

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Présenté par :

-M<sup>lle</sup>: OURCHANE Nour El Houda

-M<sup>lle</sup>: BOUCHAIB Naima

Thème

**Etude hydrogéologique et caractéristiques hydrochimiques  
des eaux souterraines de la région de Theniet El Had  
(Wilaya de Tissemsilt)**

Soutenu publiquement le 04/07/2019

**Jury:**

		<b>Grade</b>	
<b>Président :</b>	Mr. MOUCHARA Nabil	MAA	Université de Tiaret
<b>Encadreur :</b>	Mr. ZERARKA Abdelkader	MCA	Université de Tiaret
<b>Examineur :</b>	Mr. BOUTOUGA Fateh	MAB	Université de Tiaret

Année universitaire : 2018/2019



# Remerciements

On remercie notre dieu miséricorde de nous avoir amené à réaliser ce projet et de nous avoir donné la possibilité de poursuivre nos études supérieures et de les réussir et d'avoir la chance d'atteindre le niveau MASTER II.

On tient à exprimer nos vifs remerciements :


A notre encadreur monsieur **ZERARKA AEK** qui nous a fait confiance pour le choix de ce sujet, nous le remercions de nous avoir guider pendant toutes sa réalisation, pour sa prise en charge et pour avoir diriger notre travail durant l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également à tous les enseignants du notre département.

Nos remerciements vont aussi à messieurs les membres du jury pour avoir accepter de juger et examiner notre travail.

Enfin, A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études .

**Merci.**



Après avoir remercié « Allah » le tous puissant et volonté.

Je dédie ce modeste travail aux les plus chers au monde :

A mes très chers parents (khaira, Daoud) qui ont tant sacrifié pour mes études en témoignage de leur dévouement, amour, patience et persévérance et qui ont fait de moi la personne qui est aujourd'hui

Mon enseignant ZERARKA AEK qui doit acquérir la fierté d'un bien savoir dans ce travail

A mon adorable frère : Feteh qui n'a jamais été absent dans les moments de ma vie scolaire.

A mes chères sœurs: Nasira, Zahira, Meriem, Hind, en leur espérant le plein succès dans leur vie.

A mes chers neveux et mes nièces : Fadia , Hadjer , Hanane , Sarah , rima Yacine , rida , Aymen , Midou , Nazih , Mayar, Lydia .

Je remercie infiniment mes forces d'avance : Hadjer et Mizou , qui m'ont encouragé durant toutes les périodes difficiles de ma vie et dans mes études

A toutes la famille OURCHANE et BOULBEN

Mes sincères sentiments et de foi à mon binôme et ma chère collègue Naima qui m'a aidé pour réaliser ce projet

A mes camarades de promotion STU master 2 2018-2019 sans exception

A mes meilleurs amis : Imane BT, Soumia, Hayat BDJN,



Houda

*C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail :*

*À MES CHERS PARENTS "ABD ELKADER ET NACIRA"*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour moi*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

*« Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie »*

*A MES TRÈS CHERS ET ADORABLES FRÈRES :*

*M'Hamed , Ayoub et Anas Puisse Allah vous préserver*

*MON ENSEIGNANT ZERARKA AEK qui doit voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*A MES CHERS GRANDS-PARENTS:*

*Mani et djedou Que Dieu vous gardes et vous accorde  
longue vie*

*A l'âme de MES CHERS GRANDS-PARENTS paternel  
" Halima et Boughda "*

*A Mes oncles, mes tantes et leur famille.*

*A Tous mes cousins et cousines.*

*A la famille BOUCHAIB et ABBOU*

*A mes chers et mes amours Fahima Ahlem et Selina*

*A mes très chères amies: Basma , Fatima , Hayat*

*Mes enseignants et mes amies de l'étude.*

*A mon chère binôme Nour El Houda Je te souhaite une vie  
pleine de joies*

*Naima*

# **Sommaire**

## Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction Générale .....	01
<b>Chapitre I : Situation géographique</b>	
Introduction .....	02
1. Situation géographique de la wilaya Tissemsilt .....	02
2. Situation géographique de Theniet El Had .....	04
3. Relief .....	04
4. Aperçu géomorphologique .....	05
5. Végétation .....	06
6. Pédologie .....	06
7. Le Réseau Hydrographique.....	07
<b>Chapitre II : Hydroclimatologie</b>	
Introduction.....	08
1. Analyse climatique de la wilaya Tissemsilt .....	08
2. Climatologie de la zone d'étude .....	09
3. Les facteurs climatiques.....	10
3.1 Les Précipitations.....	10
3.1.1 Les Précipitations moyennes mensuelles.....	10
3.1.2 Les variations interannuelles des précipitations.....	11
3.1.3 Précipitation moyenne interannuelles et coefficient pluviométrique (Cp) .....	13
3.2 Températures.....	14
3.2.1 Températures moyennes mensuelles.....	14
3.3 Diagramme Pluvio-thermique.....	15
3.4 Les vents .....	16
3.4.1 Le sirocco .....	16
4. Indices Climatiques.....	17
4.1 L'indice climatique de DE MARTONNE.....	17
5. Bilan hydrique .....	18
5.1. Détermination des paramètres du bilan.....	19
5.1.1 Evapotranspiration.....	19
5.1.1.1. Evapotranspiration potentielle (ETP).....	19
5.1.1.2. Evapotranspiration Réelle (ETR).....	20
a. ETR selon la formule de « Turc ».....	20
b. ETR selon la formule «C.W.Thornthwaite».....	21
5.2 Ruissellement (R).....	22
5.3 Infiltration (I).....	23
5.4. Interprétation du bilan hydrique.....	26
6. Conclusion.....	26

# Sommaire

---

## Chapitre III : Géologie

Contexte géologique .....	27
Introduction .....	27
1. Litho stratigraphie .....	28
1.1. Les niveaux anciens .....	28
1.1.1. Trias .....	28
1.1.2. Le jurassique .....	28
1.1.3. Le crétacé .....	28
1.1.4. Le tertiaire .....	30
1.1.5. Le quartenaire .....	32
2. La tectonique .....	35
3. La coupe géologique .....	35
4. Conclusion.....	36

## Chapitre IV : Hydrogéologie

1. Contexte Hydrogéologique .....	37
2. Etat Hydrogéologique de Theniet el Had.....	38
2.1 Les forages .....	38
2.2 Les sources et les puits étudiant .....	39
2.2.1. Les sources.....	39
2.2.2. Les puits .....	40
3. Les différents aquifères .....	40
3.1 Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire .....	40
3.2 Aquifère du Barrémien-Aptien-Albien .....	41
3.3 Aquifères du jurassique .....	41
4. Réflexion sur l'ensemble de l'analyse .....	41
5. Mode d'alimentation .....	42
6. Piézométrie .....	43
a. Matériel utilisé pour l'études des sources et puits .....	43
b. L'interprétation de la carte piézométrie .....	43
L'unité de Bouzouard .....	44
L'unité de Thniet El Had .....	44
7. coclusion .....	44

## Chapitre IIV : Hydrochimique

Introduction .....	45
1. Les points de prélèvements .....	45
2. Prélèvement .....	46
Les Paramètre physico-chimique.....	46
Les Paramètre chimique .....	46
Les Paramètre de pollution.....	46
Les paramètres bactériologiques .....	46
3. Identification .....	47
4. Paramètre physico-chimique .....	48
4.1 Interprétation des paramètres physique .....	48
4.1.1 température t (c°) .....	48
4.1.2 Potentiel d'hydrogène (Ph) .....	49
4.1.3 La conductivité électrique (CE) .....	50
4.1.4 Turbidité .....	51
4.1.5 Oxygène dissous .....	52

# Sommaire

---

4.1.6 Matière en suspension.....	53
4.1.7 Salinité .....	54
4.2 Interprétation des paramètres chimique .....	55
4.2.1 Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	55
4.2.2 Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	56
4.2.3 Les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	57
4.2.4 Alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	58
4.2.5 Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	59
4.2.6 Sodium ( $\text{Na}^+$ ) .....	60
4.2.7 Potassium ( $\text{K}^+$ ) .....	61
4.2.8 les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	62
4.2.9 Les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	63
4.2.10 L'ortho Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	64
4.2.11 L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	65
4.2.12 Matière Oxydables.....	66
4.3. Digramme de Piper .....	67
4.5 Interprétation des paramètres bactériologiques .....	68
4.5.1 Les résultats des analyses .....	69
4.5.2 Interprétation des résultats .....	70
5. Conclusion .....	70
Conclusion générale. ....	72

Résumé

Abstract

ملخص

Référence bibliographique

Annexes



# Liste des tableaux

## Liste des Tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre de Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau N°01 :</b>	la caractéristique des stations de Bordj El Emir AEK et El Kherba (Theniet El Had) .....	09
<b>Tableau N°02 :</b>	Les Précipitations moyennes mensuelles des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008) .....	10
<b>Tableau N°03 :</b>	Précipitations interannuelles en (mm) des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).....	11
<b>Tableau N°04:</b>	Coefficients pluviométriques de la région d'étude (les stations de Kherba et Bordj El Emir AEK 1966-2008) .....	13
<b>Tableau N°05 :</b>	Les températures moyennes mensuelles de la région d'étude de la station de Theniet El Had (1966-2008).....	14
<b>Tableau N°06 :</b>	Direction des vents dans la région de Theniet El Had .....	16
<b>Tableau N°07 :</b>	Résultats de l'ETP obtenus par la formule de «C.W.Thornthwaite» de la station Theniet El Had (1966-2008) .....	20
<b>Tableau N°08 :</b>	Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation de la station Theniet El Had (1966-2008) .....	21
<b>Tableau N°09 :</b>	Résultats du ruissellement par la formule de « Tixeront-Berkaloff » pour la station de Theniet El Had .....	22
<b>Tableau N°10 :</b>	Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du bilan hydrique de la station de Theniet El Had (1966-2008) .....	23
<b>Tableau N°11 :</b>	Le bilan hydrique pour la station de la région de Theniet El Had (1966-2008) .....	24
<b>Tableau N°12 :</b>	Etat de la production mensuelle d'eau souterraines (forage) Arrête au : 02/12/2018 .....	38
<b>Tableau N°13 :</b>	Description des sources de la ville Theniet el Had .....	39
<b>Tableau N°14 :</b>	Description des puits de la ville Theniet El Had .....	40
<b>Tableau N°15 :</b>	Localisation géographique et les puits de Theniet El Had .....	45
<b>Tableau N°16 :</b>	Normes algériennes de potabilité des eaux .....	47
<b>Tableau N°17 :</b>	Résultats de mesure de la température des points de prélèvement .....	48
<b>Tableau N°18 :</b>	Résultats de mesure de pH des points de prélèvement .....	49

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau N°19 :</b>	Résultats de mesure de CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des points de prélèvements.....	50
<b>Tableau N°20 :</b>	Résultats de mesure de Turbidité (NTU) des points de prélèvement .....	51
<b>Tableau N°21 :</b>	Résultats de mesure de l'oxygène dissous des points de prélèvement...	52
<b>Tableau N°22 :</b>	Résultats de mesure de MES des points de prélèvement .....	53
<b>Tableau N°23 :</b>	Résultats de mesure de la salinité des points de prélèvement .....	54
<b>Tableau N°24 :</b>	Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement.....	55
<b>Tableau N°25 :</b>	Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement .....	56
<b>Tableau N°26 :</b>	Résultats de dosage de $\text{Cl}^-$ des points de prélèvement .....	57
<b>Tableau N°27 :</b>	Résultats de dosage de $\text{HCO}_3^-$ (mg/l) de points de prélèvement .....	58
<b>Tableau N°28 :</b>	Résultats de dosage de sulfates (mg/l) des points de prélèvement .....	59
<b>Tableau N°29 :</b>	Résultats de dosage de sodium (mg/l) des points de prélèvement.....	60
<b>Tableau N°30 :</b>	Résultats de dosage de potassium (mg/l) des points de prélèvement...	61
<b>Tableau N°31 :</b>	Résultats de dosage de $\text{NO}_3^-$ (mg/l) des points de prélèvement.....	62
<b>Tableau N°32 :</b>	Résultats de dosage de $\text{NO}_2^-$ (mg/l) des points de prélèvement.....	63
<b>Tableau N°33 :</b>	Résultats de dosage de $\text{PO}_4^{-3}$ (mg/l) des points de prélèvement.....	64
<b>Tableau N°34 :</b>	Résultats de dosage de $\text{NH}_4^+$ (mg/l) des points de prélèvement .....	65
<b>Tableau N°35 :</b>	Résultats de dosage de MO (mg/l) des points de prélèvement.....	66
<b>Tableau N°36 :</b>	Normes algériennes de la qualité bactériologiques pour l'eau potable.....	68
<b>Tableau N°37 :</b>	Résultats de dénombrement des paramètres microbiologiques des points de prélèvement .....	70

# Liste des figures

## Liste des figures

---

N°	Liste des figures Titre de figures	Pages
<b>Fig. N°01 :</b>	Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt .....	03
<b>Fig. N°02 :</b>	Situation géographique de la commune de Theniet EL Had .....	04
<b>Fig. N°03 :</b>	Extrait de la carte topographique de Theniet El Had1/50000 .....	05
<b>Fig. N°04 :</b>	Répartition des précipitations moyennes mensuelles des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008) .....	10
<b>Fig. N°05 :</b>	Diagramme des précipitations interannuelles les stations de kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008) .....	12
<b>Fig. N°06 :</b>	Les températures moyennes mensuelles de la région d'étude (station Theniet El Had « 1966-2008 ») .....	15
<b>Fig. N°07 :</b>	Diagramme Ombro-thermique de la région d'étude (station Theniet El Had 1966-2008») .....	15
<b>Fig. N°08 :</b>	Abaque de l'indice d'aridité annuel de DE Martonne de la station de Theniet El Had (1966-2008) .....	18
<b>Fig. N°09 :</b>	Représentation graphique du bilan hydrique pour la station de Thniet El Had (1966-2008) .....	25
<b>Fig. N°10 :</b>	l'extrait de la carte géologique de Theniet EL Had (1/50000) .....	34
<b>Fig. N°11 :</b>	coupe géologique de la région Theniet El Had (trait de coupe A-B).....	35
<b>Fig. N°12 :</b>	Carte piézométrique de la région De Thniet El Had (1/50000) .....	43
<b>Fig. N°13 :</b>	Variation des Températures en (°C) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	49
<b>Fig. N°14 :</b>	Variation des valeurs de pH des points de prélèvement de la zone d'étude.....	50
<b>Fig. N°15 :</b>	Variation des concentrations de CE en ( $\mu$ S/cm) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	50
<b>Fig. N°16 :</b>	Variation des valeurs de Turbidité en (NTU) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	51
<b>Fig. N°17 :</b>	Variation des valeurs d'oxygène dissous en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	52
<b>Fig. N°18 :</b>	Variation des valeurs de matière en suspension en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	53

## Liste des figures

---

<b>Fig. N°19 :</b>	Variation des pourcentages de la salinité des points de prélèvement de la zone d'étude .....	54
<b>Fig. N°20 :</b>	Variation des concentrations de $\text{Ca}^{2+}$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	55
<b>Fig. N°21 :</b>	Variation des concentrations de $\text{Mg}^{2+}$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.....	56
<b>Fig. N°22 :</b>	Variation des concentrations de $\text{Cl}^-$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	57
<b>Fig. N°23 :</b>	Variation des concentrations de $\text{HCO}_3^-$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	58
<b>Fig. N°24 :</b>	Variation des concentrations de $\text{SO}_4^{2-}$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	59
<b>Fig. N°25 :</b>	Variation des concentrations de $\text{Na}^+$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	60
<b>Fig. N°26 :</b>	Variation des concentrations de $\text{K}^+$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	61
<b>Fig. N°27 :</b>	Variation des concentrations de $\text{NO}_3^-$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	62
<b>Fig. N°28 :</b>	Variation des concentrations de $\text{NO}_2^-$ en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.....	63
<b>Fig. N°29 :</b>	Variation des concentrations de $\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.....	64
<b>Fig. N°30 :</b>	Variation des concentrations de $\text{NH}_4^+$ (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	65
<b>Fig. N°31 :</b>	Variation des concentrations de MO en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude .....	66
<b>Fig. N°32 :</b>	Les faciès chimiques (diagramme de piper).....	67

### Liste d'abréviations

**DRE** : Direction des ressources en Eau.

**M** : mètre.

**Km** : kilomètre.

**%** : pourcentage.

**P** : précipitation.

**Mm** : millimètre.

**Cp** : coefficient pluviométrique.

**AE** : Années excédentaires

**AD** : années déficitaires.

**T** : Température.

**°C** : degré Celsius.

**IA** : Indice d'aridité.

**ETP** : Evapotranspiration potentiel.

**ETR** : Evapotranspiration réelle.

**I** : infiltration.

**i** : indice thermique.

**R** : Ruissellement.

**K** : coefficient de correction de la latitude.

**RFU** : Réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes.

**Def** : Déficit agricole.

**BH** : Bilan hydrique.

**EXC** : Excédent.

## Liste d'abréviations

---

**NW** : nord ouest.

**N** : Nord.

**NS** : niveau statique.

**ND** : niveau dynamique.

**Q** : débit.

**SE** : sondage électrique.

**ADE** : Algérienne des eaux.

**Ph** : potentiel hydrogène.

**CE** : conductivité.

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

**CT** : coliformes totaux.

**CF** : coliforme fécaux.

**VSA** : village sociale agricole.



# **Introduction Générale**

# Introduction Générale

---

## **Introduction générale :**

La région d'étude a connu de nombreuses transformations dans différents domaines notamment l'agriculture et l'urbanisme .Elle était le lieu d'un grand remaniement géologique fin secondaire début tertiaire.

L'effet négatif dont se heurtaient les chercheurs c'est bien la négligence des études géologiques en générale et hydrogéologiques en particulier.

La région est le secteur localement caractérisé par la forêt des cèdres et qualifiée par deux nappes aquifères qui rassemblent les ressources les plus importantes en eaux souterraines contenues essentiellement dans les grés du Crétacé et le Mio-Plio-Quaternaire inférieur.

Dans toute la région, certains secteurs sont confrontés à un manque d'eau qui est à l'origine de mauvaises implantations.

Dans cette zone les ressources en eau souterraine sont caractérisées par un contexte géologique favorable même accentué par un des cycles de sécheresses prolongées.

Le changement climatique, la rareté et le caractère aléatoire des précipitations, qui devient de plus en plus alarmant et la dégradation des ressources naturelles sous l'action de l'homme et les conditions climatiques, menacent toute l'agglomération.

La région d'étude est confrontée à d'énormes difficultés liées à une faible pluviosité. La surexploitation des eaux souterraines due à une forte pression démographique et aux activités agropastorales, a accentué le rabattement des niveaux de nappe.

Il s'avère donc nécessaire de mettre en œuvre une étude globale pour la reconnaissance des ressources en eau en vue d'une gestion durable afin d'améliorer la compréhension du fonctionnement du système aquifère.

**Chapitre I :**  
**Présentation de la zone  
d'étude**

**Introduction :**

La wilaya de Tissemsilt, née du découpage territorial de 1984, qui a été tracée autour de l'imposant massif de l'Ouarsenis qui s'étend sur plus de la moitié nord de son territoire, elle s'étend sur une superficie de 3173 km<sup>2</sup>, elle fait partie de la bordure sud du Tell.

La région d'étude (Theniet El Had) est une commune de Tissemsilt qui signifie :

Theniet <col >et El Had <la limite >en effet, en se dirigeant vers le sud de chef lieu, s'étendent les hautes plaines, sur un itinéraires entre la vaste plaine de Chéelif et la plaine du Sersou.

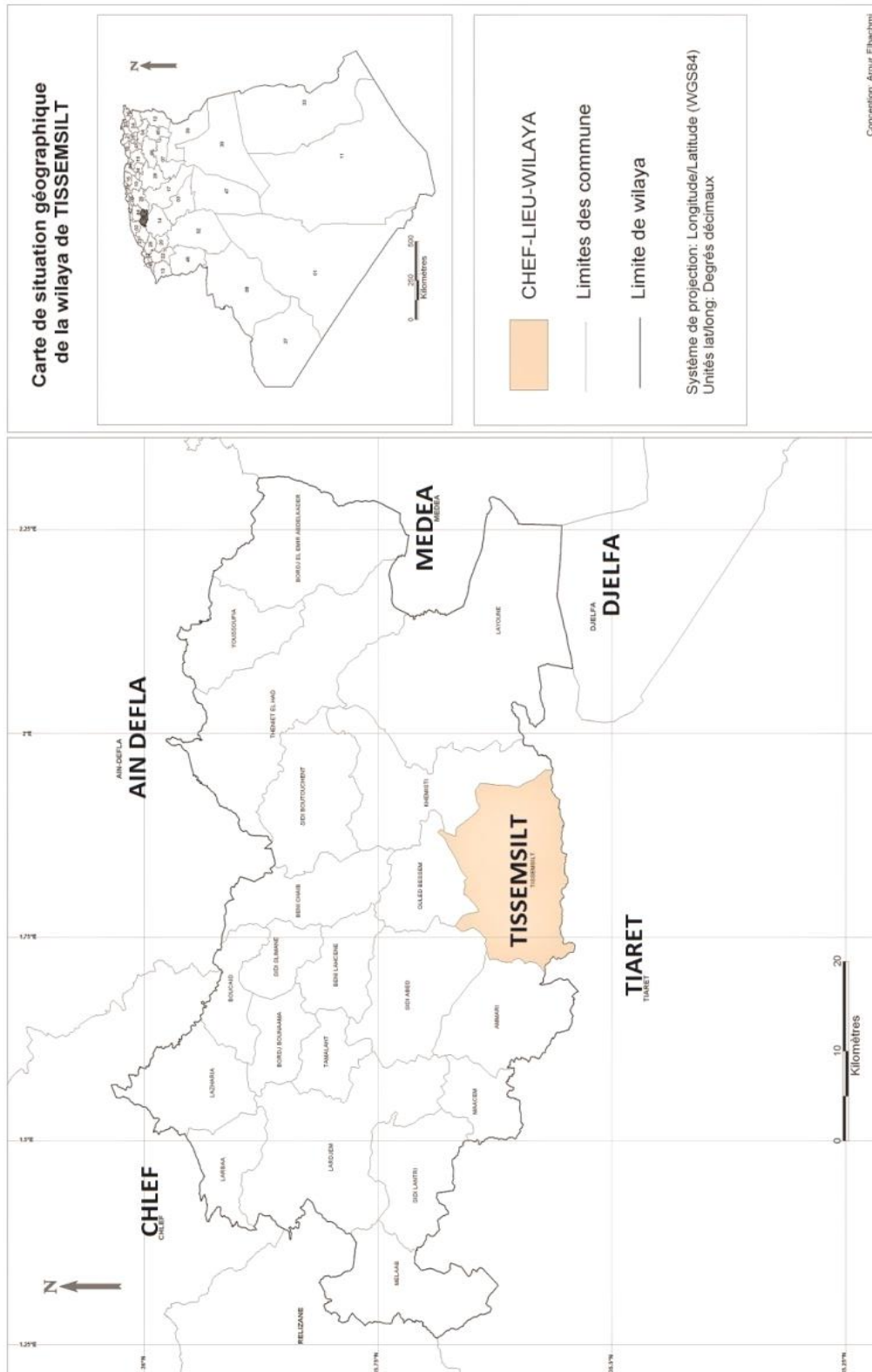
**1. Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt (Fig. N°01):**

La wilaya de Tissemsilt situe dans la région des hauts plateaux, au sud-ouest d'Alger, Elle est comprise entre :

- **Longitude :** 1°18'E et 2°18'E.
- **Latitude :** 35°32'N et 36°00'N.
- **L'altitude par rapport au niveau de la mer :** 866 m.

Elle est délimitée :

- **Au Nord**, par les wilayas d'Ain Defla et Chlef.
- **À l'Est** par la wilaya de Médéa.
- **À l'Ouest**, par la wilaya de Relizane.
- **Au Sud**, par la wilaya de Tiaret et Djelfa.



