

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master
académique en

Filière : **Ecologie et environnement**

Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présenté par : **FERHAT Zakia**

LALAM Ferial

Thème

**Analyse comparative de la qualité des eaux
des sources du Parc National Theniet El
Had-Tissemsilt**

Soutenu le,

Devant le Jury :

Mr. ABDELHAMID Dj	Président	M.C.B	Univ-Tissemsilt
Mr. ARDJANE T.E- A	Encadrant	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mr. MAIRIF M	Co-Encadrant	M.A.B	Univ-Tissemsilt
Mr. MELIANI K	Examineur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

SOMMAIRE

Listes abrégées

Listes figures

Listes tableaux

INTRODUCTION GENERALE

Introduction : 1

Chapitre I : Généralités sur les eaux

1. Définition de l'eau : 2

1.1. Ressources en eaux : 2

Les eaux souterraines: 2

Les eaux de surface : 3

1.2. Eaux potables : 3

Composition chimique des eaux : 3

Chapitre II

Les paramètres globaux de la qualité des eaux

1. Paramètres organoleptiques : 5

1.1. Couleur et odeur : 5

1.2. Saveur : 5

2. Paramètres physico-chimiques : 5

2.1. Température : 5

2.2. Potentiel d'hydrogène (pH) : 5

2.3. Conductivité électrique : 6

2.4. Turbidité : 6

2.5. Oxygène dissous [OD] et % de saturation en oxygène : 6

2.6. Alcalinité TA et TAC : 6

2.7. Les matières en suspension [MES] : 7

2.8. Résidus secs : 7

2.9. Minéralisation globale : 7

2.10. Calcium Ca^{+2} : 7

2.11. Manganèse Mn^{+2} : 7

2.12. Sodium Na^{+} : 8

2.13. Potassium K^{+} : 8

2.14. Les Chlorures Cl^{-} : 8

2.15. Les sulfates SO_4^{2-} : 8

2. Paramètres indésirables : 8

2.1. Le fer : 8

2.2. Aluminium Al^{+3}	9
3. Paramètres de pollution :	9
3.1. Nitrite (NO_2^-) :	9
3.2. Nitrate (NO_3^-) :	9
3.3. Ammonium :	9
3.4. Phosphate :	9
3.5. Propriétés comburantes du permanganate de potassium :	9

Chapitre III :

Présentation de la zone d'étude

1. Historique :	11
2. Présentation générale :	11
3. Situation géographique:	12
4. La pédologie :	13
5. Géologie :	14
6. Hydrologie :	15
6.1. Sources :	15
6.2. Oueds :	19
6.3. Les étangs :	19
7. Études climatiques de la zone	20
7.1. Les précipitations	20
7.1.1. Le régime saisonnier	21
7.1.2. L'humidité relative :	21
8. L'étage bioclimatique :	27
9. Richesse floristique :	28
9. Richesse faunistique :	31

Chapitre IV : Etude hydrochimique

1.1. Introduction	31
1.2. Méthodes	31
1.3. Matérielles :	31
1.4. Mode de prélèvement :	33
2. ETUDE HYDROCHIMIQUE:	34
2.1. Contexte Hydro chimique du Parc National de Theniet El Had :	34
2.2. Les analyses effectuées au cours de notre travail :	35
2.2.1. PH :	35
2.2.2. La conductivité :	36
2.2.3. Détermination de Nitrites (NO_2^-) :	37
2.2.4. Détermination de nitrates NO_3^- :	38
2.2.5. Détermination de sulfates (SO_4^{-2}) :	38
2.2.6. Détermination de Chlorures :	39

2.2.7. Détermination du calcium (Ca^{+2}) et du magnésium Mg^{+2} :.....	40
2.2.8. Détermination du bicarbonate HCO_3 :.....	42
2.2.9. Détermination de sodium Na:.....	43
2.2.10. Détermination de fer :.....	44
2.2.11. La Dureté (TH) :	45
3. Étude hydrochimique :.....	47
3.1. Facies hydrochimique :.....	47
3.1.1. Interprétation des diagrammes d'analyse d'eau :	47
3.1.2. Interprétation par diagramme triangulaire "Piper"	48
3.1.3. Application de l'ACP :	50
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	56
Références bibliographiques	58
LES ANNEXES :	

Liste des abréviations

MES : Matière en suspension (mg/L)
mg/L : Milligramme par litre.
Mg : milligramme.
TH : Titre hydrotimétrique (mg/L)
TA : Titre alcalimétrique (mg/L)
TAC : Titre alcalimétrique complet (mg/L)
NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité.
µS/cm : micro Siemens par centimètre.
RS : Résidu sec (mg/L)
PH : Potentiel d'hydrogène.
%: pourcentage.
°C : degré Celsius.
ADE : Algérienne des Eaux.
CE: conductivité.
L : Litres.
MO : Matière oxydable.
NH₄⁺: ammonium.
NO₂⁻: Nitrates.
NO₃⁻: Nitrites.
PH : potentiel d'hydrogène.
PO₄⁻: ortho phosphate.
T : Température.
V: Volume.
µm: micro mètre.
PNTH: Parc national de Theniet el had.
ONA: office national d'assainissement.
F : facteur de correction du titre d'AgNO₃.
°F : degré français.
N : normalité.
OMS : organisation mondiale de la santé.
S : source.
EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.
BBT: bleu bromothymole.
Fig: figure.

Liste de figure :

Figure 1 : Organigramme représentant la répartition de la ressource eau sous ses différentes formes sur la planète.....	02
Figure 2 : Carte de situation du parc national de TEH par rapport au nord de l'Algérie	12
Figure 3 : Carte des cantons du parc National des Cèdres de Theniet El Had	13
Figure 4 :Classification des sols de parc national Theniet el Had.....	14
Figure 5 : Carte des sources recensées	16
Figure 6 : localisation des sources des eaux du prélèvement de parc national Theniet el Ha	17
Figure 7 : source d'eaux (Ain Harhara) description de localisation de chaque source.....	17
Figure 8 : source d'eau (Ain Rond-point)	17
Figure 9 : Ain Toursout	18
Figure 10 : sources d'eau Ain Ouartan.....	18
Figure 11 : État des sources de parc national Theniet el Had.....	18
Figure 12 : réseau hydrographique de parc national Theniet El Had	19
Figure 13 : Digramme de la hauteur de pluies mensuel de parc national Theniet El Had.....	20
Figure 14 : Diagramme de l'humidité de parc national de Theniet El Had.....	22
Figure 15 : diagramme de température mensuelle de parc national Theniet El Had.....	23
Figure 16 : Graphe de la température mensuelle du parc National de Theniet El Had.	23
Figure 17 :Diagramme de précipitation mensuelle de parc national Theniet El Had.....	25
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse Parc national de Theniet El Had.	26
Figure 19 : Localisation de la zone d'étude dans le Climagramme d'EMBERGER.....	27
Figure 20 : Grands types des végétaux dans la cédraie.	28
Figure 21 : les analyses accomplies en laboratoire d'ADE.	32
Figure 22 : les analyses accomplies en laboratoire de la station d'épuration.	32
Figure 23 : les analyses accomplies en laboratoire de l'université.....	32
Figure 24 : Le prélèvement des échantillons dans la zone d'étude.....	33
Figure 25 : carte de localisation des sources d'eau dans le parc national de Thniet el Had. ...	34
Figure 26 : Distribution des valeurs de PH selon les sources étudiées.....	35
Figure 27 : Distribution des valeurs de conductivité selon les sources étudiées	36
Figure 28 : Carte d'isoteneur des valeurs de conductivité (carte de minéralisation).....	37
Figure 29 : Distribution des concentrations du nitrite selon les sources étudiées	37
Figure 30 : Distribution des concentrations du nitrate selon les sources étudiées.....	38
Figure 31 : Distribution des concentrations du sulfate selon les sources étudiées	39
Figure 32 : Distribution des concentrations de chlorures selon les sources étudiées	40
Figure 33 : Distribution des concentrations de calcium selon les sources étudiées.....	41

Figure 34: Distribution des concentrations de magnésium selon les sources étudiées	42
Figure 35: Distribution des concentrations de bicarbonate selon les sources étudiées.....	43
Figure 36: Distribution des concentrations de sodium selon les sources étudiées.	44
Figure 37: Distribution des concentrations de fer selon les sources étudiées.....	45
Figure 38: Distribution des valeurs de la dureté selon les sources étudiées	46
Figure 39: Représentation par diagramme de Schoeller-Berkaloff des sources de parc national Theniet el Had.	48
Figure 40: Représentation par diagramme de Piper des sources de parc national Theniet el Had.	49
Figure 41: Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico chimiques des sources	50
Figure 42: L'ACP des paramètres physico chimiques des sources sur les plans factoriels (F1-F2).	53
Figure 43: La carte des sources sur le plan factoriel.	54
Figure 44: La dispersion des sources avec les variables sur le plan AFC.	55

Liste du tableau :

Tableau 1: liste des sources et leur localisation	15
Tableau 2: descriptions des sources étudiées	16
Tableau 3 : données sur quelques étangs.....	19
Tableau 4: Répartition mensuelle et annuelle de la pluviosité de 1913-1938	20
Tableau 5 : Précipitations annuelles corrigées à partir de la station Theniet El Had enregistrée durant la période 1913-1934	21
Tableau 6 : le régime saisonnier pour les stations : Theniet El Had, Parc national à 1 787 m et à 853 m	21
Tableau 7 : L'humidité relative dans la région de l'aire protégée.....	22
Tableau 8 : Données thermiques de la station de Theniet El Had.....	22
Tableau 9 : Direction des vents dans le parc national de Theniet El Had.	23
Tableau 10: Les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la zone d'étude relatives à la période 1913-1938.....	24
Tableau 11: les précipitations mensuelles (en mm) de la zone d'étude pour la période 1913-1938 obtenues par extrapolation.	25
Tableau 12: Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude.	33
Tableau 13: Résultats des analyses chimiques en mg/L des eaux des sources de PNTH.	34
Tableau 14 : Le codage des sources d'eau étudiées.	35
Tableau 15: Classification de l'eau selon la dureté totale.....	46
Tableau 16: Résultats et classification de la dureté totale des points de prélèvement:	46
Tableau 17 : Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico chimiques.	50
Tableau 18 : Matrice de corrélation (ACP) entre les variables.	52



Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout notre Dieu ALLAH, qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail. Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à nos promoteurs **Mr ARDJANE Tadj Eddine Adda** pour leurs précieux conseils, leurs orientations, et leurs compétences qui ont été mises à notre disposition, qu'elle soit remercié Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément : **Mr ABDELHAMIDE Djamel** d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance. **Mr MILIANI Kaddour** d'avoir accepté de juger notre travail. Nous adressons nos sincères remerciements à notre Copromoteur **Mr MAIRIF Med** pour la confiance qu'il nous a accordée. Nous remercierons également tous les ingénieurs en particulier **Mme Linda** du laboratoire d'ADE Tissemsilt, **Mr BACHA Nassim(ONA)** et **Mr LAFER** du laboratoire de l'université. On tient aussi à remercier l'ingénieur topographie **Mr NADIR Nabil Mahdi**, **Mr ZAMMOUR Mahfoud** et **CHERIER Hamid** qui nous aide.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail du fond du cœur à tous les personnes je j'aime :

*A mes chères parents **LALAM Bachir** et **ABD-ERRAHIM Djamila** pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien, et leur prière tout au long de mes études.*

*A mes frères **Ilyes, Mohammed** et **Imad** et mes sœurs **Assia, Ahlem** et son mari **AMANI Bilal** et leur fille **Cylia Farah** pour leur encouragements permanents et leur soutien morale.*

*A mon oncle **LALAM Djillali**.*

*A ma chère binôme **FERHAT Zakia** et toute sa famille qui je le souhaite tous le bonheur et le succès.*

*Et toutes mes amies **KHAMEUR Naima, BELOUADE Abir, NEKKI Nadjat** et **TIS Nour elhouda**.*

A tous ma promotion de Protection des Ecosystèmes 2020/2021.

Que ce travail soit l'accomplissement de nos vœux tant allégués, Merci d'être toujours là pour moi.

LALAM Ferial.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail du fond du cœur a tous les personnes je j'aime :

*A mes chers parents **BENAOUDA** et **BELAZZOUZ Kheira** pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien, et leur prière tout au long de mes études.*

*A mes frères **Rachid, Mohammed** et **Ghalem** et mes sœurs **Aicha, Soumia, Karima** et **Malika** pour leurs encouragements permanents et leur soutien morale.*

*A mes neveux **Anes, Lina, Youcef, Riad, Djouri** et **Cylia Farah.***

*A mon cher oncle **BELAZZOUZ Noureddine.***

*A ma chère amie **LALAM Ferial** et toute sa famille qui je le souhaite tous le bonheur et le succès.*

*Et toutes mes amies **LALAM Ahlem, KHAMEUR Naima, FOU DHIL Serine, KHABER Noual, BENTAMRA Yousra** et **MALEK Maroua.***

A tous ma promotion de Protection des Ecosystèmes 2020/2021.

