma façon d'étudier, je leur souhaite une longue et heureuse vie.*

- *A mes chers frères*

*Pour tous les membres de ma famille.*

- *A mon ami : ZAOUI Soufiane, je lui souhaite une bonne continuation.*
- *A tous mes amis. Pour toute promotion de Master 2 / Hydrogéologie 2021/2022*
- *À tous mes collègues.*

***BENTRAR Abdennour .***

## *DÉDICACES*

*Ma mère est la source et l'espoir*

- *Je dédie ces humbles notes pour ma patience et mes encouragements.*

*! Mon père le découvre et l'incarne !*

- *Je le remercie pour leur confiance et que "Dieu" leur donne le bonheur et longue vie.*
- *Je dédie ce travail à : mes frères et mes sœurs.*
- *A mon amie : BENTRAR Abdennour , je lui souhaite une bonne continuation.*
- *Tous mes amis...*
- *Sans oublier tous les enseignants et étudiants de la filière hydrogéologie.*

***ZAOUI Soufiane.***

## ملخص

المساهمة في الدراسة النوعية للمياه السطحية بالمياه الفرعية لشعبة المرابطين (الرمشي، تلمسان).

يركز العمل الحالي على دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لواد شعبة المرابطين (المالحة)، الواقع في منطقة الرمشي (تلمسان). ووفقا للتحليلات والنتائج المتحصل عليها، توصلنا إلى أن هاته المياه غير مناسبة للري الفلاحي فهي تحتوي على محتوى الملوحة (الصديوم والكلورير) أعلى من معيار قيم الجريدة الرسمية الجزائرية. أظهر التحليل الميكروبيولوجي (18 مايو 2022) أن النوعية البكتيريولوجية لمياه واد شعبة المرابطين تتجاوز المعايير المسموح بها (عند 37 درجة مئوية).

صنف المخطط **PIPER** مياه منطقة الدراسة الى عائلة:

كلورير وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم

ووفقا لـ **SHOELLER- BERKALLOF** فان الفئة المهيمنة هي كلوريرات الصوديوم.

أظهر تقدير مياه الري. باستخدام مؤشرات مثل النسبة المئوية:

$Na+Kr$  انها ليست جيدة للري، وأظهر مخطط **RIVERSIDE** أن مياه بئر شعبة المرابطين مصنفة إلى فئة:

**C3-S1** (جودة مقبولة نحو رديئة)

.الكلمات الأساسية: واد؛ شعبة المرابطين؛ التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية الري الفلاحي

مخطط **PIPER**، مخطط **SHOELLER- BERKALLOF** ,

## RESUME

### CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DE SURFACE DU SOUS BASSIN VERSANT DE CHAABET EL MERABTENE (REMCHI, TLEMEN)

Les travaux en cours portent sur l'étude de la qualité physique, chimique et microbiologique d'oued de chaabet el mrabtine (el-Malha), située dans la région d'Al-Remchi (Tlemcen). Selon les analyses et les résultats obtenus, nous avons conclu que cette eau n'est pas propre à l'irrigation agricole car elle contient une teneur en salinité (sodium et chlore) supérieure aux valeurs standard du Journal Officiel Algérien .

L'analyse microbiologique (18 mai 2022) a montré que les eaux d'oued chaabet el mrabtine - el malha- dépassent les normes autorisées pour les bactéries totales (à 37°C).

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<sup>+</sup>, et le Kr a fait révéler qu'elles sont admissibles à médiocre pour l'irrigation. Le diagramme de **RIVERSIDE** a montré que les eaux d'oued de Chabaat el mrabtine sont classées dans la classe : C3-S1 (qualité admissible), pour l'irrigation.

**Mots-clés** : Chabaat el Merabtene ; physico-chimiques et bactériologiques ; Diagrammes ; Potabilité;Irrigation;**Piper** ;**SHOELLER-BERKALL**.

## ABSTRACT

### CONTRIBUTION TO THE QUALITATIVE STUDY OF SURFACE WATERS IN THE CHAABET EL MERABTENE SUB WATERSHED (REMCHI, TLEMCEN)

The work in progress concerns the study of the physical, chemical and microbiological quality of the wadi of chaabet el mrabtine (el-Malha), located in the region of Al-Remchi (Tlemcen). According to the analyzes and the results obtained, we have concluded that this water is not suitable for human consumption because it is not suitable for agricultural irrigation because it contains a salinity content (sodium and chlorine) higher than the standard values of the Algerian Official Journal.

The bacteriological analysis (May 18, 2022) showed that the waters of the Almoravid wadi exceed the authorized standards for total bacteria (at 37°C).

The **PIPER** diagram has classified the waters of the study region according to the family : **Chloride and sulphate calcium and magnesium**. According to **SHOELLER-BERKALLOF**, the dominant facies is **Sodium Chloride**.

The estimation of waters for irrigation purposes, using indices, such as the percentage of Na<sup>+</sup>, and Kr revealed that they are eligible for mediocre for irrigation. The **RIVERSIDE** diagram showed that the wadi waters of Chabaat el mrabtine are classified in the class : C3-S1 (admissible quality), for irrigation.

**Keywords:** Chabaat el Mrabtine; physico-chemical and bacteriological; Diagrams; Potability;Irrigation;**Piper;SHOELLER-BERKALL**



# **TABLE DES MATIERES**

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Table des matières

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des abréviations.....	IV
Introduction générale .....	02

## **CHAPITRE I : Cadre géographique**

1. Présentation géographique .....	04
Situation géographique de la zone d'étude (chaabet el mrabtime- el malha -) .....	04

## **CHAPITRE II : CLIMATOLOGIE**

I. Introduction.....	08
II. L'étude des paramètres climatologiques.....	08
1-Les précipitations.....	08
2-1 Précipitations moyennes annuelles.....	08
2-2 Précipitations moyennes mensuelles.....	09
2-3 Précipitations saisonnières .....	10
III. Étude des températures .....	11
Températures moyennes mensuelles.....	11
IV. Étude du climat .....	12
A- Méthode de visualisation (méthode graphique) .....	12
Les courbes pluvio-thermiques.....	13
B-Les indices climatiques.....	13
B-1 Indice d'aridité de DE Martonne (1923) .....	13
Indice d'aridité annuel.....	13
Indice d'aridité mensuel.....	14
B-2 Indice de Moral (1964) .....	15
Indice annuel (Ia) .....	15
Indice mensuel (Im) .....	16

B-	Climagramme d'EMBERGER .....	17
	Indice de Stewart (1969) .....	18
V.	Bilan Hydrologique .....	18
	1-Evapotranspiration et déficit d'écoulement .....	18
	❖ Evapotranspiration .....	18
	L'évapotranspiration réelle (ETR).....	18
	L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	18
	❖ Déficit d'écoulement.....	18
	Méthode de Turc (1954) .....	19
	Méthode de COUTAGNE .....	19
	Méthode de Wundt.....	19
	Méthode de P. VERDEIL .....	21
1.	Evapotranspiration potentielle (ETP).....	22
	❖ Méthode de THORNTHWAITE .....	22
2.	Calcul de la réserve facilement utilisable (R. F. U.) .....	23
3.	Le bilan hydrologique selon C.W Thornthwaite.....	23
4.	Calcul du ruissellement « R » .....	24
VI.	Conclusion... ..	25

### **CHAPITRE III : CADRE GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE**

	Introduction .....	27
I.	-Néogène .....	27
	A. Miocène.....	27
	Miocène Synchro-nappes .....	27
	Miocène du premier cycle post-nappes.....	28
	Miocène du second cycle post-nappes .....	28
	Miocène supérieur .....	28
	Les marnes Grises.....	28
	Les dépôts saumâtres gypseux .....	28
	Les formations rouges de la Tafna .....	28
	B. Pliocenes.....	28
	C. Quaternaire.....	29
II.	Présentation géologique du secteur d'étude .....	29

1-Au plan stratigraphique .....	29
1-1  Ensembles Mésozoïque .....	29
1-2  Ensembles Tertiaire .....	29
Eocène.....	29
Le Miocène Inférieur .....	29
Serravalien.....	29
Tortonien.....	30
2- Au plan tectonique.....	30
III.  Hydrogéologie .....	32
1-Introduction .....	32
2-Etude Hydrogéologique .....	33
3- les alluvions.....	33
4- Caractéristique hydrogéologique des formations lithologiques.....	33
IV.  Conclusion.....	34
<b>CHAPITRE IV : CADRE HYDROCHIMIE</b>	
I.  Introduction.....	36
II.  Partie théorique.....	36
1.  Les paramètres physiques .....	36
Le potentiel d'Hydrogène pH .....	36
La conductivité électrique.....	37
Température .....	38
2.  Les paramètres chimiques.....	38
Les éléments majeurs.....	38
1.  Les cations.....	38
2.  Les anions .....	39
III.  -Partie pratique.....	40
1-  Sortie terrain n° 01 (chaabet el mrabtime- El malha-) .....	40
2-  Interprétations des paramètres physico-chimiques .....	41
La dureté totale (TH).....	41
3-  La séance N°1 dans le laboratoire 25 .....	43
3.1-Manipulation.....	42
3.1.1-Dosage de calcium $Ca^{2+}$ .....	44

3.1.2-Dosage des Chlorures ( $Cl^-$ ) .....	45
3.1.3-Dosage de la dureté totale ( $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ).....	46
3.1.4-Calcul du magnésium ( $Mg^{2+}$ ) .....	47
IV. Balance ionique.....	48
V. Classification des eaux.....	49
a. Diagramme logarithmique de PIPER.....	49
b. Diagramme logarithmique de SHOELLER-BERKALLOF .....	50
c. Diagramme de Riverside.....	52
d. Diagramme de WILCOX.....	53
VI. Sortie de terrain N°2(chaabet el mrabtine -el malha).....	54
1. Echantillonnage et analyses.....	55
2. Classification des eaux selon les analyses microbiologiques.....	55
3. Interprétation des résultats d'analyse microbiologique.....	56
VII. Conclusion.....	62

## *Liste Des Figures*

<b>Figure.I 01</b> : Situation géographique du bassin versant de la Tafna.....	04
<b>Figure. I 02</b> : situation géographique de la zone d'étude.....	05
<b>Figure.I. 03</b> : Une image satellite montrant la zone étude ;;.....	06
<b>Figure. II. 01</b> : Histogramme de variations des précipitations moyennes annuelles à la station de Zenata (1995-2021).....	09
<b>Figure.II.02</b> : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata.....	09
<b>Figure.II.03</b> :Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Zenata.....	10
<b>Figure.II.04</b> : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Zenata (1995-2021).....	11
<b>Figure.II.05</b> : Diagramme pluvio-thermique de la station de Zenata (1995-2021).....	12
<b>Figure.II.06</b> : Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.....	14
<b>Figure.II.07</b> : Climagramme d'Emberger.....	17
<b>Figure.II.08</b> : Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT.....	20
<b>Figure.II.09</b> : Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie .....	21
<b>Figure . III.01</b> :colonne stratégraphie de la région.....	27
<b>Figure . III.02</b> : Carte géologique du bassin de la Tafna (Oran) (D'après GENTIL, 1908)...	29
<b>Figure.III.03</b> :Carte géologique de la région d'étude.....	31
<b>Figure.III.04</b> : la carte hydrographie du bassin versant de la Tafna.....	32
<b>Figure .IV.01</b> : Photo (PH mètre).....	36
<b>Figure .IV.02</b> : Photo(Conductivité mètre).....	37
<b>Figure. IV.03</b> : Photo (moment d'échantillonnage).....	40
<b>Figure. IV.04</b> : Photo (heur de prévisualisation).....	40
<b>Figure .IV.05</b> : Dosage de calcium.....	44
<b>Figure .IV.06</b> : Dosage de Chlorure.....	45
<b>Figure. IV.07</b> : Dosage de la durté total.....	46
<b>Figure .IV.08</b> : Diagramme de Piper.....	49
<b>Figure .IV.09</b> : Diagrammes SHOELLER-BERKALLOF.....	50
<b>Figure .IV.10</b> : Diagramme de RIVERSIDE.....	52

<b>Figure .IV.11 : Wilcox .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure .IV.12 : Echantillonnage de microbiologie.....</b>	<b>54</b>

## *Liste Des Tableaux*

<b>Tableau. I.01</b> : Caractéristiques de la station climatologique de Zenata .....	08
<b>Tableau. I.02</b> : Tableau des précipitations totales annuelles à la station de Zenata (1995-2021).....	08
<b>Tableau. I.03</b> : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2021).....	09
<b>Tableau. I.04</b> : Précipitations moyennes saisonnières à la station de Zenata (1995-2021)....	10
<b>Tableau. I.05</b> : Températures moyennes maximales et minimales de la station de Zenata....	11
<b>Tableau. I.06</b> : Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de Zenata...	12
<b>Tableau. I.07</b> : Indice d'aridité de Martonne.....	13
<b>Tableau.I.08</b> : Indice d'aridité de Martonne.....	13
<b>Tableau.I.09</b> : Indice d'aridité mensuels de Martonne.....	15
<b>Tableau.I.10</b> : Indice de moral à la station de Zenata.....	15
<b>Tableau.I.11</b> : Indices de Moral à la station de Zenata.....	16
<b>Tableau.I.12</b> : Valeurs des indices mensuels de Moral a la station de Zenata.....	16
<b>Tableau.I.13</b> : Indice d'Emberger.....	17
<b>Tableau.I.14</b> : Résultat de l'ETR par la méthode de TURC.....	19
<b>Tableau.I.15</b> : Valeur du déficit et du quotient d'écoulement (Wundt).....	19
<b>Tableau.I.16</b> : Valeur du déficit d'écoulement (d'après P. VERDEIL).....	21
<b>Tableau.I.17</b> : Valeurs de l'ETP corrigée à la station de Zenata (1995-2021).....	22
<b>Tableau.I.18</b> : Calcul du ruissellement -R-.....	24
<b>Tableau.I.19</b> : Calcul du bilan hydrologique de la station de Zenata (1995-2021) selon C.W Thornthwaite.....	24
<b>Tableau. III.01</b> : Relation entre la conductivité et la minéralisation (Rodier J., 2009).....	37
<b>Tableau. III.02</b> :Détermination de la minéralisation globale.....	38
<b>Tableau. III. 03</b> : Classification de la conductivité de la zone d'étude.....	41
<b>Tableau. III. 04</b> : Classification des eaux en fonction de la dureté.....	41
<b>Tableau. III. 05</b> : Potabilité de l'eau selon les normes algériennes.....	43
<b>Tableau. III. 06:</b> Eaux minérales naturelles et eaux de source selon les normes algériennes.....	55
<b>Tableau. III. 07:</b> les analyses microbiologiques.....	56

## *Liste Des Abréviations.*

**BI** : Balance Ionique.

**Ca<sup>2+</sup>** : Ion Calcium.

**CE**: Conductivité électrique.

**Cl<sup>-</sup>** : Ion Chlorure.

**ETP** : Evapotranspiration Potentielle.

**ETR** : Evapotranspiration Réelle.

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Ion Bicarbonate.

**K<sup>+</sup>**: Ion potassium.

**Kr** : Indice de Kelly's Ratio.

**Meq/l** : Méli-équivalent par litre.

**Mg<sup>2+</sup>** : Ion Magnésium.

**Mg/l** : Milligrammes par litre.

**Na%** : Pourcentage en sodium.

**Na<sup>+</sup>** : Ion Sodium.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Ion Nitrate.

**(OPEN LAB)** : laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité

**P** : Précipitations.

**pH** : potentiel Hydrogène.

**r** : quantité en réaction.

**SAR** : Sodium Adsorption Ratio.

**SO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : Ion sulfate.

**T** : Température.

**TH**: dureté totale.



# INTRODUCTION

## ❖ Introduction

---

Dans cette vie, l'eau est un élément naturel très important, vital pour toutes les formes de vie, une origine nécessaire à toutes les activités humaines, et un facteur de production décisif pour le développement durable. Il est nécessaire de mieux comprendre les ressources en eau existantes et leur qualité.

Dans la ville de Tlemcen plusieurs sources sont apparues, qui, selon leur qualité, sont principalement exploitées pour l'irrigation et la consommation. Depuis quelques années, la qualité de l'eau est devenue une démarche majeure et obligatoire pour protéger l'environnement et la santé biologique.

### **Le but et l'intérêt :**

L'objectif est de réaliser une étude qualitative d'eau ( chaabet el mrabtine -el malha-) d'après les résultats d'analyses physiques et chimiques, ainsi qu'une compréhension de l'origine de la minéralisation de l'eau pour la région d'Oued Tafna du chaabet el Merabtine- el malha-. Où cette étude est divisée comme suit :

- **Situation géographique** : Nous montrons la situation générale et locale du site étudié.
- **Cadre climatologie** : Déterminer le type du climat qui règne dans notre secteur d'étude et afin de voir la variation des paramètres climatiques qui influencent le régime de la source.
- **Cadre Géologie** : Décrire les différentes formations lithologiques et les grands traits structuraux qui affectent la région d'étude.
- **Cadre Hydrogéologie** : Identifier les formations géologiques qui peuvent être aquifères.
- **Cadre Hydrochimie** : Sur la base des résultats d'analyse physico-chimique et microbiologique phase, potabilité et aptitude à l'irrigation selon les normes algériennes, une étude qualitative de l'eau à la source sera réalisée.