**Fig. N°01 : Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt (DRE., 2015 modifié).**

## 2. Situation géographique de Theniet El Had:

La commune de Theniet El Had se situe au nord-est de la wilaya de Tissemsilt

L'altitude moyenne de la ville : 1128 m.

Elle est limitée par : (Fig. N°02)

- **Au Nord:** la wilaya de Ain Defla (la commune de Tarek Ibn Ziad et el Hassania).
- **Au Sud:** la commune de Laayoune et la wilaya de Médéa.
- **A L'Est :** la commune de Youssoufia et Bordj émir A.E.K.
- **A L'Ouest :** la commune de Sidi Boutchent et Khemisti.



Fig. N°02 : Situation géographique de la commune de Theniet EL Had (DRE., 2015 modifier).

## 3. Relief :

La commune fait partie du massif l'Ouarsenis qui est une zone fortement individualisée et dont les principaux traits de son relief expriment bien la haute montagne et prédisposent par conséquent aux nombreux processus d'érosion, d'autant plus que les densités de population y sont les plus élevées .le terrain est très accidenté avec présence de pentes liées aux types lithologique de la région qui rend compte de la grande sensibilité à l'érosion.

Ce phénomène naturel se présente comme une véritable contrainte dans le développement et l'aménagement de l'espace communale très accentué par les pentes, qui restent très grandes et

atteint plus de 25%.aussi les pluies torrentielles et l'intervention de l'homme ne cessent d'aggraver la situation et en particulier dans les montagnes.

Le relief de la commune est caractérisé par l'altitude, la pente puisque c'est une zone très accidentée a relief très diversifié. (CHERIER H PNTEH., 2012).

#### 4. Aperçu géomorphologique (Fig. N° 03) :

La nature géomorphologique de la région d'étude offre trois ensembles distincts :

Un relief montagneux (La foret des cèdres), la plaine de Haouch Ben Chiha et les monts de Kef Meziad djebel Koura etc....



Fig. N°03 : Extrait de la carte topographique de Theniet El Had 1/50000.

La détermination des ressources en eau et leurs disponibilités potentielles est étroitement liée au comportement hydrologique du bassin versant, résultat de l'interaction des différents paramètres physico-géographiques déterminant le régime des cours d'eau et celui des nappes aquifères. Une évaluation des ressources en eau et de leur variabilité passe donc par la prise en compte de l'écoulement (superficiel et souterrain) dans ces aspects fondamentaux.

## 5. Végétation :

La végétation persistante sur la carte de Theniet El Had dépend essentiellement de la composition du sous sol à cause de l'influence continentale. Les forêts s'implantent sur de terrains marneux d'âge miocène, crétacé supérieur. Le substratum schisteux ne nourrit qu'une végétation arbustive. Sur les grés numidien une belle implantation de chêne liège et de cèdre. **(CHERIER H PNTEH, .2012).**

## 6. pédologie :

Les différents types de sol :

- les sols peu évolués du groupe d'apport colluvial , il sont formés par des matériaux argilo sablonneux mélanger à des morceaux de roches particulièrement de grés en quantité et dimensions très variées allant de 01 cm à 02 m.
- sur les crêtes se trouvent les sols minéraux bruts d'érosion, les lithosols y prédominent sur des grés.ces sols se succèdent presque sans interruption avec des affleurements de la roche mère et sont peu profonds.
- les sols bruns lessivés qui sont localisés dans les grandes clairières et pieds monts en général ou les plus pentes sont très faibles. **(CHERIER H PNTEH0., 2012).**



## 7. Les réseaux Hydrographiques de Thniet el Had :

Dans le territoire de la commune de Thniet El Had figure un réseau hydrographique très ramifié et souvent temporaire. Il est très souvent fortement encaissé et se termine par un ravinement dense. (CHERIER H PNTEH., 2012).

On cite à titre d'exemple à la périphérie du parc national, l'existence deux oueds permanents :

- Oued **El Mouilha** au nord est de parc.
- Oued **El Ghoul** au sud du parc.

On note la présence de plusieurs sources existantes dans le parc national dont certaines sont captées et utilisées pour les besoins de la faune et le touriste, parmi elles on a :

- **Source d'Ain El Harhara (canton rond-point).**
- **Source de Djedj El Ma (canton Ourten).**
- **Source d'Ain Guigub (canton rond-point).**
- **Source d'Ourten (canton Ourten).**
- **Source de Toursout (canton pré Benchohra).**
- **Source de Ain kinia (canton Fesiouane).**

# **Chapitre II :** **Hydroclimatologie**

**Introduction :**

L'étude hydroclimatologique joue un rôle très important dans la connaissance des comportements des cours d'eau, la présence de la végétation, et la circulation des eaux naturelles.

Elle permet également d'identifier les termes du bilan hydrique notamment les précipitations, les températures, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration. **(Khelifa KH, ARARIA N., 2015).**

**1. Analyse climatique de la wilaya Tissemsilt :**

Le climat de la wilaya Tissemsilt est de type méditerranéen chaud avec été sec selon la classification de Köppen-Geiger.

Sur l'année, la température moyennes varient de 13°C à 16°C et où l'amplitude des moyennes mensuelles entre l'été et l'hiver est environ de 20°.

Les précipitations sont en moyenne de 362.1 mm dans la wilaya mais La moitié sud de la wilaya, qui constitue une transition vers les hautes plaines steppiques semi-arides, est faiblement arrosée ; la pluviosité est comprise entre 300 mm et 400 mm.

Le degré hygrométrique de l'aire accuse une variation diurne de 15 à 20 %, ainsi qu'une variation annuelle sur la moyenne qui va de 60 % en été à 80 % en hiver.

L'évapotranspiration est comprise entre 1200 à 1400 mm/an. Le sirocco souffle de 4 à 8 jours par an.

L'enneigement sur les sommets est de 20 jours en moyenne par an, au-dessus de 1100 m.

Les journées de gelée blanche sont plus nombreuses dans les plaines que dans l'Ouarsenis (Theniet El Had : 18 jours/an – Tissemsilt 14 jours/an). **(DRE., 2018).**

## 2. Climatologie de la zone d'étude :

Le climat de Theniet El Had est dit tempéré chaud en Hiver, les pluies sont bien plus importantes à Theniet El Had qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Koppen-Geiger, le climat est de type Csa. En moyenne la température à Theniet el Had est de 13,8 C°. La moyenne des précipitations annuelles atteints 603 mm (**bureau d'étude technique et de consulting en hydraulique.,2018**).

### Station de mesure :

- L'étude climatologique sera basée sur l'interprétation des données météorologiques enregistrées au niveau de la station de Theniet EL Had et la station de Bordj Amir AEK "W. Tissemsilt". Des observations ont été faites sur une période de 42 ans (1966-2008) (**Tableau N°01**).

**Tableau N° 01** : les caractéristiques des stations de Bordj El Emir AEK et El Kherba.

Paramètre Station	Les coordonnées Lambert (km)		Code	Altitude	période
	x	Y			
<b>BORDJ EL EMIR AEK</b>	461.10	285.30	11603	1080	1991-2008
<b>EL Kherba (Theniet El Had)</b>	482.25	293.30	11604	1240	1966-1990

(Sarmoum M., 2008).

### 3. Les facteurs climatiques :

#### 3.1 Les précipitations :

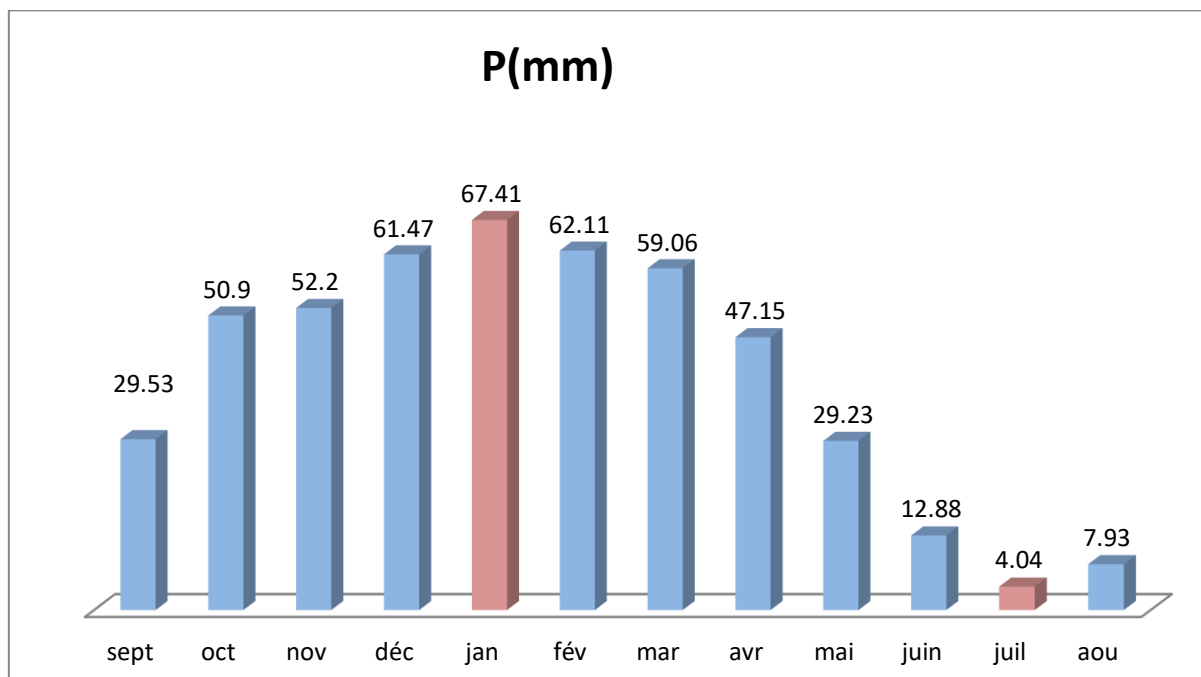
Les précipitations pour la période de (1966-2008) sont caractérisées par une grande variabilité interannuelle avec une tendance de diminution des totaux annuels des précipitations. La moyenne enregistrée durant la période 1966-2008 est de **483.91 mm/an**.

##### 3.1.1 Les précipitations moyennes mensuelle :

Sur une période d'observation qui s'étale sur 42 ans, les précipitations moyennes mensuelles de la région d'étude dans les stations d'El Kherba et Bordj El Emir AEK représentées sur le (Tableau N°02).

**Tableau N°02 :** Les Précipitations moyennes mensuelles des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
<b>P moyen mensuelle en (mm)</b>	29.53	50.9	52.2	61.47	67.41	62.11	59.06	47.15	29.23	12.88	4.04	7.93	<b>483.91</b>



**Fig. N°04:** Répartition des précipitations moyennes mensuelles des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).

- Janvier est le mois le plus pluvieux où on a enregistré une moyenne de l'ordre de 67.41 mm.
- Tandis que Juillet est le mois le plus sec auquel on note une moyenne de l'ordre de 4.04 mm.

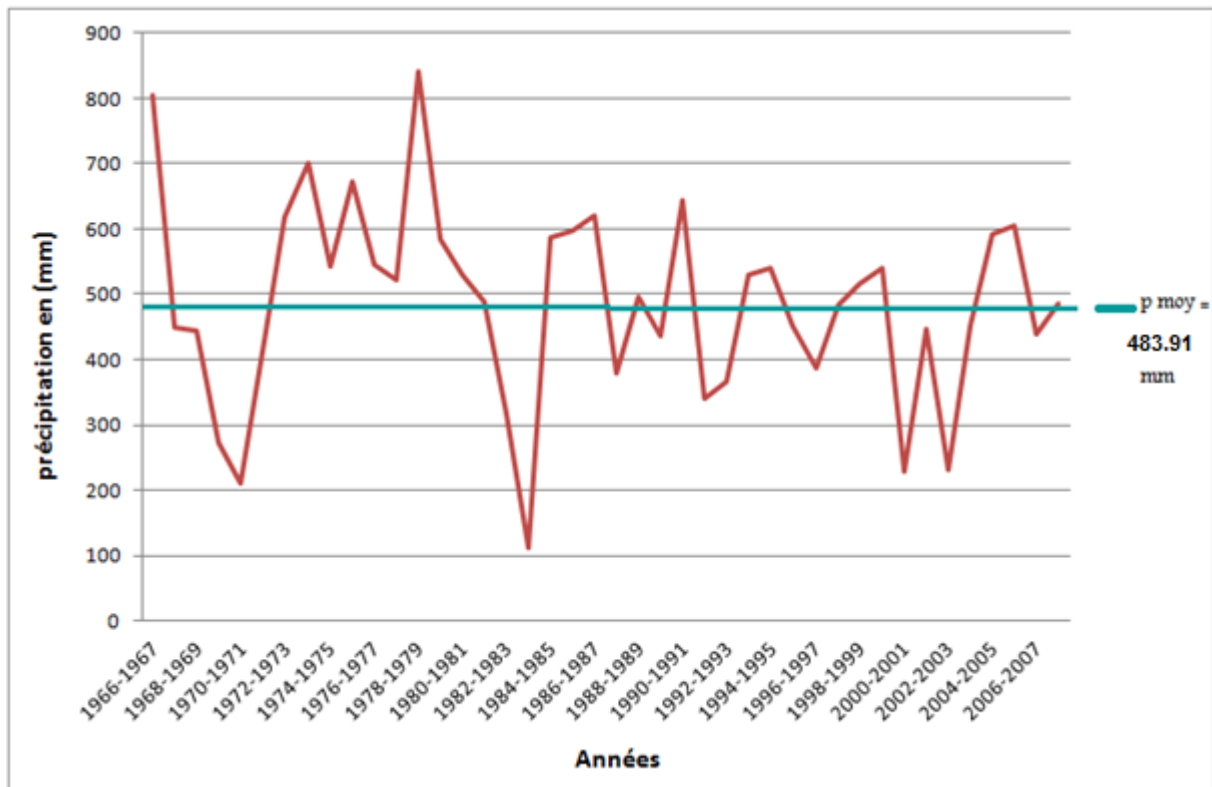
### 3.1.2 Les variations interannuelles des précipitations :

Dans le **Tableau N°03** sont mentionnées les précipitations annuelles des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).

**Tableau N°03** : Précipitations interannuelles en (mm) des stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).

Année	lame de précipitée	Année	lame de précipitée	Année	lame de précipitée
1966-1967	804,8	1980-1981	530	1994-1995	539,3
1967-1968	448,9	1981-1982	488,3	1995-1996	452,4
1968-1969	444,1	1982-1983	318,2	1996-1997	387,4
1969-1970	271,8	1983-1984	111,9	1997-1998	483,4
1970-1971	211	1984-1985	586,4	1998-1999	516,9
1971-1972	412,4	1985-1986	597	1999-2000	539,8
1972-1973	619,1	1986-1987	619,5	2000-2001	229,3
1973-1974	700,6	1987-1988	378,5	2001-2002	445,6
1974-1975	541,5	1988-1989	496,4	2002-2003	231,2
1975-1976	672,1	1989-1990	436,8	2003-2004	451,4
1976-1977	544,1	1990-1991	644,4	2004-2005	591,7
1977-1978	522,6	1991-1992	341,2	2005-2006	605,8
1978-1979	841,5	1992-1993	367,2	2006-2007	439,1
1979-1980	583,8	1993-1994	530,1	2007-2008	486,9
				<b>P moyennes interannuelles</b>	<b>483.91</b>

- On remarque que la moyenne interannuelle des précipitations est de **483.91mm**.



**Fig. N°05 :** Diagramme des précipitations interannuelles les stations de Kherba et Bordj El Emir AEK (1966-2008).

L'analyse de la courbe des variations interannuelles des précipitations sur une période de 42 ans, montre que l'année 1978-1979 est l'année la plus arrosée avec **814.5 mm/an** par contre l'année 1983-1984 est la plus sèche avec **111.9 mm/an.** ( **Fig. N°05**).

### 3.1.3 Précipitation moyenne interannuelles et coefficient pluviométrique (Cp) :

La variabilité des données des précipitations mensuelles est exprimée par un paramètre permettant de distinguer les années excédentaires de celles déficitaires. C'est le " coefficient pluviométrique " (Cp) obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne de toute la série d'observation.

Il est donc en relation proportionnelle avec la pluviométrie et on a :

**Cp** : Coefficient pluviométrique.

**P** : Pluviométrie annuelle de l'année en (mm).

**P' Moy** : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

**Nous avons deux cas :**

**Si : Cp > 1** : une année est dite excédentaire (AE).

**Si : Cp < 1** : une année est dite déficitaire (AD).

$$Cp = P / p'$$

**Tableau N°04:** Coefficients pluviométriques de la région d'étude (les stations de Kherba et Bordj El Emir AEK 1966-2008).

Année	p(mm)	Cp	Obs	Année	p(mm)	Cp	Obs	Année	p(mm)	Cp	Obs
1966-1967	804,8	1,66	AE	1980-1981	530	1,09	AE	1994-1995	539,3	1,11	AE
1967-1968	448,9	0,92	AD	1981-1982	488,3	1,02	AE	1995-1996	452,4	0,93	AD
1968-1969	444,1	0,91	AD	1982-1983	318,2	0,65	AD	1996-1997	387,4	0,8	AD
1969-1970	271,8	0,56	AD	1983-1984	111,9	0,23	AD	1997-1998	483,4	0,99	AD
1970-1971	211	0,43	AD	1984-1985	586,4	0,2	AD	1998-1999	516,9	1,06	AE
1971-1972	412,4	0,85	AD	1985-1986	597	1,32	AE	1999-2000	539,8	1,11	AE
1972-1973	619,1	1,27	AE	1986-1987	619,5	1,28	AE	2000-2001	229,3	0,47	AD
1973-1974	700,6	1,44	AE	1987-1988	378,5	0,78	AD	2001-2002	445,6	0,92	AD
1974-1975	541,5	1,11	AE	1988-1989	496,4	1,03	AE	2002-2003	231,2	0,47	AD
1975-1976	672,1	1,38	AE	1989-1990	436,8	0,9	AD	2003-2004	451,4	0,93	AD
1976-1977	544,1	1,12	AE	1990-1991	644,4	1,33	AE	2004-2005	591,7	1,22	AE
1977-1978	522,6	1,07	AE	1991-1992	341,2	0,7	AD	2005-2006	605,8	1,25	AE
1978-1979	841,5	1,68	AE	1992-1993	367,2	0,75	AD	2006-2007	439,1	0,9	AD
1979-1980	583,8	1,2	AE	1993-1994	530,1	1,09	AE	2007-2008	486,9	1,01	AE



- D'après le tableau ci-dessus concernant les résultats du coefficient pluviométrique, nous remarquons que :

- Il y a 19/42 années déficitaires et 23/42 années excédentaires.

### 3.2 Les températures :

Est un paramètre indispensable pour l'estimation du bilan hydrologique.

Le gradient altitudinal thermique établi par Seltzer (1913-1938) pour les moyennes des températures minimales « m » du mois le plus froid est de 0,4°C tous les 100 m, pour les moyennes des températures maximales « M » du mois le plus chaud set de 0,7°C tous les 100m.

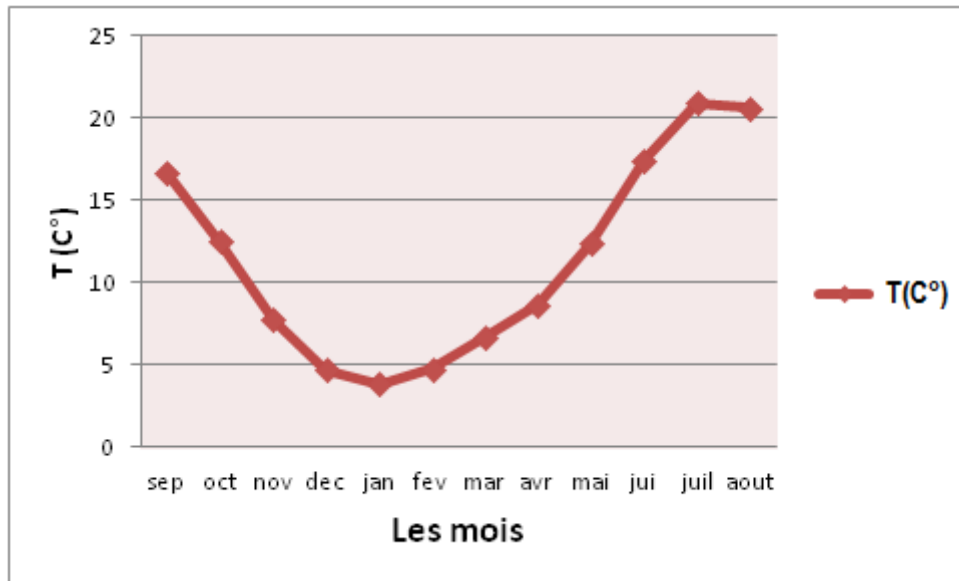
#### 3.2.1 Températures moyennes mensuelles :

L'analyse des données des températures moyennes mensuelles est basée sur les données relevées au niveau de la station de Theniet El Had de l'année 1966 jusqu'à 2008. Elles sont présentées dans le **Tableau N°05**.

**Tableau N°05** : Les températures moyennes mensuelles de la région d'étude de la station de Theniet El. Had (1966-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>T moyennes mensuelles en (°C)</b>	16,68	12,5	7,76	4,69	3,83	4,76	6,73	8,69	12,4	17,42	20,9	20,6

- L'amplitude de variante de « m » comprise entre 02,3°C et 01,42°C dépasse les amplitudes écologiques du cèdre. Selon Seltzer (1980). Le cèdre tolère en peuplement naturel des valeurs de « m » comprises entre 01°ce 08°C.

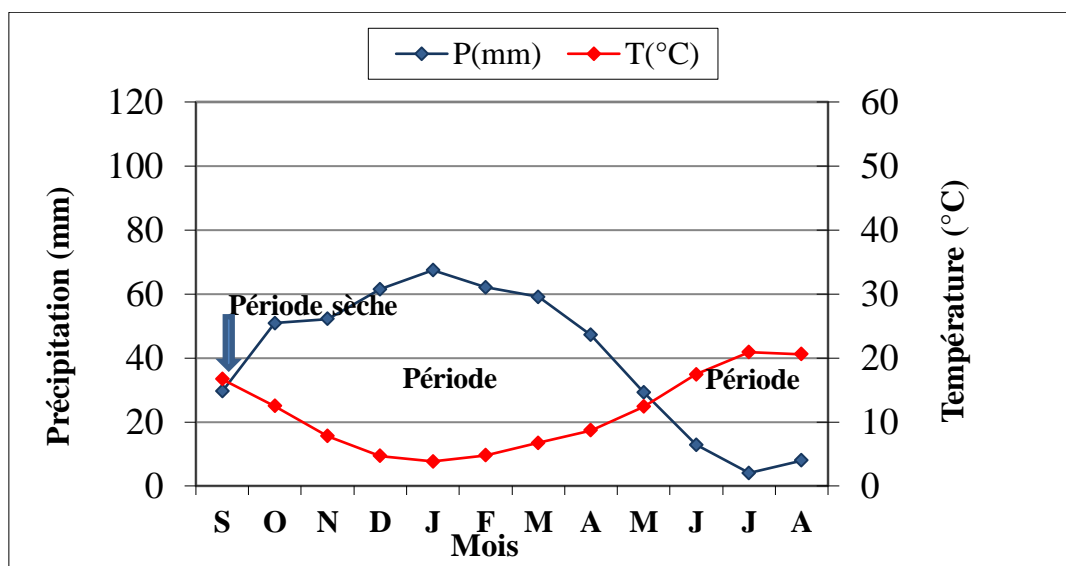


**Fig. N°06 :** Les températures moyennes mensuelles de la région d'étude (station Theniet El Had « 1966-2008 »).

- On remarque que le mois le plus froid est le mois de **janvier** avec une température moyenne mensuelle de 3.83 °C par contre le mois le plus chaud est le mois de **Juillet** avec une température moyenne mensuelle qui atteint 20.9 °C (Fig. N°06).

### 3.3 Diagramme Pluvio-thermique (Ombro-thermique) :

Le diagramme Pluvio-thermique est la combinaison des températures et des précipitations mensuelles moyennes, il permet de déterminer les périodes véritablement sèches et humides.