Que ce travail soit l'accomplissement de nos vœux tant allégués, Merci d'être toujours là pour moi.

FERHAT Zakia.



Introduction

Générale

Introduction :

Depuis antiquité, l'homme a essayé de réaliser un objectif pour maintenir de l'eau saine en l'alimentation et pour son bien-être. L'eau est sans doute l'élément fondamental de la vie quotidienne et aussi considérée comme le principal facteur limitant de la vie humaine. Elle tient une place indéniable dans divers domaines tels que : Domestiques, industriels, agricoles, énergétiques ou encore à certains moyens de transport. À titre d'exemple dans les pays en voie de développement où il se trouve sous climats arides, le rôle des eaux souterraines est concrètement important parce qu'elle y est considérée comme la seule source d'eau potable (*Helweg, 2009 ; Velis et al., 2017*). Cependant la gestion de la quantité et de la qualité des ressources en eau est souvent au cœur des préoccupations du pays en raison que la rareté est toujours exacerbée par la sécheresse (*Stanke et al., 2013*).

Cette ressource naturelle est cruciale pour répondre aux besoins de l'agriculture ainsi que dans l'industrie et des ménages des pays développés et en développement dans lequel les eaux souterraines ayant une grande ampleur socio-économique. La partie principale de l'eau potable est fournie par les eaux souterraines qui sont exploitées par 75 % à 90 % de la population mondiale. La qualité de cette eau dépend de l'environnement de ces aquifères et de leur vulnérabilité à la pollution.

L'eau de surface en Algérie se présente par principale source d'eau potable, pourtant un grand nombre de particuliers et de municipalités se tournent vers les eaux souterraines, qui contiennent beaucoup d'eau utilisable.

Cette étude constitue un travail très important qui accorde un intérêt particulier à la détermination et valorisation la qualité de l'eau de la région de Theniet El Had (Parc National Tissemsilt). Afin d'apprécier la qualité physico-chimique réelle des eaux souterraines et de comprendre l'influence des facteurs extérieure sur la qualité de l'eau, un suivi des caractéristiques physico-chimiques a été réalisé, fondé sur des approches relatives à l'hydrochimie, l'hydrogéologie, la cartographie... etc.

Pour cela, notre étude s'articulera en quatre chapitres principaux :

Le 1er chapitre décrit une généralité sur les eaux

Le 2^{ém} chapitre : Les paramètres globaux de la qualité des eaux

Le 3^{ém} chapitre : porte la présentation de la zone d'étude.

Le 4^{ém} chapitre : une partie sur les matériels et méthodes utilisés dans notre pratique expérimentale. Finalement on trouve les résultats et discussions afin d'extraire un profil sur la qualité des eaux des sources prélevées dans notre zone étude (étude hydrochimique).

Chapitre I :
Généralités sur les eaux

1. Définition de l'eau :

L'appellation chimique de l'eau est H_2O qui présente sous forme une solution aqueuse diluée. L'eau en état liquide joue un rôle primordial au maintien de la vie et de tous les organismes connus.

Il existe sous 3 formes : liquide, solide ou gazeuse. Néanmoins, la majorité de cas est présentée sous forme liquide, car c'est la forme d'eau la plus répandue sur terre (*Curigan, France*).

Par conséquent l'eau couvre 71 % de la surface de la Terre soit 97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce issue par de différents réservoirs. Il se trouve sous forme liquide dans les océans, les lacs, les rivières ou les ruisseaux. Mers, lagunes, étangs, étangs, ruisseaux, canaux, fossés ou zones interstitielles qui sont aussi des sols d'eau liquide (*BERTRAND, 2008*).

1.1. Ressources en eaux :

Les formes de réserves naturelles de l'eau sont :

- Les eaux souterraines (Infiltration, niveau des eaux souterraines),
- Les eaux de surface retenues ou en circulation (Barrages, lacs, rivières)
- L'eau de mer (*JEAN-CLAUDE, 1983*).

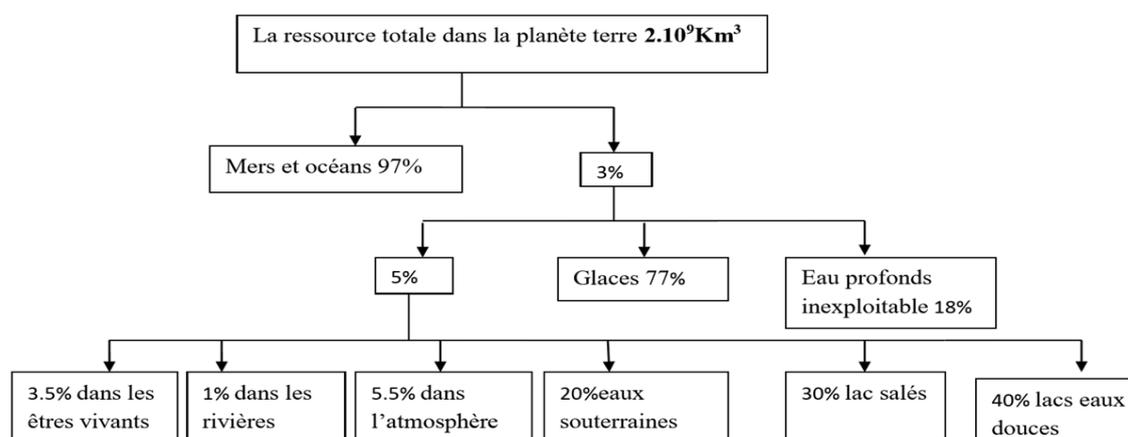


Figure 01 : Organigramme représentant la répartition de la ressource eau sous ses différentes formes sur la planète (PAPA, 2005)

➤ Les eaux souterraines:

Par sa définition l'eau souterraine est une eau qui pénètre intérieurement dans le sol à cause de la porosité de sa structure géologique. Cependant la collection et l'accumulation d'eau dépendent des constitutions de la terre en formant un aquifère.

En effet la pénétration, la circulation et la rétention de l'eau dans le sol besoin de sa nature, de sa structure de base et de la disposition relative des différentes couches géologiques.

Parmi les paramètres structuraux sont comme suit : la distribution granulométrique, la porosité, la perméabilité (**Roux, 1995**)

➤ **Les eaux de surface :**

L'eau de surface indique une eau accumulée et collectée sur le sol ou dans les rivières dans les lits de rivières, les lacs, les zones humides, les océans ou les océans. Par conséquent son niveau de pollution est mesuré par la qualité de l'eau collectée. Autrement dit toute l'eau de surface est originellement fournie par les précipitations et elle est habituellement perdue en raison de l'évaporation et de l'infiltration souterraine. (**Roux, 1995**)

1.2. Eaux potables :

Selon l'Organisation mondiale de la santé, une eau potable hygiénique ne provoque pas de menace majeure pour la santé des personnes qui consomment l'eau potable au cours de leur vie. Autrement l'eau destinée à la consommation humaine doit : être raisonnablement minéralisée. Par conséquent l'eau potable ne comporte pas des de bactéries pathogènes (Bactéries, virus) et de parasites et ne doit contenir que des quantités limitées de certains produits chimiques. Précisément, il s'agit d'une substance indésirable ou toxique, comme le nitrate, le phosphate. Au contraire, la présence de certaines substances peut être considérée comme nécessaire, comme les oligo-éléments nécessaires au corps humain. L'eau potable devrait aussi être de l'eau potable (**JOHN et DONALD, 2010**).

➤ **Composition chimique des eaux :**

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules d'eau (Deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène), mais aussi contient naturellement dans sa structure diverses substances dissoutes inertes ou actives telles que : gaz, minéraux ou substances organiques, micro-organismes (Bactéries, virus du plancton) et particules en suspension.

Par conséquent, l'eau est considérée comme un excellent solvant selon le type du milieu dans lequel elle circule (Rivière, roche, atmosphère. La composition chimique de l'eau est complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle

évolue (Les propriétés du sol et du sol souterrain, les espèces animales et végétales et les activités humaines) (*SARDI, 2014*).

Normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation mondiale de la santé [OMS].

Ces valeurs sont :

- Dans la population la plus sensible
- L'incertitude de chaque substance est grande
- Elle est fonction de la dose journalière de la substance tolérable sous un poids donné
- Elle peut être utilisée à vie sans affecter la santé Ingestion (*MAZZUOLI, 2012*)

Chapitre II
Les paramètres globaux de
la qualité des eaux

1. Paramètres organoleptiques :

1.1. Couleur et odeur :

En général, la couleur et l'odeur ont été utilisées comme les premiers indicateurs de la pollution de l'eau. Il s'agit d'un paramètre qui reflète les interférences esthétiques. La couleur de l'eau se diffère peut-être : sources naturelles (Fer et manganèse dans les eaux profondes, humus dans les eaux de surface). L'une des conséquences de l'eutrophisation (Sur développement des algues et du plancton). La couleur d'une eau usée urbaine est grisâtre, mais certains rejets industriels (Teinture, papeteries...) contiennent des colorants particulièrement stables (*MOKDDEM et OUDDANE 2005*).

1.2. Saveur :

Le goût inhabituel est causé par la présence de très petite quantité de molécules organiques dans l'eau. En effet ces molécules peuvent être des molécules d'origine naturelle telle que les algues. Qu'il s'agisse de pollution domestique ou industrielle (*VILAGINES, 2003*).

2. Paramètres physico-chimiques :

2.1. Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En fait, cela joue un rôle important dans la solubilité des sels, en particulier des gaz, la dissociation des sels dissous et la conductivité électrique. Elle a une influence déterminante sur l'activité des micro-organismes et sur la réserve d'oxygène pour le processus d'autoépuration. Cette température ne doit pas dépasser 30 °C (*RODIER et al, 2005*).

2.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Ce paramètre est très important et lié à la concentration de l'ion hydrogène H^+ dans l'eau (*REJSECK, 2002*) qui il peut mesurer l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. L'eau naturellement et habituellement est une solution ionisée, qui peut être acide, alcaline ou neutre selon son état. La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales (*Rodier et al, 1996*). Sa valeur de PH est liée à la nature du terrain qu'elle traverse et varie généralement entre 7,2 et 7,6 (*GEUJONS, 1995*).

2.3. Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité exprime une idée sur la salinité de l'eau. Plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande. (SAMAKE, 2002).

2.4. Turbidité :

Selon (JEAN-CLAUDE, 1983) la turbidité de l'eau est liée à sa transparence qui permet indiquée la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine organique ou minérale.

2.5. Oxygène dissous [OD] et % de saturation en oxygène :

La concentration d'oxygène dissous est considérée comme t l'un des paramètres de qualité de l'eau les plus importants pour les organismes aquatiques. En effet la concentration d'oxygène dissous se change chaque jour et chaque saison en fonction de nombreux facteurs tels que :

- La pression locale d'oxygène dans l'atmosphère
- La température de l'eau.
- La salinité.
- La pénétration de la lumière.
- L'agitation de l'atmosphère.
- L'utilisation de l'eau et des nutriments.

Autrement, plus la concentration en oxygène dissous [OD] est proche de la saturation, plus la capacité de la rivière à absorber la pollution est grande.

- Les valeurs d'O₂ inférieures à 1 mg par litre indiquent des conditions proches des anaérobies. (LISEC 2004).
- La valeur d'O₂ de 1 à 2 mg par litre indique que la rivière est fortement polluée, mais elle est réversible.
- La teneur en O₂ de 4 à 6 mg par litre représente une eau de haute qualité ;
- Des niveaux d'oxygène inférieurs à 4 mg/L peuvent interférer avec les poissons sensibles.

2.6. Alcalinité TA et TAC :

L'alcalinité ou alcalinité complète [TAC] de l'eau est sa capacité à réagir avec les ions hydrogène [H⁺]. Ces ions sont dus à la présence d'ions bicarbonate [HCO₃⁻], carbonate [CO₃⁻] et hydroxyde [OH⁻]. En revanche, l'alcalinité causée uniquement par les ions OH⁻ et la moitié des ions CO₃ présents dans l'échantillon est appelée alcalinité simple [TA]. Lorsque le PH de l'eau est inférieur à 8,3, ce dernier n'est nul (REJJSEK, 2002).