# **CHAPITRE I :**

## **Cadre géographie**

## ❖ Cadre Géographie

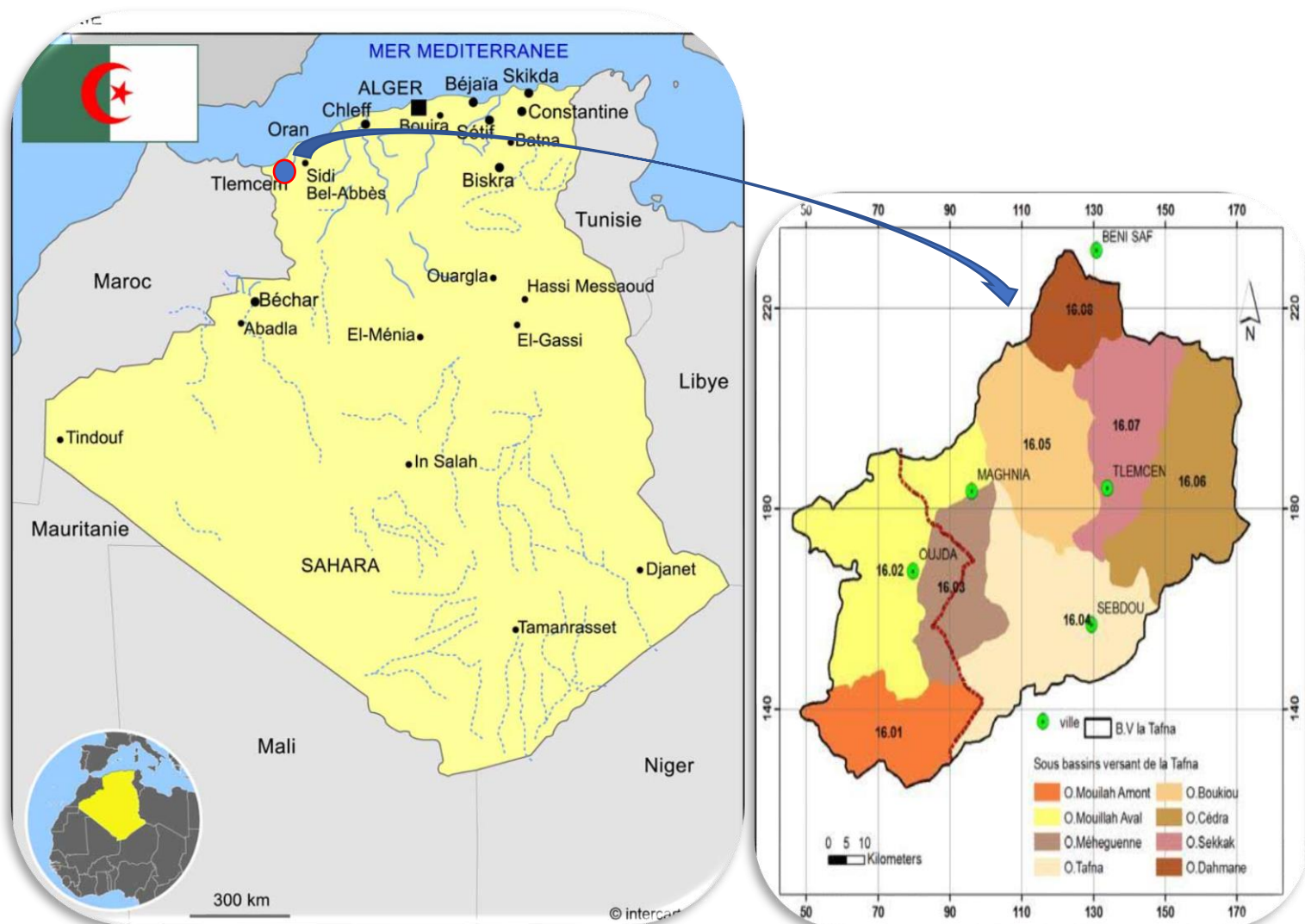
### I. Cadre géographique :

#### I.1 Situation géographique générale :

Notre secteur d'étude fait partie du bassin de la Tafna est un bassin hydrologique situé au nord-ouest L'Algérie, elle suit à peu près les restrictions administratives de la province de Tlemcen Regroupant 37 villes. Il a le code 16 dans les bassins versants de l'Algérie Il appartient à la région hydrologique Oranie-Chott Chergui.

Ce bassin versant est délimité comme suit :

- Nord-ouest : commune de Bab el Assa, Djebala, Nedrouma, Beni Khelad et Honaine .
- Nord : la mer Méditerranée.
- Nord-est : wilaya d'Ain Témouchent.
- Sud : commune d'el Bouihi, El Gor, Sidi Djilali et El Aricha
- Ouest : le Maroc.
- Est : wilaya de Sidi Bel Abbès, commune d'Ain Tallout .



## ❖ Cadre Géographie

### I.2 Situation géographique de la zone d'étude (d'oued Tafna chaabet el mrabtine- el malha-) :

Chaabat el mrabtine (El malha) ce située dans la partie extrême Nord – Est du bassin versant d'oued boukiou. Qui est aussi la zone limitrophe de la rive gauche de sous bassin d'oued Yasser et Sekak.

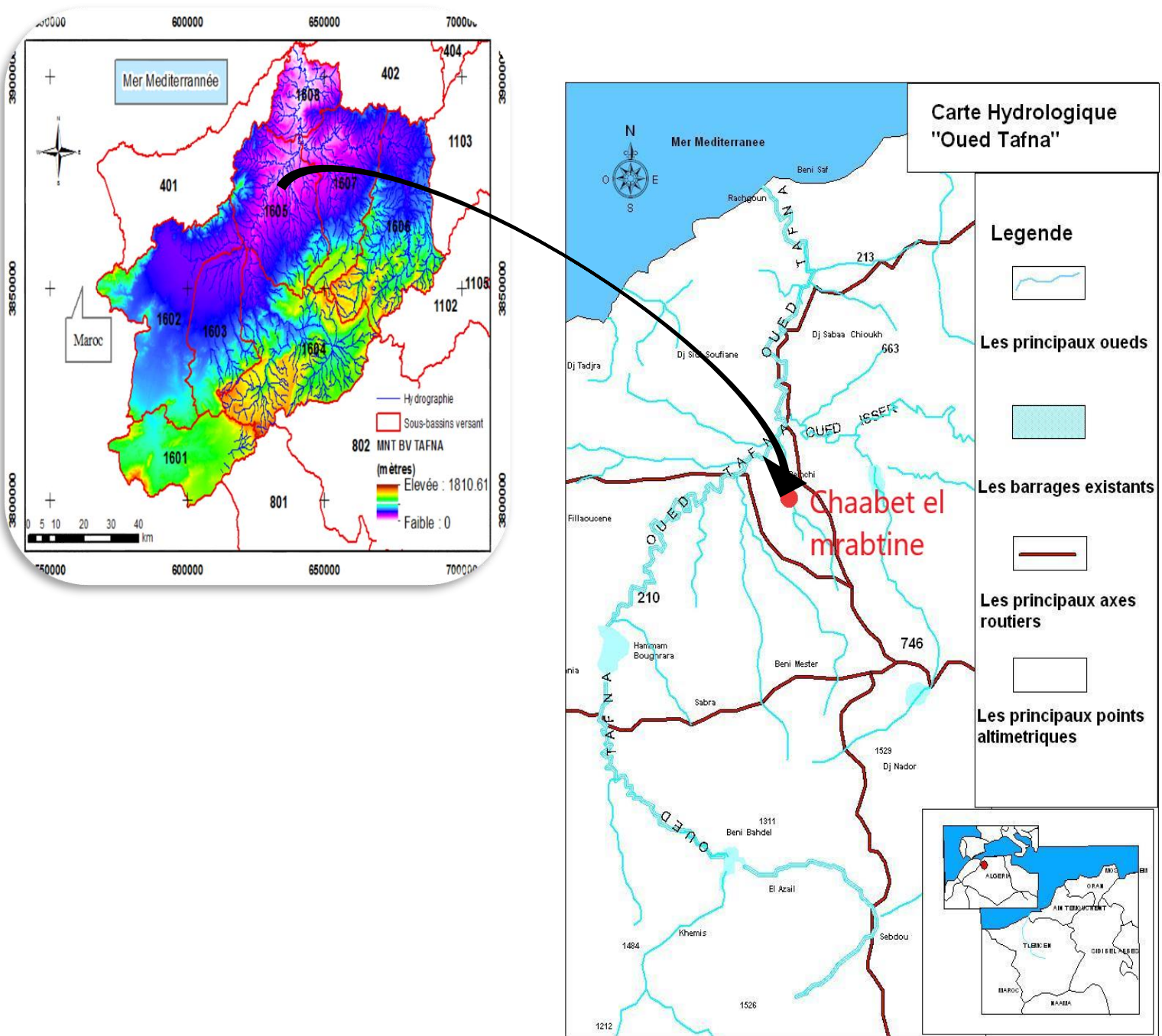
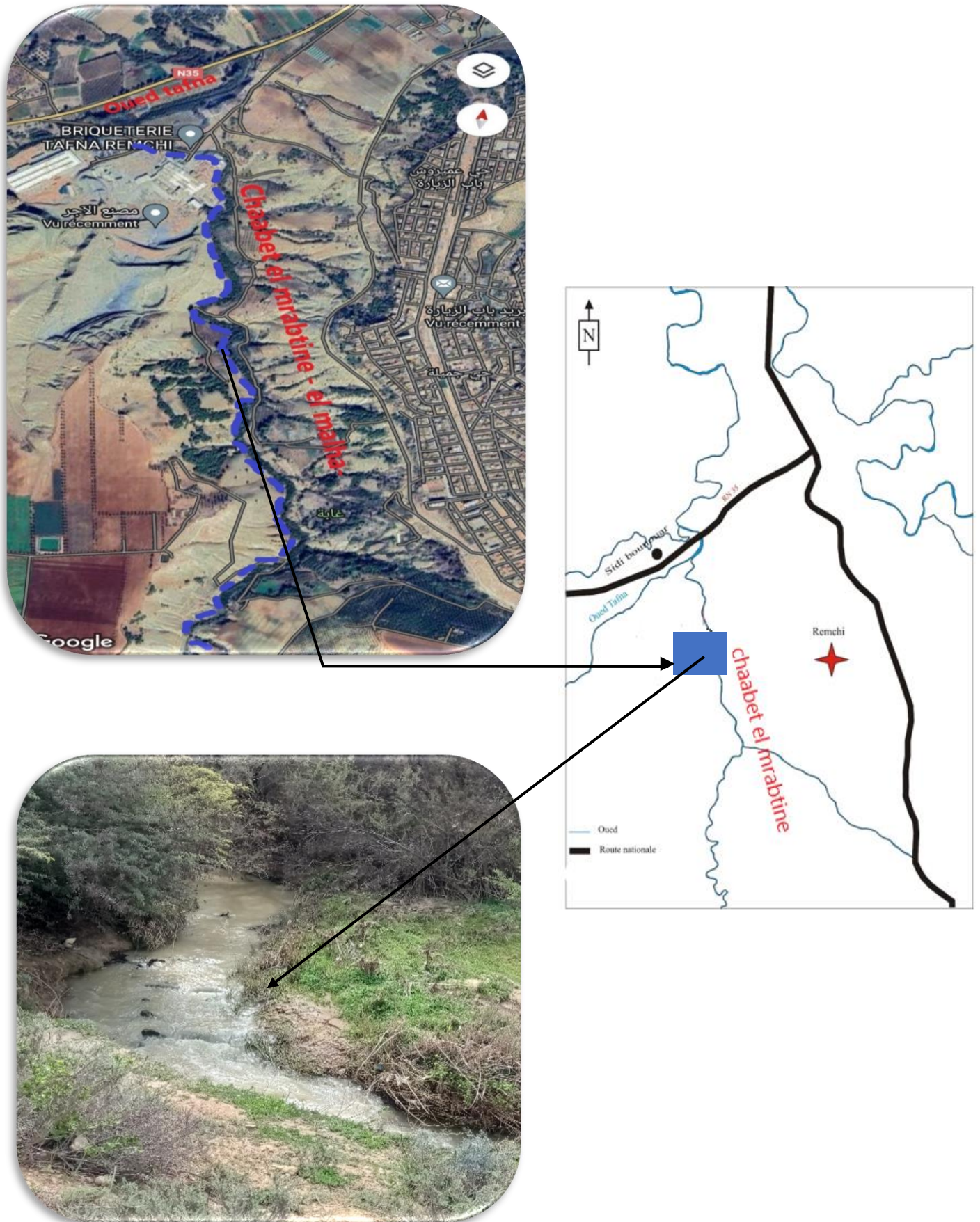


Figure.I 02: Situation géographique de la zone d'étude.( HADJ ALLAL Fatima zahra.Mémoire2013-2014)



## ❖ Cadre Géographie



**Figure.I 03:** Situation géographique de la zone d'étude (chaabet el mrabtine-el malha-).

# CHAPITRE II :

## Climatologie

**I. Introduction :**

Dans la nature la climatologie est l'étude du climat, le continuum des conditions météorologiques (température, précipitations, évaporation, vent, etc.) sur une longue période. Il s'agit d'Une branche combinée de la géographie physique et de la métrologie.

Dans ce travail, nous utiliserons les données pour déterminer le type de climat dans la zone d'étude Données climatiques pour la station Zenata, de 1995 à 2021.

**Tableau.01** : Caractéristiques de la station climatologique de Zenata.

Station	Altitude	Latitude	Longitude
ANRH (Zenata)	247	35°01' N	-1°.46' W

**II. L'étude des paramètres climatologiques :****1. Les précipitations :**

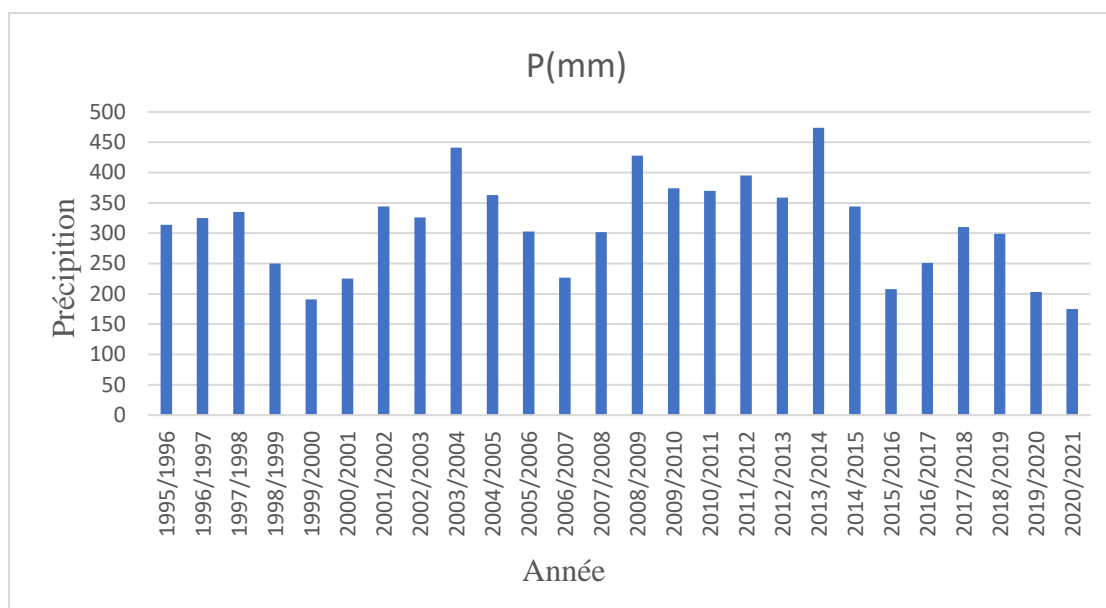
Appelées précipitations, toutes les précipitations atmosphériques qui tombent à la surface de la Terre, qu'elles soient liquides (pluie, averse) ou solides (neige, grêle). Ils sont causés par des changements de température ou de pression.