**Fig. N°07:** Diagramme Ombro-thermique de la région d'étude (station Theniet El Had 1966-2008»).

D'après le diagramme mentionné en **Fig. N°07**, on peut déterminer deux périodes bien distinctes:

- Une période Sèche qui s'étend de mois de **Mai** jusqu'à le mois **Septembre**.
- Une période Humide qui d'étalant de le mois de **Octobre** jusqu'à le mois **Mai**.

### 3.4 Les vents :

Le vent représente l'un des paramètres le plus caractéristique du climat. il a une influence directe sur les température et l'humidité et il active l'évaporation.

Le détail des différentes origines de vent à travers la région de Theniet El Had se résume dans le **Tableau N°07**.

**Tableau N°06** : Direction des vents dans la région de Theniet El Had.

Station	Direction de vent en %								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<b>Theniet el Had</b>	15	8	1	7	11	12	15	31	<b>100</b>

#### 3.4.1 Le sirocco :

Sirocco désigne un vent très sec et très chaud, qui est chargé de poussières et qui souffle du Sahara vers l'Algérie, lorsque de basses pressions règnent sur la Méditerranée. Et s'appelle aussi « guebli » ce vent atteint la région du parc national en direction du sud, surtout en été avec une durée assez longue de 21 jours coïncidant avec la période sèche des mois de juin à août.

#### 4. Indices Climatiques :

##### 4.1 Indice d'aridité de DE MATRONNE :

La formule climatique de DE Martonne est appelée indice d'aridité, définie pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprimé par la relative suivant :

$$I = P/(T + 10)$$

**I** : indice d'aridité annuelle.

**P** : précipitation moyenne annuelle en (mm).

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

-  $A \leq 5$                     **le climat est hyperaride.**

-  $5 \leq I \leq 7.5$             **le climat est désertique.**

-  $7.5 \leq I \leq 10$             **le climat est steppique.**

-  $10 \leq I \leq 20$             **le climat est semi-aride.**

-  $20 \leq I \leq 30$             **le climat est tempéré.**

-  $A \geq 30$                     **le climat est humide.**

Donc  $I = 483.91 / (11.41 + 10)$

$$I = 22.61$$

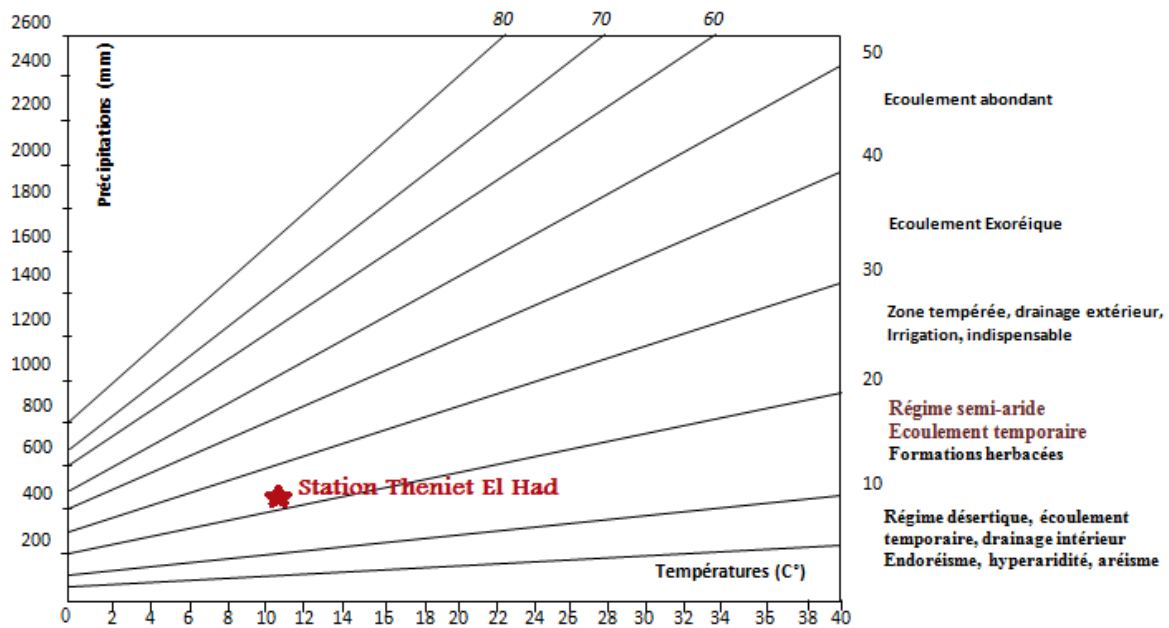


Fig. N°08 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de DE Martonne de la station de Théniet El Had (1966-2008).

Donc d'après l'indice de De Martonne, le climat de notre région est du type tempéré humide à écoulement presque permanent.

## 5. Bilan Hydrique :

Le bilan hydrique vise à établir le budget entre les entrées et les sorties en eau d'une unité hydrologique définie pendant une période de temps donné.

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (Castany G. 1982) :

$$P = R + ETR + I$$

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

**ETR** : l'Evapotranspiration Réelle en (mm).

**I** : infiltration. Si  $I > 0$  les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  les entrées sont inférieures aux sorties.

**R** : Ruissellement moyen annuel en (mm).

## 5.1 Détermination des paramètres du bilan :

### 5.1.1 Evapotranspiration :

C'est un terme important du cycle hydrique qui résulte de deux phénomènes (physique l'évaporation et biologique la transpiration) englobe deux types :

#### 5.1.1.1 Evapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la somme des quantités d'eau qui peuvent s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie en considérant des apports d'eau suffisants

L'ETP est calculée par la formule de C.W.Thornthwaite (1948) qui utilise la température de l'air et la latitude de station et est donnée par l'expression suivante :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a K$$

$$a = \frac{1.6}{100} I + 0.5$$

$$I = \sum i$$

$$i = (t/5)^{1.5}$$

**ETP** : Evapotranspiration Potentielle mensuelle en (mm).

**T** : température moyenne mensuelle en (°C).

**i** : indice thermique mensuel.

**I** : la somme des indices mensuels de l'année.

**K** : facteur correctif intégrant la durée d'insolation.

**Tableau N° 07 :** Résultats de l’ETP obtenus par la formule de «C.W.Thornthwaite» de la station Theniet El Had (1966-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
<b>i</b>	6.09	3.95	1.93	0.90	0.67	0.92	1.57	2.29	3.90	6.50	8.54	8.36	<b>40.62</b>
<b>ETP (mm)</b>	55.66	30.21	10.77	3.88	2.83	4.19	9.83	17.11	37.11	71.62	103.08	93.8	<b>440.09</b>

**5.1.2 Evapotranspiration Réelle (ETR) :**

L'évapotranspiration réelle d'une région représente l'eau réellement perdue par celle-ci sous forme de vapeur, par le sol et les plantes, l’ETR déterminer par : la formule de Turc et la formule «C.W.Thornthwaite».

- **ETR selon la formule de « Turc » :**

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

**ETR** = Evapotranspiration réelle en (mm).

**P** = précipitation moyenne annuelle en (mm).

**L** = pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l’ETR lorsque **P** devient grand.

**T** = la température moyenne annuelle en (°C).

**Application numérique :**

**P** = 483.91 mm

**t** = 11.41

$$L = 300 + 25(11.41) + 0.05 (11.41)^3 = 659.27$$

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

$$ETR = \frac{483.59}{\sqrt{0.9 + \frac{(483.91)^2}{(659.27)^2}}}$$

$$ETR = 295.06 \text{ mm}$$

- **ETR selon la formule «C.W.Thornthwaite» :**

Avec cette méthode L'ETR en (mm) est liée au volume des précipitations.

Trois cas peuvent se présenter :

- **1er cas :  $P > ETP \implies ETR = ETP$  :**

Il y a une reconstitution des réserves du sol jusqu'à la saturation, le surplus va représenter l'écoulement superficiel.

- **2ème cas :  $P < ETP \implies ETR = P + RFU$  :**

Dans ce cas, la RFU (réserve facilement utilisable) va s'épuiser jusqu'à la satisfaction de l'ETP.

- **3ème cas :  $P < ETP$  et  $RFU = 0 \implies ETR = P$  :**

Il y a donc un déficit agricole (DA) représenté par la quantité d'eau qui doit être apportée pour l'irrigation.

**Tableau N°08 :** Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation de la station Theniet El Had 1966-2008

ETR Station	Selon « truc » (mm/an)	Selon «C.W.Thornthwaite » (mm/an)
Theniet El Had	295.06 mm	262,43mm

Les valeurs de l'ETR dans le tableau ci-dessus sont variables selon chaque méthode d'estimation, donc l'évapotranspiration réelle moyenne est égale mm/an pour la méthode de «C.W.Thornthwaite».



### 5.2 Ruissellement (R) :

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation échappe à l'infiltration et l'évapotranspiration,

Calculer par : la formule de « Tixeront-Berkaloff ».

**Méthode de Tixeront-Berkaloff :** est une formule permettant d'estimer le ruissellement moyen annuel :

- **R** : Ruissellement en (m).

- **P** : Précipitation moyenne annuelle en (m).

- **ETP** : Evapotranspiration potentielle en (m).

**P = 483.91 mm**

**$R = (483.97)^3 / 3(440.09)^2$**

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

$$R = 195.02 \text{ mm}$$

**Tableau N°09 :** Résultats du ruissellement par la formule de « Tixeront-Berkaloff » pour la station de Theniet El Had.

Station Paramètre	P (mm)	R (mm)
Theniet El Had (1966-2008)	483.91	195.02

### 5.3 Infiltration (I) :

C'est la quantité d'eau franchissant la surface du sol. Le bilan hydrique nous permet de déterminer l'infiltration efficace (Ie).

$$P = ETR + R + I \longrightarrow I = P - ETR - R$$

Si  $I > 0$  : les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  : les entrées sont inférieures aux sorties.

-  $I$  : Infiltration en (mm).  $I = P - ETR - R$

$$\text{Donc : } I = 483.97 - 262.43 - 195.02$$

$$I = 26.46 \text{ mm}$$

-  $P$  : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

-  $R$  : Ruissellement en (mm).

-  $ETR$  : Evapotranspiration réelle annuelle en (mm) selon la méthode de

« C.W.Thornthwaite ».

**Tableau N°10:** Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du bilan hydrique de la station de Theniet El Had (1966-2008).

Station Paramètre	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Theniet El Had (1966-2008)	483.91	295.06	195.02	26.46

**Tableau N°11** : Le bilan hydrique pour la station de la région de Theniet El Had (1966-2008).

Mois	T (°C)	IT	CL	ETPC	P (mm)	BH	RFU	ETPR	Def	Exd
S	16,68	6,2	1,03	55,66	29,53	-26,13	0,00	29,53	26,13	0,00
O	12,5	4	0,97	30,21	50,9	20,69	20,69	30,21	0,00	0,00
N	7,76	1,95	0,86	10,77	52,2	41,43	62,12	10,77	0,00	0,00
D	4,69	0,91	0,81	3,88	61,47	57,59	100	3,88	0,00	19,71
J	3,83	0,67	0,87	2,83	67,41	64,58	100	2,83	0,00	64,58
F	4,76	0,93	0,85	4,19	62,11	57,92	100	4,19	0,00	57,92
M	6,73	1,57	1,03	9,83	59,06	49,23	100	9,83	0,00	49,23
A	8,69	2,31	1,1	17,11	47,15	30,04	100	17,11	0,00	30,04
M	12,4	3,96	1,21	37,11	29,23	-7,88	92,12	37,11	0,00	0,00
J	17,42	6,62	1,22	71,62	12,88	-58,74	33,38	71,62	0,00	0,00
J	20,9	8,72	1,24	103,08	4,04	-99,04	0,00	37,42	65,66	0,00
A	20,6	8,53	1,16	93,8	7,93	-85,87	0,00	7,93	85,87	0,00
<b>Annuel</b>	<b>11,41</b>	<b>46,37</b>		<b>440,09</b>	<b>483,91</b>	<b>43,82</b>		<b>262,43</b>	<b>177,66</b>	<b>221,48</b>

- **P** : précipitation moyenne mensuelle en (mm).

- **T** : température moyenne mensuelle en (°C).

- **ETP** : évapotranspiration potentielle en (mm).

- **ETR** : évapotranspiration réelle en (mm).

- **RFU** : réserve facilement utilisable en (mm).

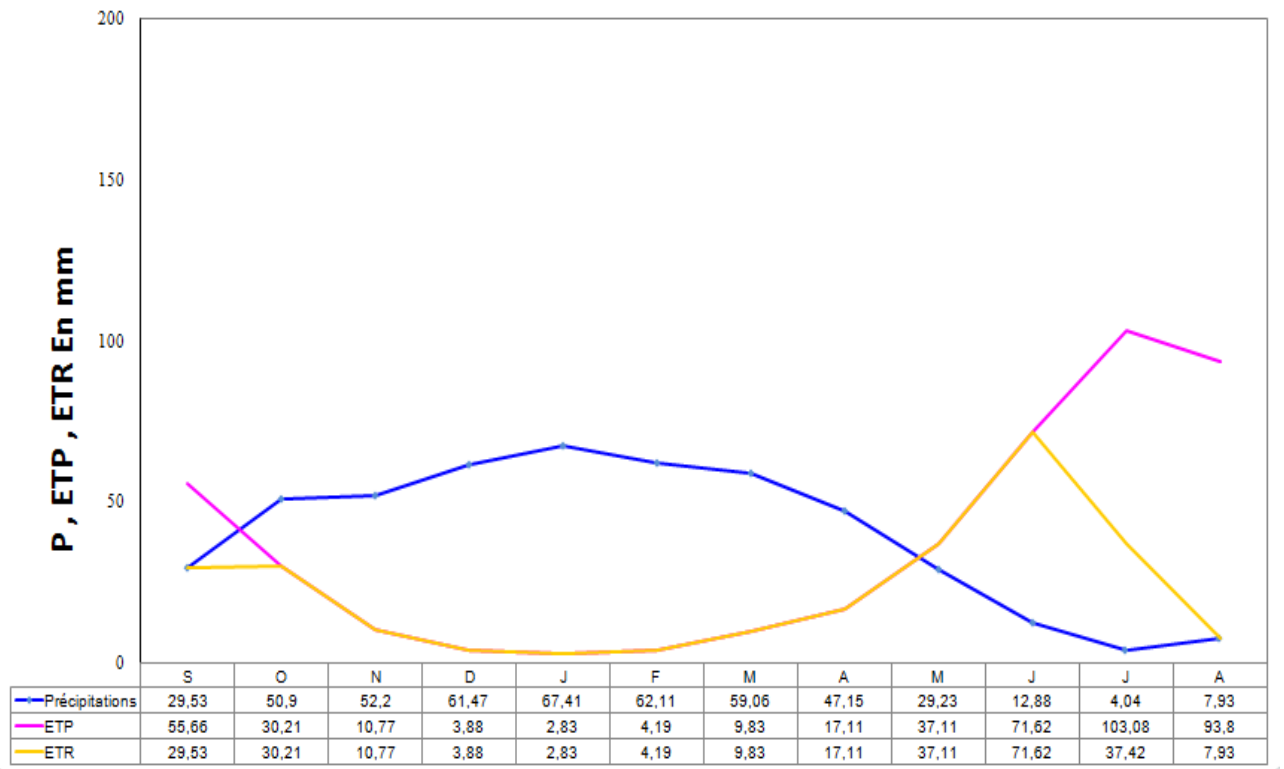
- **EXD** : excédent en (mm).

#### Les formules de vérification :

$$P = ETR + EXD \quad \longrightarrow \quad P = 262.43 + 221.48 = 483.91 \text{ mm}$$

$$EXD = I + R \quad \longrightarrow \quad EXD = 26.46 + 195.02 = 221.48 \text{ mm}$$

$$ETP = ETR + DEF \quad \longrightarrow \quad ETP = 262.43 + 177.66 = 440.09 \text{ mm}$$



**Fig. N°09 :** Représentation graphique du bilan hydrique pour la station de Thniet El Had 1966-2008.

### 5.4 Interprétation du bilan hydrique :

Les résultats obtenus du bilan hydrique pour la station de Theniet El Had illustrés dans le **Tableau N°11** et la figure précédente, nous ont permis de tirer les observations suivantes :

- La région d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles de l'ordre **483.91 mm** et une température moyenne annuelle de **11.41 °C**.
- L'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum au mois de Juillet avec **103.08 mm**, son minimum au mois de Décembre avec **0.81 mm**. L'ETP totale est de l'ordre de **440.09 mm**.
- L'évapotranspiration réelle (ETR) totale est de **268.43 mm**.
- La reconstitution de RFU atteint son maximum (saturation : 100 mm) au mois de Décembre et reste ainsi jusqu' au mois de Avril puis elle commence à épuiser pour se vider complètement au mois de Juillet.
- L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (**100 mm**), au mois de Décembre et se termine à la fin du mois d'Avril avec un maximum au mois de Janvier de l'ordre **64.58 mm** et un minimum au mois de décembre de l'ordre **19.71 mm**.
- L'excédent annuel est égal à **221.48 mm**.

### 6. Conclusion :

Le climat qui règne dans notre région d'étude est de type tempéré, il est caractérisé par un hiver froid et pluvieux la fin d'Aout jusqu'à Mai et un été chaud et sec (Juin, Juillet, Aout)

Le secteur appartient à une zone peu pluvieuse, avec une précipitation moyenne annuelle de l'ordre **de 483.91 mm**.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de : **11.41 C°** avec des écarts entre les minimas et les maximas pouvant atteindre 03° à 20°.

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C.W Thornthwaite montrent qu'une presque la moitié des précipitations est reprise par l'évapotranspiration (**ETR =262.43 mm**) avec un excédant important (**EXD=221.48 mm**) mais le ruissellement représente **195.02mm** et l'infiltration seulement 26.46mm. (Voir **la figure 09** ci-dessus). (**BOUZIOUANE M. et al., 2018**).

# **Chapitre III :**

## **Géologie**

## La géologie de la région d'étude :

### Introduction :

La région constitue une chaîne montagneuse dont les caractéristiques sont fondamentalement semblables sur toute leur étendue. La stratigraphique de la région de Theniet El Had contient des formations d'âge : éocène, oligocène, miocène, pliocène, créacé et trias. (**Fig. N°10**).

### 1. Contexte géologique

Selon Matauer (1958), le territoire est localisé sur des grés numidiens qui forment l'ossature du massif dont les importantes falaises gréseuses dominant toujours sur un substratum formé de créacé et des tertiaire très marneux (miocène) fortement raviné. A coté des grés à ciment calcaire ou gréseux facilement altérables, existent très localement des calcaires durs et des substrats meubles marneux ou des colluvions de quaternaire. (Sari, 1977; Ounadi et al, 1990). Le territoire de la commune de Theniet El Had appartient a la partie du tell méridional limité au nord par la dépression de Chélif d'âge miocène et au sud par les hauts plateaux du Mio-Plio-Quaternaire.

Le territoire de la commune de Theniet El Had appartient a la partie du tell méridional limité au nord par la dépression de Chélif d'âge miocène et au sud par les hauts plateaux du plio-quaternaire, entre les deux apparaissent une portion méridionale a forte élévation transversale et vers le sud - ouest d'Alger apparaissent des terrains tertiaires et créacé très tectonisés. (**CHERIER H PNTEH, .2011**).

## 2. Litho stratigraphie

### 2.1 Les niveaux anciens :

#### 2.1.1 Trias :

Il existe dans la région d'étude comme sur l'ensemble du territoire de Tissemsilt, des points où l'on peut observer des formations caractérisées par un mélange d'argiles, de marnes, parfois de grés, Brunâtres, violines ou versicolores.

Dans leur ensemble, ces affleurements «Triasiques» soulignent le passage d'accidents, témoins de rejets profonds qui paraissent actuellement en mouvement ascendant.

Dans les autres endroits ce «Trias» également représenté par des marnes ou des argiles versicolores avec gypse, halite. (CHERIER H PNTEH, .2011).

#### 2.1.2 Le Jurassique :

La série du Jurassique n'apparaît pas dans la région d'étude.

##### a) Le Berriasien - Néocomien :

Il correspond à une ancienne barre calcaire. Le Berriasien - Néocomien comporte deux formations :

- Les marnes vertes à gypse.
- La corniche calcaire.

##### a.1) Litho stratigraphie :

- Les marnes à gypse : Alternant avec des bancs de calcaires d'une épaisseur très variable de 30 à 100 m, le gypse forme à certains endroits des barres pluri-métriques. (LESCOMPLEKT., 1984)

#### 2.1.3 Le Crétacé :

##### a) Le Berriasien – Néocomien :

Il correspond à une ancienne barre calcaire. Le Berriasien - Néocomien comporte deux formations :

- Les marnes vertes à gypse.
- La corniche calcaire.



**a.1) Litho stratigraphie :**

Les marnes à gypse : Alternant avec des bancs de calcaires d'une épaisseur très variable de 30 à 100 m, le gypse forme à certains endroits des barres plurimétriques.

**b) Le Barrémien :**

Il marque une importante phase dans le cycle sédimentaire. Cet étage se présente en effet avec des faciès continentaux dans toute la région. Sa limite inférieure débute au toit des derniers faciès carbonatés observés au sommet du Néocomien.

Cette limite est purement lithologique bien qu'arbitraire au point de vue stratigraphique elle marque un changement très net dans le cycle sédimentaire qui a valu à la formation l'appellation de grès à dragées et les grès quartzites.

**b.1) Litho stratigraphie :**

Ce sont des grès de couleur ocre rouge en petits ou gros bancs admettant de fines inter stratifications d'argiles et des intercalations de petits niveaux de calcaires dolomitiques gris vers le sommet, alternant avec des argiles rouges à fines passées gréseuses à stratifications entrecroisées.

La roche est généralement friable avec un ciment calcaire qui peut dans certains cas faire défaut. Les dragées correspondent ici à du quartz roulé dont le diamètre varie de quelques millimètres à 2 ou 3 centimètres.

**c) L'Aptien :**

La limite du Barrémien - Aptien est en général délicate à définir et difficile à observer bien qu'elle couvre parfois de très grandes surfaces d'affleurement. Ces difficultés sont l'œuvre de la lente régression de la mer responsable du changement progressif du faciès.

**c.1) Litho stratigraphie :**

L'Aptien est principalement constitué de calcaires en bancs massifs parfois dolomitiques renfermant très souvent des passages marno - calcaires.

**d) L'Albien :****d.1) Litho stratigraphie :****d.1.1) L'Albien inférieur :**

C'est un ensemble de formations se présentant avec un faciès continental.

La formation est très développée au nord de la région d'étude, et peut atteindre par endroits plusieurs dizaines de mètres.

**d.1.1) L'Albien supérieur :**

On peut observer des intercalations de marnes vertes parfois gypseuses et de bancs de calcaires à patine beige et cassure grise. La série se termine par des marnes vertes à poupees et de calcaires avec de fréquentes intercalations de calcaires argileux.

**e) Le Cénomaniens :**

Le Cénomaniens repose sur l'Albien continental mais lorsque l'on se dirige vers le Sud Ouest on peut constater que ce sont des niveaux de plus en plus élevés dans la série Cénomaniens qui sont au contact de l'Albien. Le Cénomaniens est constitué par des marnes gypsifères intercalées de bancs de calcaires dolomitiques. Le Cénomaniens est moins épais (110 m).

**f) Le Turonien :**

C'est une formation dans laquelle se sont déposés des faciès métriques essentiellement calcarè - dolomitiques présentant parfois une tendance récifale.

Du fait de sa constitution lithologique et de sa position structurale, le Turonien constituera un élément remarquable de la morphologie du secteur d'étude.

Il forme en effet la corniche terminale des grands synclinaux perchés qui surplombent en falaise les formations tendres du Cénomaniens.

**2.1.4 Le Tertiaire :**

Les formations récentes sont le plus souvent conservées dans les basses altitudes alors qu'elles ont été enlevées par l'érosion au niveau des anticlinaux. Les terrains Tertiaires

affleurent au Sud-ouest de la région et se présentent sous forme de séries rouges concordantes ou discordantes (suivant leur position stratigraphique) sur les terrains Mésozoïques.