2.7. Les matières en suspension [MES] :

En général ce sont des matières solides contenues dans les eaux qui peuvent séparées par des techniques telles que filtration décantation ou centrifugation. La méthode de déterminer les teneurs en MES sont obtenues après séchage à 105 °C.

2.8. Résidus secs :

Le résidu séché est indiqué par la solubilité et la teneur en matières non volatiles (Rapport des éléments minéraux) dans la suspension obtenue après évaporation de l'eau (**BERNE et JEAN, 1991**). En effet l'eau qui contient une très faible teneur en résidus secs peut ne pas être potable en raison de son goût. Les valeurs sont comme suit :

- Plus de **1 500** mg/L : eau riche en sels minéraux ;
- Entre **500 et 1 500** mg/L : eau moyennement minéralisée ;
- Entre **50 et 500** mg/L : eau faiblement minéralisée ;
- Résidu sec < **50** mg/L : eau très faiblement minéralisée.

2.9. Minéralisation globale :

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension. Elles représentent par conséquent le résidu de la calcination (**RODIER et al, 2009**).

2.10. Calcium Ca^{+2} :

Selon (**POTELON et ZYSMAN 1998**) le calcium est un métal alcalino-terreux très courant dans la nature, en particulier sous forme de carbonate dans le calcaire. C'est généralement le composant principal de l'eau potable. La grande quantité peut être causée par la dissolution du gypse. Le calcium est le principal composant de la dureté de l'eau. Cependant, l'eau contenant des sels de calcium est considérée comme « dure » et l'eau à faible teneur en éléments est considérée comme « douce ».

2.11. Manganèse Mn^{+2} :

Le manganèse est un oligo-élément essentiel pour le corps humain, cet élément ne causera donc aucun préjudice à la santé publique. Selon son degré d'oxydation, le manganèse prend la forme suivante : +2 : Mn^{II} : ion manganèse Mn^{+2} sous forme dissoute. +3 : Mn^{III} : Sesquioxyde de manganèse Mn_2O_3 , uniquement sous forme de précipité. +4 : Mn^{IV} : la forme dissoute de l'ion manganèse Mn^{+4} et la précipitation du dioxyde de manganèse MnO_2 (**CARDOT, 1999**).

2.12. Sodium Na^+ :

Selon (*RODIER et al. 2009*) le sodium est un élément constant dans l'eau. On le trouve dans la plupart des eaux souterraines et de surface (*POTELON et ZYSMAN, 1998*).

2.13. Potassium K^+ :

La teneur en potassium est bien inférieure à celle du sodium et la teneur en potassium de l'eau est rarement supérieure à 20mg/L. (*TARADAT et HENRY, 1992*).

2.14. Les Chlorures Cl^- :

Il se trouve en commun dans la nature telle que des sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium ($CaCl_2$). Quelle que soit la nature de la structure géologique traversée, la présence de chlorure peut être attribuée à l'exploitation des eaux usées de l'industrie chimique, des engrais potassiques ou des puits de pétrole dans les mines de sel. En général, la teneur en Cl^- de l'eau naturelle est inférieure à 50mg/L. cependant, des valeurs plus élevées peuvent être atteintes au contact de certaines structures géologiques. Leur principal inconvénient est qu'ils dégagent un goût désagréable à partir de 250mg/L d'eau et corrodent les métaux (*POTELON et ZYSMAN, 1998 ; MEGHZILI, 2003*).

2.15. Les sulfates SO_4^{2-}

L'eau naturelle contient des sulfates dans des proportions très variables dans lesquels leur existence est due à la solubilité du sulfate de calcium dans la roche de gypse et à l'oxydation du sulfate propagé dans la roche (*TARADAT et HENRY, 1992*). Des concentrations élevées de sulfate (Plus de 400mg/L) aggraveront la corrosion des réseaux de distribution d'énergie, en particulier dans les eaux faiblement alcalines (*MEGHZILI, 2003*).

2. Paramètres indésirables :

2.1. Le fer :

Il est un élément important de trouver dans les eaux souterraines puisque le fer est un élément de la croûte terrestre en représentant 4,5 % à 5 %. En effet son existence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques (Lessivage des sols, eaux usées industrielles, corrosion des tuyaux métalliques). Il faut prendre une considération qu'à teneur en fer de l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas dépasser 0,3mg/L (*POTELON et ZYSMAN, 1998*).

2.2. Aluminium Al^{+3}

L'aluminium est très fréquent dans la terre dans lequel son importance est juste derrière l'oxygène et le silicium. Le moment où il est en solution et en milieu acide il se trouve sous forme d' Al^{+3} . Lorsque la concentration est inférieure à 0,2mg/L, elle ne présente pas un danger sur le corps humain (*RODIER et al, 2009*).

3. Paramètres de pollution :

3.1. Nitrite (NO_2^-) :

Le nitrite est une étape importante du métabolisme des composés azotés. Ils font partie du cycle de l'azote entre l'ammoniac et le nitrate. C'est un composé minéral d'azote et d'oxygène de formule NO_2^- . Il est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Très toxique, il est rapidement et naturellement oxydé en ion nitrate. (*REJSEK, 2002 ; POTELON et ZYSMAN, 1998*).

3.2. Nitrate (NO_3^-) :

Le nitrate est la dernière étape de l'oxydation de l'azote organique, le nitrate représente la plus stable des deux formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, il peut être réduit en nitrite (NO_2^-), qui est la forme la plus toxique il est soluble dans l'eau et existe naturellement dans les eaux souterraines et de surface en très faibles concentrations. (*ZYSMAN et POTELON, 1998 ; GROSCLAUDE, 1999*).

3.3. Ammonium :

L'ion ammonium ne présente pas un danger pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considérée comme un indicateur de pollution qui provient principalement de la décomposition des matières organiques azotées et de l'industrie chimique (Engrais et textiles), et constitue une pollution chimique plus importante (*PESSON, 1980*).

3.4. Phosphate :

En général la teneur élevée en phosphate détermine que l'eau de surface a pénétré ou est contaminée par des engrais. La teneur en phosphate des eaux de source et des eaux souterraines qui ne sont pas affectées par la pollution humaine est inférieure à 0,01mg/L (*C.I.E, 2005*).

3.5. Propriétés comburantes du permanganate de potassium :

La matière organique provient par :

- Du lessivage des sols.

- Du métabolisme biologique (Plantes, animaux, micro-organismes).
- Des activités humaines (Déchets agricoles et urbains).

Dans certaines concentrations, ils donneront à l'eau un goût désagréable. Leur dégradation permet à conduire particulièrement à la formation des mêmes éléments idéaux selon le cycle d'oxydation suivant : M.O azote, ammoniac, nitrate, nitrite. (**ZYSMAN et POTELON, 1998 ; ANONYME, 2007**).

Chapitre III :
Présentation de la zone d'étude

1. Historique :

La forêt domaniale de Theniet El Had (Parc National Tissemsilt) a connu depuis antiquité un développement très important dans le secteur forestier dans une période enregistrée entre 1843 et 1885 et par le temps elle entraîne une dégradation lente (*Anonyme, 1894*). Le parc national a été créé le 3 août 1923 par un décret gouvernemental en couvrant une superficie totale de 1 563 hectares de forêts de cèdres de 3 616 hectares (*anonyme, 1930*).

À cette situation (*BOUDY, 1950*) a marqué que la forêt de cèdres et plusieurs de ses lieux d'art aient été implantés dans des parcs nationaux dans lesquels sont devenus une cible d'une attention particulière de la part du service forestier. En effet le gouvernement algérien a adopté le 23 juillet 1983 le décret présidentiel n° 83-459 pour sauver cette forêt de cèdres et l'a déclaré parc national d'une superficie de 3 424 hectares (*SARI, 1977*).

2. Présentation générale :

Le parc national des cèdres de Theniet El Had est situé à 185 km au sud-ouest de la capitale Alger, et à 150 km de la côte méditerranéenne. Sa superficie totale est de 3425 ha, Ras EL Braret est le point culminant au parc, il atteint 1787 m. C'est le premier espace naturel protégé en Algérie (3 août 1923 par le gouvernement colonial français) Il est proclamé parc national des cèdres de Theniet el Had par décret présidentiel le 23 juillet 1983 (*PNTH, 2013*). IL s'étend à travers des crêtes et des pentes et contient des étangs, sources et ruisseaux serpentants des vallonnements très profonds par endroits, son étage bioclimatique s'étale entre le subhumide et l'humide, la cédraie de ce parc est unique dans l'Ouest algérien. Elle constitue également l'un des rares endroits dans le pourtour méditerranéen où le chêne-liège végète à plus de 1600 m.

La flore comprend 450 espèces dont beaucoup sont endémiques à l'Algérie. La strate arborée comprend 1000 ha de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), 1000ha de chêne vert (*Quercus ilex*), 504ha de chêne zen (*Quercus faginea*), 460 ha de chêne liège (*Quercus suber*) et 460 ha d'autres espèces (*PNTH, 2013*). 289 espèces animales ont été répertoriées et inventoriées au parc dont la plupart sont protégés tels que la hyène, le caracal, la genette, le chat sauvage, la belette, le porc-épic, etc. L'avifaune est marquée par la présence de l'aigle royal, le faucon, le vautour le busard, la chouette hulotte, le guêpier, le verdier, le pivert, le rollier d'Europe et l'engoulevent.

3. Situation géographique:

La zone d'étude fait partie du parc national de Theniet El Had qui est situé au nord-ouest de l'Algérie dans la wilaya de Tissemsilt à quelques kilomètres de la ville éponyme de Theniet El Had au cœur de l'Atlas délien. Il s'étend sur la partie septentrionale de l'Ouarsenis comprise entre les monts de Beni Chograne à l'Ouest, les monts de Tetteri à l'Est, la vallée du Chelif au Nord et les plaines du Sersou au Sud. La forêt étendue sur les versants de Djebel el Meddad dont le cèdre occupe près du 1/3 de la superficie totale du parc (*PNTEH, 2013*). (Figure 02).

Le parc national est distant de 52 km du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt et à environ 1,8 km du chef-lieu de Daïra de Theniet El Had, il est localisé entièrement dans la Wilaya de Tissemsilt. Il s'étend sur les communes de Theniet El Had et celle de Sidi Boutouchent. Suivant les coordonnées géographiques suivantes :

- Latitude : 35° 54' 4'' et 35° 49' 41'' de latitude nord ;
- Longitude : 02° 02' 4'' et 01° 52' 45'' de longitude est.

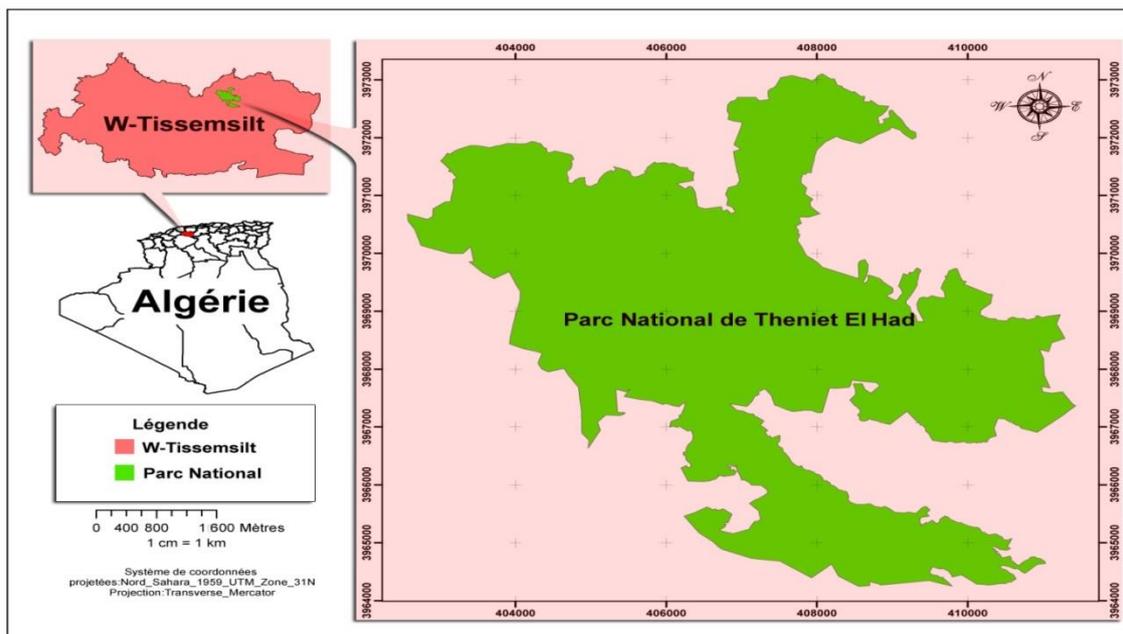


Figure 02 : Carte de situation du Parc National de TEH par rapport au Nord de l'Algérie (PNTH, 2013).