**2.1 Précipitations moyennes annuelles :**

**Tableau. 02** : Précipitations moyennes annuelles à la station de Zenata (1995-2021).

Année	P(mm)	Année	P(mm)
1995 /1996	314.45	2008/2009	428.49
1996/1997	325.65	2009/2010	374.71
1997/1998	335.31	2010/2011	370.59
1998/1999	250.74	2011/2012	395.46
1999/2000	191.4	2012/2013	359.18
2000/2001	225.30	2013/2014	474.24
2001/2002	344.93	2014/2015	344.91
2002/2003	326.2	2015/2016	208.53
2003/2004	441.71	2016/2017	251.20
2004/2005	363.23	2017/2018	310.5
2005/2006	303.0	2018/2019	299.95
2006/2007	227.32	2019/2020	203.97
2007/2008	302.74	2020/2021	175.52





**Figure. II. 01:** Variations des précipitations moyennes annuelles à la station De Zenata (1995-2021).

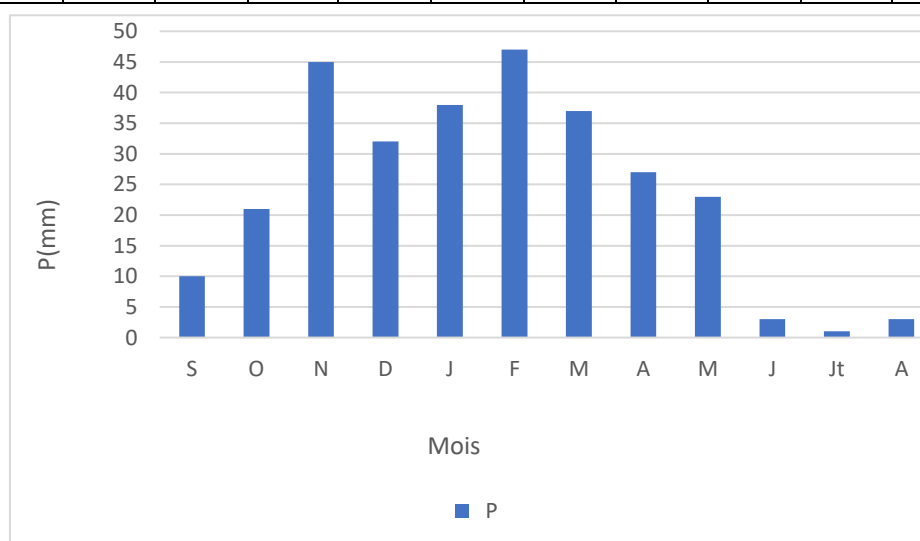
Les variations de la pluviométrie moyenne annuelle à la station de Zenata montrent que : (Fig. I.1) :

- Le maximum est enregistré en 2013 – 2014 avec 474.24 mm
- Le minimum est enregistré en 2020 - 2021 avec 175.52 mm
- La moyenne annuelle des précipitations est de 313.43 mm

## 2.2 Précipitations moyennes mensuelles :

**Tableau. 03 :** Précipitations moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2021).

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



**Figure. II. 02:** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata.

- **Remarque :** L’histogramme des précipitations mensuelles (fig. I.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.

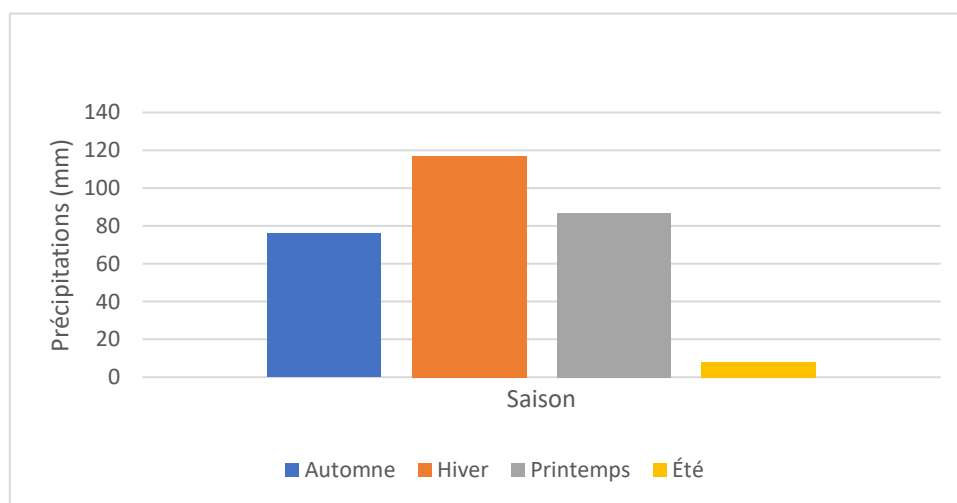
### 2.3 Précipitations saisonnières :

Correspondent aux quatre saisons de l’année :

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

**Tableau. 04 :** Précipitations moyennes saisonnières à la station de Zenata (1995-2021).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Précipitations (mm)	76.9	117.7	87.8	8.2



**Figure. II. 03:** Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Zenata.

- **Remarque :** 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.

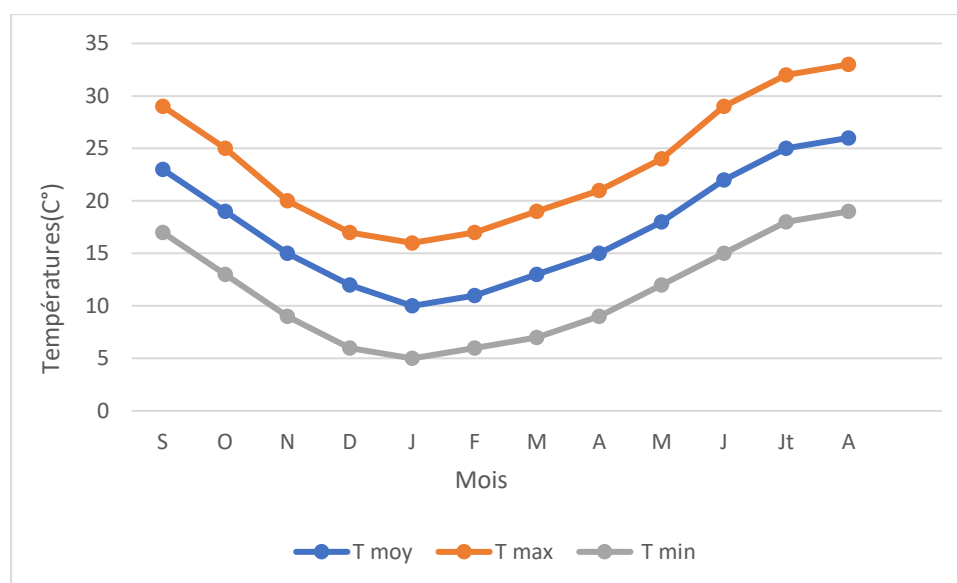
### III. Étude des températures :

La température est un élément essentiel du climat. Elle est liée au rayonnement solaire. Il contrôle directement le climat, en interaction avec d'autres facteurs météorologiques et biogéographiques.

#### • Températures moyennes mensuelles :

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

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
T moy	23.63	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



**Figure. II. 04:** Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Zenata (1995-2021).

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

#### IV. Étude du climat :

Dans la recherche sur le climat, nous avons différentes approches. La première est une visualisation basée sur le degré de périodes humides et sèches. Le second est un calcul basé sur un indice qui permet de caractériser le climat de la région à partir des précipitations et de la température.

L'étude du climat peut être réalisée à partir :

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

**Tableau. 06 :** Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de Zenata (1995-2021).

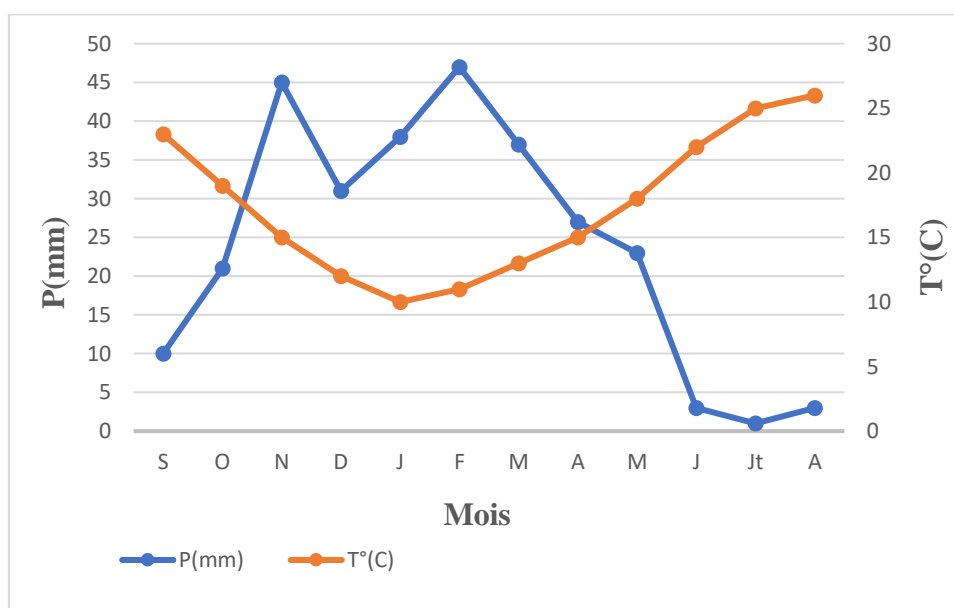
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
<b>P(mm)</b>	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63	290.50
<b>T°C)</b>	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58	18.00

#### A- Méthodes de visualisation (méthodes graphiques) :

##### • Les courbes pluvio-thermiques :

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

La courbe des températures passe au-dessus de celles des précipitations pendant les mois secs, alors que pour les mois humides, 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.



**Figure. II. 05:** Diagramme pluvio-thermique de la station de Zenata (1995-2021).

Le diagramme pluvio-thermique permet de visualiser :

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

## B- Les indices climatiques :

### B-1 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.

**Tableau. 07** : Indice d'aridité de Martonne

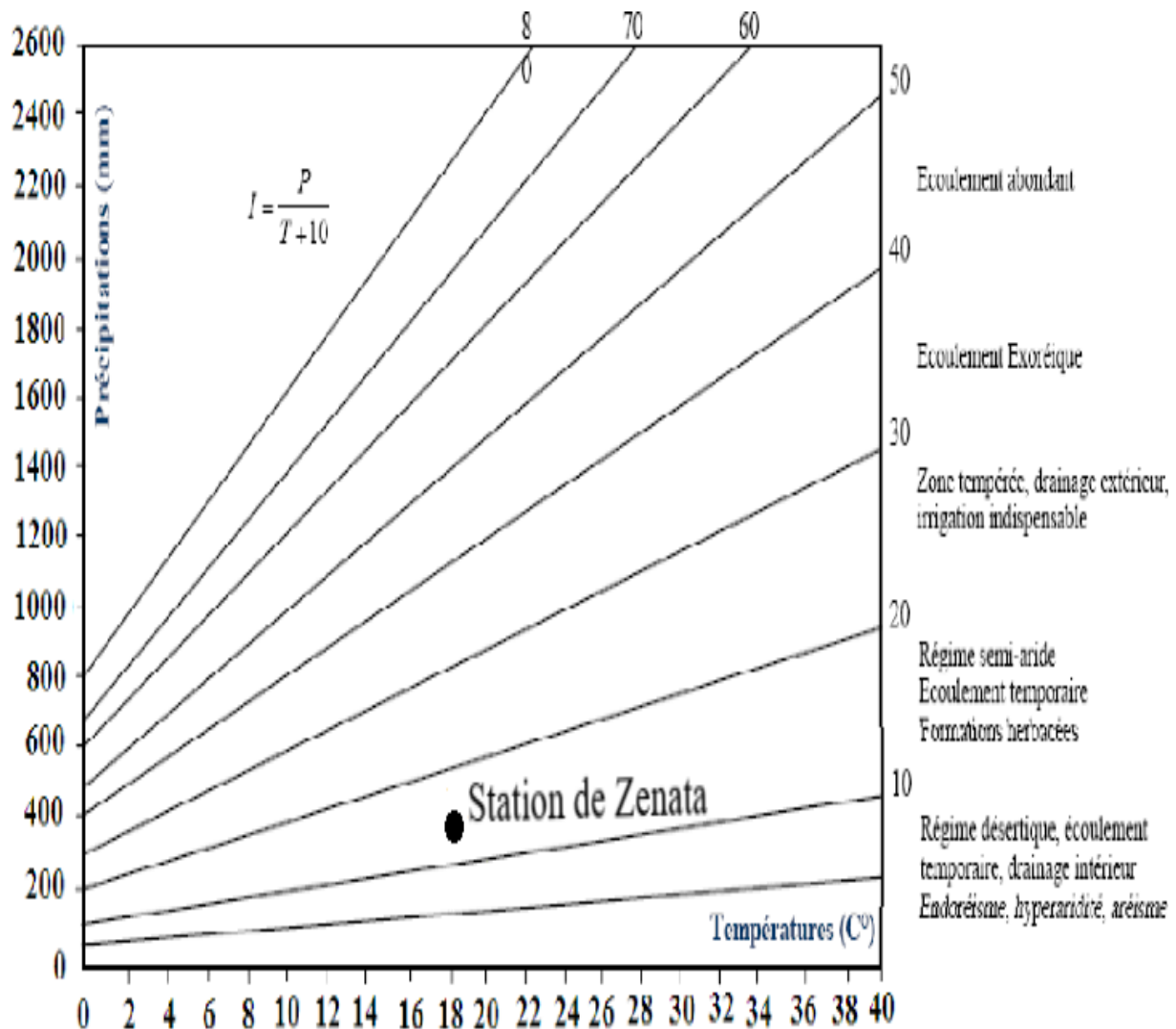
<b>P moy (mm)</b>	<b>Tmoy (°C)</b>	<b>I (mm/°C)</b>
<b>313.43</b>	<b>18.00</b>	<b>11.19</b>

DE Martonne propose la classification suivante :

**Tableau. 08** : Indice d'aridité de Martonne

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

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



**Figure. II. 06:** Abaque de l'Indice d'aridité annuel de DE Martonne.

• **Indice d'aridité mensuel :**

Il est donné par la formule suivante

$$i = \frac{12p}{t+10} : \text{ Avec}$$

**P :** Précipitations moyennes mensuelles (mm).

**T :** Températures moyennes mensuelles (°C).

**i :** indice d'aridité mensuelle.

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

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

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
<b>i</b>	3.7	8.6	21.7	17.3	22.2	26.2	18.9	12.9	9.8	1.4	0.3	1.2
<b>Type de régime</b>	h	st	t	s	t	t	s	s	st	h	h	h

**h** : hyper-aride    **S** : Semi-aride    **t** : tempéré    **St** : steppique

**B-2 Indice de Moral (1964) :**

Moral a construit un indice de sécheresse annuel en étudiant les régimes de précipitations en Afrique de l'Ouest. Elle est donnée par la relation suivante :

• **Indice annuel (Ia) :**

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

$$Ia = \frac{p}{T^2 - 10T + 200}$$

**P** : Précipitations moyennes annuelles (mm).

**T** : Température moyenne annuelle (°C).

**Ia > 1** : climat humide.

**Ia < 1** : climat sec.

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

Station	P moy (mm)	T moy (°C)	Ia
<b>Zenata</b>	<b>313.43</b>	<b>18.00</b>	<b>0.91</b>

➤ **Ia = 0.91 Donc** : nous avons un climat sec.

• **Indice mensuel (Im) :** Il est donné par la formule suivante :

$$Im = \frac{P}{0.1T^2 - T + 20} \text{ Avec :}$$

**P :** Précipitations moyennes mensuelles (mm).

**T :** Températures moyennes mensuelles (°C).

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

MOI	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
<b>P moy (mm)</b>	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63
<b>T moy (°C)</b>	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58
<b>Im</b>	<b>0.19</b>	<b>0.54</b>	<b>1.63</b>	<b>1.40</b>	<b>1.83</b>	<b>2.13</b>	<b>1.49</b>	<b>0.96</b>	<b>0.64</b>	<b>0.07</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>

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

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
<b>P moy (mm)</b>	10.24	21.22	45.49	31.95	38.47	47.20	37.23	27.50	23.05	3.66	0.85	3.63
<b>T moy (°C)</b>	23.63	19.65	15.20	12.19	10.86	11.82	13.63	15.48	18.52	22.50	25.90	26.58
<b>0,1 T<sup>2</sup> -T+20</b>	52.20	38.96	27.90	22.66	20.93	22.15	24.94	28.48	35.77	28.21	61.18	64.18
<b>0,1 T<sup>2</sup> +T+30</b>	109.46	88.26	68.30	57.04	52.65	55.49	62.20	69.44	82.81	103.12	122.98	127.22
<b>0,05 T<sup>2</sup> -T + 10</b>	14.28	9.65	6.35	5.23	5.03	5.16	5.65	6.50	8.62	12.81	17.64	18.74
<b>Type</b>	<b>A</b>	<b>s</b>	<b>H</b>	<b>H</b>	<b>H</b>	<b>H</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

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

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



• **Climagramme d'EMBERGER :**

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

Il est défini par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \times p}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \quad \text{Avec :}$$

**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.

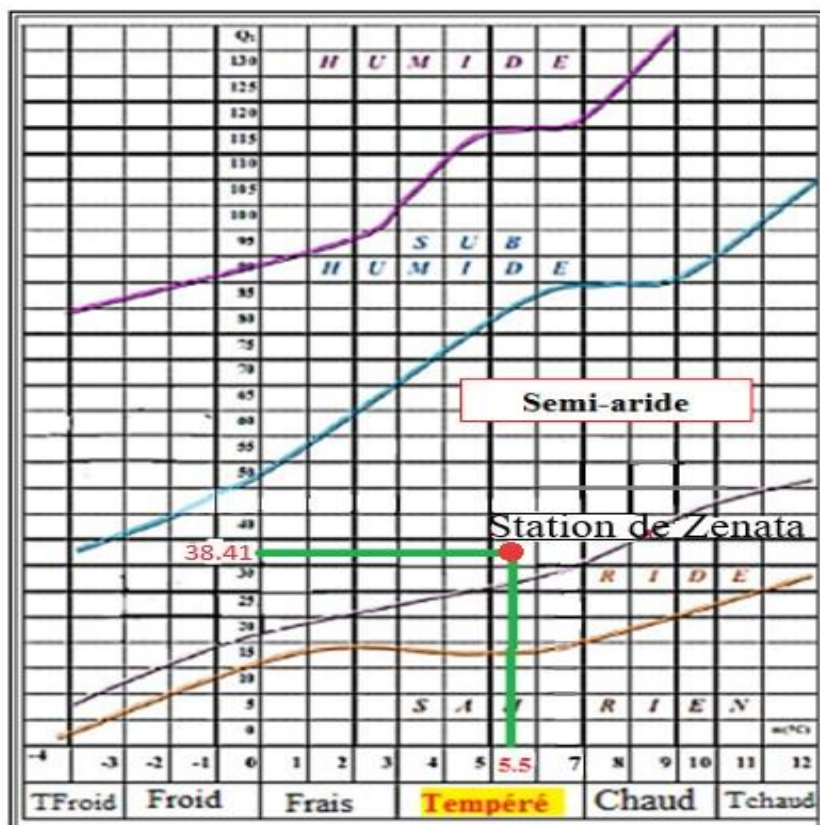
$$m = 5.47^\circ\text{C} + 273 = 278.47\text{K}^\circ$$

**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

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

**Tableau. 13** : Indice d'Emberger.

Station	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q <sub>2</sub>
Zenata	313.43	306.36	278.47	38.28



**Figure. II. 07:** Climagramme d'Emberger.

### B-3 Indice de Stewart (1969) :

Définie par :

$$Q_2 = \frac{3.43P}{M+m}$$

Avec :

**Q2** : Quotient d'Emerger.

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

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

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

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

**Pour :**

10 < Q2 < 50 ..... Climat semi-aride.