**a) L'Eocène** : éocène supérieur: des formations de marnes noires et grises et rare bancs de grès et de calcaires.

D'une épaisseur de 80 à 100 m la formation constitue une unité lithologique variable. Suivant la nature lithologique et la variation verticale de faciès quatre membres peuvent être mis en évidence :

Un membre de transition gypso - marneux.

Un membre détritique inférieur (silt et grès).

Un membre marno-calcaire intermédiaire.

Un membre détritique supérieur (grès fluviatiles à stratifications obliques ou horizontales).

**b) Le Miocène :**

. Dans son ensemble cette formation continentale est constituée de poudingues, de sables et d'argiles. Deux membres ont été identifiés :

- Un membre détritique grossier inférieur formé d'argiles roses, poudingues à gros éléments de l'Albien et du Turonien, conglomérats.

- Un membre supérieur argilo - sableux fin formé d'un ensemble homogène composé de sables.

Argileux rouges où d'argiles rouges. Miocène supérieur: des lambeaux de conglomérats et d'argiles rouges.

-miocène inférieur : de bas en haut : -conglomérats très fréquents et de puissance très variable.

-conglomérats contenant des galets de la chaîne calcaire.

**c) Pliocène - Pléistocène :**

En discordance sur tous les terrains antérieurs la série est interrompue et ravinée par les cours d'eau actuels, cette formation est masquée le plus souvent par les atterrissements sableux d'âge Quaternaire. (LESCOMPLEKT., 1984).

### 2.1.5 Le Quaternaire :

Il résulte de l'accumulation dans des zones topographiquement basses du matériel sédimentaire arraché à la chaîne par les actions érosives. Les alluvions ainsi formées sont constituées par des sédiments généralement fins. Ce sont des limons de couleur ocre souvent très chargés en matériel gréseux. Les niveaux grossiers à graviers ou galets y sont rares et lorsqu'ils existent sont bien localisés à la périphérie des formations conglomératiques du Tertiaire continental. Suivant leur limite d'accumulation, les alluvions ont des épaisseurs variables sans oublier que le réseau hydrographique actuel les entaille profondément.

Au niveau de la région d'étude, le Quaternaire est visible dans les dépressions à proximité des thalwegs, on peut distinguer de bas en haut :

- Le Quaternaire ancien formé d'éléments grossiers, mal arrondis avec encroûtements calcaires. Leur altitude au-dessus des thalwegs est de 3 mètres.
- Le Quaternaire récent formé d'alluvions calcaires limono - sableuses, situées à 1 mètre

Au-dessus des thalwegs.

- Les alluvions actuelles que l'on rencontre dans les fonds d'oueds comportent des apports grossiers (galets) associés à une matrice sableuse.

La généralisation des ravinements a plusieurs aspects et devient particulièrement dans les terrains à forte pente et quand les précipitations se prolongent et sont de forte intensité.

Les ravinements sont observés essentiellement dans les formations homogènes constituées de roches tendres.

Les terrains schisteuses ont une évolution dangereuse en période de forte précipitations, avec le déboisement et les pentes accentuées le déclenchement des processus d'érosion s'accélère compte tenu surtout de la rapidité de l'altération dans de nombreux affleurements.

En période sèche, les versants dénudés se couvrent d'un manteau de débris bien caractéristique en forme de "frite".

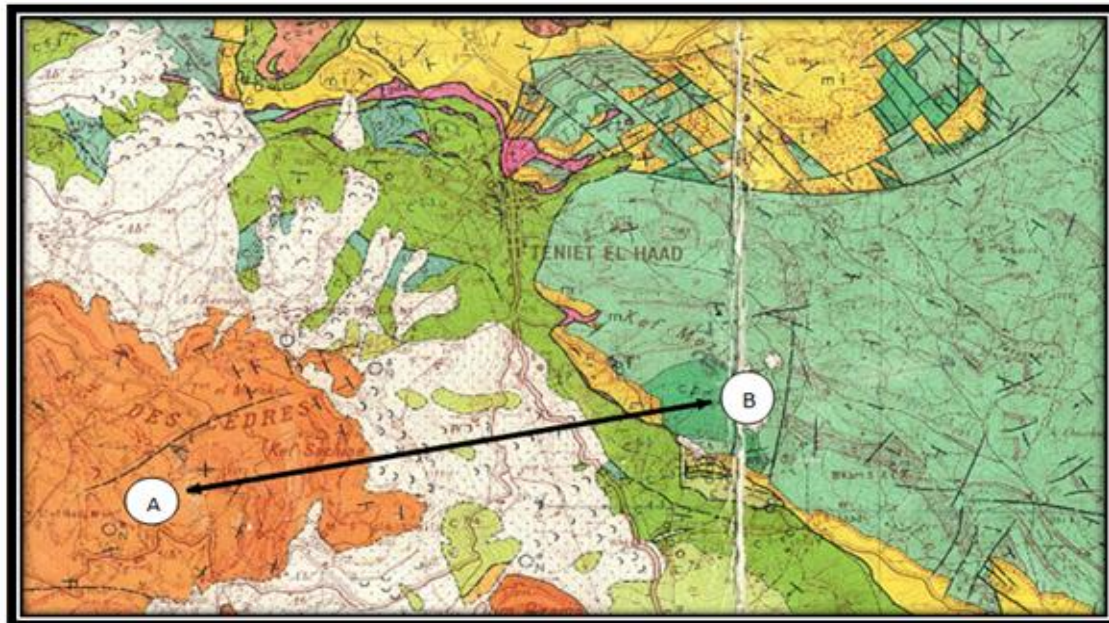
Sur de tels versants, les produits de la désagrégation alimentent des mouvements qui parviennent à interrompre notamment les pistes taillées dans la roche en place. En période de précipitation le ruissellement balaye les versants de leur couverture et l'érosion se

développent et se traduit par des entailles profondes. Les schistes sont soit "écaillés" et pelés, soit incisés et disséqués intensément.

Dans les marno-calcaires est moins rapide, les interfluves se conservent relativement et ne sont découpés que rarement.

En effet, les ravinements se présentent par une grande ablation de terrains, et par conséquence l'entraînement de quantités considérable d'alluvions dans les plaines et au fond des barrages.

Les réactivations de cette forme d'érosion sont liées à des actions anthropiques. Le déboisement généralisé, la multiplication des pistes et l'extension de la céréaliculture sur les pentes constituent un facteur initiateur et fixateur. **(LESCOMPLEKT., 1984).**



Echelle : 1/50000

**La Légende :**

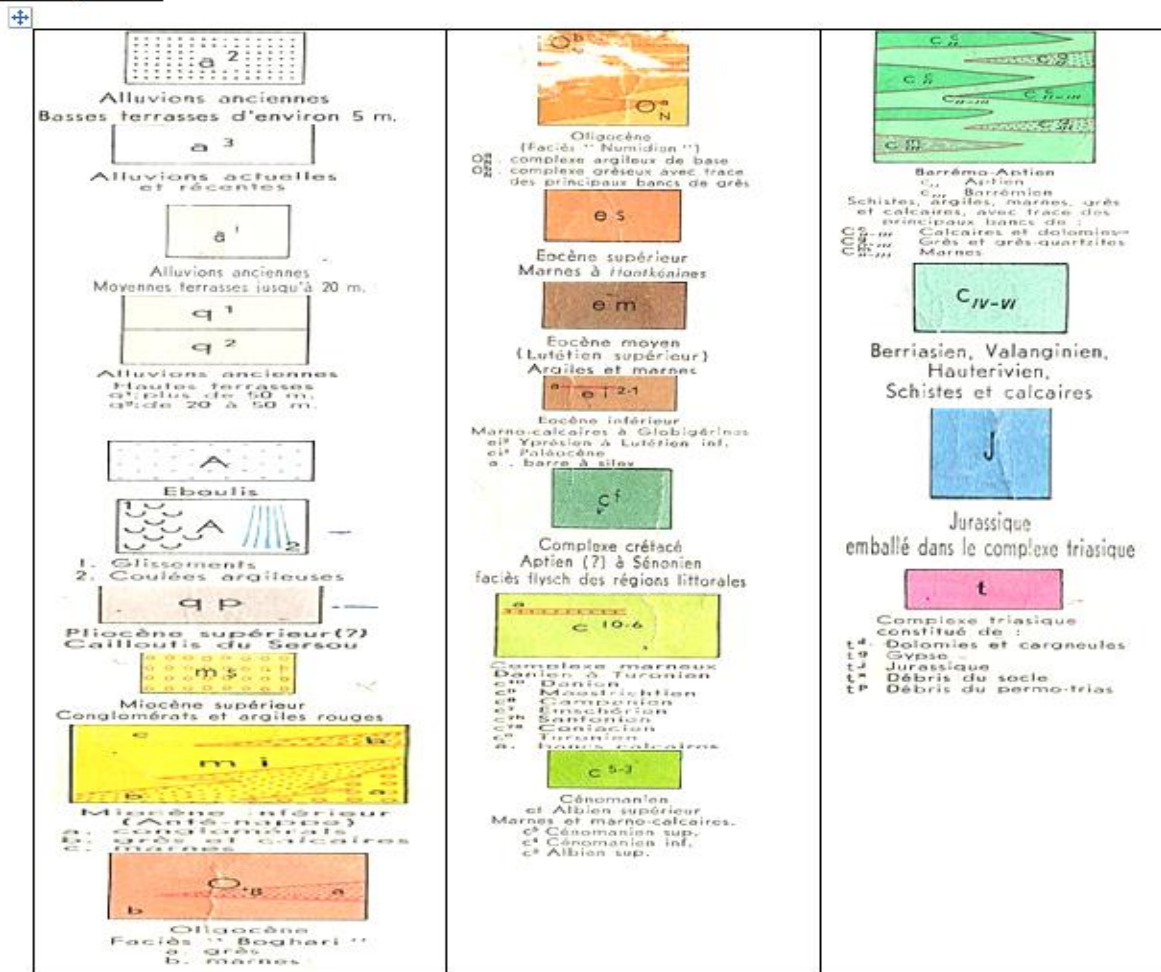
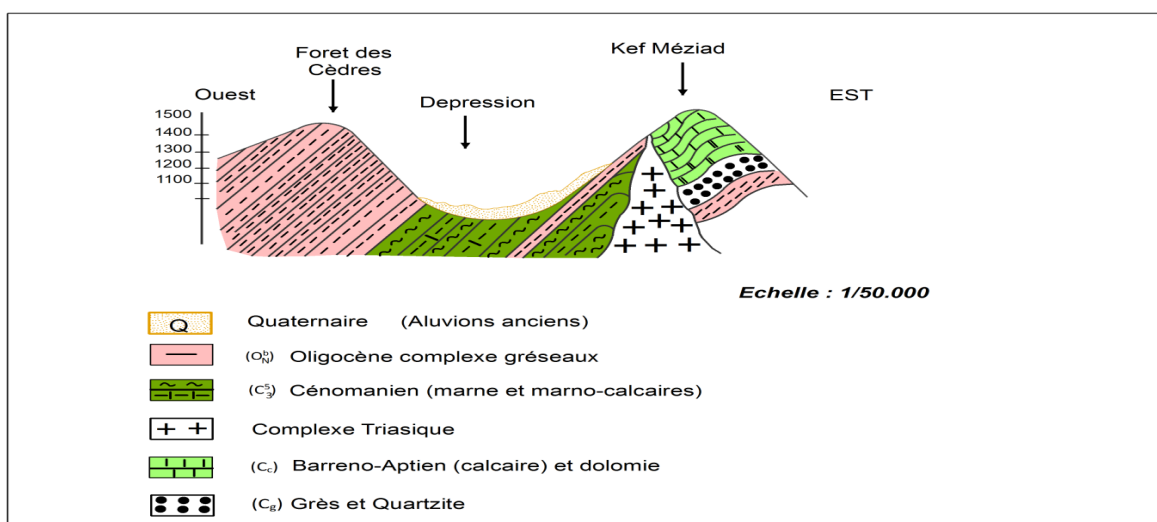


Fig. N° 10 : l'extrait de la carte géologique de Theniet EL Had (1/50000).

### 3. Coupe géologique :

En effet une simple vue sur la nature de ces faciès donne déjà un aperçu sur la perméabilité des terrains en ce sens qu'ils sont plus appropriés à emmagasiner l'eau grés miocène et calcaires sénonien). Ces coupes montrent au premier coup d'œil une tectonique calme et des couches subhorizontales. Cette tectonique calme a par ailleurs rendu quelque peu difficile la détection des failles ou de direction d'accidents remarquables. Ces coupes orientées SW-SE montrent une série d'anticlinaux et de synclinaux qui se succèdent mais le pendage reste assez faible. (Fig. N° 11).



**Fig. N°11** : coupe géologique de la région Theniet El Had (trait de coupe A-B).

### 4. Tectonique :

La région d'étude est un vaste plateau tectonique relativement calme. Les pendages des couches varient de l'horizontale jusqu'à 45° notamment au Nord de Theniet El Had.

On assiste à une succession d'anticlinaux et de synclinaux à courbure assez ouverte. Par contre les failles pour la plupart verticales dessinent un réseau de direction conjuguée NW-SE. Cette tectonique cassante s'accorde assez bien avec la fissuration des calcaires et des grès. Au sud et à l'est de la ville.

Les différentes corniches découpées dans le Crétacé supérieur montrent clairement l'aspect accidenté de cette zone. Par ailleurs la mise à nu Du Crétacé inférieur dans toute la région par de nombreuses fracturations ,donne libre cours à l'érosion des formations marno-calcaires du Crétacé supérieur .Cette activité a par contre permis l'installation d'un pays de garrigues et d'une végétation sauvage sur les fentes remplies par des marnes et d'argiles.

### 5. Conclusion :

De point de vue stratigraphie les terrains composant cette région peuvent être groupés en trois grandes catégories :

<b>Conglomérats et grés</b>	<b>Calcaires et argiles</b>	<b>Dolomies</b>
-----------------------------	-----------------------------	-----------------

La tectonique elle aussi peut être rattachée au même découpage à savoir :

**Au Sud :** - contact par faille entre tertiaire et Crétacé.

- La série de fractures NW-SE avec des pendages des couches horizontaux à subhorizontaux, témoin d'une tectonique calme.

**Au Nord :** une série de plissements.



# **Chapitre IV : Hydrogéologie**

## Introduction

L'étude hydrogéologique de la zone d'étude a pour but de différencier les horizons aquifère.

Elle nous permet de mieux comprendre les différents zones d'alimentation, l'écoulement des eaux souterrains, et les possibilités d'attendre et d'exploités ces eaux.

### 1. Contexte hydrogéologique de la région d'étude :

Les ressources en eau souterraine de la région d'étude (**Theniet el Had**) dépendent des aquifères liés au Mio-Plio-Quaternaire et l'aquifère gréseux du Crétacé (Barrémien-Albien). L'aquifère du Mio-Pliocène influe directement sur le chimisme de la nappe des grès du Barrémien-Albien. Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits.

La difficulté de connaissance de l'alimentation et des relations des différents aquifères nous oblige à les étudier par l'intermédiaire des puits et sources, en réalisant une carte piézométrique afin de mieux cerner les lieux de rassemblement des eaux souterraines et leurs lieux de partage.

Une simple constatation sur la coupe géologique, on conçoit qu'on a à faire à un système multicouche dont l'écoulement principal se situe dans la formation gréseuse épaisse et dans le niveau des calcaires et dolomies. La présence de quelques niveaux argileux et gréseux a permit la mise en place d'une nappe libre.

La nappe aquifère des grés Oligocène est susceptible de donner un débit concluant.

Il est toujours possible de vérifier les capacités de cet aquifère par un forage de reconnaissance. Les ressources en eau souterraine de la région d'étude dépendent des aquifères liés au Mio-Plio-Quaternaire et l'aquifère gréseux.

L'aquifère des calcaires du supérieur Barrémien-Albien influe directement sur le chimisme de la nappe des grès –quartzites située au dessous. Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits.

La région de Thniet el Had constitue une bande de terrains plissés, formant une succession d'anticlinaux et de synclinaux orientés suivant une direction majeure Nord Est – Sud Ouest. Au niveau du foret des cèdres affleurent les grès continentaux.

La roche est généralement friable avec un ciment calcique. Ces grès sont largement fissurés suivant deux directions majeures d'orientation N 65°E et N 130° E. Le centre de la dépression est occupé par les formations du Mio-Plio-Quaternaire, formées essentiellement d'argiles rouges, de sables et des conglomérats; l'épaisseur varie de quelques mètres à plus de trentaine mètres.

Nous retiendrons simplement que cet aquifère est un système multicouche, à perméabilité mixte, où la fissuration joue un rôle important dans la circulation des eaux. Il comporte un niveau superficiel qui, lorsque les conditions structurales s'y prêtent, dessert par place une série d'émergences. (DRE TISSEMSILT, .2011)

## 2. Etat actuel hydrogéologique de Theniet el Had :

Les eaux souterraines mobilisées au niveau de la commune de Theniet El Had sont réparties comme suit :

**02 forages qui sont exploités pour l'alimentation en eau potable.**

**14 puits.**

**20 sources dans la ville.**

**57 sources dans le parc national.**

**2.1 Les forages :** La commune de Theniet el Had compte 2 forages, dont les deux sont exploités pour l'alimentation en eau potable (Tableau N° 12).

**Tableau N°12 :** Etat de la production mensuelle d'eau souterraines (forage) Arrête au : 02/12/2018.

Localisation			Forage Déclares	Forage en service	Débit mob	Débit exp	Volume produit
Daira	Commune	Le lieu dit du forage	Totale forage	Totale forage			
			Nb	Nb			
Theniet El Had	Theniet El Had	R'HA	01	01	1036,8	800	24000
		SIDI M'HAMED	01	01	864	100	3000

(Subdivision DRE Theniet El Had., 2018)

## 2.2 Les sources et les puits étudiés :

### 2.2.1 Les sources :

Nous avons sélectionnées 10 sources parmi toutes les sources, le **tableau 13** suivant résume les informations des sources étudiées :

**Tableau N°13** : Description des sources de la ville Theniet el Had (décembre 2018).

Les sources	X(UTM)	Y(UTM)	Z	Débit exploité (m3/j)	Volume totale (m3/mois)
<b>HLM</b>	412 298.10	3 969 936.54	1136	6.91	207.3
<b>Ain BADRA</b>	412 259.96	3 970 137.20	1130	6.91	207.3
<b>Ain TRAB</b>	412 235.04	3 970 152.85	1114	6.91	207.3
<b>Ain LOUCIF</b>	412 258.74	3 970 266.62	1105	6.91	207.3
<b>BOUAAMRA 1</b>	412 059.26	3 970 382.61	1114	6.91	207.3
<b>BOUAAMRA 2</b>	412 037.86	3 970 499.91	1137	6.91	207.3
<b>VSA01</b>	412 058.78	3 971 340.88	1112	5.8	174
<b>VSA 02</b>	412 022.56	3 971 479.90	1115	5.8	174
<b>VSA 03</b>	411 854.86	3 971 761.96	1136	5.8	174
<b>VSA 04</b>	411 755.17	3 972 074.17	1153	5.8	174

(Subdivision DRE Theniet El Had., 2018)

### 2.2.2) Les puits :

La majorité des puits exploités dans la commune sont des puits de drainage et servent à l'alimentation en eau potable des agglomérations et à l'irrigation. Les puits privés sont mal connus nous avons choisi 5 puits privés pour notre étude, en raison de leur accès facile (**Tableau N° 14**).

**Tableau N°14:** Description des puits de la ville Theniet El Had (mars 2019).

Les puits	X(UTM)	Y(UTM)	Z(m)	N, S(m)
RAZOUG	412 023.41	3 969 294.56	1192	3,22
BOUCHAIB	412 035.17	3 969 299.53	1112	3,8
FATAR	412 034.25	3 969 301.81	1108	0,29
VSA	411 763.43	3 972 148.03	1154	9,11
HADDAN	412 033.05	3 969 301.46	1160	4,51

### 3. Identification des différents aquifères :

L'interprétation de la coupe géologique nous permet de mettre en évidence l'existence de plusieurs horizons aquifères susceptibles de fournir des débits d'exploitation appréciable.

#### 3.1 Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire :

L'aquifère intéresse un ensemble de formation sablo-argileuses et un complexe gréseux attribué au Mio-Plio-Quaternaire qui s'étendent au niveau de la dépression de Thniet el Had et la forêt des cèdres. Ces formations dont les affleurements sont d'extension réduite ne peuvent constituer à elles seules un aquifère important, néanmoins, elles pouvaient répondre aux besoins domestiques et agricoles à petite échelle. La surface du niveau statique de cette aquifère, est en communication directe avec le réseau hydrologique des eaux superficielles. (**DRE TISSEMSILT., 2011**).

### 3.2 Aquifère du Barrémien-Aptien-Albien :

C'est un aquifère multicouche constitué de plusieurs niveaux calcaires et de dolomies séparés par des niveaux argileux, l'épaisseur de cette formation dépasse 300 mètres et présentant une perméabilité mixte. De nombreuses sources émergent au niveau de cette formation.

Le Barrémien-Aptien-Albien dans la région se présente sous forme d'une série de bassins synclinaux parfois indépendants d'orientation SSW-NNE comportant chacun un ou plusieurs aquifères. (DRE TISSEMSILT., 2011).

### 3.3 Aquifères du Jurassique :

Ces aquifères sont peu connus, Ils intéressent les formations de kimméridgien inférieur et moyen ; il s'agit d'un aquifère captif, pour mieux comprendre l'efficacité de cet aquifère il est préférable des faire des sondages. (DRE TISSEMSILT., 2011).

## 4. Réflexion sur l'ensemble de l'analyse :

Après prospection sur le terrain, il a été naturellement observé que l'ensemble de l'aquifère intéresse des formations géologiques attribuées au secondaire et au tertiaire), des grès en surface et des marnes ou argiles rougeâtres qui constituent l'imperméable. L'examen des résultats appelle principalement deux types de remarques :

- L'un ayant trait à l'absence d'étude rigoureuse des forages réalisés dans la région qui est considérée comme objectif essentiel de toute réalisation hydraulique et surtout d'éviter se trouver devant l'obligation de choisir entre un souci de rigueur scientifique amenant à constater souvent une impossibilité d'établir un bilan significatif et de ne pouvoir fournir des réponses ou d'avancer des proposition frappées d'approximation.
- L'autre sur le système hydrogéologique lui-même qui présente une nappe accessible de fournir des débits significatifs et qui a tout le mérite d'être bien suivie.

### 5. Mode d'alimentation :

Dans cette région l'apport principal des précipitations pouvant parvenir à l'aquifère afin d'y être stocké se réalise selon deux composantes :

- a- Une composante à écoulement rapide constituant le ruissellement superficiel.
- b- Une composante lente à lieu à travers l'immensité de la formation gréseuse avec intercalation d'argile.

Tout ce que l'on peut dire de ces deux composantes constituant l'unique mode d'alimentation est qu'elles sont inégales, la première concerne une évaporation, la deuxième à une lente infiltration.