La cédraie de Theniet El Had considérée comme la seule et la plus belle cédraie de l'Ouest algérien avec une dizaine des cantons (figure 03) dont le canton ROND-POINT contient le point culminant du parc « Ras El Braret » avec une altitude de 1787 m. En revanche, le point le plus bas se trouve dans le canton DJOUAREB avec une altitude de 858 m (*PNTEH, 2014*).

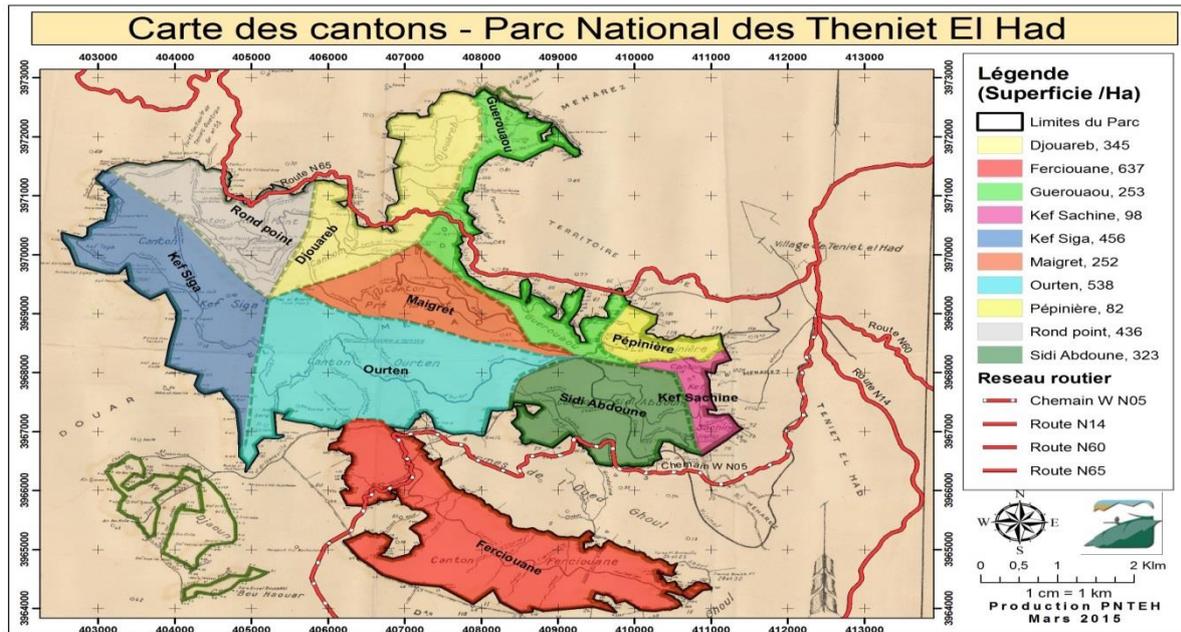


Figure 03 : Carte des cantons du Parc National des Cèdres de Theniet El Had (PNTH, 2021)

4. La pédologie :

Le sol du parc repose sur des grès médjaniens appartenant à l'étage néronien (Éocène supérieur) (figure 04). Trois classes de sols y sont identifiées : sols peu évolués du groupe d'apport colluvial, sols minéraux bruts d'érosion et sols bruns lessivés (*PNTEH, 2014*) :

- Sols bruns lessivés : de texture argileuse, ils sont riches en matière organique à leur partie superficielle. Ils sont localisés dans les grandes clairières et les pieds monts ;
- Sols peu évolués du groupe d'apport colluvial : Ils sont formés par des matériaux argilo sablonneux, caractérisés par une texture grossière avec des dimensions très variées allant de 01 cm à 02 cm. Sont des sols non carbonatés possédant de bonnes propriétés physiques. Il s'agit de sols très pierreux en profondeur et à la surface et très pauvres en matières organiques et en éléments nutritifs. Ce type de sol se trouve dans le versant sud, le centre et la partie inférieure du versant nord du parc.
- Sols minéraux bruts d'érosion : sols peu profonds, de texture grossière et de réaction neutre, ils se trouvent sur les crêtes sommitales et moins présentes dans le complexe pédologique de la cédraie.

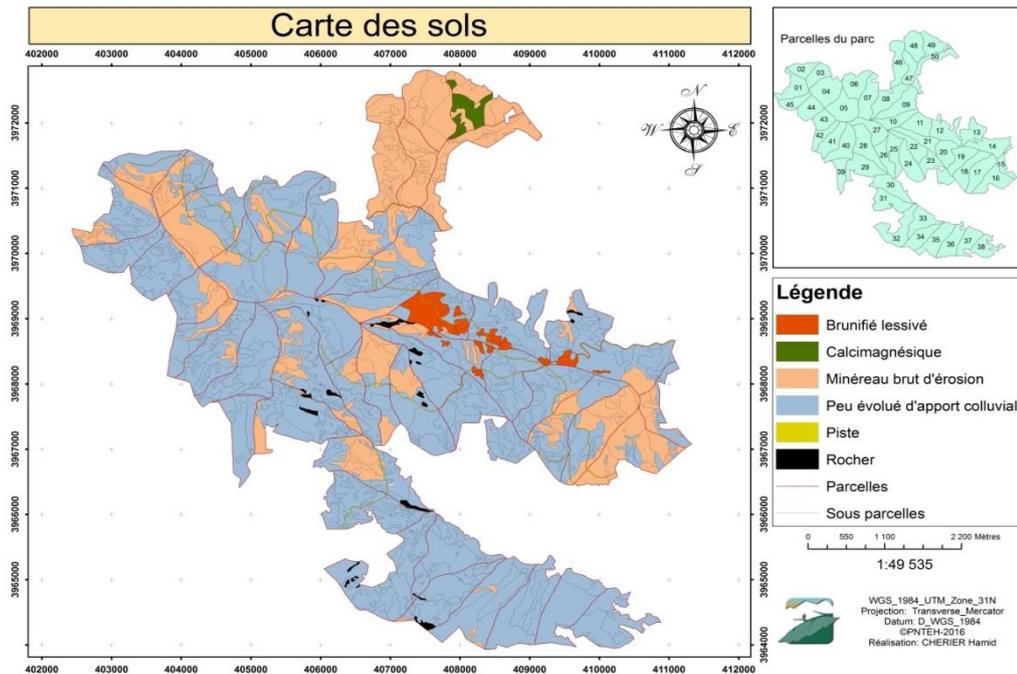


Figure 04 : Classification des sols de Parc National Theniet El Had (PNTN ; 2021).

5. Géologie :

Selon (*Nacaise, 1868 in Zedek, 1993 et Boudy, 1955*) des grès medjaniens sont représentée par les sédiments oligocènes qui sont la base de la structure géologique du massif signalée sur les parties ouest. Par ailleurs ils sont aussi superposés à des marnes argilo-calcaires à l'exception de quelques parties du canton PÉPINIÈRE qui relèvent du crétacé supérieur. Par contre les autres es parties centrales et les plus hautes altitudes du massif sont constitués par des grés de couches épaisses situées sur des couches fines d'argiles et de marnes

(*Zedek, 1993*) a signalé que la forêt de cèdres se caractérise par des ondulations montagneuses accidentées dans laquelle elle a présenté deux principales expositions : Nord et Sud. Cependant il y a une pente raide du côté nord, mais Inclinaisons supérieures à 40°, sauf pour l'état de PÉPINIÈRE, où la pente est à peine dépassée 15°.

En effet les altitudes du territoire du parc divisé entre les deux principales expositions :

- Le sommet le plus élevé est de 1787 m d'altitude au lieu-dit RAS EL BRARET relevant du canton ROND-POINT
- Le point le plus bas est de 853 m d'altitude au niveau de L'OUED MOUILHA dans le canton DJOUAREB du versant nord du parc.

Par ailleurs, le pic du versant sud est de 1787 m et le point inférieur se trouve en aval de l'OUED EL GHOUL relevant du canton FERSIOUANE avec une altitude de 968 m (PNTEH, 2014).

6. Hydrologie :

6.1. Sources :

Dans le plan de gestion du parc national de Theniet El Had (2006-2010), il est fait mention de (52) sources réparties à travers tout son territoire. Sur une carte annexée au bornage du parc national, élaborée en 1900, nous avons d'abord procédé à la mise à jour du listing des sources. En effet, quatre (4) nouvelles sources ont été rajoutées à la liste, ce qui ramène le nombre des sources à (56). Une nouvelle carte de localisation des sources a été élaborée (voir fig05⁵). Le tableau suivant résume les sources existantes dans le Parc National de T.E.

Tableau 01 : Liste des sources et leur localisation (PNTH, 2013)

Nom de la source	Localisation (Canton)	Nom de la source	Localisation (Canton)
Ain Benchid	Canton Pépinière	Ain Arar	Conton Kef Siga
Ain Theniet		Ain Sidi Mohamed	
Ain Sidi Hrazem		BenAhmed	
Ain Cheraga	Canton Guerouaou	Ain Taga	
Ain Batita		Ain Moudjem	
Ain Houssouf		Ain Tibestine	
Ain Boussouf		Ain Berda	
Ain Golia		Ain kouali	
Ain khouabi		Ain Tagnent	
Ain Djouareb		Canton Djouareb	
Ain Moul Salfia	Ain Ras El Ma inférieur		
Ain Bergougga	Ain Ourten		
Ain Berdez	Ain Sidi Ali Moussa supérieur		
Ain Ber Tacheta	Conton Rond-Point	Ain Sidi Ali Moussa inférieur	
Ain Rond-Point		Ain Fersiouane supérieur/	
Ain Harhara		Ain Djedj el ma supérieure/ Ain Djedj el Ma inférieur	
Ain Belchet		Ain Choffa	

Ain Radjradja	Canton sidi Abdoun	Ain Guelmam Arayesse	Canton Kef sachine
Ain Assa/Ain Touila		Ain Toursout supérieur	Canton Pré Benchohra
Ain chahm Latrous	Canton Fersiouane	Ain Missoum	
Ainkeniya/AinAgueb/Ain ksab/Ain Nezaouat/Ain Nezaouat/Ain kafEltout		Ain Toursout inférieur	

Parmi toutes les sources, nous avons sélectionné les (07) sources suivantes, en raison de nous avons prélevé des échantillons de ces sources. Le tableau suivant résume les noms des sources étudiées et leurs descriptions.

Tableau 02: Descriptions des sources étudiées (PNTH, 2013)

Nom de la source	Localisation	Coordonnées géographiques	Altitude	Type de terrain
Ain Harhara	Canton Rond-point	404611.31 m E 3970826.57 m N	Altitude : 1315 m	Peuplement
Ain Rond-point	Canton Rond-Point	404 936 m E 3970072.43 m N	Altitude : 1440 m	Peuplement
Ain Ourten	Canton Ouartan	405 949,20 m E 3 968 585,89 m N	Altitude:1550 m	Peuplement
Ain Touilla	Canton Sidi Abdoun	410 616,65 m E 3 966 824,19 m N	Altitude : 1346 m	Maison forestière
Ain parc 01		410 079,72 m E 3 968 593,08 m N	Altitude : 1356 m	Peuplement
Ain Parc 02	Canton Sidi Abdoun	409 962,72 m E 3 968 677,69 m N	Altitude:1332 m	Peuplement
Ain Toursout	C.Pré Benchohra	406 828,75 m E 3 969 516,66 m N	Altitude:1479 m	Tenain dénudé

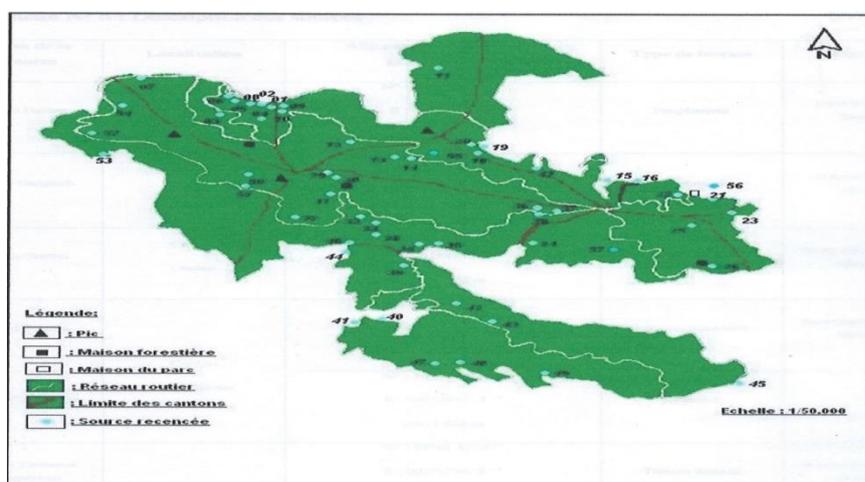


Figure 05: Carte des sources recensées (PNTH, 2013)

D'après le recensement effectué, nous avons pu établir une carte au 1/50 .000 pour placer les différentes sources existantes dans et aux alentours du parc national (Voir figure 05 ci-dessus).