2 < Q2 < 10 ..... Climat désertique.

Q2 < 2 ..... Climat insaturé.

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

## V. Bilan Hydrologique :

### 1. 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)** : La méthode peut estimer l'ETR annuel à partir de la hauteur des précipitations et de la température moyenne annuelle selon l'expression suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} \quad \text{Avec : } L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

**P** : pluviométrie moyenne annuelle, en (mm).

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

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

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

Station	P(mm)	T(C°)	L	ETR (mm/an)
Zenata	313.43	18	1041.6	316.59

- **Méthode de COUTAGNE** :

L'évapotranspiration réelle ou le déficit d'écoulement est calculé 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).  $\longrightarrow ETR = D = P - \lambda P^2$  Avec :  $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$ .

**P** : précipitations moyennes annuelles en (m/an)

**T** : température moyenne annuelle en (°C)

$\lambda$ : désigne un facteur dépendant de la température moyenne annuelle

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

- **Méthode de Wundt** :

L'application de cette méthode donne les résultats suivants :

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

Station	P (mm)	T (C°)	Déficit (mm/an)	Écoulement et infiltration (P-D)
Zenata	313.43	18	283	30.43

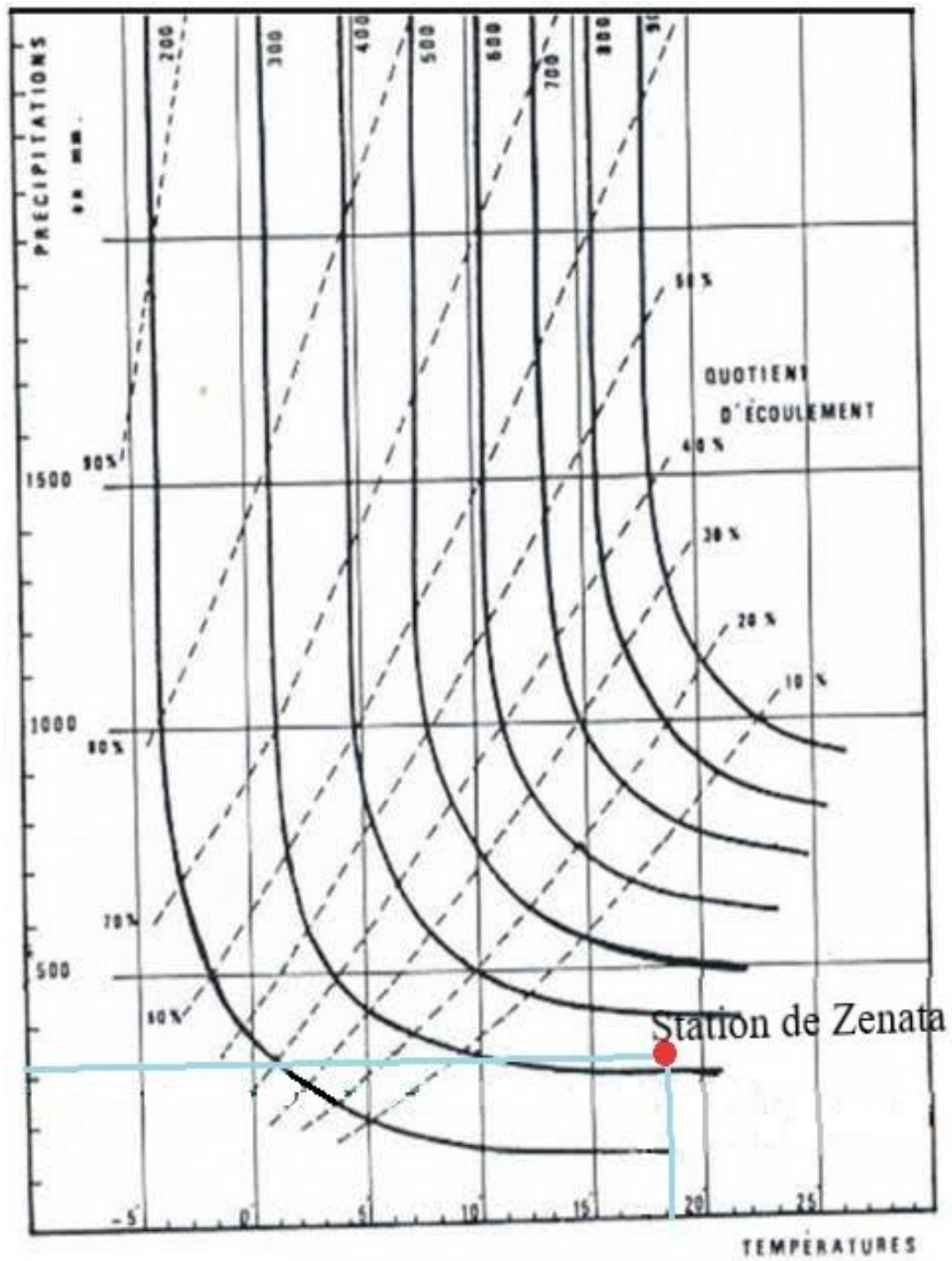


Figure. II. 08: Détermination du déficit d'écoulement (Abaque de WUNDT)

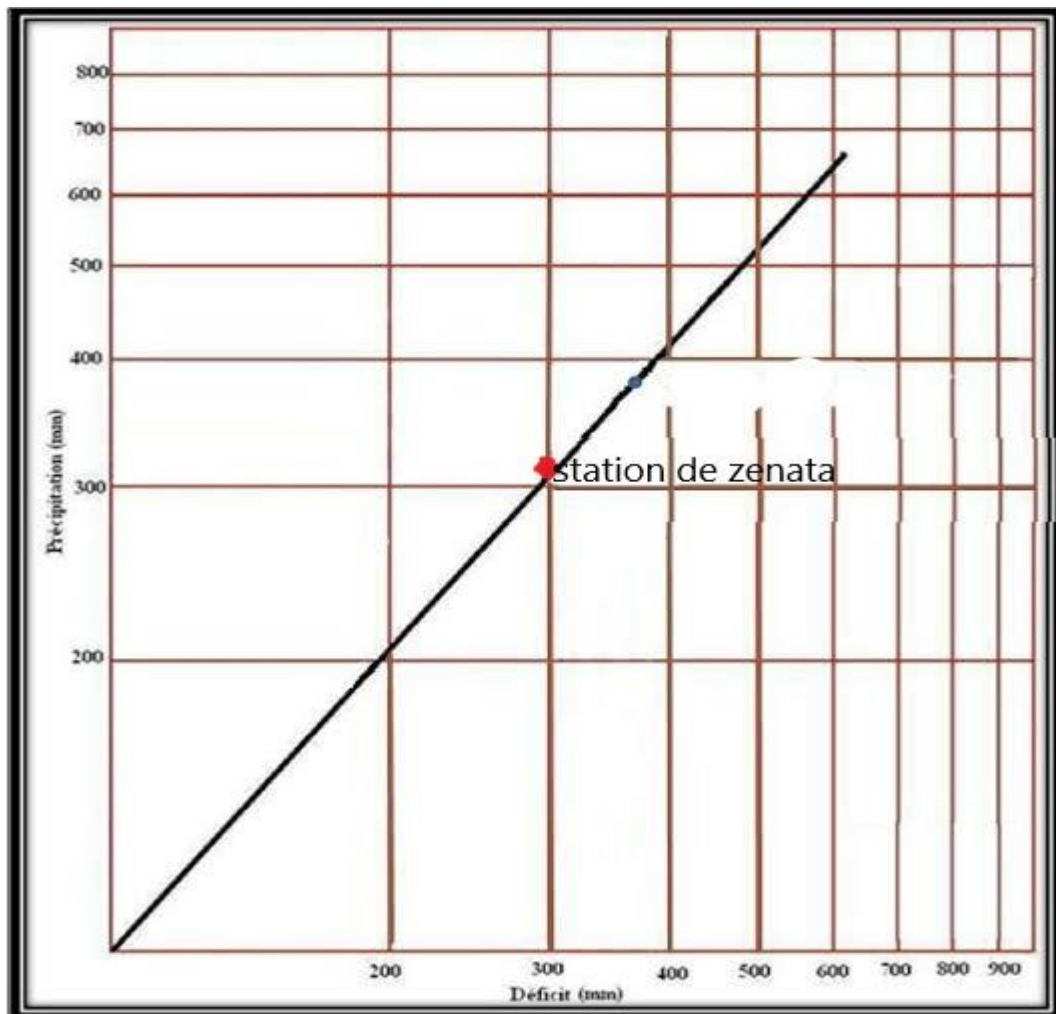
➤ **Méthode de P. VERDEIL :**

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 annuelles.

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

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

Station	P (mm)	Déficit (mm/an)
Zenata	313.43	300



**Figure. II. 09:** Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P. VERDEIL, 1988).

**1- Evapotranspiration potentielle (ETP) :**

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

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

Avec :  $a = 0.016 I + 0.5$

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

**ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm),

**i** : Indice thermique mensuel  $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$ .

**I** : La Somme des indices mensuels des 12 mois de l'année  $I = \sum_{i=1}^{12} i = 10.94$

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

**K** : Coefficient de correction, en fonction de la latitude de la station de Zenata (35.01°N), les résultats sont présentés dans le tableau suivant : **a=0.67**.

**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
<b>T (°C)</b>	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
<b>i</b>	10.49	7.94	5.38	3.83	3.23	3.66	4.54	5.51	7.24	9.74	12.06	12.52	86.14
<b>ETP non corrigée (mm)</b>	125.37	110.79	93.28	80.46	74.47	78.81	86.71	94.43.	106.48	121.32	133.31	135.65	1241.08
<b>k</b>	1.03	0.97	0.86	0.85	0.88	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	/
<b>ETP corrigée (mm)</b>	129.13	107.46	81.15	69.19	65.53	66.98	89.31	102.92	128.84	146.79	163.97	157.35	1308.8

## 2- Calcul de la réserve facilement utilisable (R. F. U.) :

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

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

**Avec :**

**Ru** : Réserve utile en eau du sol.

**C** : Capacité au champ.

**f** : Capacité au point de flétrissement.

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

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

**30 mm** : Enracinement capillaire.

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

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

## 3- Le bilan hydrologique selon C.W Thornthwaite :

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

## 4. Calcul du ruissellement « R » :

Est la partie de l'eau de pluie qui ne revient pas par l'évaporation ou l'atmosphère qui n'est pas absorbée par le sol et ne s'accumule pas surface, mais il traverse la surface du sol par de petits canaux jusqu'à ce qu'il atteigne réseau de drainage naturel du bassin versant. Le nombre de couches d'écoulement d'eau dépend de l'intensité et hauteur de la douche, séquence des précipitations, état d'humidité et structure des précipitations niveau de surface, couverture végétale, pente et rugosité du sol avant la pluie sol.

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

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

**R** : Ruissellement (mm).

**P** : Précipitations (mm).

**ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm).

**Tableau. 18** : Calcul du ruissellement « R ».

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
<b>R</b>	0.03	0.58	19.37	15.84	39.60	58.01	11.32	2.48	0.59	0.001	00	00

**Tableau. 19** : Calcul du bilan hydrologique de la station de Zenata (1995-2021) Selon C.W Thornthwaite.

Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	Annuel
<b>P(mm)</b>	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
<b>ETP (mm)</b>	111.12	73.78	40.24	26.19	21.89	24.58	38.98	52.85	82.74	118.91	157.67	156.57	905.25
<b>RU (130mm)</b>	00	00	5.25	11.02	27.59	50.22	48.47	23.11	00	00	00	00	/
<b>ETR (mm)</b>	10.2	21.2	40.2	26.2	21.9	24.6	39.0	52.9	46.2	3.7	0.9	3.6	290.5
<b>D.A(mm)</b>	100.88	52.57	00	00	00	00	00	00	36.30	115.25	156.82	152.93	614.75
<b>EXC</b>	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
<b>R(mm)</b>	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	/

**P** : Précipitations (mm).

**ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm).

**Ru** : Réserve utile (mm).

**ETR** : Evapotranspiration Réelle (mm).

**D.A** : Déficit Agricole (mm).

**Exc** : Excédent (mm).

**R** : Ruissellement (mm).



**Remarque :** D'après les précipitations et les températures l'évapotranspiration potentielle elle est toujours supérieur à la précipitation ce qui induit que le ruissellement = 0 mais la réalité en a un ruissellement permanent dans les diversement des agglomérations.

## VI. Conclusion :

Selon les résultats calculés, la zone d'étude a un climat semi-aride, avec des hivers relativement froids et pluvieux et des étés chauds et secs. La pluviométrie annuelle moyenne est de 313,43 mm La température mensuelle moyenne est d'environ 18,00 °C. Juillet et août sont les mois les plus chauds (25,90°C et 26,58°C) et janvier le mois le plus froid (10,86°C). Les diagramme de Bagnols et Gaussen permet de définir des périodes humides entre début septembre et fin mai et des périodes sèches le reste de l'année.

- Les calculs du bilan ont fait ressortir les résultats suivants :
  - L'évapotranspiration potentielle a été évaluée à environ **905.25mm**
  - L'évapotranspiration réelle annuelle est de **290.5 mm.**
  - Les méthodes de calcul de l'ETR comme celle de TURC donne un déficit d'écoulement égale à **316.59 mm** et la méthode de COUTAGNE donne un déficit de **283 mm.**

# CHAPITRE III:

géologie

et

hydrogéologie

## ❖ Géologie et hydrogéologie

### I. Présentation géologique du bassin de la Tafna :

#### 1.1. Au plan stratigraphique :

Les travaux réalisés sur le bassin du Tafna (GENTIL, 1903 ; PERRODON, 1957 ; GUARDIA, 1975 ; FERDI & HOUBECHÉ, 2013, FARDJI, 2017) ont permis d'établir la série stratigraphique. Cette dernière est représentée de bas en haut par la succession litho stratigraphique suivante :

##### 1.1.1. Néogène :

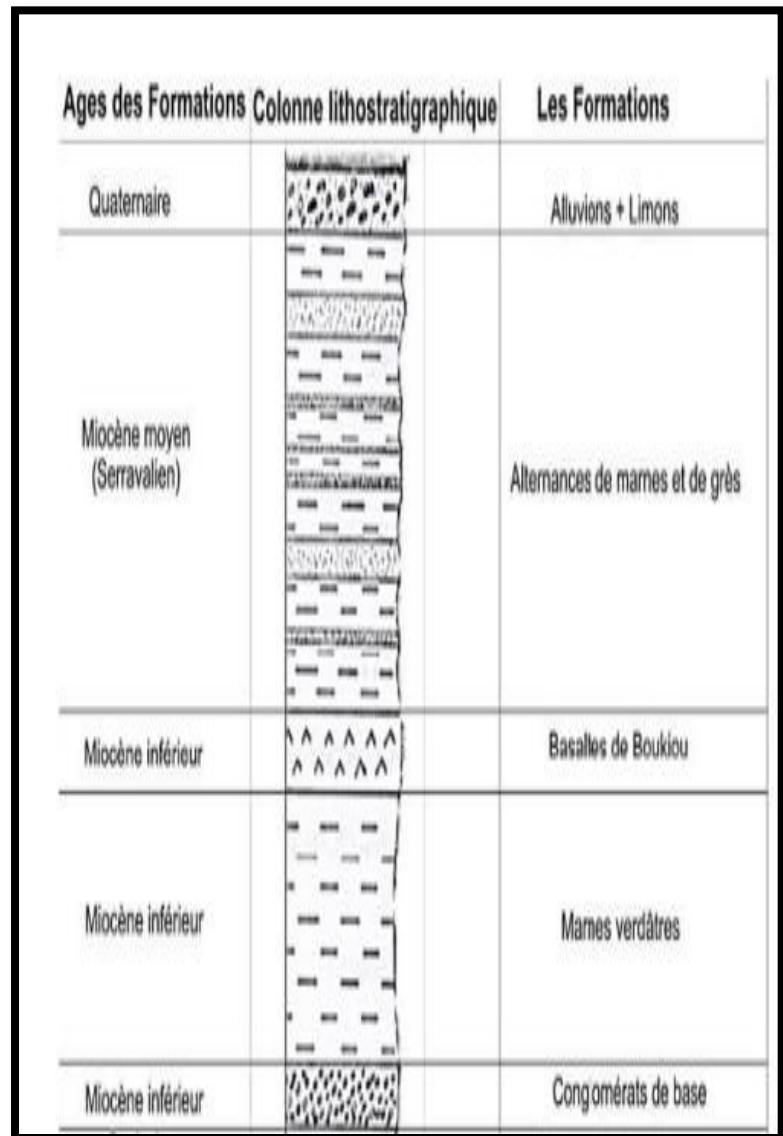
Il est formé de bas en haut par la succession litho stratigraphique suivante :

##### a. Miocène :

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

**-Miocène synchro-nappes :** Selon FENET (1975), le terme "nappe simultanée miocène" est utilisé pour décrire les sédiments restants de l'ère miocène .