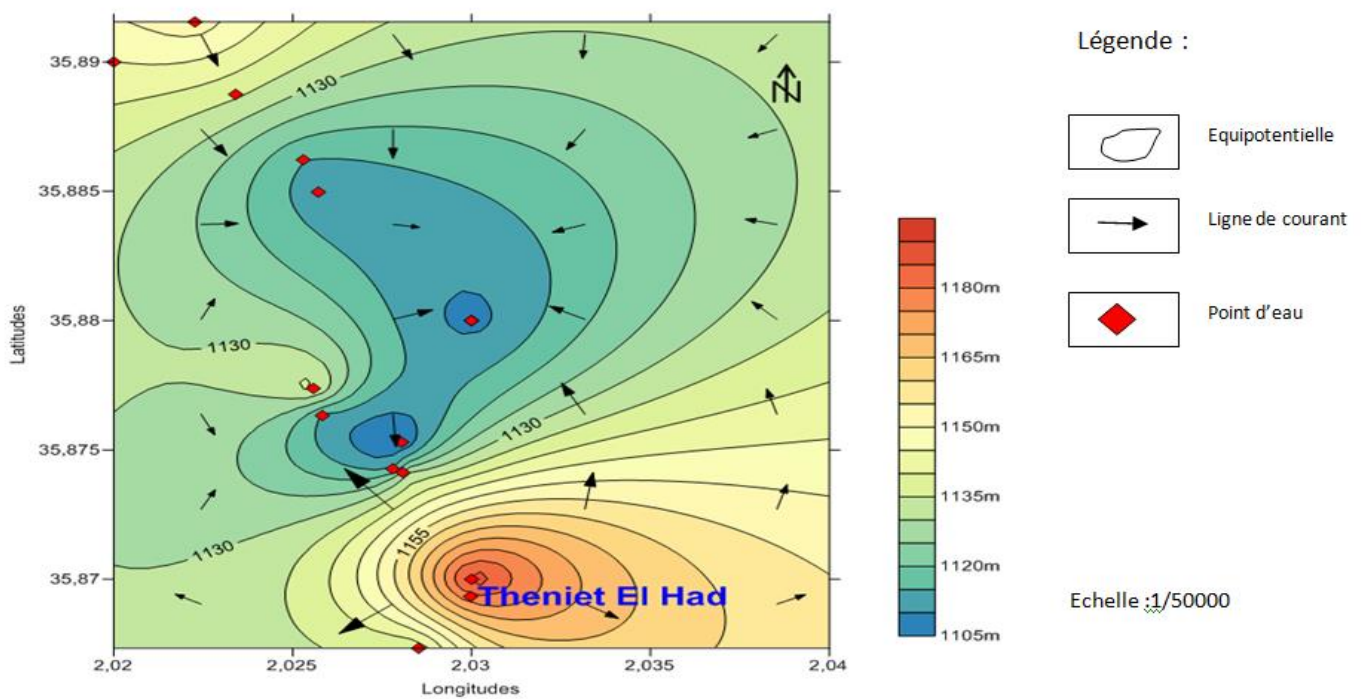
Le régime des précipitations atmosphériques insuffisant et l'évaporation importante font l'alimentation de la nappe est faible. Ce qui conduit à d'autres considérations. Le niveau piézométrique ne cesse de baisser progressivement provoquant l'assèchement des points d'eau et surtout le couvert végétal. Dans cette région l'écoulement souterrain est supposé s'effectuer à l'intérieur des limites aquifère alimenté quasi exclusivement par l'infiltration des eaux de pluie d'où la pérennité de la nappe superficielle est étroitement liée aux épisodes pluvieux.

**6. Piézométrie :**

**a. Matériel utilisé pour l'études des sources et puits :**

Pour la réalisation de la carte piézométrique on avait besoin du matériel suivant :

<b>Un appareil GPS</b>	<b>Sonde électrique</b>	<b>Appareil photo numérique</b>
------------------------	-------------------------	---------------------------------



**Fig. N°12 :** Carte piézométrique de la région d'étude (Mars 2019).

**b. L'interprétation de la carte :**

L'écoulement souterrain se fait avec des variations du niveau piézométrique allant de 1115m à 1180 m. On se fait en général suivant une direction SW — NE, on distingue dans cet ensemble deux grandes unités hydrogéologiques.



**Du Nord au Sud :**

• **L'Unité de Bouzouard:**

C'est la plus importante de la région d'étude, la carte piézométrique montre un écoulement souterrain convergent, avec des variations du niveau piézométrique de 1110 m au sud et 1135 m vers le centre où émergent les sources les plus importantes de la région, le gradient hydraulique décroît dans le même sens de Ceci est dû d'une part au dépôt des alluvions au niveau de la dépression, d'autre part au pendage des couches gréseuses qui est très faible à cet en droit et ne dépasse pas 15 %.on signale pas présence d'un lieu de rassemblement des eaux souterraines.

• **L'unité de Thniet el Had:**

Les courbes équipotentielles décroissent (de 1155 m à 1180 m) le long de la dépression essentiellement constituée par les affleurements gréseux.

L'écoulement général va du centre vers l'ouest et l'Est. On note la présence d'un lieu de Partage des eaux souterraines. (Fig. N°12)

**7. Conclusion:**

Il est tout à fait clair que les ressources en eaux souterraines de la région sont limitées et Peuvent être fortement mobilisées. Devant cet état de fait il est donc utile de rappeler ici les conséquences qui peuvent survenir en cas de forçage profond.

<b>Baisse du niveau d'eau</b>
<b>Tarissement des émergences</b>
<b>Débit insignifiant ou nul</b>

On sait que les préoccupations globales et quantitatives relatives aux eaux souterraines se sont progressivement développées et sous la nécessité de satisfaire des demandes d'eau croissantes et assurer un service d'approvisionnement minimum en eau une proposition de réaliser des forages peut être envisageable avec des profondeurs maximales tolérables.

# **Chapitre IIV : Hydrochimie**

**Introduction:**

La qualité de l'eau est un ensemble de caractéristiques physiques, chimiques et biologiques qu'elle présente, selon son utilisation. Les normes de classification les plus couramment utilisées sont de classer l'eau en fonction de sa potabilité, de la sécurité qu'elle présente pour l'homme et du bien-être des écosystèmes.

L'hydrochimie constitue un moyen d'investigation privilégié intervenant aussi bien dans l'identification des aquifères que dans la compréhension des règles régissant l'écoulement des eaux dans les nappes souterraines.

**1. Répartition spatiale :****Tableau. N°15 :** localisation géographique des sources et les puits de Theniet El Had.

N°	Les coordonnées		X(UTM)	Y(UTM)	Z(m)	Date de prélèvement
	Les Sources					
<b>1</b>	<b>LOUCIF</b>		412 258.74	3 970 266.62	1105	19/05/2019
<b>2</b>	<b>BOUAAMRA</b>		412 059.26	3 970 382.61	1114	20/05/2019
<b>3</b>	<b>VSA 01</b>		412 058.78	3 971 340.88	1112	19/05/2019

N°	Les coordonnées		X(UTM)	Y(UTM)	Z	NS	Date de prélèvement
	Les puits						
<b>4</b>	<b>BOUCHAIB</b>		412 035.17	3 969 299.53	1112	3.8	19/05/2019
<b>5</b>	<b>REZOUG</b>		412 023.41	3 969 294.56	1192	3,22	19/05/2019

## 2. Prélèvement:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la quelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenus sans modification de ses caractéristiques physico-chimique, raison pour laquelle le préleveur doit avoir une connaissance précise des conditions du prélèvement très importantes pour la qualité des résultats des analyses (**Rodier J., 2009**).

Pour réaliser notre travail, nous avons prélevé 5 échantillons d'eau souterraine.

Les prélèvements réalisés se rapportent au mois de mai pour l'année 2019.

Les échantillons ont été prélevés jusqu'à débordement dans des flacons en polyéthylène, rincés avec de l'eau distillée, puis avec l'eau à échantillonner puis bouchonnés et immédiatement mis dans une glacière.

On a réalisé les analyses dans le laboratoire de l'ADE de Tissemsilt.

### **Parmi les paramètres physico-chimiques étudiés on a :**

- **Paramètres physico-chimiques :**

Température ; pH ; conductivité électrique ; la turbidité ; la salinité; Oxygène dissous ; Matière en suspension.

- **Les Paramètres chimiques :**

Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ; magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ; sodium ( $\text{Na}^+$ ) ; potassium ( $\text{K}^+$ ) ; sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) ; chlorure( $\text{Cl}^-$ ) ; alcalinité( $\text{HCO}_3^-$ ).

- **Les Paramètres de Pollution:**

Nitrite( $\text{NO}_2^-$ ) ; ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ; nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) ; ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) ; Matières oxydables.

- **Les paramètres bactériologiques :**

- ✓ coliformes fécaux.
- ✓ Coliformes totaux.
- ✓ Streptocoques fécaux.
- ✓ les germes totaux.

- ✓ Escherichia-coli.
- ✓ Clostridium sulfato\_reducteur.

### 3. Identification :

Les échantillons prélevés doivent être clairement identifiés chaque flacon doit porter une étiquette indiquant :

- Nom de l'opérateur qui a effectué les prélèvements.
- Site du prélèvement.
- Lieu et la nature.
- Mode de prélèvement (ponctuel ou moyen de 24 heures).
- Date et heure (du début de prélèvement) et durée.

(Belhakem A. et Salah A., 2015).

**Tableau. N°16 :** Normes algériennes de potabilité des eaux (2011).

Paramètres physicochimiques	Symboles /formules	Unités	Valeurs indicatives (les normes algériennes )
Potentiel hydrogène	PH	/	6.5<pH<8.5
Conductivité électrique	cond	µs/cm	2800
Turbidité	Turb	NTU	5
Oxygène dissous	Do	mg/l	8
Salinité	NaCl	/	/
Température	T	C°	<25
Matière en suspension	MES	mg/l	00
Matières oxydables	Mo	mg/l	5
Nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.5
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.1
Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Ortho phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.5
Calcium	Ca <sup>+2</sup>	mg/l	200
Magnésium	Mg <sup>+2</sup>	mg/l	150
Sodium	Na <sup>+</sup>	mg/l	200
Potassium	K <sup>+</sup>	mg/l	20
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	400
Chlorure	cl <sup>-</sup>	mg/l	500
Alcalinité	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	500/l en CaCO <sub>3</sub>

#### 4. Paramètres Physico-chimiques :

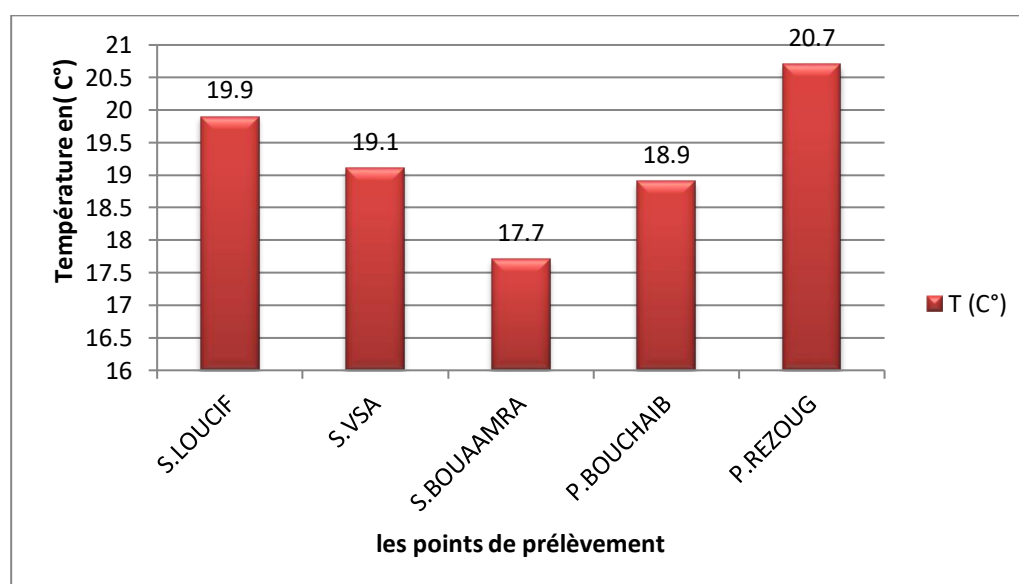
##### 4.1. Interprétation des paramètres physiques :

##### 4.1.1 Température T(C°) :

La température de l'eau [°C] est un paramètre d'une grande utilité pour le diagnostic hydrogéologique. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence (ions, molécules non dissociées, gaz, solides). (**Tableau N°17**).

**Tableau. N°17** : Résultats de mesure de la température des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
T (C°)	19.1	19.1	17.7	18.9	20.7
NORME	<25°				



**Fig. N°13** : Variation des Températures en (°C) des points de prélèvement de la zone d'étude.

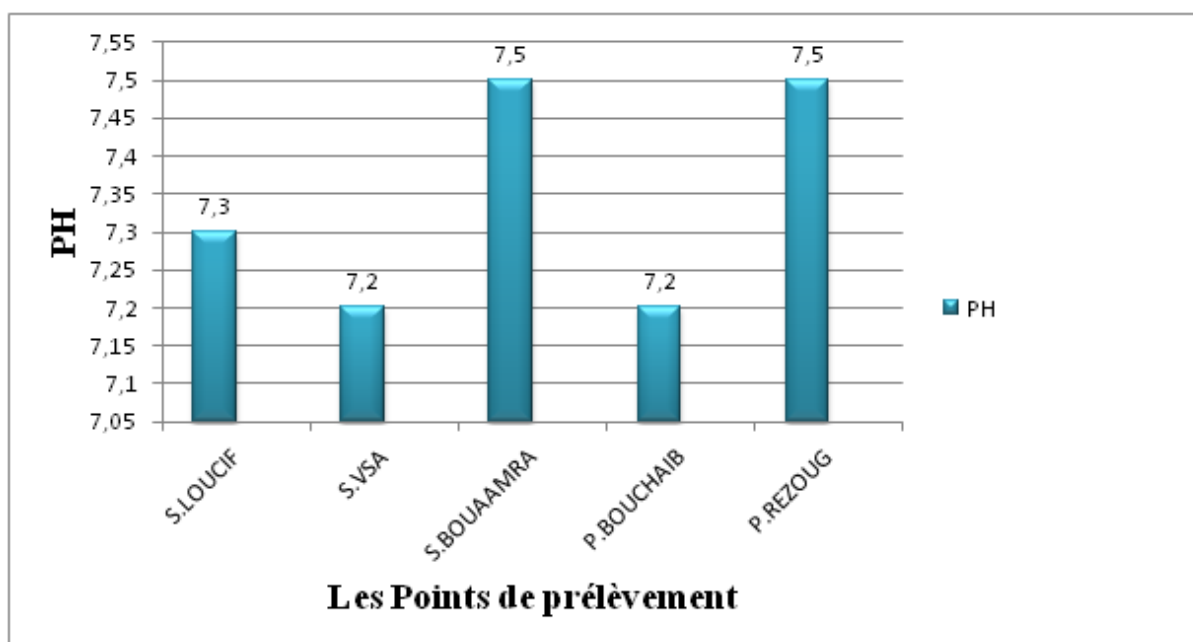
La température mesurée dans les échantillons d'eau varie entre 17.7°C minimums et 20.7°C maximum et tous les résultats ne dépassent pas la norme algérienne de la température (25°) (**Fig. N°13**).

### 4.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH):

C'est la mesure de l'activité des ions  $H^+$  contenus dans une eau. C'est une caractéristique qui témoigne à la fois de l'acidité et de la basicité d'une solution (**Tableau N°18**).

**Tableau. N°18** : Résultats de mesure de pH des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
PH	7.3	7.2	7.5	7.2	7.5
NORME	6.5<pH<8.5				



**Fig. N°14** : Variation des valeurs de pH des points de prélèvement de la zone d'étude.

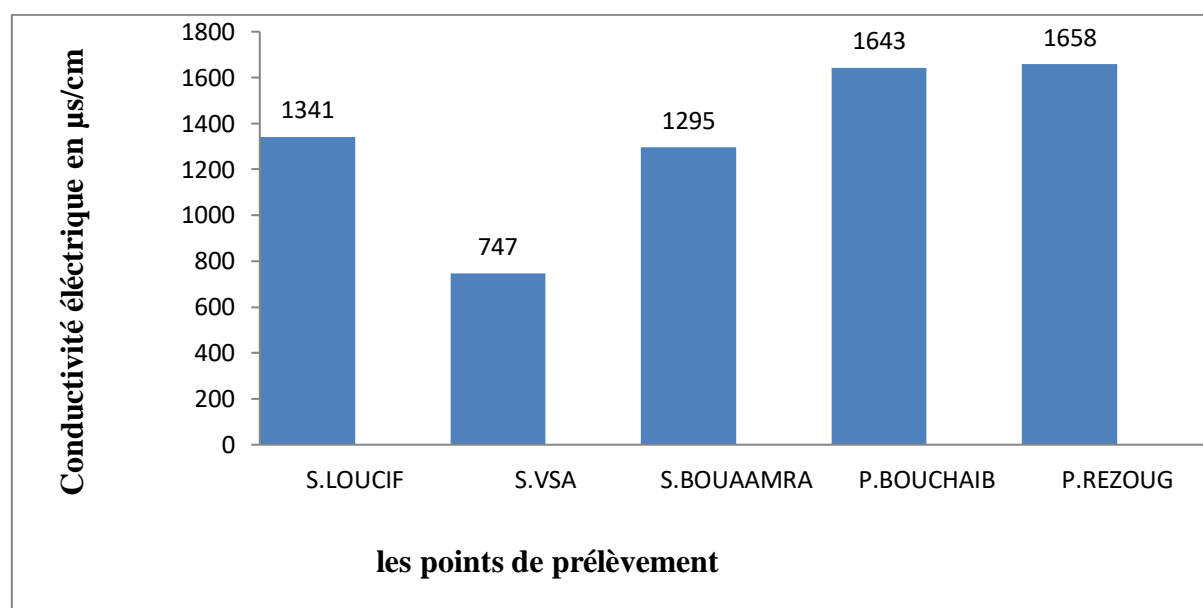
Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre **6,5 et 9** selon les normes algériennes. Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux des sources varie entre un minimum de **7.2** au **source VSA 01 et puits de BOUCHAIB** et un maximum de **7.5** au **source BOUAAMRA et puits de REZOUG**. (**Fig. N°14**).

### 4.1.3 La conductivité électrique (CE):

La conductivité mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des 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 et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau.

**Tableau. N°19:** Résultats de mesure de CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des points de prélèvements.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1341	747	1295	1643	1658
NORME	2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$				



**Fig. N° 15:** Variation des concentrations de CE en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des points de prélèvement de la zone d'étude.

La conductivité électrique permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. Pour l'eau la norme est de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- ✓ 50 à 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : qualité excellente.
- ✓ 400 à 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : bonne qualité.
- ✓ 750 à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : qualité médiocre mais eau utilisable.



✓  $>1500 \mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation excessive.

La valeur de source VSA classer dans l'intervalle de  $400$  à  $750 \mu\text{S}/\text{cm}$  alors est une source de bonne qualité.

Les valeurs des autres sources (Loucif et Bouaamra) ils sont entre  $750$  à  $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$  alors la qualité de l'eau est médiocre mais eau utilisable.

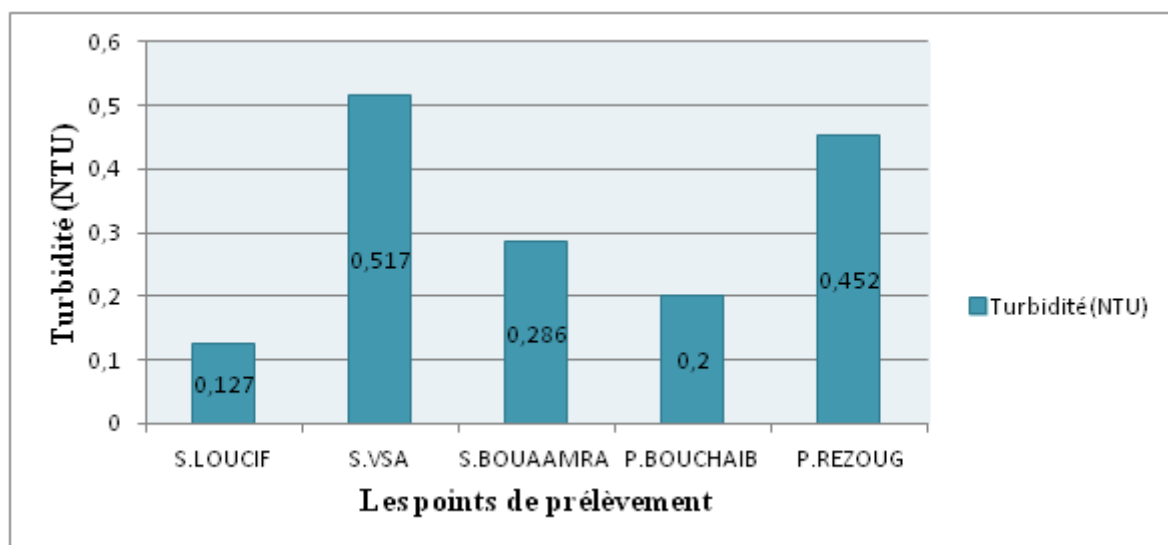
La conductivité des puits est supérieur à  $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$  alors il y'a une minéralisation excessive.

#### 4.1.4 Turbidité :

Mesure de la transparence de l'eau calculée en fonction de la proportion de la lumière bloquée par l'eau trouble.

**Tableau. N°20:** Résultats de mesure de Turbidité (NTU) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
Turbidité(NTU)	0.127	0.517	0.286	0.2	0.452
NORME	5 NTU				



**Fig. N°16 :** Variation des valeurs de Turbidité en (NTU) des points de prélèvement de la zone d'étude.

D'après le graphe (**Fig. N°16**) les valeurs de la Turbidité varient entre 0.127 NTU comme valeur minimale aux niveaux de source de Loucif et la valeur maximale 0.517 NTU au niveau de la source **VSA 01**.

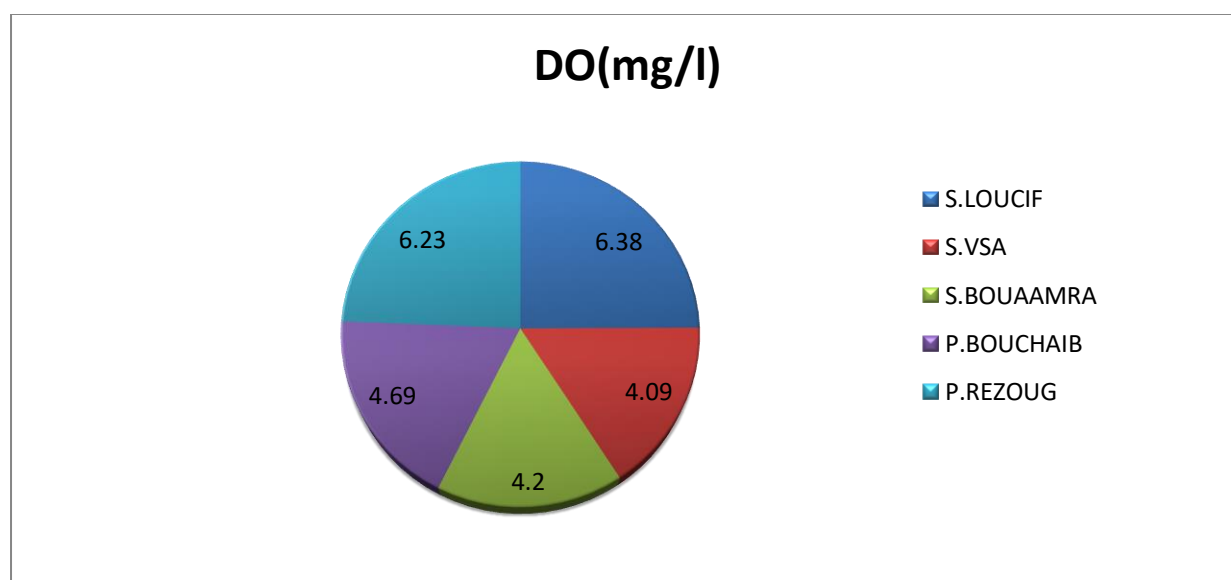
Tous les échantillons ne dépassent pas la norme algérienne 5 NTU .alors les eaux sont de bonne qualité.

### 4.1.5 Oxygène dissous :

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques ; végétaux et animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques.