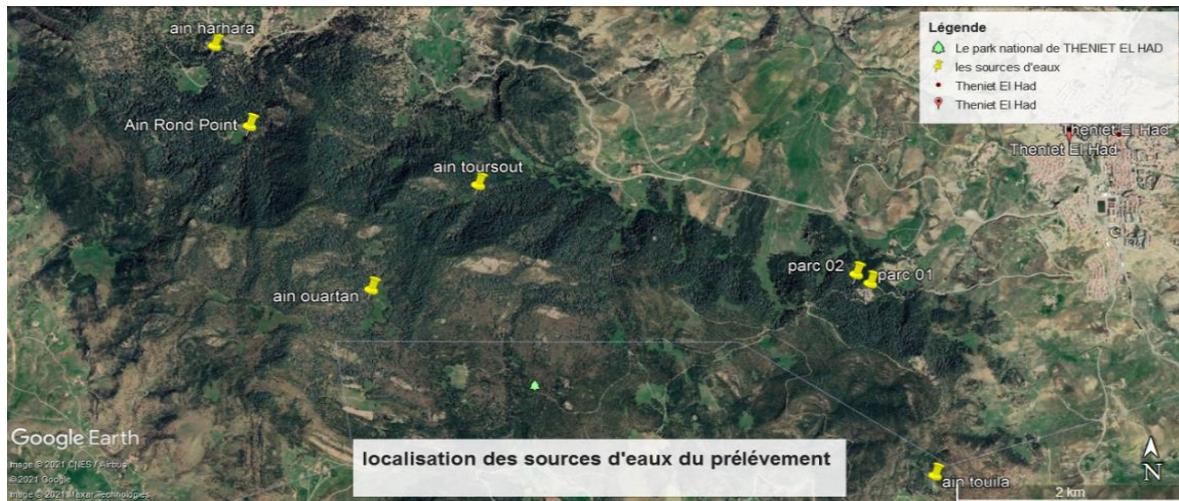


Figure 06 : Localisation des sources des eaux du prélèvement du Parc National Theniet El Had (Google earth;2021 Originaux)



Figure 07 : Source d'eaux (Ain Harhara). (Original)



Figure 08 : Source d'eau (Ain Rond-point). (Original)



Figure 09 : Ain Toursout



Figure 10 : Sources d'eau Ain Quartan (Original/LALAM.F/FERHAT.Z)

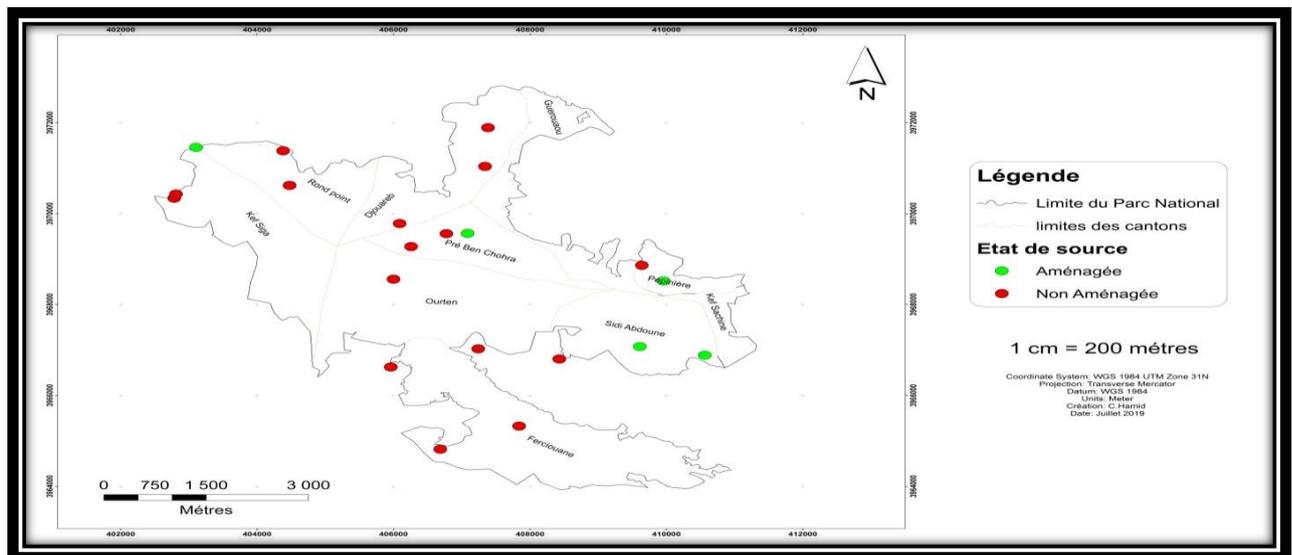


Figure 11 : État des sources du Parc National Theniet El Had (PNTH ; 2019).

6.2. Oueds :

Aucun Oued important ne coule dans le parc, il existe à la périphérie trois oueds permanents (PNTEH, 2014) :

- Oued El Mouilha au Nord-est du parc qui reçoit toutes les eaux du versant nord, sous-affluent de l'Oued Zeddine ;
- Oued El Ghoul au sud du parc afflue du Nahr Ouassal ;
- Oued Besbessa au versant ouest affluent de l'oued Fodda.

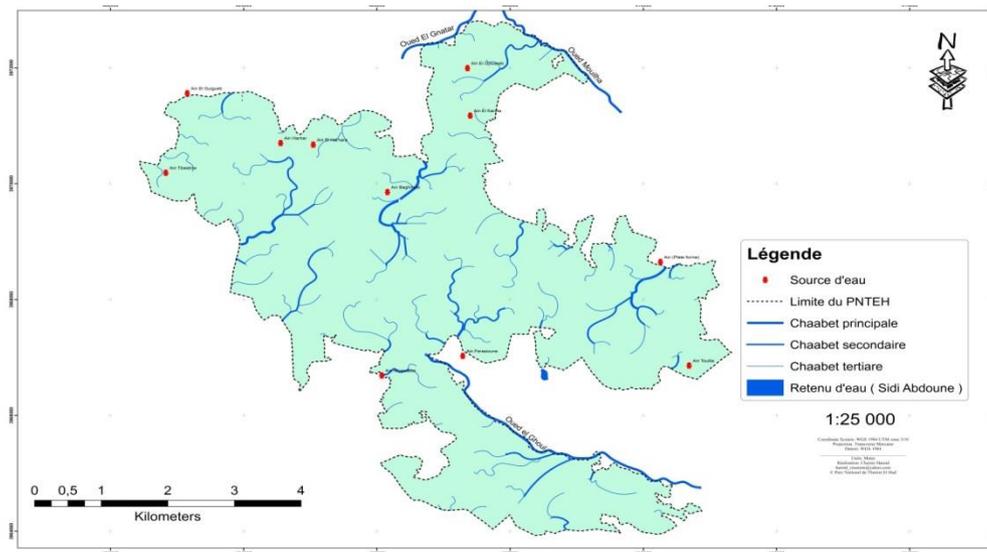


Figure 12 : Réseau hydrographique du Parc National Theniet El Had (PNTHEH ; 2021)

6.3. Les étangs :

Les étangs temporaires sont une particularité du parc national de Theniet El Had. Ils s'assèchent généralement à partir du mois de juillet. Cependant, celui du Rond-point et la retenue collinaire de Sidi Abdoune sont permanents. Le tableau suivant résume quelques données sur les plus importants étangs.

Tableau 03 : Données sur quelques étangs. (PNTHEH)

Nom de l'étang	Surface m ²	H (m)	H	hm (m)	Volume m ³
Sidi Abdoun	28 041	1	0,6	0,8	22 433
Djedj el maa haut	779	0,8	0,4	0,6	467,5
Djedj el maa bas	855	0,6	0,3	0,45	385
Rond-point bas	735	0,6	0,3	0,45	331
Rond-point haut	1133,5	0,9	0,6	0,75	850
Guelmam Pépinière	227	0,6	0,2	0,4	91
Guigueb	177	0,6	0,3	0,45	79,65

7. Études climatiques de la zone

Pour déterminer le climat de la région d'étude, nous avons exploité des données de **Seltzer** à cause de l'absence de station météorologique. Les influences continentales méridionales dans l'Ouarsenis sont fortement affaiblies par les reliefs du Tell littoral et par la plaine intérieure du bas de Chellif, mais grâce aux importants reliefs, la pluviosité reste notable au cœur de l'Ouarsenis (Plus de 600mm/An).

7.1. Les précipitations

Les précipitations englobent toutes les formes d'eau qui tombent sur la surface de la région. La station de Theniet El Had est à 1160 m d'altitude, située à 02° 01' de longitude Est et 35°32' de latitude Nord. Le gradient pluviométrique établi par **SELTZER (1913-1938)** est de 40 mm/100 m. c'est-à-dire elle augmente d'environ 40mm pour chaque élévation de 100 m d'altitude. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la station de Theniet El Had sont de 628mm. Les données pluviométriques pour la station de T.E.H. sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau 04 : Répartition mensuelle et annuelle de la pluviosité de 1913-1938
(Seltzer, 1946).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hauteur de pluies (mm)	89	76	70	51	56	24	07	07	40	51	74	83	628
Nombre de jours de pluie	11	11	11	07	07	04	02	02	06	07	12	10	90

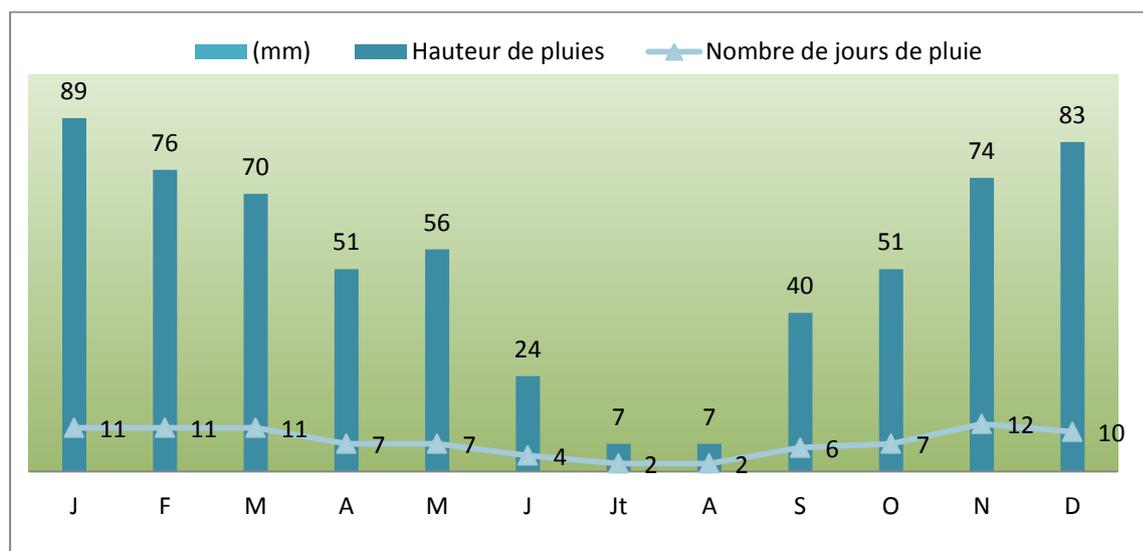


Figure 13 : Digramme de la hauteur de pluies mensuelles du Parc National Theniet El Had.

Les données sur le parc sont exploitées à partir de celles de Theniet el Had :
Ainsi, pour une différence altitudinale X, on procède à la correction de la manière suivante :

$(40 \cdot X)/100$. Donc à 1787 mètres, le résultat obtenu est :

$$X = 1787\text{m} - 1160\text{m} = 627\text{m}$$

$$(40 \cdot 627)/100 = 250,8$$

$$\text{Donc } P = 628 + 250,8 = 878,8 \text{ mm}$$

$$\text{A } 853 \text{ m} \quad X = 1160 - 853 = 307 \text{ m}$$

$$(40 \cdot 307)/100 = 122,8 \text{ mm}$$

$$\text{Donc } P = 628 - 122,8 = 505,2 \text{ mm}$$

Tableau 05 : Précipitations annuelles corrigées à partir de la station Theniet El Had enregistrées durant la période 1913-1934 (Seltser, 1946).