L'épaisseur moyenne est de 2000 m. Il est constitué de marnes gris-vert et de grès. Cette dernière est représentée par un lit gris à rougeâtre, d'épaisseur centimétrique à métrique et généralement à grain fin. La formation permet localement des niveaux de canaux de grès grossier et de conglomérat.



**Figure . III.01:** colonne stratigraphie de région.  
(Kébir & Miri, 1992 in Kacemi & Senina, 2015)

**-Miocène du premier cycle post-nappes :** D'épaisseur variable, elle est séparée de la matière de la couche thalienne par une série de continents de débris. Il est constitué d'étages verts et

## ❖ Géologie et hydrogéologie

---

gypseux d'argile ou de roche argileuse. Ces argiles sont insérées par des canaux lenticulaires contenant des cailloux et cailloux.

**-Miocène du second cycle post-nappes** Il est formé de calcaire à mérous à niveaux lumachelliques. La présence de Globorotation méditerranéenne permet d'attribuer ces calcaires supérieurs au Messénien. Dans la région d'Ain Temouchent, cette formation peut être observée en bordure du Traras et au sommet de Sebaa Chioukh.

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

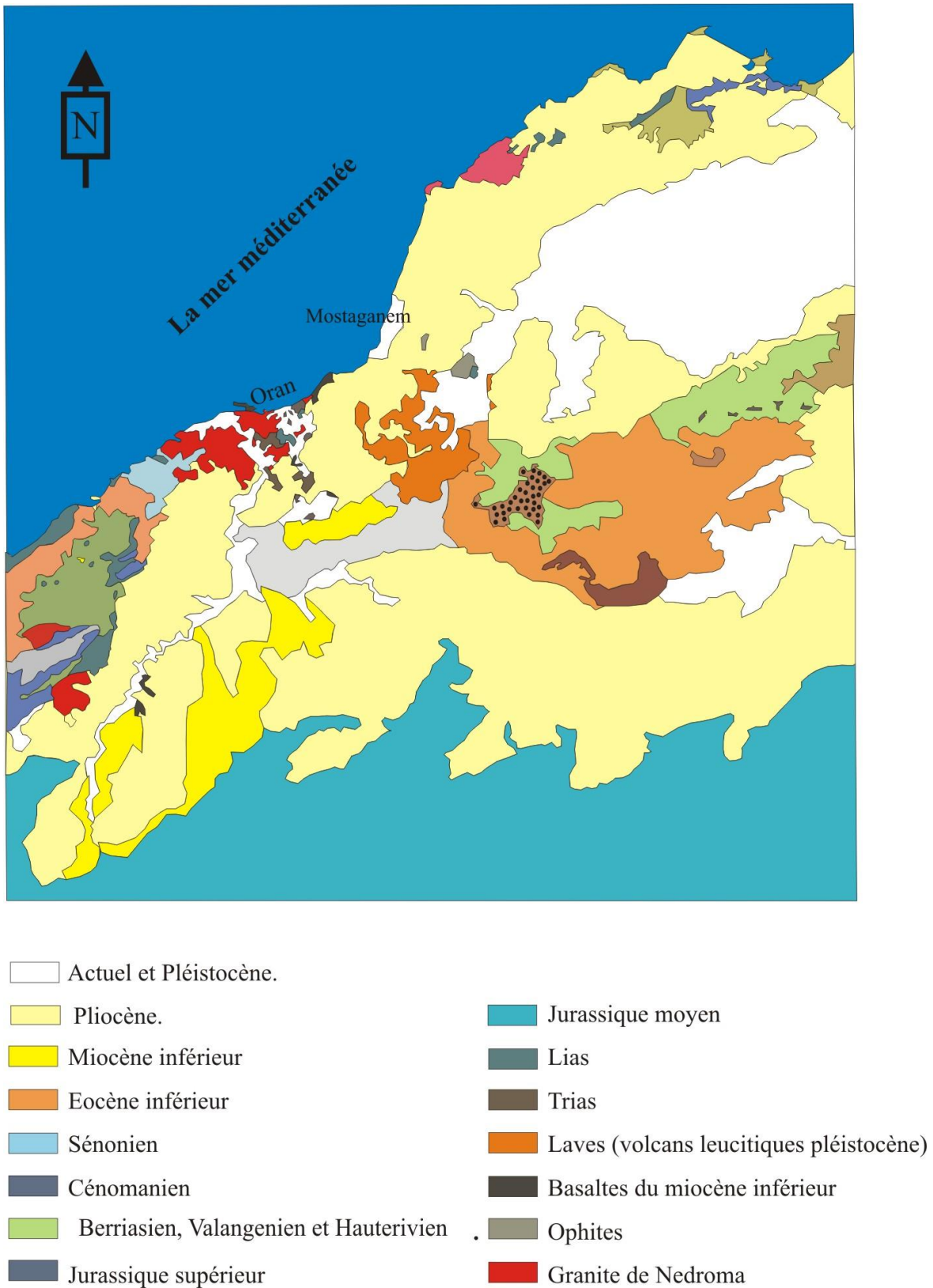
- Les marnes grises : Ces stucs ont été classés Tortonien supérieur voire Messénien par le GUARDIA en 1989. Franchement, ils sont de nature marneuse marine et sont considérés comme un passage latéral progressif de la couche d'eau salée au nord-ouest de Bensekrane. Ces marnes contiennent des foraminifères benthiques du Tortonien.
- Dépôts de gypse saumâtre des lagons aux océans : ils affleurent vers au Nord de Bensekrane. Les sédiments contenaient les huîtres et les dents du cheval africain à trois têtes, l'équivalent de l'Oued El hammam. Cette composition fossilifère permet d'attribuer un âge miocène supérieur à ces dépôts.
- Les formations rouges de la Tafna : Ils sont principalement formés de dépôts de plaine alluviale ocre à rouge brique. Ils affleurent principalement au nord de Sebaa Chioukh et sur la rive gauche de l'Oued Tafna.

### **B- Pliocènes :**

Il affleure dans la région de Nedroma et est représenté par des calcaires lacustres et des conglomérats rouges des vallées en aval de l'Oued Mouillah et est très épais au sud-est de Fillaoussence. La région d'Ain Temouchent est caractérisée par des grès de couleur ocre à durcissement irrégulier dérivés des dunes et une série de sédiments ocre-rouge assez fins provenant du continent.

### **c. Quaternaire :**

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



**Figure . III.02 :** Carte géologique du bassin de la Tafna (Oran) (D'après GENTIL, 1908)

### II. Présentation géologique du secteur d'étude :

#### 1- . Au plan stratigraphique :

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

#### 2- Ensemble Mésozoïque :

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

#### 3- Ensemble Tertiaire :

Il comprend de bas en haut :

-**Eocène** : Il n'affleure que dans la vallée de l'oued Sikkak à l'est d'Ain Youcef. Il est formé par une alternance de grès jaune à rouge avec du ciment argileux et des marnes vertes. Cette formation bien développée se situe au nord du massif de Sebaa Chioukh, qui est recouvert de poudingues de grès grossiers et de marnes rouges ou vertes, appelée "la topographie rouge du Bas Tafna" par GENTIL (1902).

L'épaisseur de cet Eocène est estimée à 50 mètres.

-**Miocène inférieur** : Il surmonte les Dolomites de Tlemcen. Il est basé sur une pierre pudding avec de nombreux pétales d'ostrea. Ces boudins, hétérogènes et polygéniques, sont formés d'éléments calcaires et fendus et présentent une granulométrie normale avec un intercalaire marneux au fond. Au-dessus de ces dépôts se trouve une marne grise avec des intercalaires de grès ferreux.

-**Serravalien** : Il se compose d'une série de marnes grises ou bleues épaisses. Dispersés dans cette collection, de nombreux décimètres de lits de grès jaune, plus fréquents aux sommets. Ces marnes sont très développées dans les vallées de l'Oued Amyer et de l'Oued Sikkak et ont une épaisseur d'environ 100 mètres.

## ❖ Géologie et hydrogéologie

---

- **Tortonien** : Ce sont des grès craquelés dorés ou citronnés, et à certains endroits, il y avait autrefois de fines couches de marne. Ces grès sont durs et très stratifiés. Localement, ce Tortonien peut avoir différentes phases : argile plus ou moins sableuse.

A noter qu'au sommet du Tortonien se trouvent des conglomérats formant un continuum depuis l'enclave septentrionale d'Hennaya jusqu'à Ain Hallilifa. Ces gisements témoignent de l'ancien Oued se jetant dans l'Oued Issir.

-**Quaternaire** : Il est essentiellement représenté par des coquillages calcaires. L'épaisseur de ce dernier est seulement du mètre.

### 2.2. Au plan tectonique :

D'un point de vue structurale, la zone étudiée fait partie d'un grand pli, vraisemblablement un complexe de graben rempli de sédiments du Miocène et du Quaternaire. Ce pli est un synclinal parallèle aux montagnes environnantes du nord et du sud. L'axe synclinal de la zone d'étude traverse les terres plus au sud (plaine d'Hennaya). Vue de la côte sud, la zone est située sur le flanc nord du Grand Synclin près de Tlemcen et se compose principalement de formations rocheuses carbonatées du Jurassique. De ce côté, les sédiments helvètes et totoniens se sont déposés de manière transgressive et incohérente.

La marne serravalétique est plissée et disloquée, tandis que le grès Tortonien est disloqué et déposé sur la surface irrégulière de serravalétie. Cela nous indique qu'entre serravalien et Tortonien la déposition et le pliage de serravalien ont été interrompus avant la déposition de Tortonien

D'un point de vue tectonique, la série sédimentaire est généralement quasi-horizontale, légèrement inclinée vers le nord-est jusqu'au gypse, qui devient plus proéminent vers le sud jusqu'à former le versant nord de l'anticlinal géant au niveau de pierre de chat. Chose à noter L'accident était le diapir triasique, qui marquait le centre d'un petit anticlinal de l'Eocène au Miocène, avec une inclinaison de 20 à 30.

## ❖ Géologie et hydrogéologie

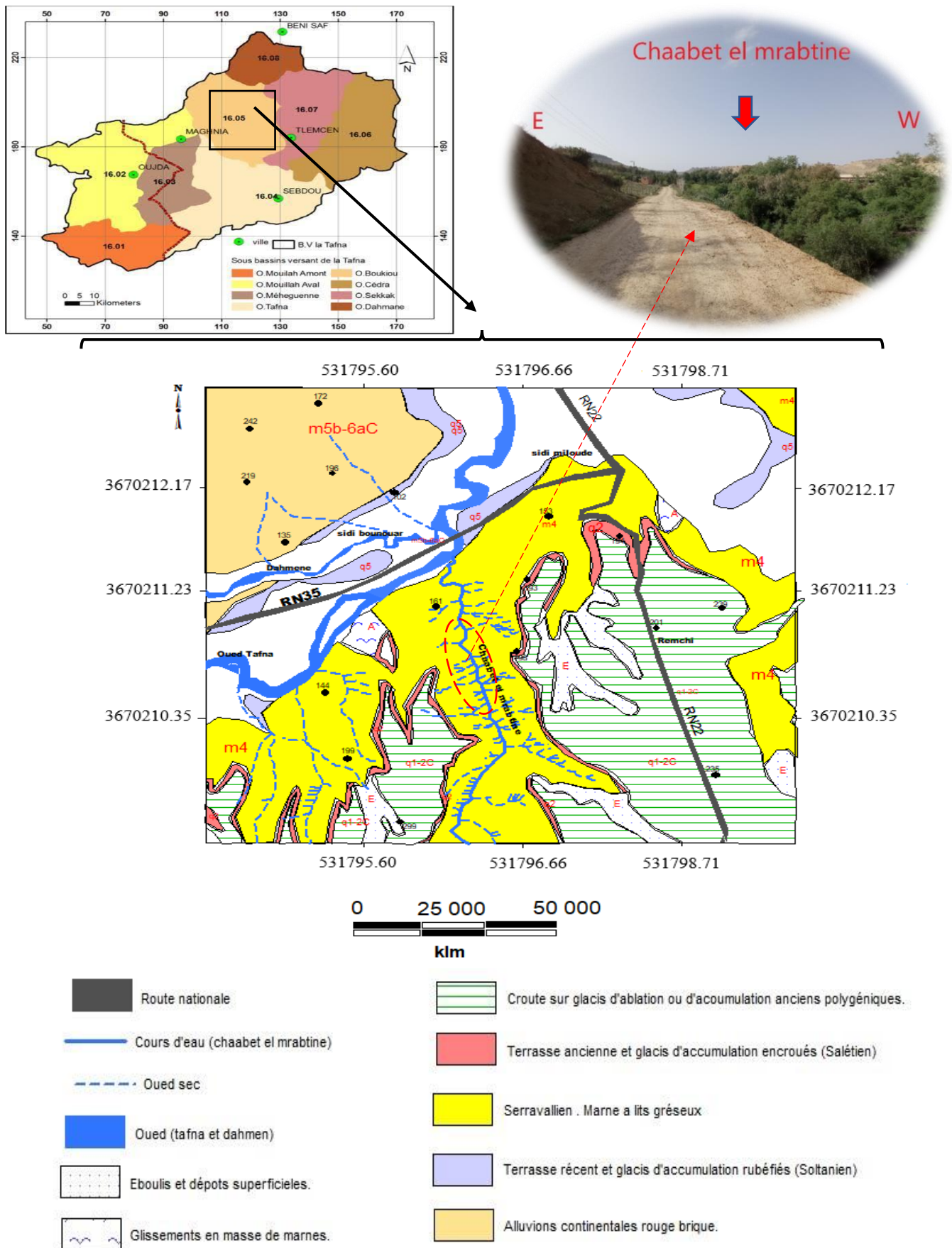


Figure . III.03: Carte géologique de la région d'étude (Chaabet el mrabtine-el malha-).



### III. Hydrogéologique :

#### 1- Introduction :

De manière générale les marnes du miocène (marnes verdâtre et marnes gréseuses) et les limons superficiels sont imperméable. Le reste constitué par les alluvions grossiers de l'oued chaabet el mrabrine-el malha est perméable.

Cependant les bancs de grès de la formation marno-gréseuse du miocène moyen peuvent contenir de l'eau dans les niveaux gréseux dépassant le mètre et cela grâce à leur forte porosité qui favorise l'apparition de sources à faible débit.