**Tableau. N°21:** Résultats de mesure de l'oxygène dissous des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
DO(mg/l)	6.38	4.09	4.20	4.69	6.23
NORME	8 mg/l				



**Fig. N°17 :** Variation des valeurs d'oxygène dissous en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

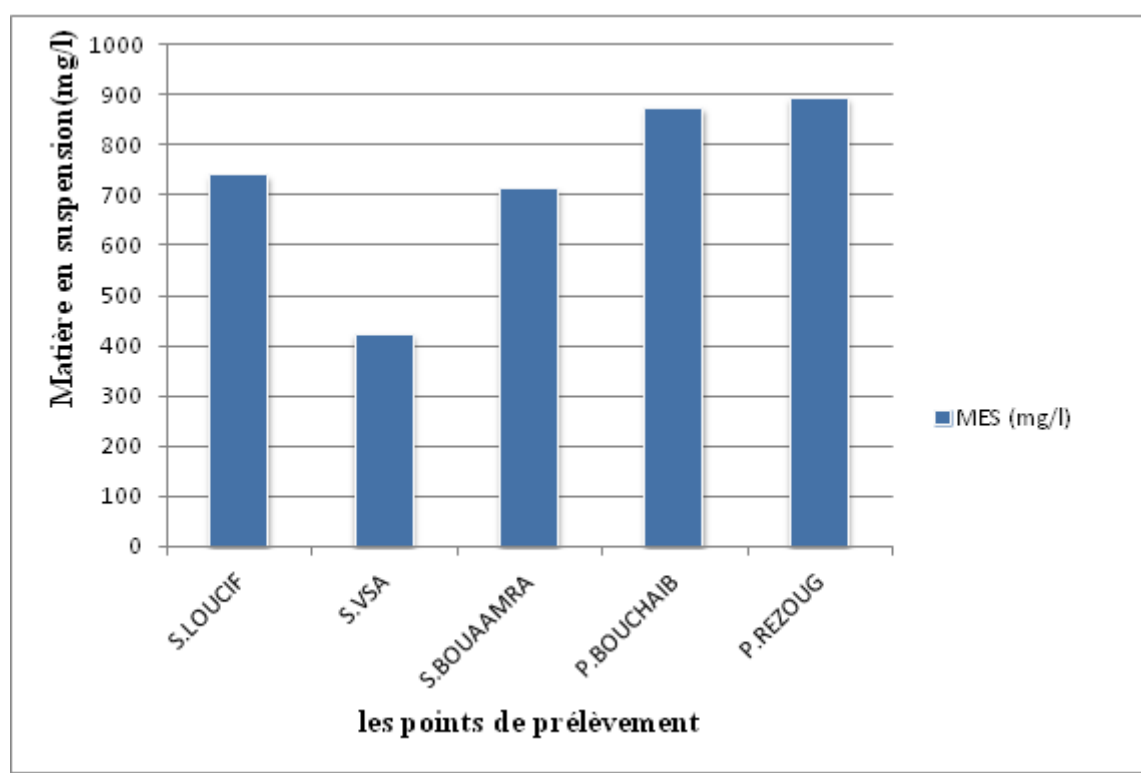
L'oxygène dissous mesurée dans les échantillons d'eau varie entre 4.09 mg/l (**source VSA01**) minimums et 6.38 mg/l (**source LOUCIF**) maximum et tous les échantillons ne dépassent pas la norme algérienne d'oxygène dissous (8mg/l) (**Fig. N°17**).

#### 4.1.6 Matière en suspension:

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels.

**Tableau. N°22:** Résultats de mesure de MES des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCCHAIB	P.REZOUG
MES (mg/l)	741	423	713	875	895
NORME	00mg/l				



**Fig. N°18 :** Variation des valeurs de matière en suspension en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

La matière en suspension mesurée dans les échantillons d'eau varie entre 423 mg/l (**source VSA**) minimums et 895 mg/l (**puits REZOUG**) maximum (**Fig. N°18**).

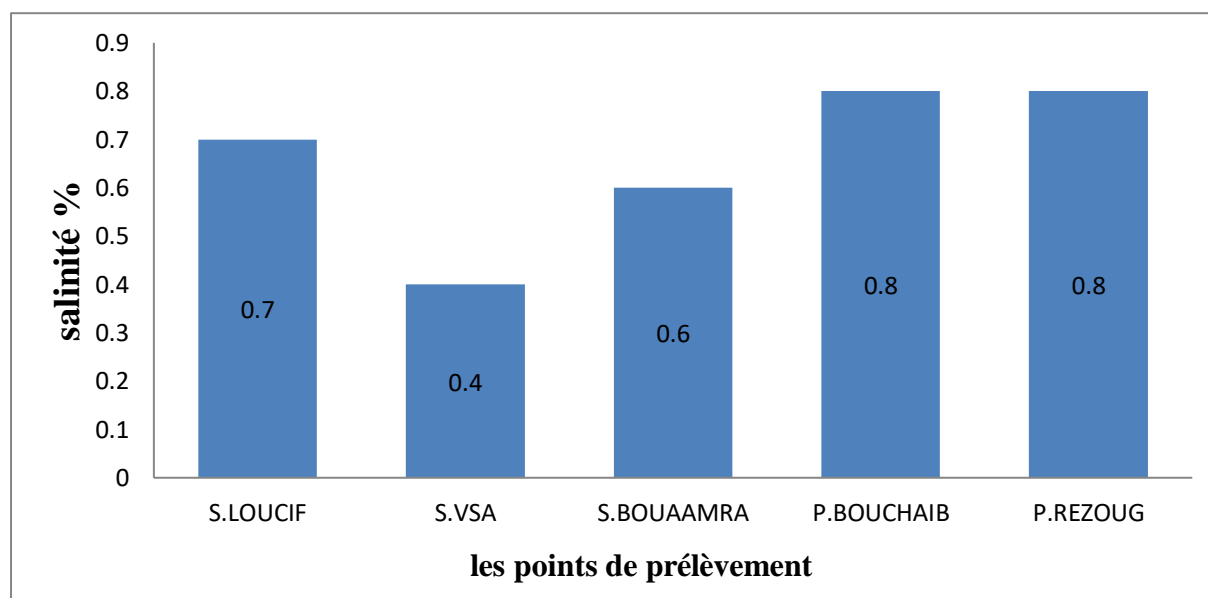
### 4.1.7 salinité:

La Salinité offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). (KHELIFA KH., 2015).

**Tableau. N°23:** Résultats de mesure de la salinité (%) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
Salinité %	0.7	0.4	0.6	0.8	0.8



**Fig. N°19 :** Variation des pourcentages de la salinité des points de prélèvement de la zone d'étude.

La Valeur maximum est enregistrée dans les puits de **BOUCHAIB** et **REZOUG** a **0.8 %** et la valeur minimum est enregistrée dans **la source VSA 01** à **0.4 %**.

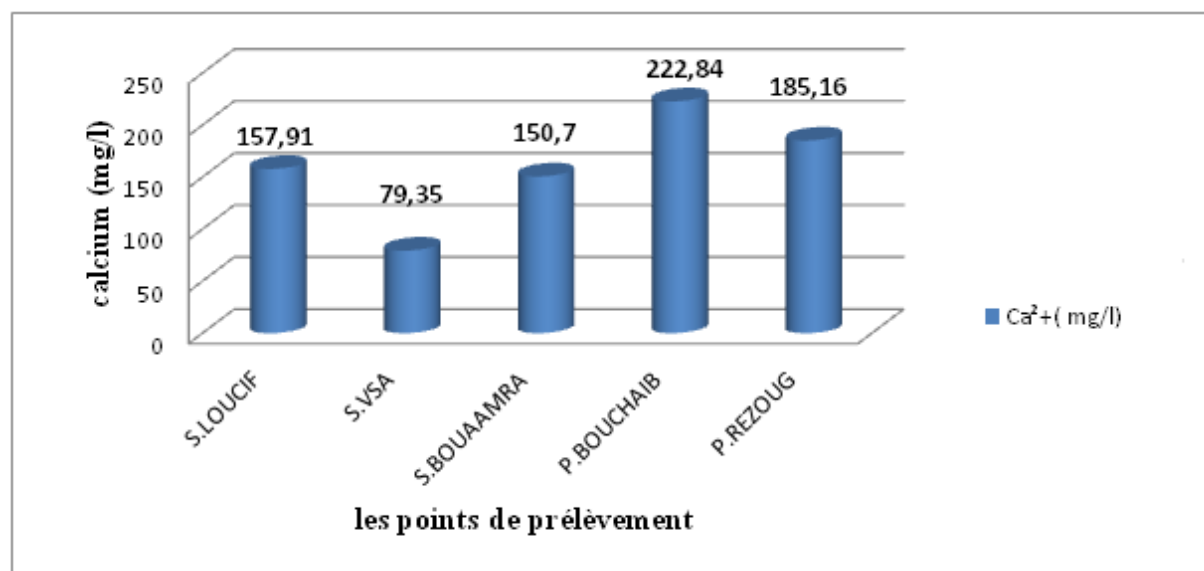
## 4.2 Interprétation des paramètres chimique :

### 4.2.1 Le Calcium (Ca<sup>2+</sup>):

La présence des ions Ca<sup>2+</sup> dans l'eau indique, soit une dissolution des formations carbonatées, calcite (CaCO<sub>3</sub>), dolomie [(Ca, Mg) CO<sub>3</sub>] ou bien la dissolution des formations évaporitiques, gypse [CaSO<sub>4</sub>, 2(H<sub>2</sub>O)] et anhydrite (CaSO<sub>4</sub>).

**Tableau. N°24 :** Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
Ca <sup>2+</sup> ( mg/l)	157.91	79.35	150.70	222.84	185.16
NORME	200mg/l				



**Fig. N°20 :** Variation des concentrations de Ca<sup>2+</sup> en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

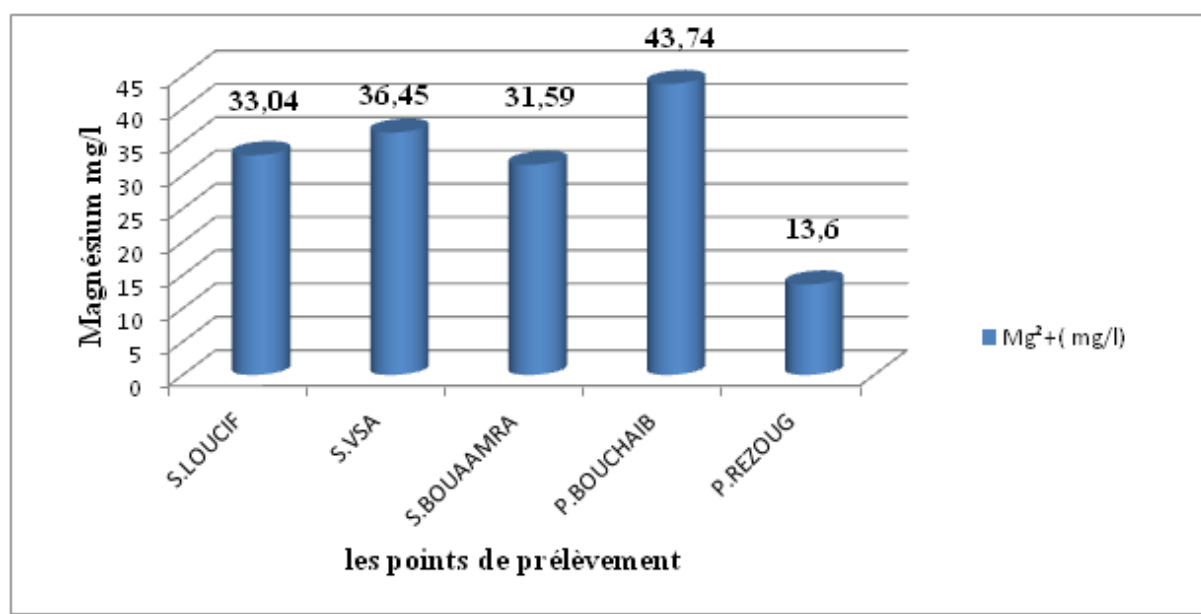
D'après la figure 20 ci-dessus les concentrations en Ca<sup>2+</sup> dans les eaux souterraines sont comprises entre 79.35mg/l comme valeur minimale (**source VSA 01**), elles vont atteindre la valeur maximale 222.84mg/l existe au puits Bouchaib et cette valeur elle dépasse la norme algérienne de calcium (200mg/l. le calcium provient de la dissolution des bancs calcaires du miocène.

### 4.2.2 Le Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques, dolomies de Trias...). (BOUZIOUENE.M, et al ., 2018).

**Tableau. N°25:** Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA	S.BOUAAMRA	P.BOUCCHAIB	P.REZOUG
$Mg^{2+}$ ( mg/l)	33.04	36.45	31.59	43.74	13.60
NORME	150mg/l				



**Fig. N°21 :** Variation des concentrations de  $Mg^{2+}$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

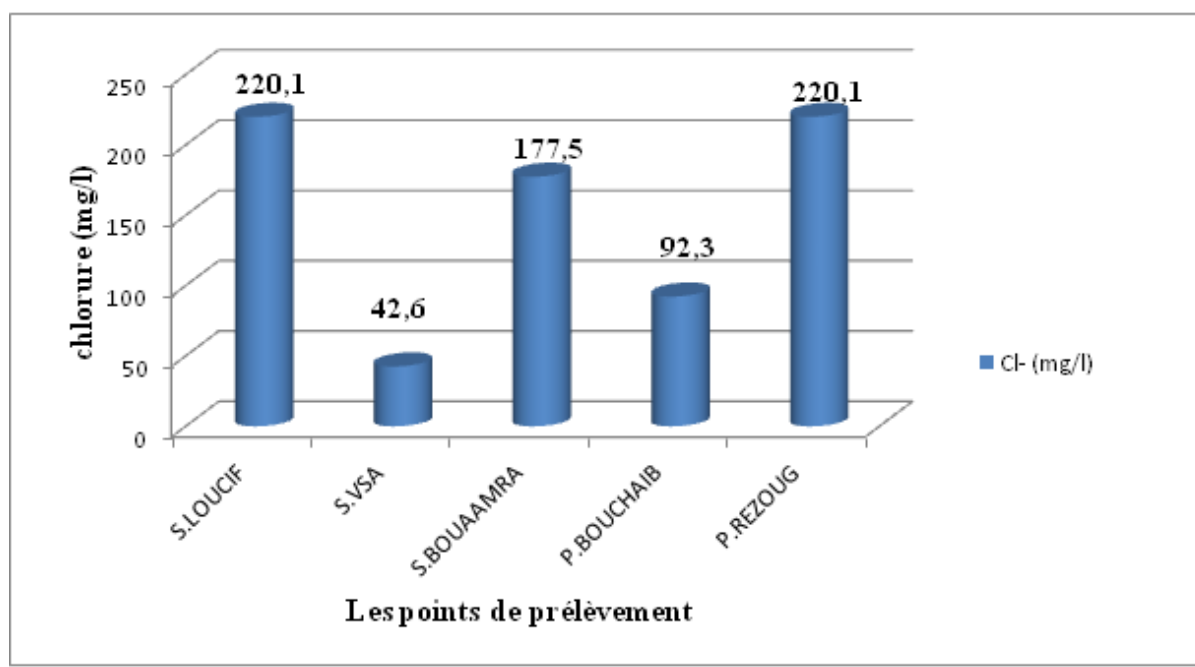
D'après la carte de distribution du Magnésium, nos échantillons présentent des teneurs peu importants en Magnésium, les valeurs déterminées sont comprises entre 13.6 à 43.74mg/L. Elles sont largement inférieures à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays algérienne qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

### 4.2.3 Les Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :

Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels par la dissolution de la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl). (KHELIFA KH; ARARIA N., 2015).

**Tableau. N°26 :** Résultats de dosage de Cl<sup>-</sup> des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	220.1	42.6	177.5	92.3	220.1
NORME	500mg/l				



**Fig. N°22 :** Variation des concentrations de Cl<sup>-</sup> en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

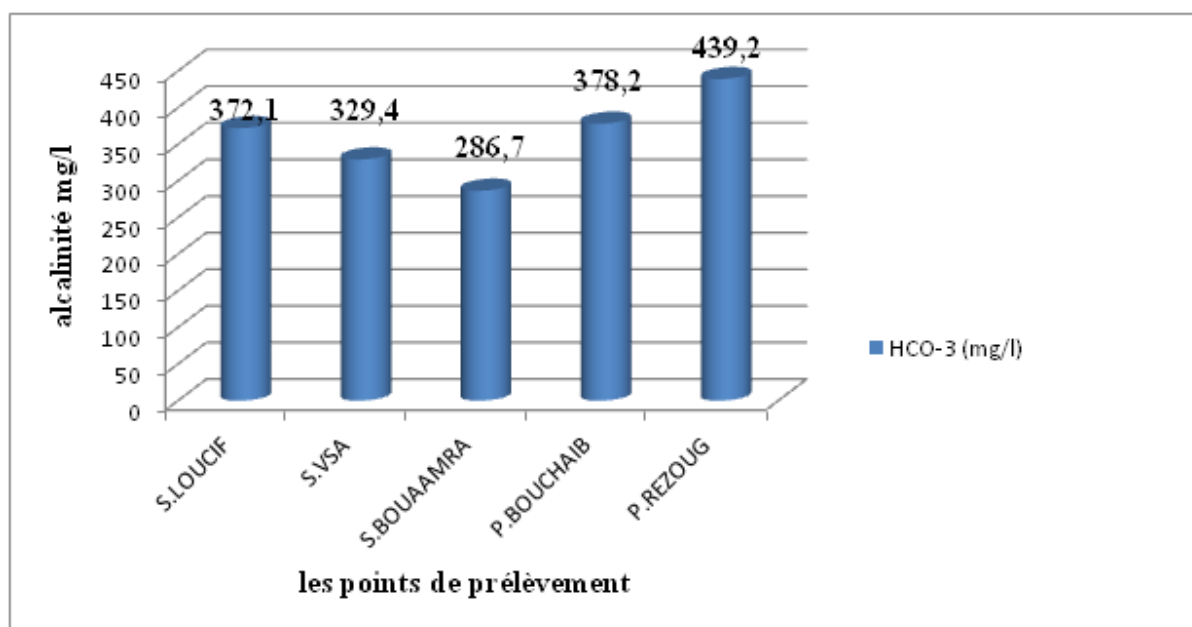
Les teneurs en chlorures varient de **42.6 mg/l** au source **VSA** comme valeur minimal à **220.1 mg/l** au puits **REZOUG** et source **LOUCIF** comme valeur maximal.

#### 4.2.4 Alcalinité (HCO<sub>3</sub>):

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO<sub>2</sub> à partir des minéraux contenant des carbonates. (Rodier J., 2005).

**Tableau. N°27** : Résultats de dosage de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) de points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	372.1	329.4	286.7	378.2	439.2
NORME	500 mg/l en CaCo <sub>3</sub>				



**Fig. N°23** : Variation des concentrations de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

On remarque que les teneurs en bicarbonates ne dépassent pas la norme dans toute la région, on a enregistré **286.7 mg/l** comme valeur minimal dans **la source de BOUAAMRA** et **439.2 mg/l** comme valeur maximal dans **le puits de REZOUG**.

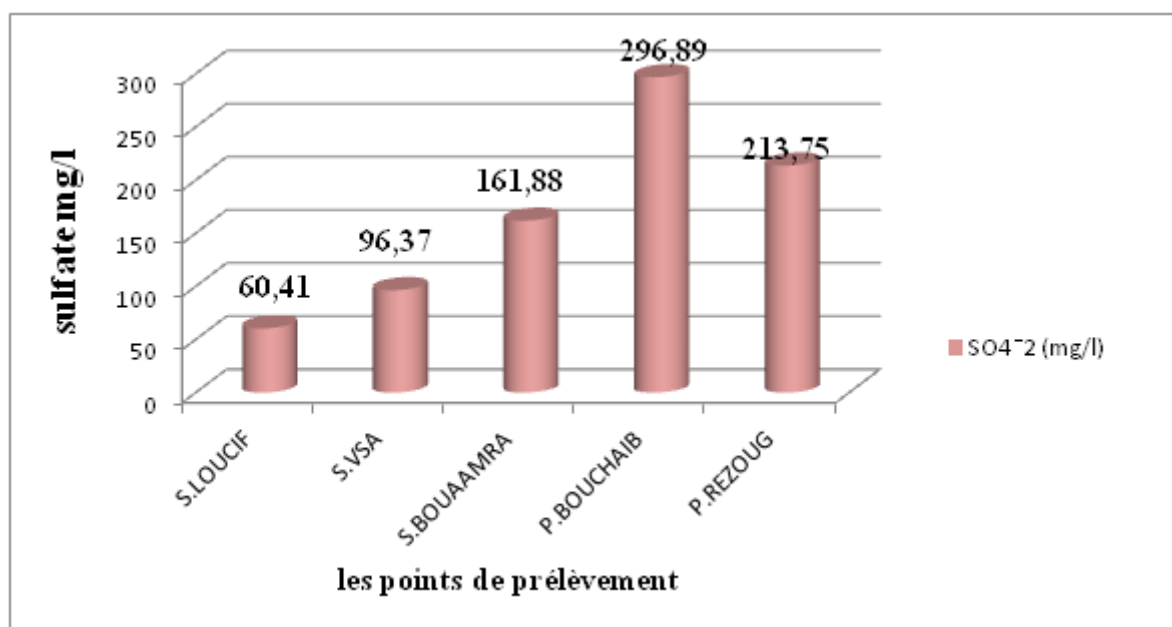


### 4.2.5 Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :

Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries, cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) toxique en sulfate ou aussi ils peuvent provenir des activités agricoles. (Belhakem A. et Salah A., 2015).

**Tableau N°28:** Résultats de dosage de sulfates (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	60.41	96.37	161.88	296.89	213.75
NORME	400 mg/l				



**Fig. N°24 :** Variation des concentrations de  $\text{SO}_4^{2-}$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

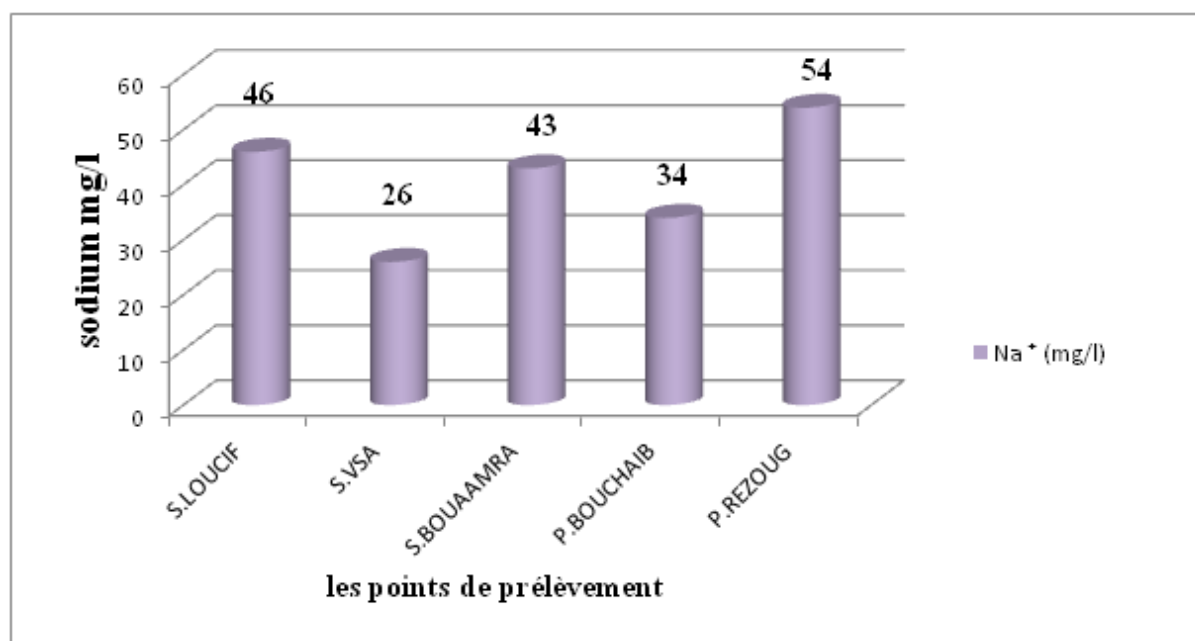
D'après les résultats des échantillons analysés (**Fig. N°24**), les valeurs enregistrées restent inférieures à la norme fixée à 500 mg/l, le maximal est de 296.89 mg/l dans le puits de **BOUCHAIB**, et 60.41 mg/l comme valeur minimal dans la source **LOUCIF**.