Station	Altitude en m	Pluviosité en mm
Theniet El Had	1.160 m	628mm
Parc national	853-1.787 m	505,2-878, mm

7.1.1. Le régime saisonnier

D'après le tableau ci-dessus, le régime saisonnier est de type HPAE pour les (03) stations. Elles présentent un minimum estival de précipitation caractéristique du climat méditerranéen. On arrive à des données de précipitation moyenne annuelle de 878mm qui semblent insuffisantes pour les étages de végétation rencontrés dans ce massif.

Tableau 06 : Le régime saisonnier pour les stations : Theniet El Had, Parc national à 1 787 m et à 853 m

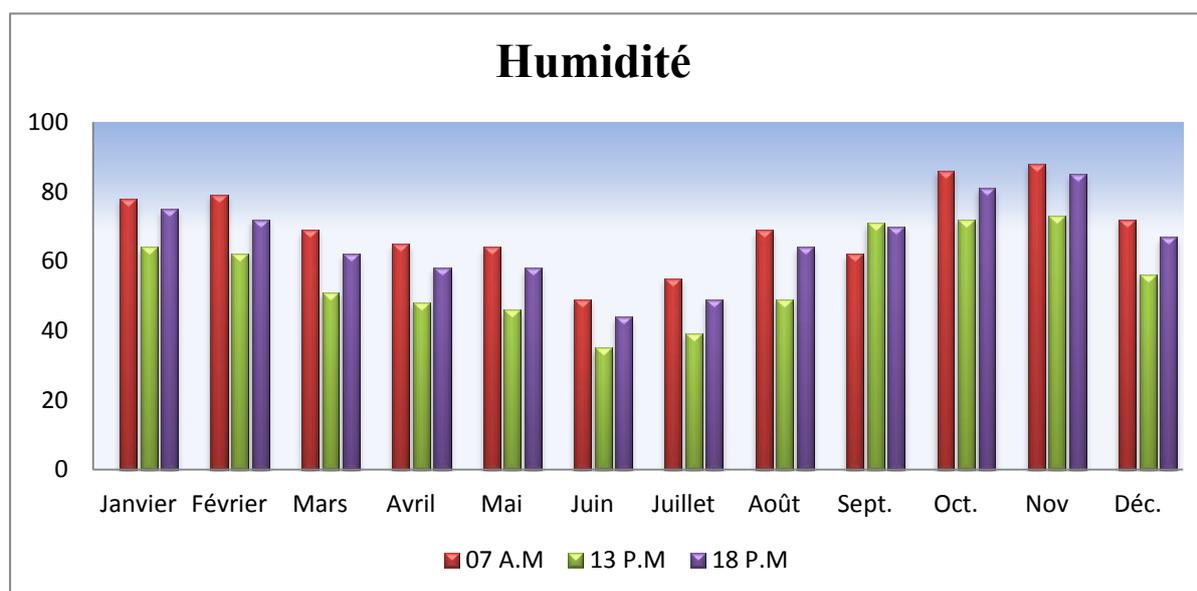
Saison \ Station	Hiver	Printemps	Été	Automne
Theniet El Had	248	177	38	165
Parc national : – à 1 787 m	310,7	239,7	100,7	227,7
– à 853 m	217,3	146,3	13,7	134,31

7.1.2. L'humidité relative :

Elle augmente pendant la nuit en compensant la perte d'eau en jour. Cette humidité est enregistrée dans la région de l'aire protégée du mois de décembre à mai qui diminue progressivement. Le tableau ci-après fait ressortir l'importance de l'humidité relative en % durant la journée à travers l'année (Seltzer, 1946).

Tableau 07 : L'humidité relative dans la région de l'aire protégée.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.
Heures												
7 h	78	79	69	65	64	49	55	69	62	86	88	72
13 h	64	62	51	48	46	35	39	49	71	72	73	56
18 h	75	72	62	58	58	44	49	64	70	81	85	67

**Figure 14 : Diagramme de l'humidité du Parc National de Theniet El Had.**

7.2. Les Températures

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 100 m.

Tableau 08 : Données thermiques de la station de Theniet El Had (Seltzer 1945) :

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Moyenne maximale « M »	09,2	10,3	13	16,5	20,9	27,7	30,6	32	25	20,1	13,8	09,8	19,2
Moyenne minimale « m »	00,2	01,2	04	06	9,5	12,8	15,9	16,3	13,4	09,4	04,1	02,2	07,9
Température	04,7	05,7	08,5	11,2	15,2	20,2	23,2	24,1	19,6	14,7	08,9	06	13,5

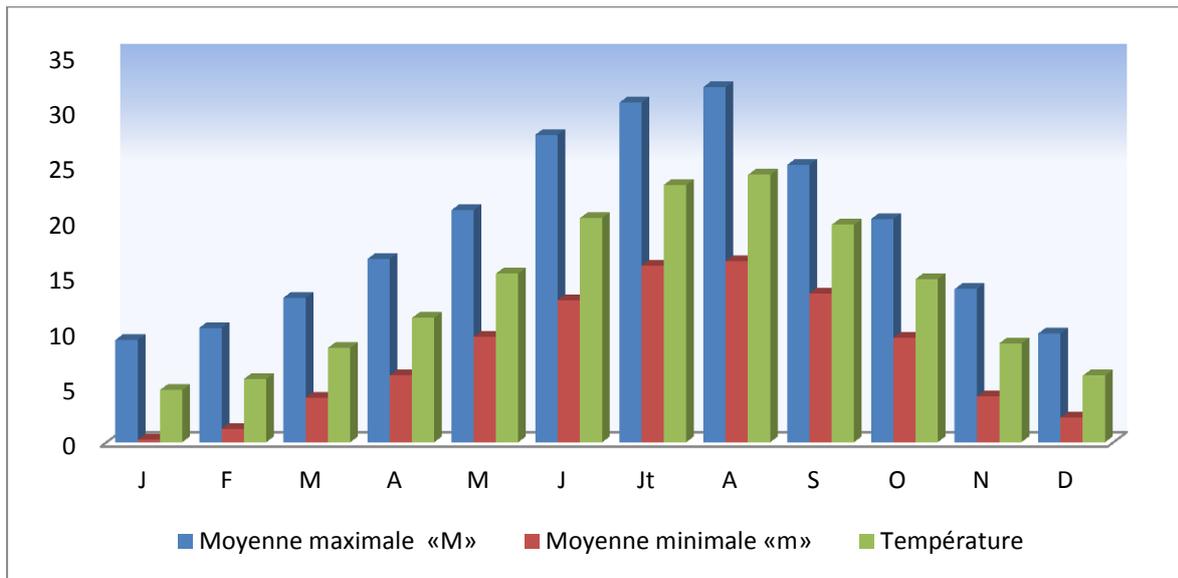


Figure 15 : Diagramme de température mensuelle du Parc National Theniet El Had.

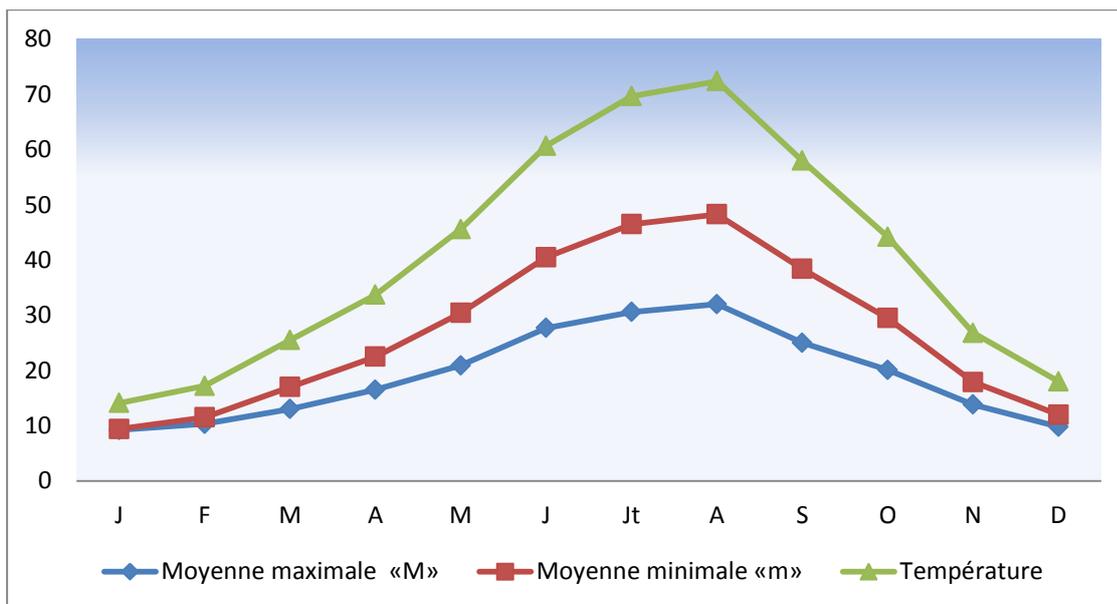


Figure 16 : Graphe de la température mensuelle du Parc National de Theniet El Had (1980).

La correction des données est établie de la manière suivante :

- **Température maximale** : $(0,7 \cdot X) / 100$ (X : différence altitudinale).
- **Température minimale** : $(0,4 \cdot X) / 100$.

7.3. Les vents :

Tableau 09 : Direction des vents dans le Parc National de Theniet El Had.

Station	Direction des vents en %								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Theniet El Had	15	08	01	07	11	12	15	31	100

Les vents qui prédominent la région en toute saison, sont de nature et d'ordre nord-ouest d'origine océanique. Le détail des différentes origines de vent à travers la région de Theniet El Had se résume dans le tableau (09).

7.3.1. Le sirocco :

Caractérisant les vents d'été venant du désert, 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.

Synthèse climatique

7.3.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen :

Gaussen considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité P exprimée en millimètres est inférieure au double de la température moyenne mensuelle T exprimée en degrés Celsius. Ainsi, on peut tracer un graphique où l'on porte en abscisse les mois et en ordonnées les températures et les précipitations. Ce type de diagramme est dit ombrothermique. Pour calculer les variantes du diagramme propre au parc, on est amené à faire des extrapolations des températures et précipitations énumérées dans les tableaux qui suivent :

Tableau 10 : Les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la zone d'étude relatives à la période 1913-1938.

Station	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station de Theniet El Had (1160 m)	M (°C)	9,2	10,3	13,0	16,5	20,9	27,7	31,6	32,0	25,9	20,1	13,8	9,8
	m (°C)	0,2	1,2	4,0	6,0	9,5	12,8	15,9	16,3	13,4	9,4	4,1	3,2
	(M+m)/2 (°C)	4,70	5,75	8,50	11,25	15,20	20,25	23,75	24,15	19,65	14,75	8,95	6,00
Zone d'étude (1570 m)	M (°C)	6,3	7,4	10,1	13,6	18,0	24,8	28,7	29,1	23,0	17,2	10,9	6,9
	m (°C)	-1,4	-0,4	2,4	4,4	7,9	11,9	14,3	14,7	11,8	7,8	2,5	0,6
	(M+m)/2 (°C)	2,45	3,50	6,25	9,00	12,25	18,00	21,50	21,90	17,40	12,50	6,70	3,75

Source : Ghellab in Meziane, 2008.

La plus grande valeur des températures maximales M, soit **29,1 °C**, est enregistrée durant le mois d'août. La plus basse température minimale, soit **-1,4 °C** est enregistré durant le mois de janvier.

Précipitations

L'influence des précipitations est aussi importante que celle des températures. C'est surtout leur répartition le long de l'année qui est déterminante à la dynamique de la végétation.

La quantité moyenne des pluies obtenue dans la zone d'étude après extrapolation est de :

- Station de Theniet El Had (altitude: 1160 m) P = 628mm.
- Zone d'étude (altitude : 1570 m) P = 792mm.

Les données pluviométriques de la zone d'étude sont corrigées à partir de la station de Theniet El Had, on calcule à priori le coefficient de correction soit : $792/628=1,26$.

Donc on multiplie par **1,26** toutes les moyennes mensuelles de la station de Theniet El Had enregistrées par *SELTZER (1946)*. Le Tableau (11) montre les valeurs de précipitations enregistrées.

Tableau 11: Les précipitations mensuelles (en mm) de la zone d'étude pour la période 1913-1938 obtenues par extrapolation.