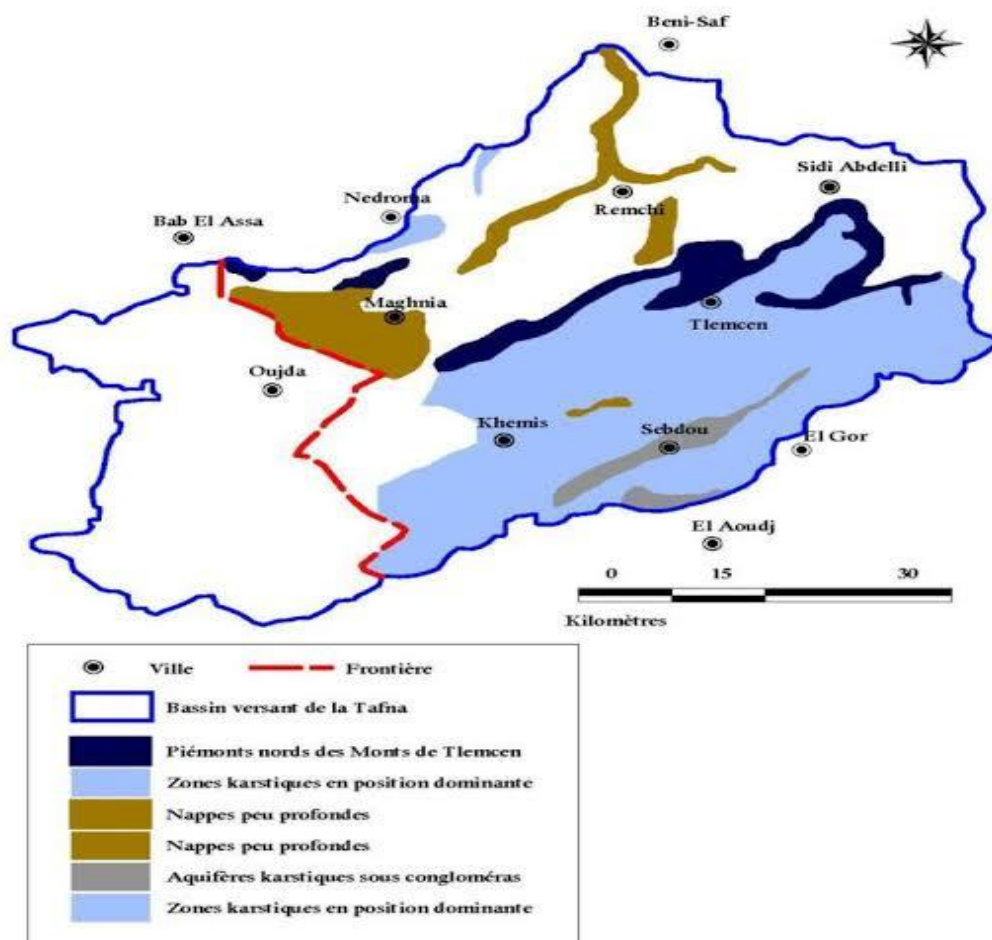


Figure . III.04 : la carte hydrographique du bassin versant de la Tafna.(TADLAOUI SARRA.BOUABDALLAH MED ELHADI-2016-).

### 2- Etude Hydrogéologique

Les structures profondes dues aux mouvements verticaux sont masquées par des formations miocènes affectées de déformations souples. Il faut donc distinguer dans notre secteur d'étude parmi les ressources en eaux souterraines :

- Les nappes superficielles observables.

Le changement du lithofaciès et des épaisseurs des formations qu'offrent les horizons du substratum sera très fréquent et rapide, rend difficile la détermination des réservoirs potentiels.

Les marnes du Miocène (Marnes verdâtres et marnes gréseuses) et les limons superficiels sont imperméables

### 3- Les alluvions :

Les études piézométriques et hydrochimiques nous aideront à trouver une réponse à cette question. Les alluvions perméables couvrent tous le fond d'oued Tafna. En effet le réservoir alluvionnaire possède un mur et des rives totalement étanches représenté par les marnes gréseuses du miocène moyen en aval et les marnes verdâtre du miocène inférieur en amont.

### 4- Caractéristiques hydrogéologiques des formations lithologiques :

- Les formations calcaires du Jurassique :

Peuvent être aquifères si elles sont fissurées et karstifiées. Leur productivité dépend aussi de la nature lithologique des formations intercalées .

Les formations du Crétacé :

- Les marnes constituent un ensemble imperméable.
- Les niveaux calcaires lorsqu'ils sont fissurés.
- 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.

#### IV. Conclusion :

L'étude lithostratigraphique et tectonique des différentes formations, montre que des niveaux présentant un intérêt hydrogéologique .

Notre secteur de chaabet el mrabtine-el malha- représentée de bas en haut par la succession litho stratigraphique .

De manier générale La synthèse hydrogéologique des marnes du miocène (marnes verdâtre et marnes gréseuses) et les limons superficiels sont imperméable. Le reste constitué par les alluvions grossiers de l'oued chaabet el mrabtine et formation gréseuses qui sont perméable.

# CHAPITRE IV

## Hydrochimie

### I. Introduction :

L'étude de la chimie des eaux de surface fournit une mine d'informations pour l'hydrogéologie et aide à comprendre les phénomènes qui se produisent dans les systèmes de ruissellement. La qualité physique et chimique de l'eau renseigne sur l'évolution du degré de contamination, le cas échéant, selon un ensemble de paramètres, basés sur des valeurs de référence, appréciées à partir de différents paramètres physiques, chimiques et bactériologiques portés dans cette étude, Nous avons utilisé une analyse physico-chimique d'oued de chaabet el mrabtine (el malha)

### II. Partie théorique :

#### 1- Les paramètres physiques :

##### 1.1 Le pH :

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établie entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates .

- Le pH peut prendre des valeurs comprises entre 0 et 14.
- Le pH ne possède pas d'unité.
- Le pH compris entre 0 et 7 : une solution acide.
- Le pH compris entre 7 et 14 : une solution basique.
- Le pH exactement égal à 7 : une solution neutre.
- La norme algérienne ( $\geq 6.5$  et  $\leq 9$ ).



Figure .IV.01 : pH mètre.

### 1.2 La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> 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).



Figure .IV.02: Conductivité mètre.

Tableau. III.01: Relation entre la conductivité et la minéralisation (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	Importante
Conductivité > 1000	Elevée

**Tableau. III.02:**Détermination de la minéralisation globale.

Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Minéralisation (mg/l)
$C < 50$	$M=c \times 1.365079$
$50 < C < 166$	$M=c \times 0.947658$
$166 < C < 333$	$M=c \times 0.769574$
$333 < C < 833$	$M=c \times 0.715920$
$833 < C < 10000$	$M=c \times 0.758544$
$C > 10000$	$M=c \times 0.850432$

### 1.3 Température :

L'une des propriétés uniques et distinctives de l'eau est la température à laquelle l'eau est présente sous sa forme liquide. À la pression atmosphérique normale, l'eau est liquide entre le point de congélation « zéro degré Celsius » et le point d'ébullition « 100 degrés Celsius ».

D'autres substances, de composition similaire à l'eau, ne se retrouvent pas sous forme liquide dans cette large plage de température.

### 2- Les paramètres chimiques :

Les éléments majeurs :

a. **Cations :**  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ .

**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  $Mg^{2+}$  :** Un 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).

## ❖ Hydrochimie

---

**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. Anions :**  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $NO_3^-$ .

**L'ion chlorure  $Cl^-$  :**

La teneur en  $Cl^-$ , des eaux souterraines est essentiellement fonction de la nature des terrains traversés (RODIER J., 2009). La norme algérienne indique une concentration maximale admissible de 500mg/l.

**L'ion bicarbonate  $HCO_3^-$  :**

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (RODIER J., 2005). 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.

**L'ion sulfate  $SO_4^{-2}$  :**

La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux 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 nitrate  $NO_3^-$  :**

Les nitrates sont souvent liés au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, les excréments et fumiers divers, voire les boues de stations d'épuration. Les rejets des collectivités et occasionnellement de certaines industries (Rodier, 2009).



### III. partie pratique :

**1. Sortie terraine n° 01 (chaabet el mrabtine- El malha-)** : Pour effectuer l'analyse de laboratoire , nous avons prélevé des échantillons d'Oued Tafna (chaabet el mrabtine -el malha-).

X	Y	Altitude	Fuseau
641383.96	3880841.95	120 m	30 S



**Figure .IV.03:** moment d'échantillonnage.(22-03-2022)

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



**Figure .IV.04:** prendre les mesures .

## ❖ Hydrochimie

---

Ou les résultats étaient les suivants :

- PH = 7.8.
- Conductivité = 3200 ( $\mu\text{S/cm}$ ).

**Tableau. III.03:** Classification de la conductivité de la zone d'étude.

Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	Minéralisation (mg/l)
3200 > 10000	Elevée

- Température = 25 °C.

## 2- Interprétations des paramètres physico-chimiques :

### 2.1 La dureté totale (TH) :

La dureté de l'eau est due à la présence des ions calcium et de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium (Rodier. J, 2009). Elle est aussi très souvent donnée en degrés français. 1°F correspond à 5 meq / L.

$$\text{TH} = \text{TH Ca}^{++} + \text{TH Mg}^{++}$$

On peut classer les eaux en fonction de leur dureté suivant le tableau ci-dessous :

**Tableau. III.04:** Classification des eaux en fonction de la dureté.

0	Eau pure
0 à 5°F	Eau très douce
5 à 15°F	Eau douce
15 à 25°F	Eau moyennement dure
25 à 35°F	Eau dure
$\geq 35^\circ\text{F}$	Eau très dure

### 2.2 Le TA et le TAC :

Le titre alcalimétrique (TA) est la grandeur utilisée pour déterminer la concentration totale en ion carbonate  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$  et en base forte ( $\text{HO}^-$ ) d'une eau.

Ce titre se mesure en degrés français (°f) : 1°f équivaut à 3,4 mg/L d'ion hydroxyde ( $\text{HO}^-$ ) ou à 6 mg/L d'ion carbonate, ou encore à 12.2 mg/L d'ion hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Pour prendre également en compte les ions bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), on utilise le titre alcalimétrique complet (TAC).

Le TA et le TAC se mesurent après détermination du pH de l'eau.

Le TA correspond à la mesure de la teneur d'une eau en hydroxydes et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux.

Le TAC est la teneur d'une eau en hydroxydes, en carbonates, et en hydrogénocarbonates alcalins et alcalino-terreux.

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

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

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

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

#### Les calculs :

- $4.3 < \text{pH} = 7.8 < 8.3$  .

Alors  $[\text{HCO}_3^-] / 12.2 = 23.5 \text{ mg/L}$ .

Donc ; l'eau moyennement dure

**Tableau. III.05:** Potabilité de l'eau selon les normes algériennes.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration Maximale admissible	Résultats des analyses physico-chimiques	
				Eau potable	Eau non potable
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	-	200		Eau non potable
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	-	150		Eau non potable
Na <sup>+</sup>	mg/l	-	200		Eau non potable
K <sup>+</sup>	mg/l	-	12		Eau non potable
Cl <sup>-</sup>	mg/l	-	500		Eau non potable
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	-	400		Eau non potable
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	-	50		Eau non potable
Ph	-	6.83	9		Eau non potable
Dureté totale	mg/l	-	500		Eau non potable
Résidu sec	mg/l	-	1500		Eau non potable
Conductivité	μS /cm	4940	2000		Eau non potable

### 3. La séance N°1 dans le laboratoire 25 :

Après échantillonnage et calcul des caractéristiques listées. Nous sommes allés au laboratoire (24-03-2022) et avons suivi les étapes suivantes :

#### 3.1 Manipulation :

##### 3.1.1 Dosage de calcium Ca<sup>2+</sup> :

- Mettre dans la burette L'EDTA N /50 (M/100).
- Dans l'erlenmeyer de 250 ml mettre 10ml de NaOH a 10 % (pour avoir un pH 12 à 13) 90 cc d'eau distillée. 01 pincée de murexide.

Avant dosage coloration **ROSE VINEUX**.

Doser jusqu'à coloration **VIOLET**.

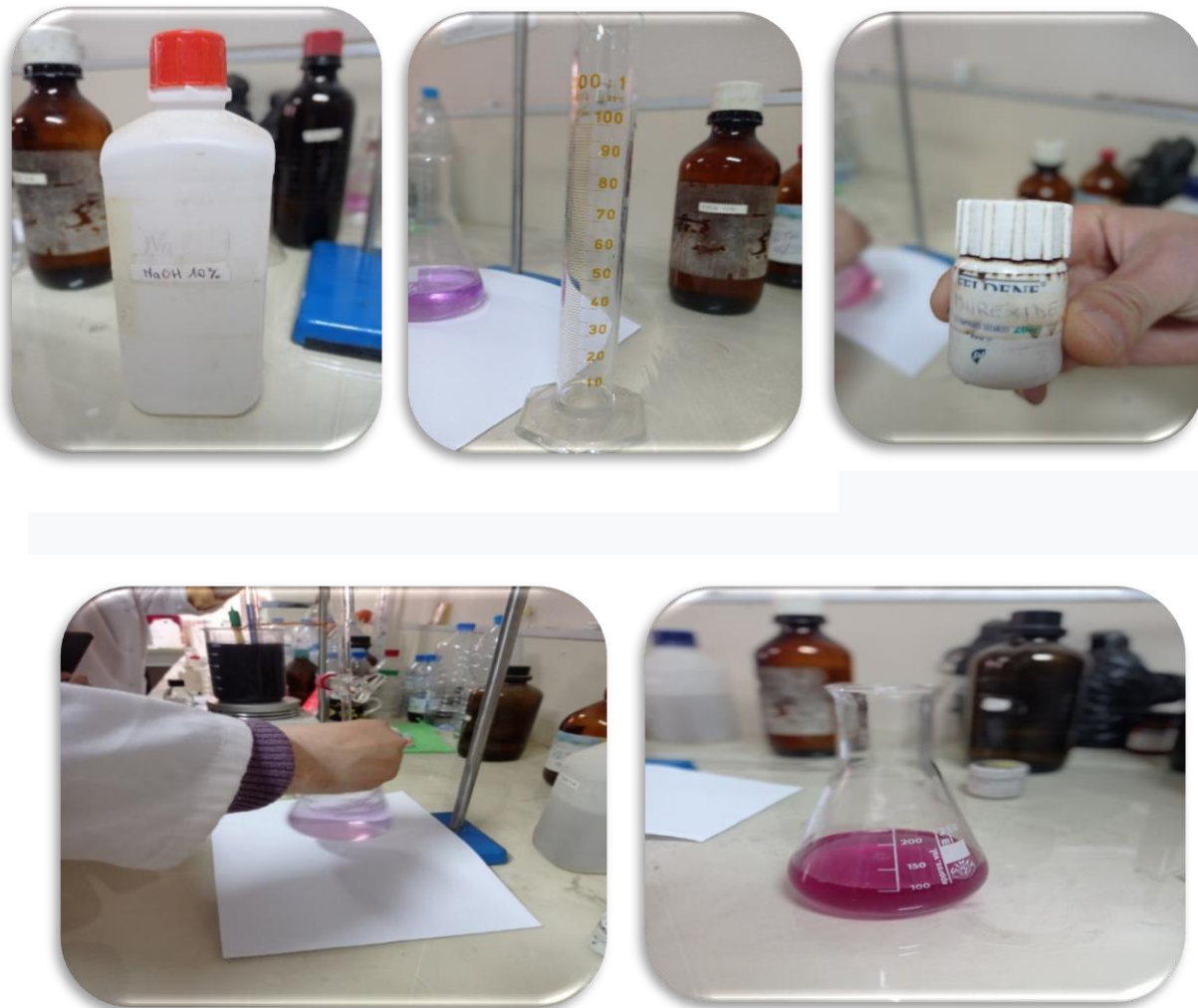


Figure .IV.05: Dosage de calcium  $Ca^{2+}$  .

- Interprétation des résultats :

1 ml d'EDTA = 0.4008 mg /L de  $Ca^{2+}$  × 100.

8.5                      →                      11.7

11.7- 8.5 = 3.2 mL Chute de la burette.

$0.4008 \times 3.2 = 1.28256$  mg / L de  $Ca^{2+}$

→  $1.28256 \times 100 = 128.256$  mg / L.

✓  $Ca^{2+} = 128.256$  mg / L.

- La valeur du calcium  $Ca^{2+}$  dans l'intervalle de la norme algérienne (200mg/l).



## ❖ Hydrochimie

### 3.1.2 Dosage des Chlorures ( $Cl^-$ ) :

- Mettre dans la burette  $AgNO_3$  N/10.
- Dans l'erenmeyer 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.

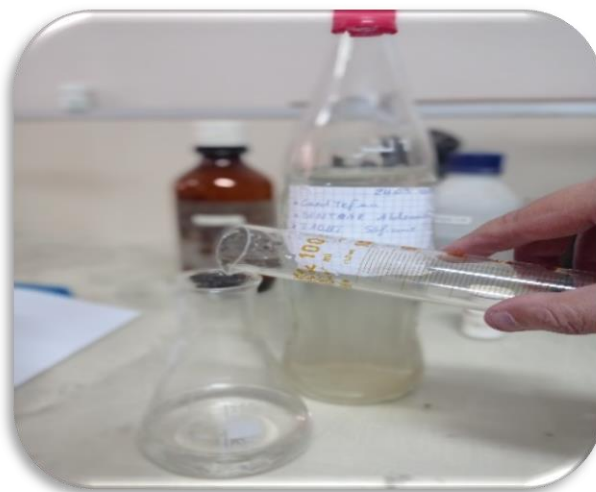
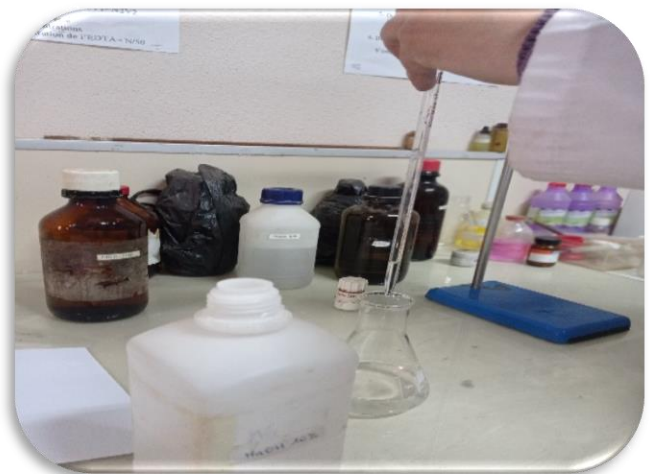


Figure .IV.06: Dosage des Chlorures ( $Cl^-$ ) .