#### 4.2.6 sodium ( $\text{Na}^+$ ):

Le sodium est un élément chimique qui appartient à la famille des métaux alcalins. Toutefois, dans la nature, le sodium n'existe pas sous la forme de métal pur. On le rencontre généralement sous la forme de composés comme le sel (chlorure de sodium), en combinaison avec des atomes de chlore. Pourquoi ? Parce que le sodium métal est un élément particulièrement réactif.

**Tableau. N°29:** Résultats de dosage de sodium (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$\text{Na}^+$ (mg/l)	46	26	43	34	54
NORME	200 mg/l				



**Fig. N°25 :** Variation des concentrations de  $\text{NA}^+$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

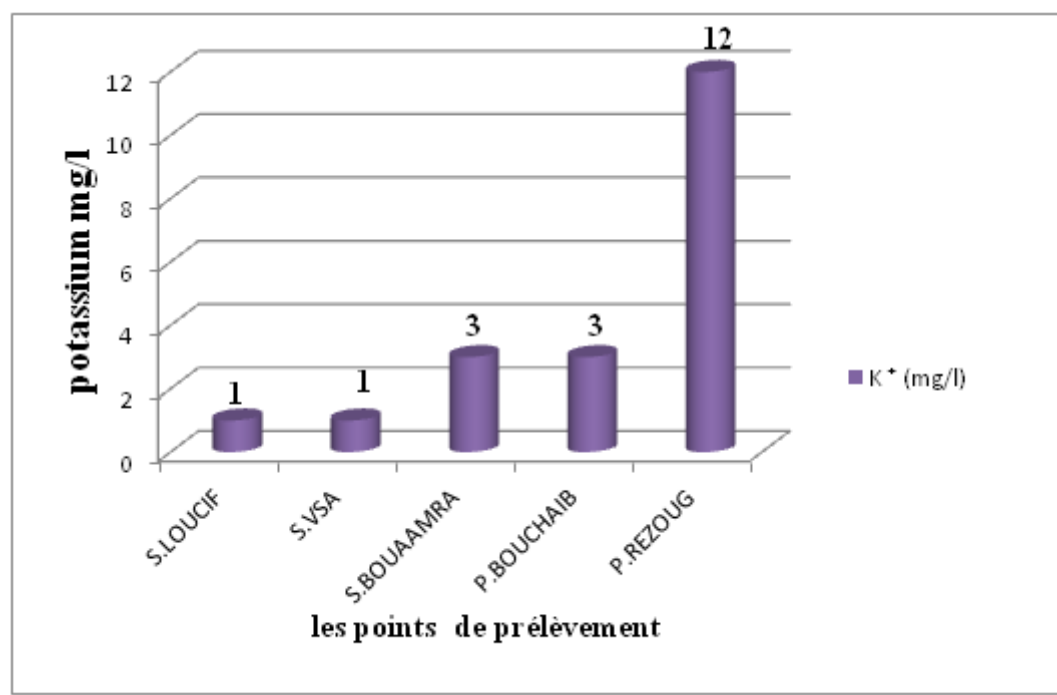
Les résultats concernant le dosage de sodium dans l'eau des sources et puits de la ville de Theniet El Had ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont très inférieures aux normes locales (Norme Algérienne), l'échantillon de source **VSA01** possède la valeur faible de **26 mg/l** par contre le puits de **REZOUG** possède la valeur élevée **54 mg/l** (Tableau N°29).

### 4.2.7 potassium ( $K^+$ ):

C'est un métal alcalin mou, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté, que l'on trouve naturellement lié à d'autres éléments dans l'eau de mer et dans de nombreux minéraux. Il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau. Il ressemble chimiquement au sodium.

**Tableau. N°30:** Résultats de dosage de potassium (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$K^+$ (mg/l)	01	01	03	03	12
NORME	20 mg/l				



**Fig. N°26 :** Variation des concentrations de  $K^+$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

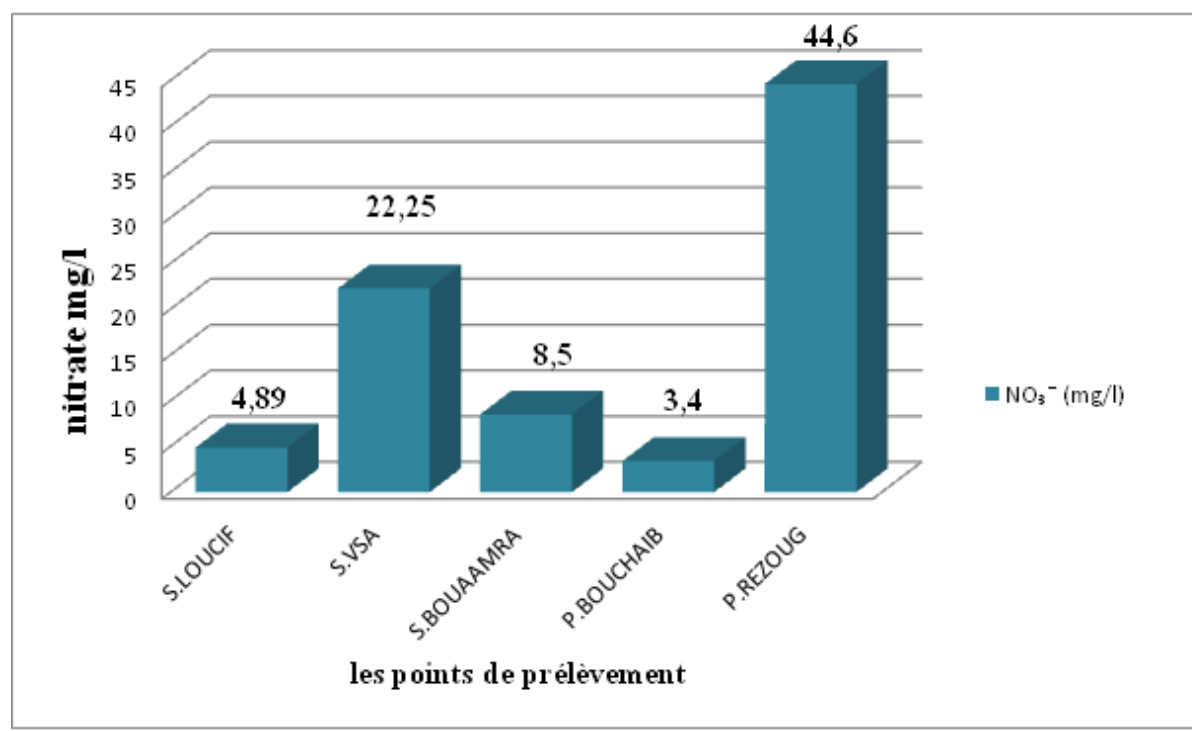
Les résultats concernant le dosage de  $K^+$  dans l'eau des sources et puits de la ville de Theniet El Had ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures aux normes algérienne l'échantillon de **les sources VSA01 et LOUCIF** possède la valeur faible de **1 mg/l**, par contre **le puits de REZOUG** possède une valeur élevée **12 mg/l** (Tableau N°30).

### 4.2.8 Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ):

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles.

**Tableau. N°31** : Résultats de dosage de  $\text{NO}_3^-$  (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	4.89	22.25	8.5	3.4	44.6
NORME	50 g/l				



**Fig. N°27:** Variation des concentrations de  $\text{NO}_3^-$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

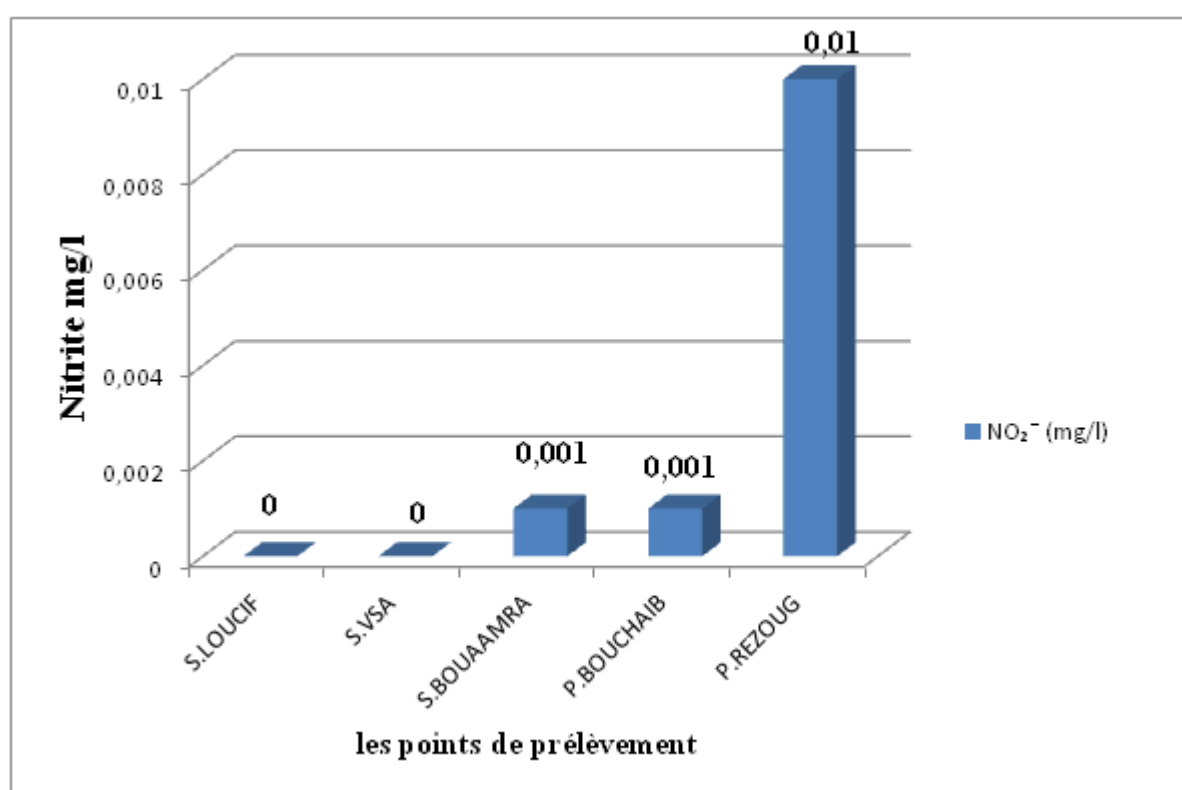
Les concentrations des nitrates dans les eaux souterraines de notre zone d'étude sont faibles dans les sources de LOUCIF et BOUAAMRA et puits de BOUCHAIB, par contre dans le puits de REZOUG elle varie de 44.6 mg /l. Cette valeur élevée est due peut-être à une utilisation excessive des engrais agricoles.

#### 4.2.9 Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ):

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable. (Lepeltier S., 2005).

**Tableau. N°32 :** Résultats de dosage de  $\text{NO}_2^-$  (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCCHAIB	P.REZOUG
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	00	00	0.001	0.001	0.01
NORME	0.5 mg/l				



**Fig. N°28:** Variation des concentrations de  $\text{NO}_2^-$  en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

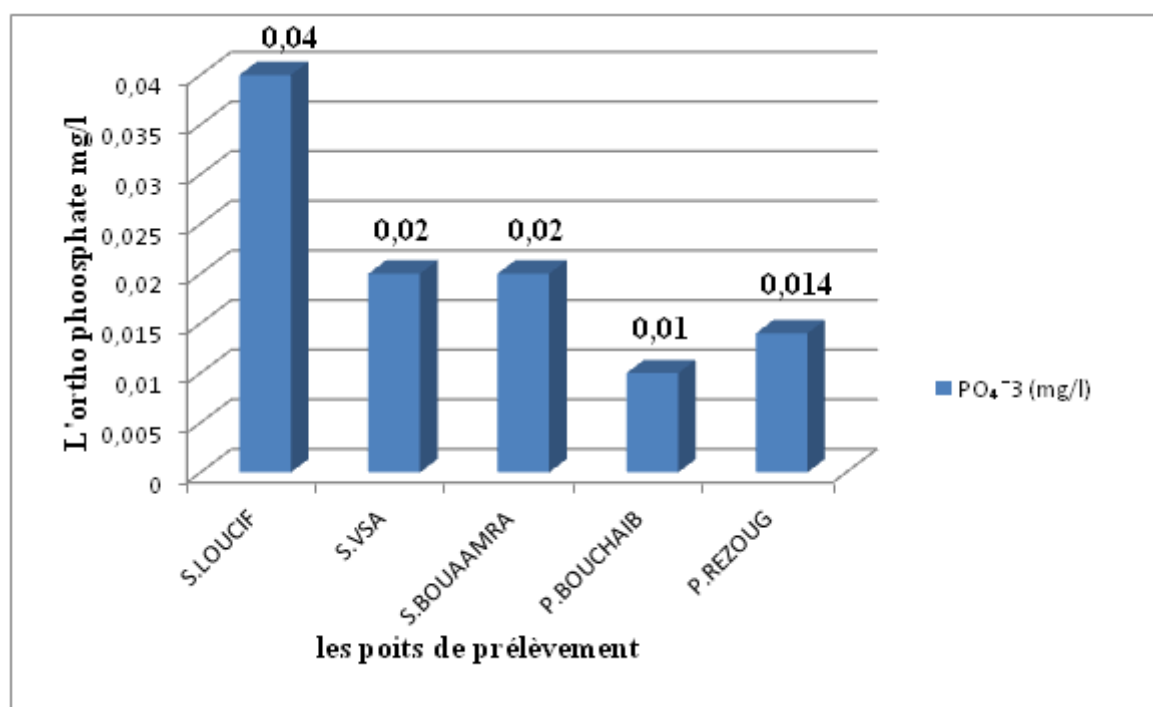
On remarque que la totalité des échantillons sont en conformité avec la norme qui est fixée par l'Algérie (0,5 mg/l).

#### 4.2.10 L'Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ):

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (Rodier J., 2005).

**Tableau. N°33:** Résultats de dosage de  $\text{PO}_4^{-3}$  (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$\text{PO}_4^{-3}$ (mg/l)	0.04	0.02	0.02	0.01	0.014
NORME	0.5 mg/l				



**Fig. N°29:** Variation des concentrations de  $\text{PO}_4^{-3}$  (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

Variation des concentrations de  $\text{PO}_4^{-3}$  (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

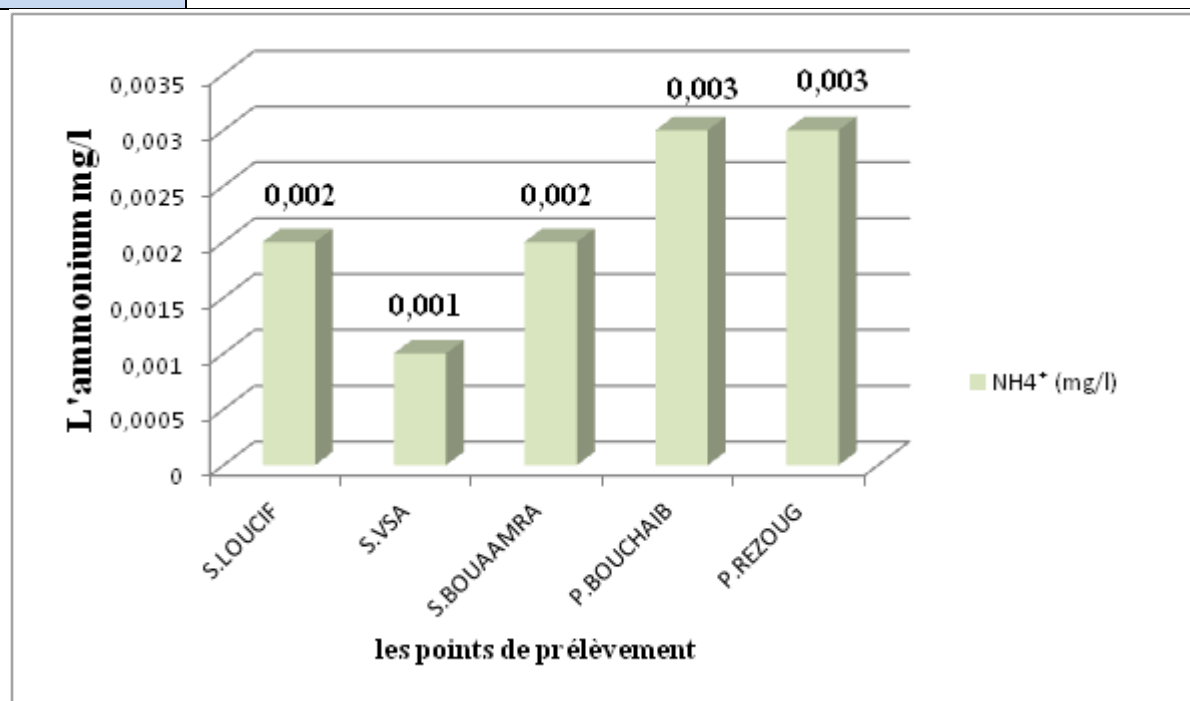
Des teneurs supérieures à 0.5 mg/L doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour les échantillons étudiés, nous avons trouvé une teneur comprise entre 0,01 mg/l et 0,04 mg/l ; ils sont inférieurs aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixe une valeur maximale admissible de 0.5 mg/l. (Fig. N°31; Tableau. N°29).

### 4.2.11 L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):

L'Ammonium est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée à une contamination urbaine ou industrielle.

**Tableau. N°34 :** Résultats de dosage de  $\text{NH}_4^+$  (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003
NORME	0.5 mg/l				



**Fig. N°30:** Variation des concentrations de  $\text{NH}_4^+$  (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

Les teneurs en ammonium dans les eaux souterraines de la zone d'étude sont inférieures à 0.1 mg/l (norme algérienne).

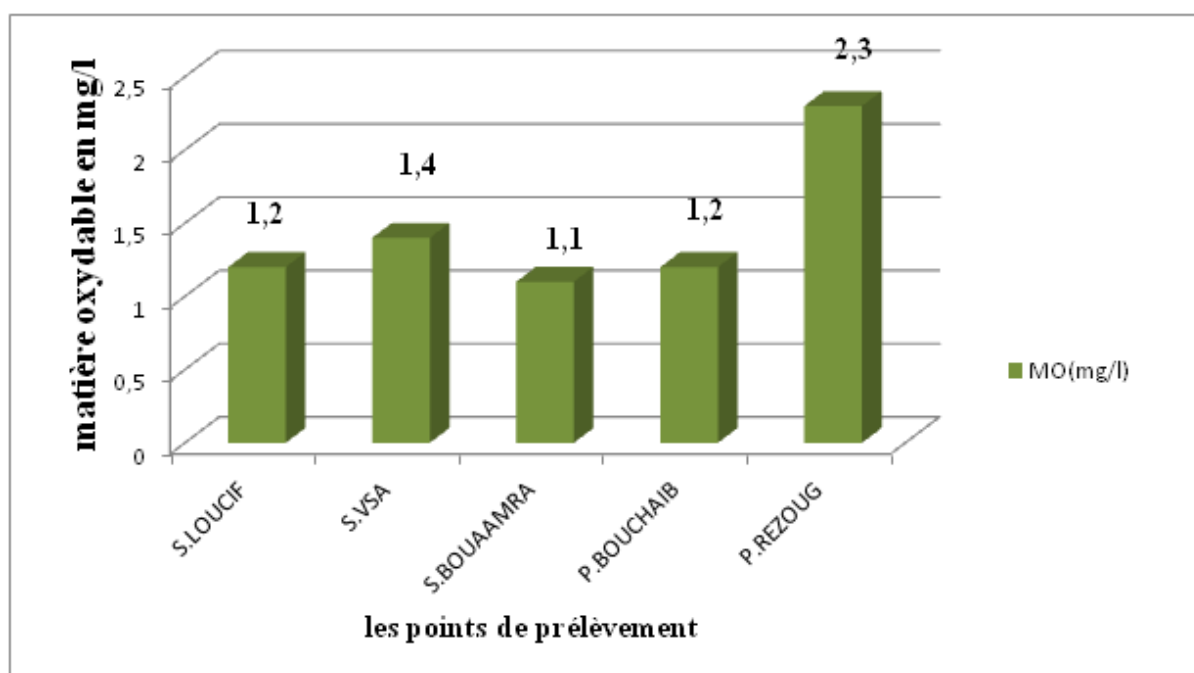
En a enregistré la valeur **0.001 mg/l** dans **la source VSA01** comme valeur minimal et **0.003 mg/l** dans **les puits de BOUCHAIB et REZOUG** comme valeur maximal.

#### 4.2.12 matières oxydables:

Les matières oxydables sont des matières organiques, qui nécessitent pour leur décomposition une certaine quantité d'oxygène. Elles vont appauvrir le milieu naturel en oxygène, c'est pourquoi elles sont considérées comme des matières polluantes.

**Tableau. N°35:** Résultats de dosage de MO (mg/l) des points de prélèvement.

LES SOURCES	S.LOUCIF	S.VSA01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
MO(mg/l)	1.2	1.4	1.1	1.2	2.3
NORME	5mg/l				



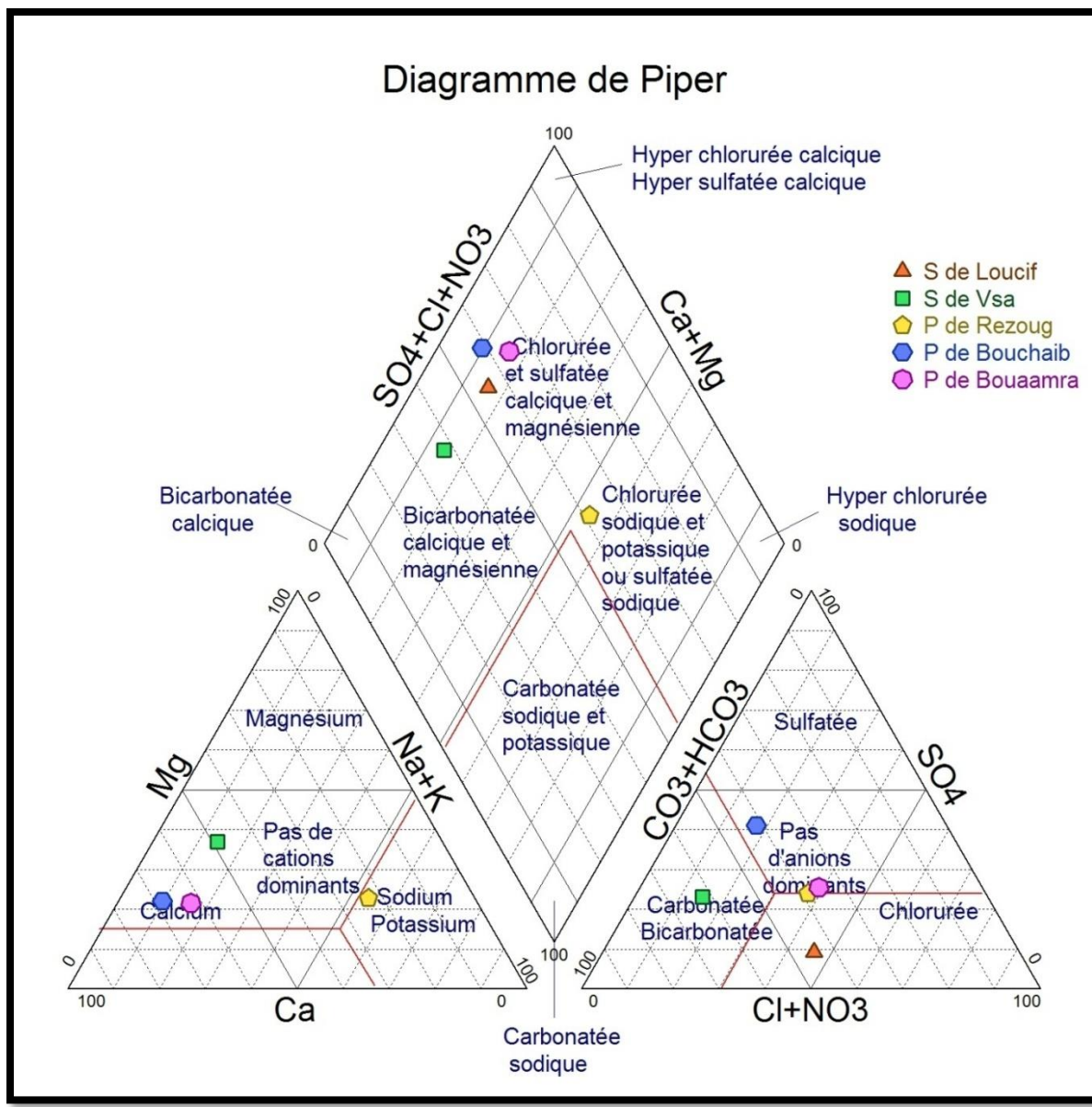
**Fig. N°31:** Variation des concentrations de MO en (mg/l) des points de prélèvement de la zone d'étude.