Mois		Altitude (m)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P (mm)	Ville de Theniet El Had	1160	40	51	71	83	89	76	70	51	56	24	07	07	628
	Zone d'étude	1570	51	64	93	105	112	96	88	64	71	30	09	09	792
Nombre de jours de pluie			06	07	12	10	11	11	11	07	07	04	02	07	95

Source : Ghellab in Meziane, 2008.

On remarque d'après le tableau et le graphe que les pluies sont irrégulières, ils sont faibles en été et plus abondants en hiver.

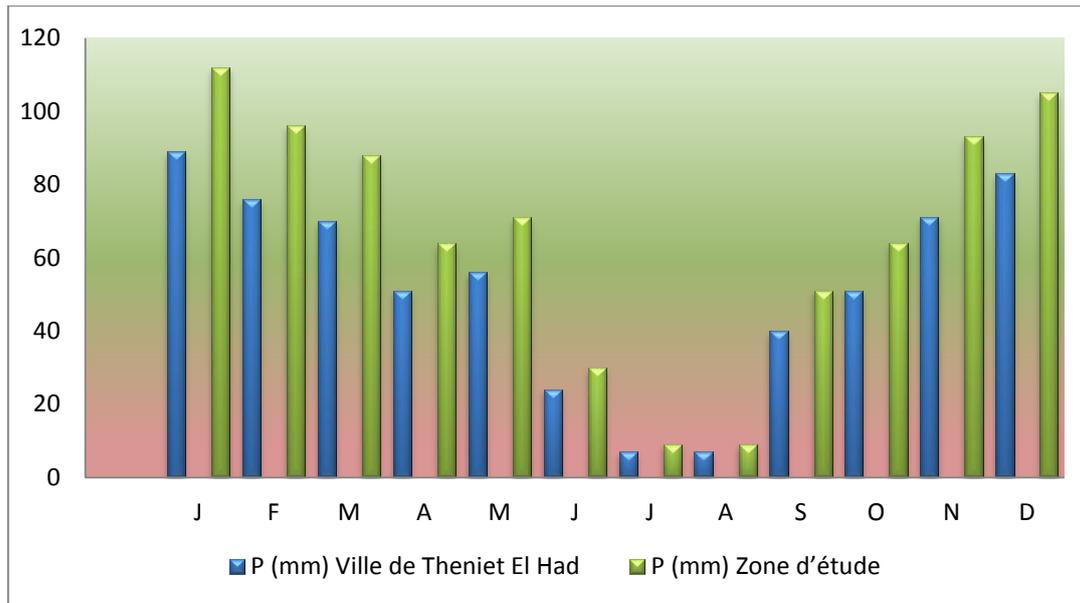


Figure 17: Diagramme de précipitation mensuelle du Parc National Theniet El Had.

D'après le graphe on remarque la précipitations plus élevée dans l'hiver et l'automne par rapport l'été ; c'est-à-dire le mois septembre a mars (55mm a 88mm) parfois varie entre 64mm et 71mm le mois d'avril et mai.

7.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse :

La durée de la période sèche est déterminée par la surface de croisement des courbes ombrothermiques, soit lorsque $P < 2T$. (UNESCO-FAO, 1963 ; COUDE-GAUSSEN, 1995).

En référence à l'extrapolation des données climatiques de la période **1913-1938**, la période sèche dure **quatre mois**, soit de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois d'octobre de l'année. La **figure 18** permet de mieux visualiser l'allure.

En effet, la période sèche comme elle correspond à la période estivale, où les pluies sont rares, celles-ci deviennent abondantes vers l'hiver et l'automne. Il s'agit de l'une des caractéristiques du climat méditerranéen (BELVAUX, 2002).

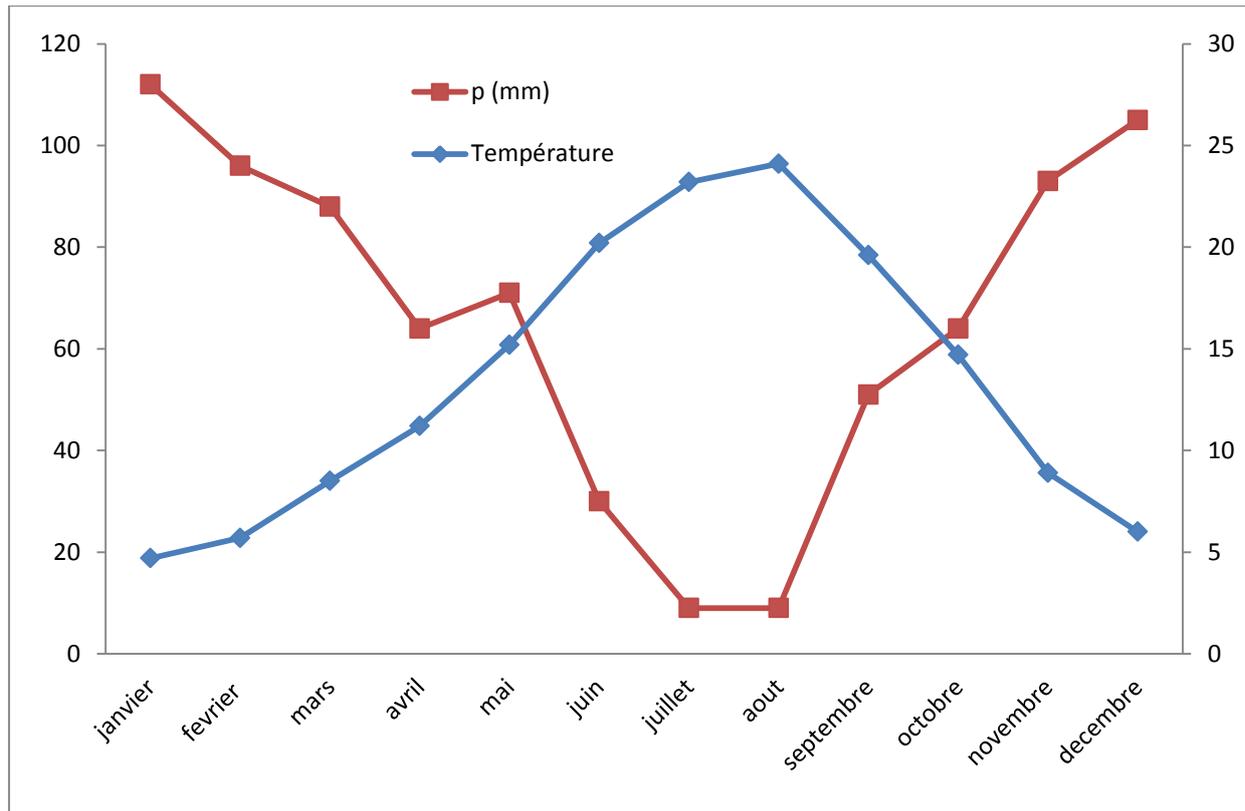


Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson Parc National de Theniet El Had.

À travers le graphique, on remarque qu'il y a deux périodes humides pendant lesquelles la période sèche commence, à partir de la mi-juin et se terminant en septembre.

8. L'étage bioclimatique :

8.1. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'emberger. C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid, et de la pluviosité moyenne annuelle (P). Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide (*Emberger, 1971*).

Les températures et précipitations caractérisent le type de climat régnant dans une région donnée. Le quotient pluviométrique d'EMBERGER est un indice pluviométrique propre à la région méditerranéenne.

Calcul du quotient d'EMBERGER « Q² »

$$Q^2 = 1000 \times P / (M+m) \times (M-m) / 2$$

ce quotient a été simplifié par Stewart (1969) $3.43 * p / M - m$

P : précipitation annuelle (en mm).

M : température maximale du mois le plus chaud.

m : température minimale du mois le plus froid.

Pour notre zone d'étude, la valeur de ce quotient est de 89,07, cette valeur rapportée sur le climagramme montre que le parc se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver froid.

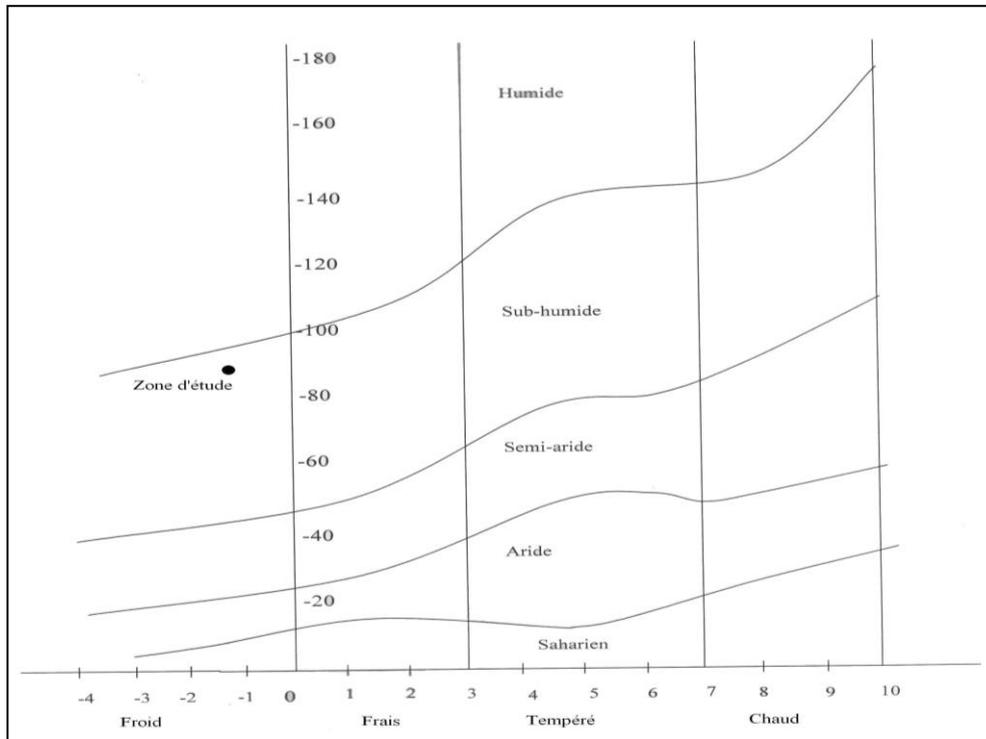


Figure 19 : Localisation de la zone d'étude dans le Climagramme d'EMBERGER.

9. Richesse floristique :

Les trois quarts de la surface totale de la cédraie sont représentés par une grande diversité floristique, le reste est à l'état de maquis. Au total, 556 espèces végétales ont été recensées durant la période 2007/2013, entre phanérogames (Angiospermes, gymnospermes) et cryptogames (Thallophytes, bryophytes et ptéridophytes) dont dix espèces endémiques. Il existe encore plusieurs espèces herbacées qui restent à identifier et qui montrent la grande richesse du parc (*PNTEH, 2013*).

Les principales essences forestières déterminées et connues dans le parc sont le cèdre de l'Atlas, le chêne vert, le chêne liège, le chêne zeen et le pin d'Alep (figure 20) :

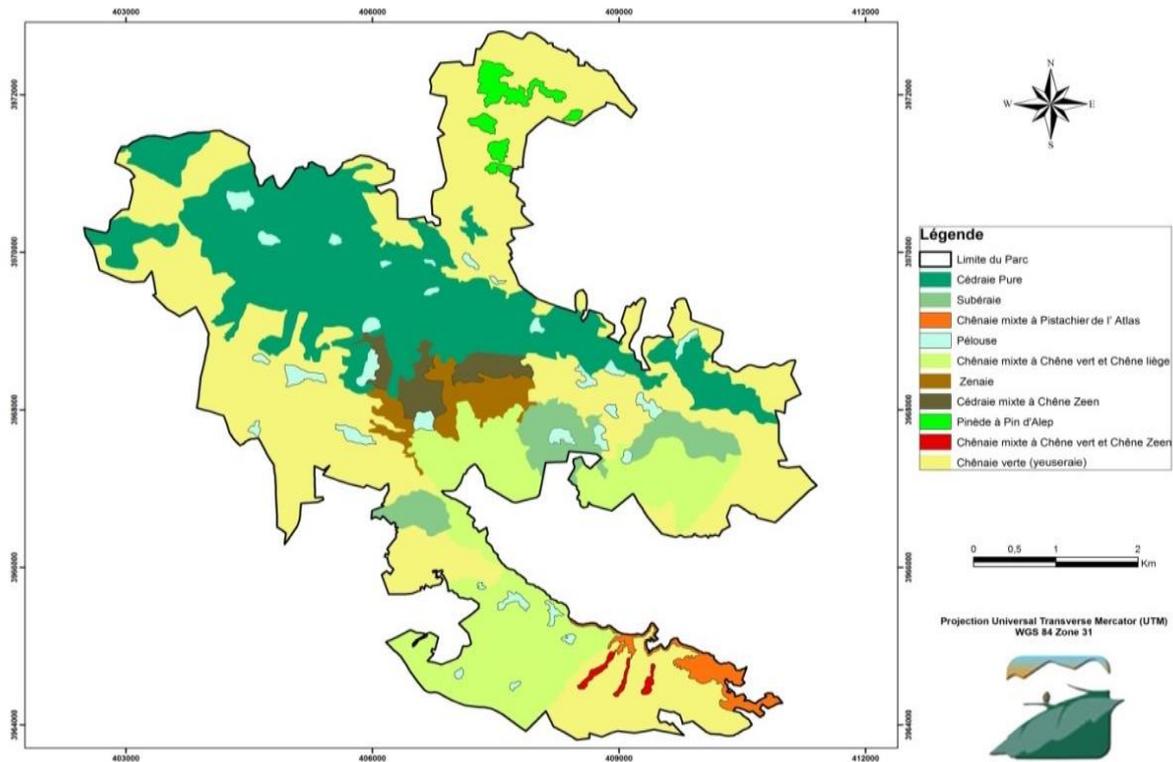


Figure 20 : Grands types des végétaux dans la cédraie (PNTEH, 2018).