## ❖ Hydrochimie

- Interprétation des résultats :

$$V(\text{mL}) \times 10 \times 3.55 = \dots \text{Cl}^- \text{ mg / L.}$$

$$\longrightarrow 8.2 + 13.8 = 22 \text{ ml.}$$

$$22 \times 10 \times 3.55 = 781 \text{ Cl}^- \text{ mg / L.}$$

$$\text{Cl}^- = 781 \text{ mg / L.}$$

### 3.1.3 Dosage de la dureté totale ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) :

- Mettre dans la burette l'EDTA N / 50.
- Dans l'erlenmeyer 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).

Avant dosage coloration **VIOLETTE** en présence de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ .

Doser jusqu'à coloration **BLEU Franc**.



**Figure .IV.07:** Dosage de la dureté totale ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) .

- Interprétation des résultats :

Dureté total  $T_{Ht} = V(\text{ml})$  en °F

Ou  $T_{Ht} = 2 V / 10$  en meq /L.

$$T_{Ht} = 2 (63) / 10$$

$$T_{Ht} = 12.6 \text{ meq / L.}$$

### 3.1.4 Calcul du magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :

**La dureté totale** = la dureté calssique + la dureté magnésium.

$T_{Ht} = 12.6 \text{ meq / L.}$  Et ;  $T_{Ca^{2+}} = 128.256 \text{ mg / L.}$

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

$$Cep = \frac{Cp}{M} \times Z$$

**M** :la masse molaire (tableau périodique);**Z** : Nombre atomique ; **Cp** : Concentration pondéral.

$$Cep_{Ca^{2+}} = \frac{128.256}{40} \times 2 = \mathbf{6.4128 \text{ meq /L.}}$$

$$T_{Mg^{2+}} = T_{Ht} - T_{Ca^{2+}} = 12.6 - 6.4128 = 6.1872 \text{ meq / L}$$

$$T_{Mg^{2+}} = \mathbf{6.1872 \text{ meq / L.}}$$

$$Cep_{Mg^{2+}} = \frac{Cep_{Mg^{2+}}}{Z} \times M = \frac{6.1872}{2} \times 24 = 74.2464 \text{ mg / L.}$$

$$Mg^{2+} = \mathbf{74.2464 \text{ mg / L.}}$$

- Ce résultat est conforme à la norme algérienne (150mg/l).



## ❖ Hydrochimie

---

**NB :** Les autres paramètres qui restent tels que les nitrates, les sulfates, les bicarbonates, le sodium et le potassium, sont effectués et analysés sous la responsabilité d'un laboratoire privé **OPEN LAB** conformément à la norme algérienne, qui spécifie des méthodes automatisées et d'analyses spectrophotométrique et turbidimétriques à l'aide d'un système d'analyse discontinu pour le dosage de Nitrate, de Sulfate, de Bicarbonate, de Sodium et de Potassium.

Le domaine d'application est l'eau souterraine, potable, de surface.

Paramètre	Résultats	Concentration	Normes et Méthodes référentielles
Nitrates	53.8 mg /l	50 mg /l	ISO 7890-3 : 1998
Sulfates	94 mg /l	400 mg /l	ISO 15923-1 :2013
Bicarbonates	286.7 mg /l	/	ISO9963-2 :1994
Sodium	292 mg /l	/	ISO9964-3 :1993
Potassium	10 mg /l	/	ISO9964-3 :1993

**Conclusion :** teneur en nitrate légèrement élevée.

#### IV. 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 :**

**r :** quantité en réaction, en meq / L.

**BI :** balance ionique, en %

- BI < 2 bonne analyse.
  - 2 % < BI < 5 analyse acceptable.
  - BI > 5 mauvaise analyse.
- 
- La balance ionique calculée pour d'eau est bonne analyse.

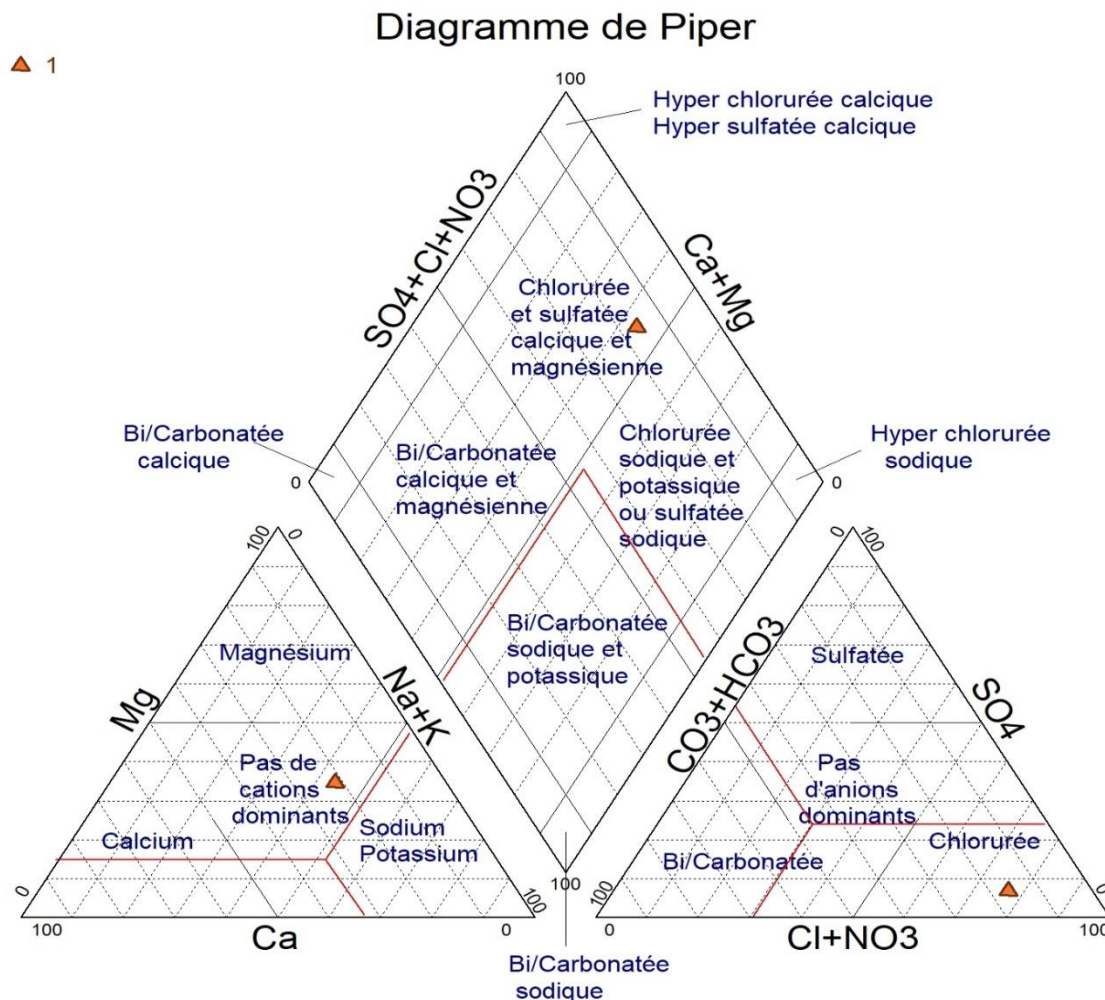
V. Classification des eaux :

Nous avons procédé à la représentation graphique des analyses des eaux, en utilisant les méthodes suivantes :

- Le diagramme triangulaire de **PIPER** et **SHOELLER-BERKALLOF**.
- Le diagramme de **Riverside** et **WILCOX**.
- Potabilité des eaux étudiées (classification selon les normes algériennes).
- Aptitude des eaux destinées à l'irrigation.

5.1 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 des



différents points d'eau. Selon les diagrammes, ces eaux appartiennent à une seule famille :

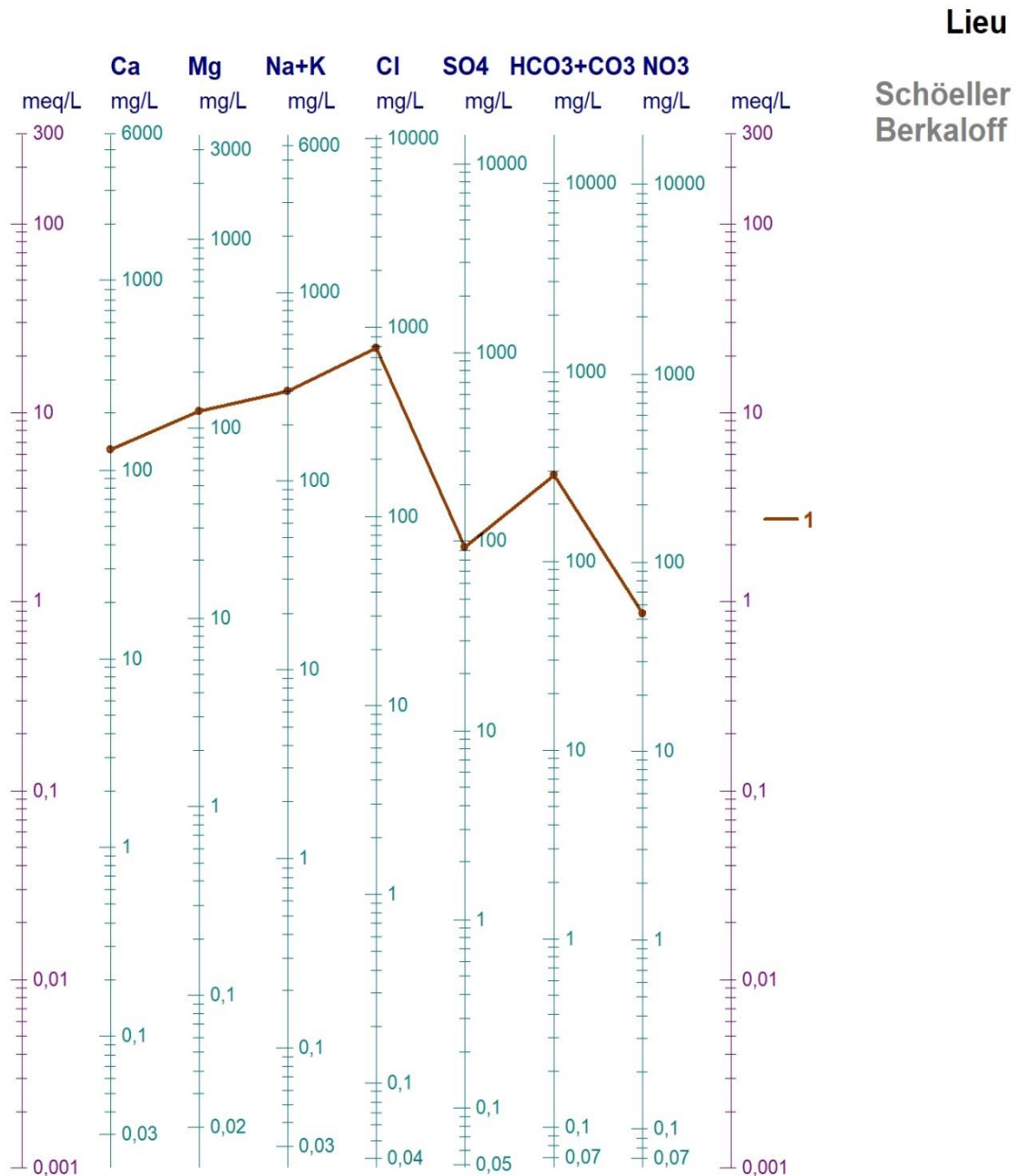
**Figure .IV.08:** Diagramme logarithmique de PIPER.

- ❖ Type de faciès : **Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.**

## ❖ Hydrochimie

### 5.2 Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF :

Le diagramme semi-logarithmique SHOELLER-BERKALLOF 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 chaabet el mrabtine .



**Figure .IV.09:** Diagramme de SHOELLER-BERKALLOF.

❖ Type de faciès : **Chlorurée Sodique.**

- **Indice de Kelly's Ratio (Kr) :**

Cet indice est exprimé par la formule suivante :

$$Kr = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$Kr = 292 / (128.256 + 74.2464)$$

$$Kr = 1.44$$

**Kr < 1** : Eau bonne pour l'irrigation.

**Kr > 1** : Eau mauvaise pour l'irrigation

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

### 5.3 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 :

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

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

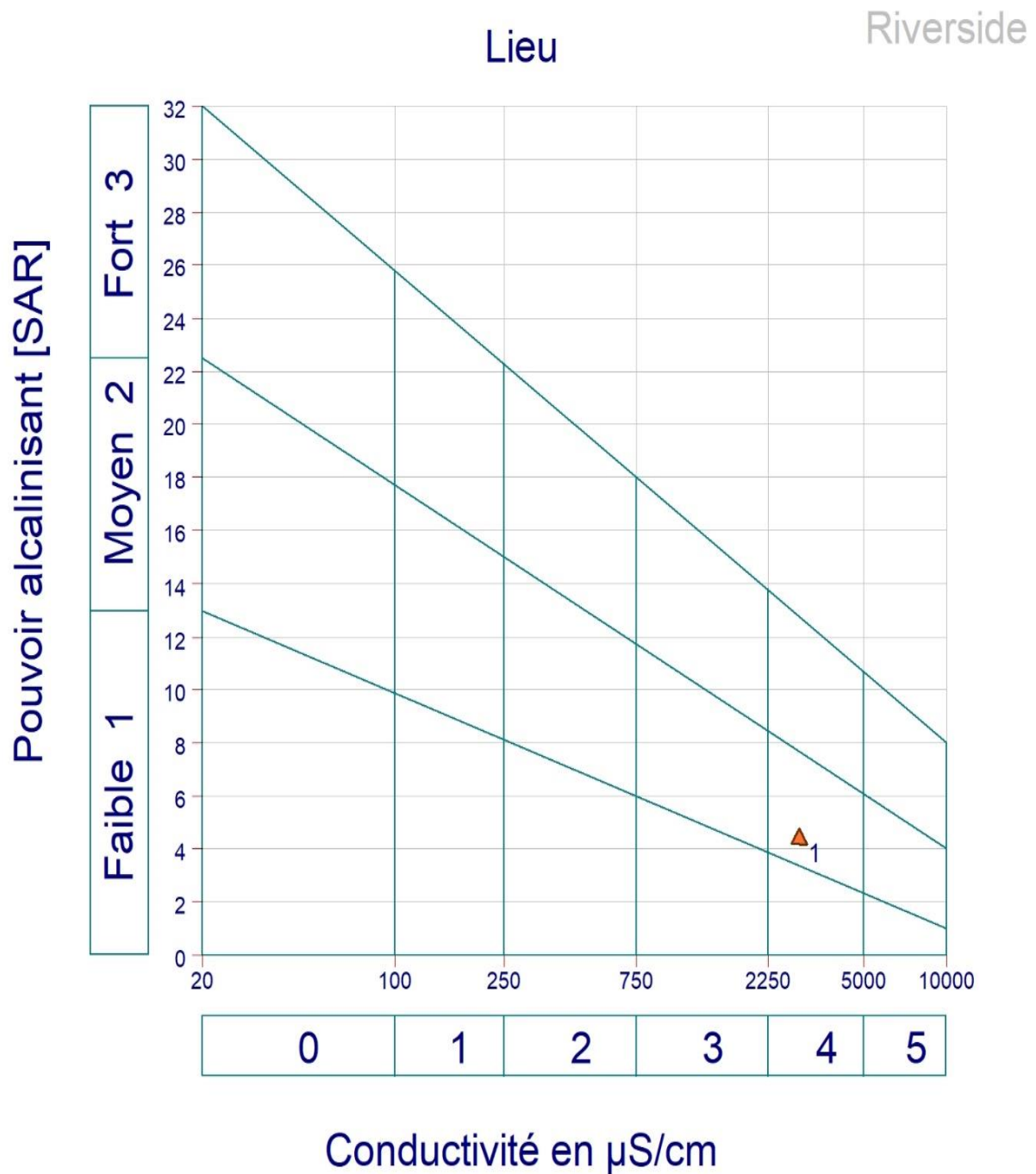
**10 < S.A.R. < 18** : eau de bonne qualité, danger d'alcalinisation assez appréciable.