Toutes les sources ne dépassent pas la normes algérienne (5 mg/l ) mais **le puits de REZOUG** contient un teneur important de MO par rapport les autres échantillons(2.3 mg/l ) (**Tableau. N°35.Fig. N°31**).



### 2.3 Diagramme de Piper :

La présentation des analyses chimiques sur ce type de diagramme (**Fig. N°32**), permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux souterraines. Les anions les plus dominants sont les sulfates et les bicarbonates. Le calcium et le magnésium proviennent probablement de la dissolution des calcaires et des bancs dolomitiques.



**Fig. N°32** : Les faciès chimiques (diagramme de piper).

#### 4.5 Les paramètres bactériologiques :

Tableau. N°36 : Normes algériennes de la qualité bactériologiques pour l'eau potable.

Paramètre microbiologique	Volume	Recommandations (N.A)
Coliformes totaux	100 ml	10 germes
Coliformes fécaux	100ml	Négative
Escherichia_ coli supérieur	100 ml	Négative
Les Germes totaux	100ml	00 germes
streptocoque fécaux	100ml	00 germes
Clastridium sulfato_reducteur	100ml	00 germes

- **Coliformes totaux :**

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. (Bourgeois C.M. *et al.*, 1991).

- **Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants :**

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C. (BELHAKEM A, SALAH A, .2015).

- **Escherichia coli :**

Est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « Escherichia coli présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce. (Bourgeois C.M. et Mesclé. J., 1996).

- **Streptocoques fécaux :**

Sous la dénomination générale de «*Streptocoques fécaux*», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Landefeld. (Rodier. J., 2005).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles. (Bourgeois C.M. et Mesclé. J., 1996).

#### 4.5.1 Les Résultats des analyses :

**Tableau. N°37:** Résultats de dénombrement des paramètres microbiologiques des points de prélèvement.

Source et puits Paramètre	S.LOUCIF	S.VSA 01	S.BOUAAMRA	P.BOUCHAIB	P.REZOUG
coliformes totaux à 37°	+200 germe	+22 germe	+30 germe	+150 germe	+300 germe
coliformes fécaux à 44°	Négative -	Négative -	Négative -	Négative -	Positive +
streptocoques fécaux	00 germe	00 germe	00 germe	00 germe	01 germe
Escherichia_coli	Négative -	Négative -	Négative -	Négative -	Positive +
Clastridium sulfato_reducteur	04 germe	00 germe	02 germe	02 germe	04 Germe
Germes totaux	00 germe	40 germe	00 germe	15 germe	140 germe

#### 4.5.2 L'interprétation : (Tableau. N°37).

On à remarquer que les résultats d'analyses des coliformes totaux sont dépassent la norme algérienne (10 germe par 100 ml) dans toutes les échantillons.

Les tests de CF et E. coli ont observe que les résultats sont négatifs dans toute les sources (**LOUCIF, VSA 01, BOUAAMRA**) et puits de **BOUCHAIB** mais ils sont positifs dans le puits de **REZOUG**.

L'analyse de streptocoques fécaux a montré des résultats négatifs dans les sources (**LOUCIF, VSA 01, BOUAAMRA**) et puits de **BOUCHAIB** mais on remarque que le puits de rezoug a donné un test + avec une valeur de 01 germes /100ml confirmant ainsi que ce dernier est pollué.

On à observer que les germes totaux est intensif dans **le puits de REZOUG et BOUCHAIB** et **la source VSA 01** et nul dans **la source LOUCIF et BOUAAMRA** .qui montre qu'elles sont impropres à la consommation avant traitement préalable (chloration).

Clastridium sulfato\_reducteur sont présent dans toutes les sources et les puits sauf **la source VSA 01** il est nul.

En remarque que toutes les sources quant à étudier son de mauvaise qualité parce qu'ils ne sont pas traitées ou mal protégées.

#### Conclusion :

La représentation graphique de Piper montre que la majorité des eaux prélevées dans les différents points d'eaux sont caractérisées par un faciès chloruré et sulfaté calcique et Magnésien, à l'exception d'un seul point qui est sulfaté sodique et un autre échantillon Bicarbonaté calcique et magnésien.

Les points d'eau analysés ou la minéralisation est importante se localisent généralement au centre du synclinal dans les formations du Crétacé ou l'eau circule en grande partie dans des calcaires à intercalation de marnes gypseuses d' où l'influence des minéraux évaporitiques sur le chimisme de l'eau .Les teneurs anormales en sulfates sont liés directement à la lithologie c'est-à-dire aux formations triasique. D'une façon générale l'analyse montre que tous les points d'eaux sont classés à faible danger d'alcalinisation des sols donc une eau excellente pour l'irrigation.

-Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>-</sup> : Caractérisent essentiellement la minéralisation de l'encaissant, excepté parfois Ca et SO<sub>4</sub> qui peuvent provenir des formations du Trias.

-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : provient du lessivage des grès après mise en solution de la matrice calcaire.

Au niveau de l'axe de l'aquifère qui coïncide avec celui de la cuvette les eaux présentent un faciès sulfaté calcique et bicarbonaté calcique à l'exception des points situés au niveau des zones de rejet d'eau résiduaire. Nous retiendrons aussi l'influence des minéraux évaporitiques largement disséminés à différents niveaux mais aussi et surtout celle des remontées de matériaux triasiques.

La qualité microbiologique est très mauvaise à cause des quantités élevées des paramètres bactériologiques tels que les coliformes et les streptocoques surtout le puits de **REZOUG**.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion Générale

---

### Conclusion Générale :

L'étude géologique et hydrogéologique de la région Theniet El Had nous a permis d'arriver à la conclusion suivantes :

De point de vue géomorphologique la région Theniet El Had est représentée par trois ensembles distincts : un relief montagneux (la forêt des cèdres), la plaine de Houch ben Chiha et les monts de kef Meziad djebel koura.

Avec un climat méditerranéen tempéré caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de **483.91 mm** avec une saison estivale courte et chaude et sèche et un hiver froid et humide, ce climat influe sur le bilan hydrique qui montre des valeurs moyennes de l'évapotranspiration réelle (**262.43 mm**) avec une infiltration faible de (**26.46 mm**) et un ruissellement de (**195.02 mm**).

L'étude géologique relève la présence de 6 informations d'âge différentes, celles des éocènes, oligocène, miocène, pliocène, crétacé, et trias, Et de point de vue stratigraphique les terrains composant cette région peuvent être groupés en trois grandes catégories : conglomérat et grès, calcaires et argiles dolomiques.

Les connaissances hydrogéologiques de la région d'étude ont mis en évidence trois formations aquifères majeures : sablo-argileuses et un complexe gréseux attribué au Mio-Pliocène quaternaire et la formation de calcaire et de dolomie séparés par niveaux argileux (aquifère de barrémien aptien – albien) et les formations de kimméridgien inférieur et moyen (aquifères jurassiques). L'interprétation de la coupe géologique nous permet de mettre en évidence l'existence de plusieurs horizons aquifères susceptibles de fournir des débits d'exploitation appréciables.

Les analyses de la qualité physico-chimique des eaux de ces sources de la ville Theniet El Had permettent de mettre en évidence les conclusions suivantes :

L'étude physico-chimique dans les différents points de prélèvement est confirmée avec les normes algériennes. Le sodium et le potassium, les sulfates, les chlorures, les bicarbonates ne dépassent pas les normes. Les phosphates et les nitrites ne dépassent pas les normes.

Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) dépasse les valeurs recommandées surtout le point P4.

## Conclusion Générale

---

La qualité naturelle des eaux souterraines de la région d'étude est peut être altérée par l'activité humaine. Dans ce cas la détérioration n'est pas jugée importante.

On recommande un traitement appropriée pour retrouver sa potabilité du point de vue bactériologique. Les nappes libre est la plus vulnérable car les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique; d'autre part, la fluctuation verticale saisonnière du niveau piézométrique aboutit à rincer les particules de la zones non saturée et entraîner les substances qui y sont adsorbées.



**Références  
bibliographiques**

## Référence bibliographique

---

### Référence bibliographique

**Belhakem A. Et Saleh A ., (2015)** : impact des activités anthropiques sur la qualité physico-chimiques et bactériologique des eaux des puits dans une zone urbaine. Mémoire master en hydrogéologie Université Ibn Khaldoun Wilaya Tiaret.

**Bourgeois C M. et Mesle J., 1996** : Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires Tome 3. Edition APRIA, 331p.

**Bouziouane M. Et Mersel S. et Laazeb F., (2018)** : contribution à l'étude hydrogéologique et hydro chimique du parc national de Theniet El Had (la Wilaya Tissemsilt) . Mémoire master en hydrogéologie Université Ibn Khaldoun wilaya Tiaret 79 p.

**CHERIER H PNTEH,** .2011 administration du parc national de Theniet El Had.

**Khelifa Kh. et Araria N ., (2015)** : Etude Hydrogéologique et Caractéristiques Hydrochimique des eaux Souterraines de la Région de Sougueur (Wilaya de Tiaret) . Mémoire master en hydrogéologie Université Ibn Khaldoun wilaya Tiaret 56 p.

**Rodier J., 2005** : L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

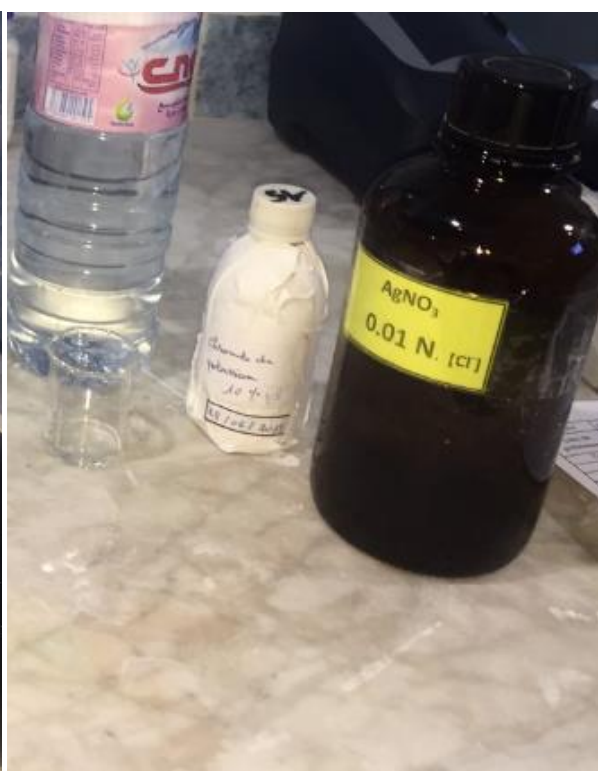
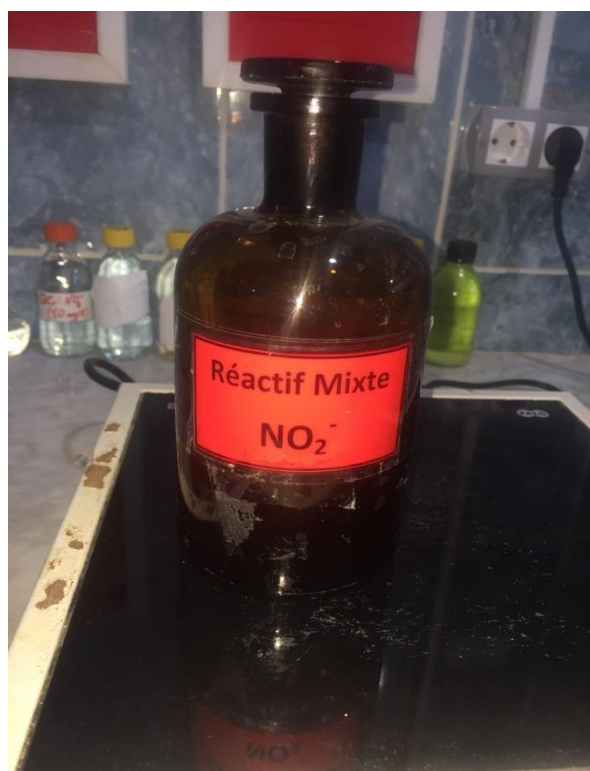
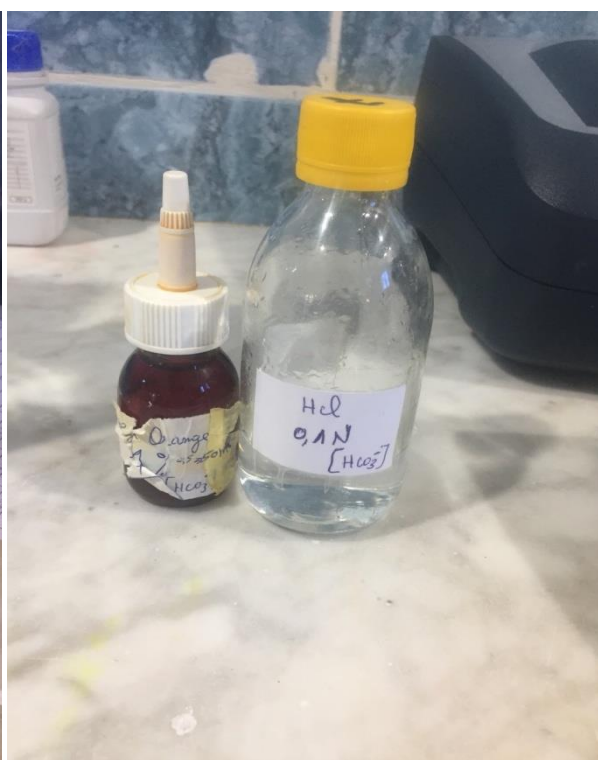
**Sarmoum .,** 2008 études climatologie.

**Subdivision DRE Theniet El Had., 2018.**

**Décret exécutif n°11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif a la qualité de l'eau de consommation humaine : les normes algériennes**

# **Annexes**

Les produits :les réactifs (ADE2019)



## Annexes

---

### Les appareils :



**Fig. N°01:** spectromètre. (ADE, .2019)



**Fig. N°02:** conductimètre. (ADE, .2019)



**Fig. N°03:** pH mètre. (ADE, .2019)



**Fig. N°04:** agitateur. (ADE, .2019)

## Annexes



**Fig. N°05:** plaque chauffante.



**Fig. N°06:** l'étuve.

### Les analyses :



**Fig. N°07:** analyse des paramètres de pollution.



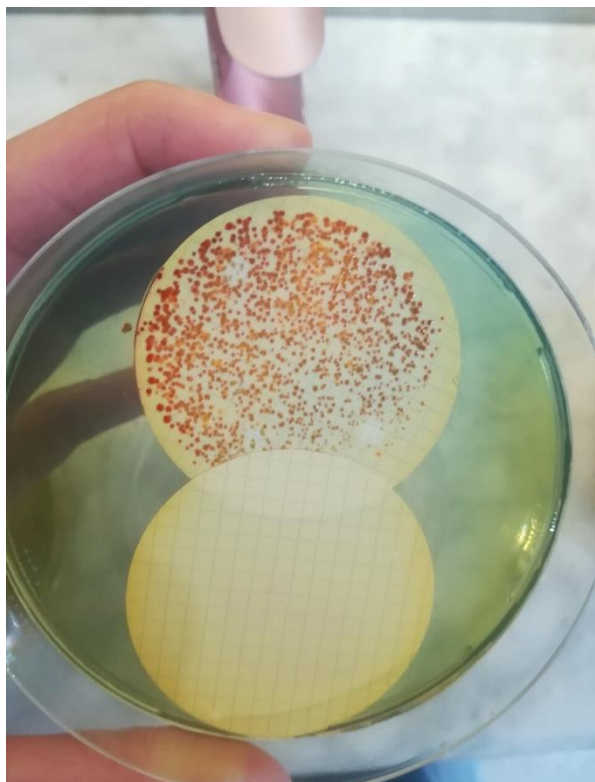
**Fig. N°08:** l'analyse des nitrites.



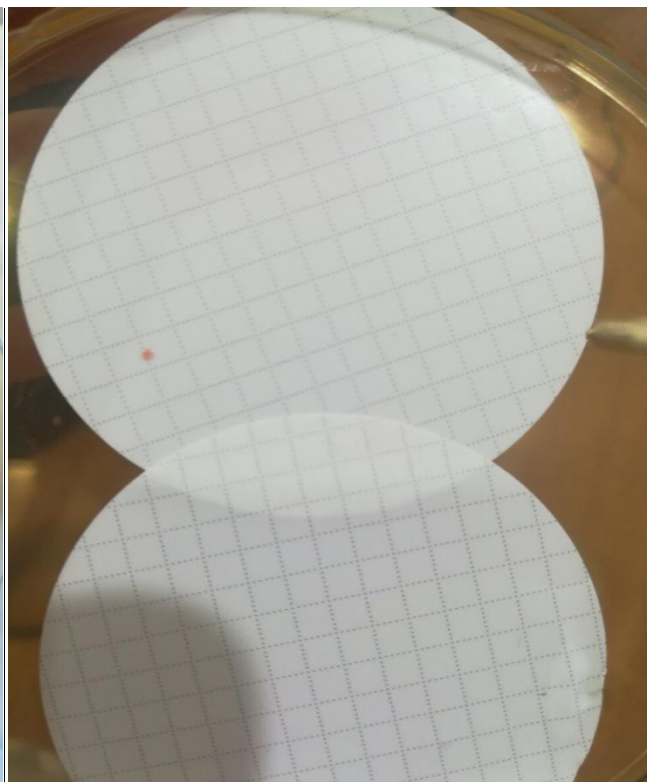
**Fig. N°09:** les coliformes totaux.



**Fig. N°10:** les coliformes fécaux.



**Fig. N°11:** les germes totaux.



**Fig. N°12:** les streptocoques.

## Annexes

**Les coordonnées et les résultats des analyses des sources et puits de notre zone d'étude:**

Date de prélèvement		19/05/2019	19/05/2019	19/05/2019	19/05/2019	20/05/2019	
Lieu de prélèvement		Source de loucif	Source de vsa	Puits de rezoug	Puits de bouchaib	Source de bouaamra	
Les coordonnées	Lambert	X	35° 52' 31,1"	35° 53' 5,9"	35° 51' 59,7"	35° 52' 38"	35° 52' 34,8"
		y	2° 1' 41"	2° 1' 32,6"	2° 1' 59,7"	2° 1' 39,7"	2° 1' 33"
		Z	1105	1112	1192	1112	1114
		ns	/	/	3,22	3,8	/
	UTM	X	412 258.74	412 058.78	412 023.41	412 035.17	412 059.26
		y	3 970 266.62	3 971 340.88	3 969 294.56	3 969 299.53	3 970 382.61
Température C°		19.1	19.1	20.7	18.9	17.7	
PH		7.3	7.2	7.5	7.2	7.5	
Conductivité µs/cm		1341	747	1658	1643	1295	
Turbidité NTU		0.127	0.517	0.452	0.2	0.286	
Oxygène dissous mg/l		6.38	4.09	6.23	4.69	4.20	
M. en suspension mg/l		741	423	895	875	713	
m. oxydables mg/l	Vol(ml)	1.4	1.3	2.3	1.2	1.1	
	MO	1.4	1.3	2.3	1.2	1.1	
salinité		0.7	0.4	0.8	0.8	0.6	
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l		4.89	22.25	44.60	3.4	8.5	
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) mg/l		00	00	0.01	0.001	0.001	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/l		0.002	0.001	0.003	0.003	0.002	
Ortho phosphate(PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) mg/l		0.04	0.02	0.014	0.001	0.02	
Calcium(Ca +2) mg/l	Vol(ml)	19.7	9.9	23.1	27.8	18.8	
	Ca2+	157.91	79.35	185.16	222.84	150.70	
Magnésium(m g+2) mg/l	Vol(ml)	26.5	17.4	25.9	36.8	25.3	
	Mg2+	33.04	36.45	13.60	43.74	31.59	
Sodium(Na <sup>+</sup> ) mg/l		46	26	54	34	43	
Potassium(K <sup>+</sup> ) mg/l		01	01	12	03	03	
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) mg/l		60.41	96.37	213.75	296.89	161.88	
Chlorure(cl <sup>-</sup> ) mg/l	Vol(ml)	3.1	0.6	3.1	1.3	2.5	
	cl <sup>-</sup>	220.1	42.6	220.1	92.3	177.5	
Alcalinité (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	Vol(ml)	6.1	5.4	7.2	6.2	4.7	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	372.1	329.4	439.2	378.2	286.7	



## Résumé :

La région de Theniet El Had située au nord-est la wilaya de Tissemsilt au sud-ouest d'Algérie, caractérisée par une potentialité hydrogéologique importante avec un climat tempéré,. Or dans cette zone, les eaux souterraines constituent la principale ressource en eau potable et en eau d'irrigation pour la population rurale et urbaine.

L'objectif de ce travail est, d'une part, d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la période des hautes eaux (Mai 2019) de la zone d'étude et de les comparer aux normes algériennes de potabilité.

D'autre part de connaître le potentiel hydrique sur le plan hydrogéologique de cette région .

Les résultats obtenus, montrent que les concentrations des éléments majeurs ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité seulement pour le calcium (Ca++) qui dépasse les valeurs recommandées surtout le point P4.

Aussi, les valeurs des anions ne dépassent pas les normes recommandées.

**Mots-clés :** eaux souterraines, qualité, piézométrie, la région Theniet El Had.

## Abstract :

The region of Theniet El Had located in the north-east wilaya of Tissemsilt southwest of Algeria, characterized by significant hydrogeological potentiality with a temperate climate. In this zone, however, groundwater is the main source of drinking water and irrigation water for the rural and urban population.

The objective of this work is, on the one hand, to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of the groundwater during the high-water period (May 2019) of the study area and to compare them with the Algerian standards of potability.

On the other hand to know the hydric potential on the hydrogeological plan of this region

The results obtained show that the concentrations of the major elements do not exceed the Algerian norms of potability only for calcium (Ca ++ ) which exceeds the recommended values especially point E4.

Also, the values of the anions do not exceed the recommended standards.

**Keywords:** groundwater, quality, piezometry, Theniet El Had region.

## ملخص :

تقع منطقة ثنية الحد في جنوب غرب ولاية تيسمسيلت شمال شرق الجزائر ، وتتميز بإمكانيات هيدروجيولوجية كبيرة ذات مناخ معتدل. غير أن المياه الجوفية في هذه المنطقة هي المصدر الرئيسي لمياه الشرب ومياه الري لسكان الريف والحضر الهدف من هذا العمل هو ، من ناحية ، تقييم الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية للمياه الجوفية خلال فترة المياه العالية (مايو 2019) في منطقة الدراسة ومقارنتها بالمعايير الجزائرية الصالحة للشرب

من ناحية أخرى لمعرفة الإمكانات المائية على الخطة الهيدروجيولوجية لهذه المنطقة.

(P4). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن تركيزات العناصر الرئيسية لا تتجاوز المعايير الجزائرية لإمكانية الكالسيوم فقط التي تتجاوز القيم الموصى بها خاصة النقطة

أيضا ، لا تتجاوز قيم الأنيونات المعايير الموصى بها.

**الكلمات المفتاحية:** المياه الجوفية ، الجودة ، قياس الضغط ، منطقة ثنية الحد.