**18 < S.A.R. < 26** : eau convenable, danger d'alcalinisation important.

**S.A.R. > 26** : eau de qualité médiocre, danger de forte alcalinisation.

#### Résultat :

$$S.A. R = \frac{292}{\sqrt{128.256 + 74.2464 / 2}} = 41.06$$

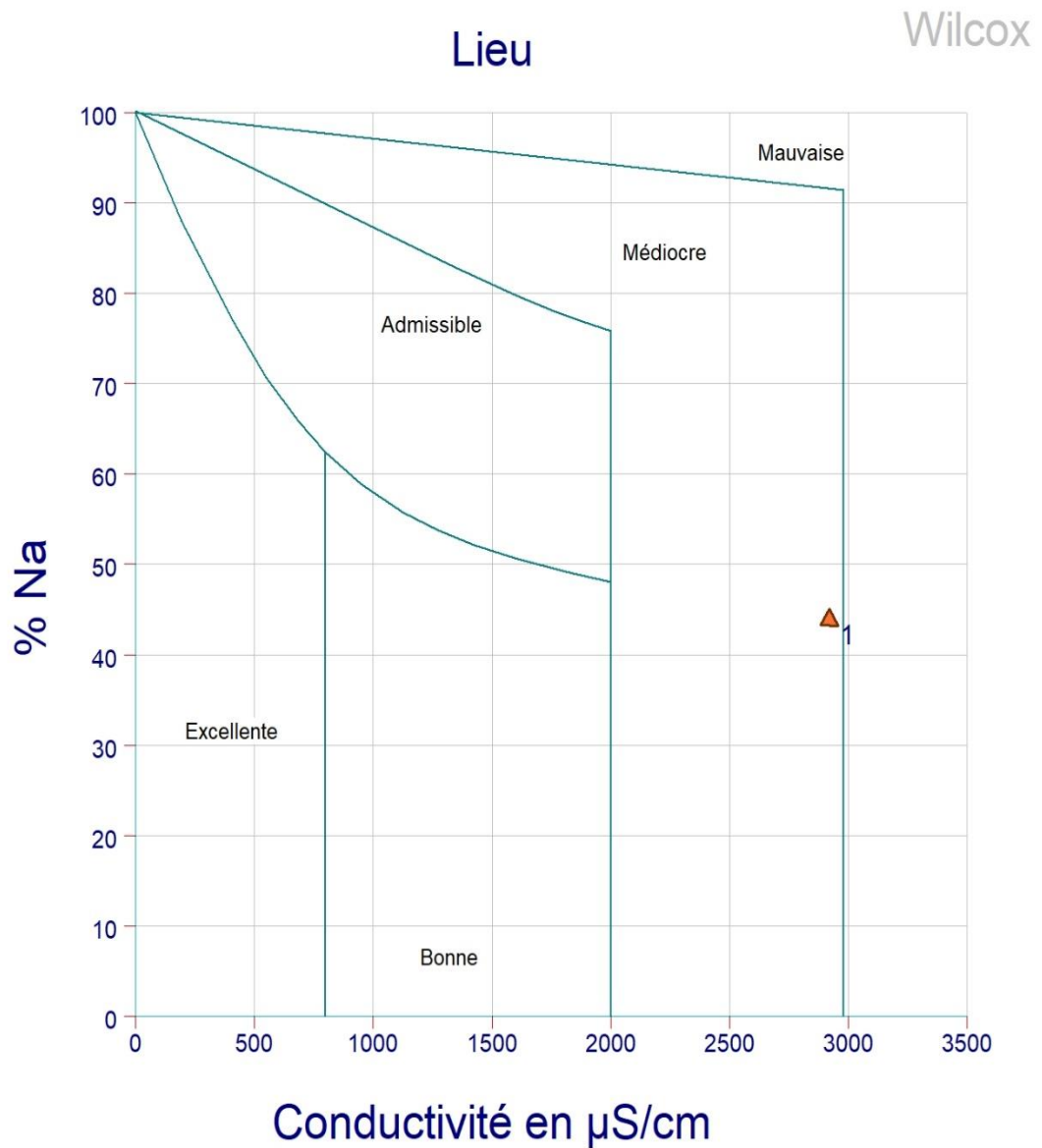


**Figure .IV.10:** Diagramme de Riverside.

D'après le diagramme de Riverside les eaux d'oued Tafna (chaabet el mrabtine -el malha-) sont classée dans 2eme classes : Médiocre

#### 5.4 Diagramme de WILCOX :

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 (excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise).



**Figure .IV.11:** Diagramme de WILCOX .

D'après le diagramme de WILCOX, les eaux d'oued Tafna (chaabet el mrabrine -el malha-) sont réparties en classes : Médiocre .



### VI. Analyse microbiologique :

En mai 2022 des échantillons ont été prélevés dans la zone d'étude (Chaabet el mrabtine-el malha-). Pour le prélèvement de ces échantillons, des récipients en verre ont été utilisés pour les analyses microbiologiques réalisées par le Laboratoire d'Analyses, Contrôle Qualité et Conformité (**OPEN LAB**).

Le flacon est couvert et avant le prélèvement, les mains doivent être désinfectées à l'alcool et une source de feu doit être prévue pour stériliser le goulot du flacon avant et après le prélèvement, l'étiqueter et le transférer directement pour les analyses microbiologiques qui sont réalisées dans un délai maximum d'heures ( 12 heures par rapport les spécifications algériennes). **Sortie de terrain N°2(chaabet el mrabtine -el malha-) (OPEN LAB).**



**Figure .IV.12:** moment d'échantillonnage.

## ❖ Hydrochimie

### 1. Classification des eaux selon les analyses microbiologiques :

L'eau destinée à la consommation humaine contient un grand nombre de micro-organismes pathogènes, facteurs de risque d'infection humaine. Ce sont des bactéries, des virus et même des champignons et des algues.

**Tableau. III.06:** Eaux minérales naturelles et eaux de source selon les normes algériennes

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques(ufc/g)	
		n	c	m	M
Eaux minérales naturelles et eaux de source	Escherichia coli	5	0	Absence dans 250 ml	
	Entérocoques	5	0	Absence dans 250 ml	
	Spores anaérobies sulfito-réductrices	5	0	Absence dans 250 ml	
	Coliformes totaux	5	0	Absence dans 250 ml	
	Pseudomonas aéruginosa	5	0	Absence dans 250 ml	



## ❖ Hydrochimie

---

### 2. Interprétation des résultats d'analyse microbiologique :

**Escherichia Coli** : est une bactérie que l'on trouve couramment dans le tube digestif de l'être humain et des organismes à sang chaud ...

**Les entérocoques** : sont des bactéries Gram positif qui se présentent sous forme de diplocoques ou de coques en chaînettes. Ils sont anaérobies facultatifs, immobiles et dépourvus de capsule.

**Les spores** de micro-organismes **anaérobies sulfite-réducteurs** (clostridia) sont largement répandues dans l'environnement. Elles sont présentes dans les matières fécales humaines et animales, ainsi que dans les eaux usées et le sol.

**Les coliformes totaux** : constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains.

**Tableau. III.07** : les analyses microbiologiques .

Détermination	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	5 <sup>eme</sup>	Limites microbiologiques méthodes	Normes des méthodes
Escherichia Coli /250ml	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO9308-1
Entérocoques/250ml	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO7899-2
Spores anaérobies sulfitoréductrices a 46	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO646162
Coliformes totaux/250ml	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO9308-1

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

### VII. Conclusion :

L'étude hydrochimie réalisée à partir des analyses physico-chimiques et bactériologique des eaux de chaabet el mrabtine -el malha - étudiée a permis d'aboutir aux résultats suivants :

La classification d'oued selon les normes algériennes par rapport à la période étudiée est non potable, suite au taux légèrement élevé en Nitrates ,Chlorure, Sodium et conductivité.

Selon le diagramme de Piper le type de facies est **Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.**

Selon le diagramme de **SHOELLER-BERKALLOF** le type de facies **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 que :

L'eau d'oued en calculant le % en  $Na^+$  et le  $Kr$  est classée : eau de mauvaise qualité (%  $Na^+$ ) et de mauvaise ( $Kr$  supérieure à 1) pour l'irrigation.

- Le diagramme de **RIVERSIDE** a montré que la source de chaabet el mrabtin – el malha- est classée une classes : médiocre
- Selon **WILCOX**, la source est répartie en 2eme classes : Médiocre.

L'eau analysée est de qualité bactériologique non satisfaisante.

# Conclusion générale

## ❖ Conclusion générale

---

Dans notre travail, notre objectif est d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux d'Oued Tafna chaabet el mrabtine- el malha -.

L'étude climatologique faite sur une période allant de 1995 à 2021 a montré que le type du climat d'oued Tafna chaabet el mrabtine – el malha- est semi-aride, avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec.

3. La moyenne annuelle des précipitations est de 313.43 mm.
4. La température moyenne mensuelle atteint son maximum aux mois de Juillet-Août (25.90 °C et 26.58°C) où la température moyenne maximale est de 32.84 °C à 33.36 °C. Son minimum est enregistré au mois de Janvier avec 10.86°C, correspondant à un minimum de 5.47°C.
5. Le diagramme pluvio-thermique permet de visualiser :
  - Une période humide : s'étend du début septembre à la fin du mois de mai.
  - Une période sèche : occupant les autres mois de l'année (de la fin mai, jusqu'au mois d'août).
- Les calculs du bilan ont fait ressortir les résultats suivants :
  - L'évapotranspiration potentielle a été évaluée à environ 905.25mm.
  - L'évapotranspiration réelle annuelle est de 290.5 mm.
  - L'écoulement de surface annuel est de 00 mm.
  - L'infiltration annuelle est de 00 mm.

D'un point de vue structurale , la zone étudiée fait partie d'un grand pli, rempli de sédiments miocènes et quaternaires. Il est formé de bas en haut par la succession litho stratigraphique suivante :

- Miocène
- Pliocène
- Quaternaire

## ❖ Conclusion générale

---

Au plan stratigraphique : ensemble mésozoïque et tertiaire

La synthèse hydrogéologique de manière générale les marnes du miocène (marnes verdâtre et marnes gréseuses) et les limons superficiels sont imperméable. Le reste constitué par les alluvions grossiers de l'oued chaabet el mrabtine -el malha- est perméable.

L'étude hydrochimie réalisée à partir des analyses physico-chimiques et bactériologique des eaux de chaabet el mrabtine -el malha - étudiée a permis d'aboutir aux résultats suivants :

La classification d'oued selon les normes algériennes par rapport à la période étudiée est non potable, suite au taux légèrement élevé en Nitrates ,Chlorure, Sodium et conductivité.

Selon le diagramme de Piper le type de facies est **Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.**

Selon le diagramme de **SHOELLER-BERKALLOF** le type de facies **Chlorurée Sodique.**

L'estimation des eaux à des fins d'irrigation, en utilisant des indices, comme le pourcentage en Na<sup>+</sup>, et le Kr a fait révéler que :

L'eau d'oued en calculant le % en Na<sup>+</sup> et le Kr est classée : eau de mauvaise qualité (% Na<sup>+</sup>) et de mauvaise (Kr supérieure à 1) pour l'irrigation.

- Le diagramme de **RIVERSIDE** a montré que la source de chaabet el mrabtine – el malha- est classée une classes : médiocre
- Selon **WILCOX**, la source est répartie en 2eme classes : Médiocre.

L'eau analysée est de qualité bactériologique non satisfaisante.

## Références bibliographiques

- 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.
- Abalé Mallam Sani Ibrahim (2017)** Cartographie de la vulnérabilité aux extrêmes climatiques : cas du bassin versant de la Tafna. Mém. Master, Univ. Ain Témouchent-
- 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.
- BOUANANI A. (2004)**. : Hydrologie, transport solide et modélisation : Etude de quelques Sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse Doct. Univ. Tlemcen.249p.,81fig.
- 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
- BOUKRA BETTAYEB.I et MAHLIA.N,(2021)** valorisation des argiles miocène de la region de remchi exemple : gisement de djebel gheznone. Mém. Master, Univ. Tlemcen.
- **CHAIB.D et TANIM (2019)** Acteurs de l'eau et leurs interactions dans la gestion de l'eau au niveau du bassin versant Tafna. Mém. Master, Univ. Tlemcen.
- **D'après GENTIL, 1908. VALORISATION DES ARGILES MIOCENE DE LA REGION DE REMCHI EXEMPLE : GISEMENT DE DJEBEL GHEZNONE**
- **DERROUCHE .S et LAHOUEL.Z (2021)**-Contribution à l'étude de l'évolutions de la qualité physicochimique des eaux de la source de kobet el djouz (Tlemcen, ouest algérien). Mém. Master, Univ. Tlemcen.
- FERDIB et HOUBECHE.M (2013)**. -Etude Géologique et Cartographique des argiles du Miocène de DJEBEL GHEZNOUNE (Région de Remchi, Tlemcen). Mém. Master, Univ.Tlemcen.
- 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 Géologique.
- GUARDIA. P (1990)** : - Carte géologique détaillée. Algérie au 1/50.000 Feuille Bensekrane :n°239 et Notice explicative.
- 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.

## ❖ Conclusion générale

---

**-HADJ ALLAL Fatima zahra. Mémoire 2013-2014.-** Contribution à l'étude du genre Tamarix: aspects botanique et Phyto-écologique dans la région de Tlemcen.

**-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.

**-KACEMI.M et SENINA.A (2016).** - Contribution a l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale d'Oued Boukiou (Nord Ouest Algérien). Master, Univ. Tlemcen.

**- Kébir & Miri, 1992 in Kacemi & Senina, 2015.-** Etude et conception d'une retenue collinaire au niveau du bassin versant de l'oued Boukiou (NW Algérie)

**-TADLAOUI SARRA.BOUABDALLAH MED ELHADI(2016).** -l EAU DANS LE BASSIN DE LA TAFNA.

**-TADLAOUI SARRA.BOUABDALLAH MED ELHADI(2016).** -l EAU DANS LE BASSIN DE LA TAFNA

**-MENS et DEROUANE (2000).** - État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie. Mém. Master.

**-Réf : J.O N°34 du 19 juin 2011** concernant la qualité des eaux superficielles et souterraines destinées l'alimentation en eau potable .

**-Réf :** eau minérale naturelle selon l'arrêté du 16/10/2016 concernant les spécification microbiologiques de certaines denrées alimentaires.

**-RODIER.J,2009-L'**analyse de l'Eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.9eme Edit.

**-RODIER .J (1996).** - L'analyse de l'eau : eaux naturelles. 6ème édition, Dunod, Paris,1383p.

**-RODIER .J (2005).** - l'Analyse de l'eau. 5ème édition .Dunod, Paris 1383p.

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

**-TOUMI.T (2012).** - Contribution à l'étude de la faune aquatique des puits du Nord-Ouest Algérien (Région de Maghnia). Mem. Master, Univ. Tlemcen.





# *Annexes*

**Tableau N° 01** : Précipitations enregistrées dans la station de Tlemcen (1995-2021).

Année	P(mm)	Année	P(mm)
1995 /1996	314.45	2008/2009	428.49
1996/1997	325.65	2009/2010	374.71
1997/1998	335.31	2010/2011	370.59
1998/1999	250.74	2011/2012	395.46
1999/2000	191.4	2012/2013	359.18
2000/2001	225.30	2013/2014	474.24
2001/2002	344.93	2014/2015	344.91
2002/2003	326.2	2015/2016	208.53
2003/2004	441.71	2016/2017	251.20
2004/2005	363.23	2017/2018	310.5
2005/2006	303.0	2018/2019	299.95
2006/2007	227.32	2019/2020	203.97
2007/2008	302.74	2020/2021	175.52

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

Degré	Qualité	Classe	Description
1	Excellente	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	Admissible	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	Mauvaise	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**

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Concentration maximale admissible</b>
<b>Calcium</b>	mg/l	200
<b>Magnésium</b>	mg/l	150
<b>Sodium</b>	mg/l	200
<b>Chlorures</b>	mg/l	500
<b>Potassium</b>	mg/l	12
<b>Sulfates</b>	mg/l	400
<b>Nitrates</b>	mg/l	50
<b>Turbidité</b>	NTU	5
<b>Résidu sec</b>	mg/l après séchage à 105°C	1500
<b>pH</b>	-	≥6.5 et ≤ 9
<b>Conductivité</b>	μS/cm à 20°C	2800
<b>Dureté totale</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	200

Source : JORA (2011-2014)



## 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°280/22

**Dénomination** : Eau de source « oued ».

**Reçu le** : 15/05/2022

**N° d'inscription** : E059

**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	53.8 mg/l	50 mg/l	ISO 7890-3 :1998
Sulfates	94 mg/l	400 mg/l	ISO 15923-1 :2013
Bicarbonates	286.7 mg/l	/	ISO 9963-2 :1994
Sodium	292 mg/l	/	ISO 9964-3 :1993
Potassium	10 mg/l	/	ISO 9964-3 :1993

**Conclusion** teneur en nitrate légèrement élevée.

**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





## Laboratoire d'analyses et contrôle de qualité et conformité

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

Décision Ministérielle N°03 du 21-03-2021

RC 13/00-1400604A19 NIF 191130106043135 AI 13510705511

RIB 00100533030000105996 Banque BNA agence 533

### BULLETIN D'ANALYSE N°267/022

**Dénomination :** Eau de source (oued).

**Reçu le :** 15/05/2022

**N° d'inscription :** E059

**Type d'analyse :** Microbiologie

**Observation :** Echantillon prélevé par le client

**Client :**

**CHIKH Morad**

Déterminations	1 <sup>er</sup> Echt	2 <sup>eme</sup> Echt	3 <sup>eme</sup> Echt	4 <sup>eme</sup> Echt	5 <sup>eme</sup> 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	Présence	/	/	/	/	Absence	ISO 64612
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



28 Lot Communal Bouhennak Mansourah Tlemcen  
[Openlab13@gmail.com](mailto:Openlab13@gmail.com) 043 212 974 0665 596 439 0540 277 385  
 LinkedIn-Facebook-Instagram-twitter : Openlab13