➤ **Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Mannetti) :**

Le cèdre représente les deux tiers du parc national, il se trouve essentiellement dans le versant nord avec un recouvrement très important de 70 - 80 % et une densité très élevée dépassant 400 pieds/ha surtout dans le canton PÉPINIÈRE où il présente une cédraie presque pure. Cette densité augmente avec l'altitude, mais elle diminue sur les crêtes en mélange avec le chêne zeen. Dans la partie inférieure du parc, le cèdre est en mélange avec le chêne vert jusqu'à 1200 m d'altitude. Sur le versant sud, le recouvrement est de l'ordre de 60-70 % et la densité est faible par rapport au versant nord. Dans ce versant le cèdre cède sa place au chêne liège aux environ 1300 m d'altitude (*Zedek, 1993 ; PNTEH, 2014*).

➤ **Chêne zeen (*Quercus faginea*) :**

La présence du peuplement pure de chêne zeen est rare dans la cédraie, il est en mélange avec le cèdre dans les hautes altitudes et avec le chêne vert et le chêne-liège dans les basses altitudes. Dans le versant sud, il est répandu dans le canton OURTEN aux lieux dits « Djedj el maa » et « Diar el rih » (*Zedek, 1993*).

➤ **Chêne-liège (*Quercus suber*)**

La cédraie est le seul endroit dans le pourtour méditerranéen où le chêne-liège se trouve sur une altitude plus de 1600m (*Bessah, 2005*). Il occupe une superficie globale de 680 ha. Il se trouve principalement dans le versant sud avec une hauteur moyenne de 10-12 m et un

degré de recouvrement de 60-70 %. Dans les hautes altitudes (Environ 1575 m), il est en mélange avec le chêne zeen et le cèdre, et avec le chêne vert dans les basses altitudes (*Zedek, 1993 ; PNTEH, 2014*).

➤ **Chêne vert (*Quercus ilex*)**

Le chêne vert se présente comme une futaie âgée dans le versant nord essentiellement le canton ROND-POINT avec une hauteur moyenne de 8 m. Dans les parties supérieures, il est en mélange avec le cèdre et le chêne zeen. Dans la partie inférieure (Au-dessous de 1400 m d'altitude), il se trouve avec un faible degré de recouvrement avec la dominance des formations buissonnantes et épineuses. La superficie globale du chêne vert dans la cédraie est estimée à 1000 ha (*PNTEH, 2014*).

➤ **Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)**

La superficie globale de la pinède est estimée à 800 ha, elle se trouve dans les basses altitudes du versant nord du canton GUEROUAOU par de vieilles futaies (*PNTEH, 2014*).

➤ **Autres espèces**

Au niveau de la cédraie, il existe d'autres essences qui ne forment pas de peuplements individualisés. Il s'agit du (*PNTEH, 2014*) :

- Pistachier de l'Atlas (*Pistacia Atlantica*), il se trouve dans les cantons du ROND-POINT, GUEROUAOU et PÉPINIÈRE au niveau du versant nord et le long des cours d'eau des cantons SIDI-ABDOUN, FERSIOUANE et OURTEN du versant sud ;
- Frêne oxyphille (*Fraxinus oxyphylla*), il forme des petits bouquets très isolés dans le versant nord essentiellement les cantons PÉPINIÈRE, ROND-POINT et PRES BENCHOHRA ;
- Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), il se rencontre par pieds à travers toute la cédraie ;
- Des espèces introduites ou autochtones rares sont aussi à signaler : Pin pignon, Micocoulier, Prunier sauvage, Érable de Montpellier, Merisier...

Pour la strate herbacée, le parc national de Theniet El Had renferme une diversité floristique impressionnante. Un nombre important de familles très connues en botanique est recensé dont la majorité sont représentées par : les composées, les papilionacées, les liliacées, les ombellifères, les labiacées, les orchidées, les cistacées, les graminées, les crucifères, les caryophyllacées et les renonculacées. Des espèces herbacées endémiques et rares y sont

signalées. Durant la période 2007 -2013, le nombre d'espèces de champignon est augmenté de 26 à 37 espèces, alors que les lichens ne représentent que 23 espèces inventoriées durant l'année 2005 (*PNTEH, 2013*).

9. Richesse faunistique :

La faune constitue une grande richesse patrimoniale dans le parc national de Theniet El Had, mais malheureusement, elle reste moins étudiée et moins explorée par rapport aux végétaux. Selon PNTEH (2014), la faune enregistrée dans le parc est représentée par :

- **Des mammifères:** dix-sept (17) espèces de mammifères ont été enregistrées dans le parc dont neuf protégées.
- **Des oiseaux:** le nombre des espèces d'oiseaux recensées au niveau du parc est estimé à quatre-vingt-quinze (95) espèces dont vingt-neuf (29) sont protégées et 60 % sont nicheurs.
- **Des insectes:** Durant la période de 2007 à 2013, le nombre d'espèces d'insectes enregistré est passé de 300 à 344 espèces dont la majorité appartient à des coléoptères et hyménoptères. Ils se localisent en grande partie dans le versant sud ;
- **Des reptiles:** parmi les dix-huit espèces de reptiles identifiées dans le parc, trois espèces sont protégées. La majorité des espèces inventoriées se trouve dans le versant sud.
- **Des amphibiens:** parmi les amphibiens du parc, deux espèces présentent un statut international de préservation.

Chapitre IV :
Etude hydrochimique

1.1. Introduction

Avant de traiter et discuter les différents résultats d'analyse des données obtenus dans les eaux situées dans le parc national de Theniet el Had, on a besoin de définir les principales méthodes à suivre avec bien sûr les différents matériels sans oublier l'outil informatique (surfer, diagramme de piper, Diagramme de Schoeller, logiciel Arc gis, Xlstat ACF...etc.).

1.2. Méthodes

Les paramètres physiques étudiés sont : PH et Conductivité.

Les paramètres chimiques étudiés, sont :

- Les cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ .
- Les anions: Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^-

Les paramètres physico-chimiques caractéristiques ont été mesurés pour tous les prélèvements et les analyses, les résultats des analyses chimiques de l'eau sont portés dans les tableaux et représentés sur les différents diagrammes à l'utilisation d'outil informatique tel que (Diagramme de piper, Schoeller...)

Dans le but : *Déterminer les principaux faciès chimiques des eaux.

Paramètres indésirables : Le fer

1.3. Matériels :

➤ Outils informatiques :

- **Le Diagramme de Piper:** Permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles témoignant les teneurs relatives en chacun des ions par rapport au total des ions.

A ces deux triangles est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle.

- **Le diagramme de Schoeller:** Représente chaque analyse par une ligne brisée, Profil caractéristique de la concentration de chaque ion majeur en solution dans l'eau, les six échelles logarithmiques à égale distance les unes des autres, étant décalées de la façon à aligner les valeurs unitaires des milliéquivalents des différents anions et cations. (**M. LOUVRIER, 1971**), Dans l'objectif de montrer le passage d'un faciès chimique à un autre faciès selon leur composition chimique.

➤ *Laboratoire de physicochimie de l'ADE Tissemsilt :*



Figure 21 : Les analyses accomplies en laboratoire d'ADE Tissemsilt. (Original)

➤ *Laboratoire de la station d'épuration (ONA- Tissemsilt):*



Figure 22 : Les analyses accomplies en laboratoire de la station d'épuration. (Original)

➤ *Laboratoire de l'Université de Tissemsilt :*



Figure 23 : Les analyses accomplies en laboratoire de l'université (Originale).

1.4. Mode de prélèvement :

La bonne méthode d'échantillonnage assure une grande partie de l'exactitude des résultats des données mesurées.

1.4.1. Les paramètres physico chimiques mesurés :

➤ Les paramètres physiques :

La mesure des paramètres physiques-telle que le PH, Température et la conductivité- doit être réalisé au même endroit et au même moment que l'opération d'échantillonnage. (N'est pas été effectué sur le terrain car il y a un manque des appareils mobiles ou du terrain).

➤ Le prélèvement des échantillons pour les paramètres chimiques :

- Appliquer la méthode simple de prélèvement en bouteilles
- Rincer abondamment les bouteilles avec l'eau de la source lui-même.
- Remplir les bouteilles.
- Prendre la date et l'heure de prélèvement.

➤ Le prélèvement des échantillons pour les paramètres indésirables (le fer) :

- Utiliser des flacons contenant un anti oxydation.
- Remplissez les flacons soigneusement pour éviter la perte de conservateur.



Figure 24 : Le prélèvement des échantillons dans la zone d'étude. (Original).

Tableau 12 : Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude.

N°	Les sources	Coordonnée UTM (m) X	Coordonnée UTM (m) Y	Altitude Z (m)	Date de prélèvement	l'Heure de prélèvement
S1	Parc 01	410079,72 E	3968593,08 N	1356	29/05/2021	17:02:33
S2	Parc 02	409962,72 E	3968677,69 N	1332	29/05/2021	17:30:25
S3	Ain Toursout	406828,75 E	3969516,66 N	1479	29/05/2021	15:20:50
S4	Ain Harhara	404611,31 E	3970826,57 N	1315	29/05/2021	12:07:44
S5	Ain Touila	410616,65 E	3966824,19 N	1346	29/05/2021	16:00:02
S6	Ain Rond Point	404936 E	3970072,43 N	1440	29/05/2021	13:45:13
S7	Ain Ouartan	405949,20 E	3968585,89 N	1550	29/05/2021	4:40:11 PM

Tableau 13 : Résultats des analyses chimiques en mg/L des eaux des sources de PNTH

N°	Sources	PH	CE $\mu\text{S}/\text{Cm}$	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Fer (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	dureté °F
S1	Parc 01	6,21	314	66,53	14,09	23,1	2,81	73,2	48,56	44,9	0,123	0,022	80,62
S2	Parc 02	6,34	316	22,5	3,4	14,3	2,67	18,3	48,56	42,1	0,13	0,004	25,9
S3	Toursout	7,24	517	42,5	0	22,1	1,55	61	35,07	52,4	0,308	0,017	42,5
S4	Harhara	6,33	324	24,1	3,4	18,7	0,03	54,9	37,77	50	1,12	0,002	27,5
S5	Touila	6,6	324	27,25	2,91	24,6	2,63	85,4	37,27	52,91	0,148	0,008	30,16
S6	Rond-Point	6,64	387	44,08	2,43	23,6	0,76	30,5	37,77	56,5	0,072	0,003	46,51
S7	Quartane	6,4	262	23,24	0,48	24,7	3,66	85,4	42,6	23,36	0,24	0,02	23,72

2. ETUDE HYDROCHIMIQUE:

2.1. Contexte Hydro chimique du Parc National de Theniet El Had :

2.1.1. Introduction :

La synthèse Hydro chimique de la région environnante du Parc National subdivisée en cinq (05)

Cantons principaux :

- Le premier canton Pépinière concerne les sources : **Ain parc 01** et **Ain parc 02**.
- Le deuxième canton Rond-point concerne les sources : **Ain Rond-point** et **Harhara**.
- Le troisième canton Sidi Abdoun concerne les sources : **Ain Touila**.
- Le quatrième canton Pré Benchohra concerne les sources : **Ain Toursoute**.
- Le cinquième canton Quartan concerne : **Ain Quartan**.

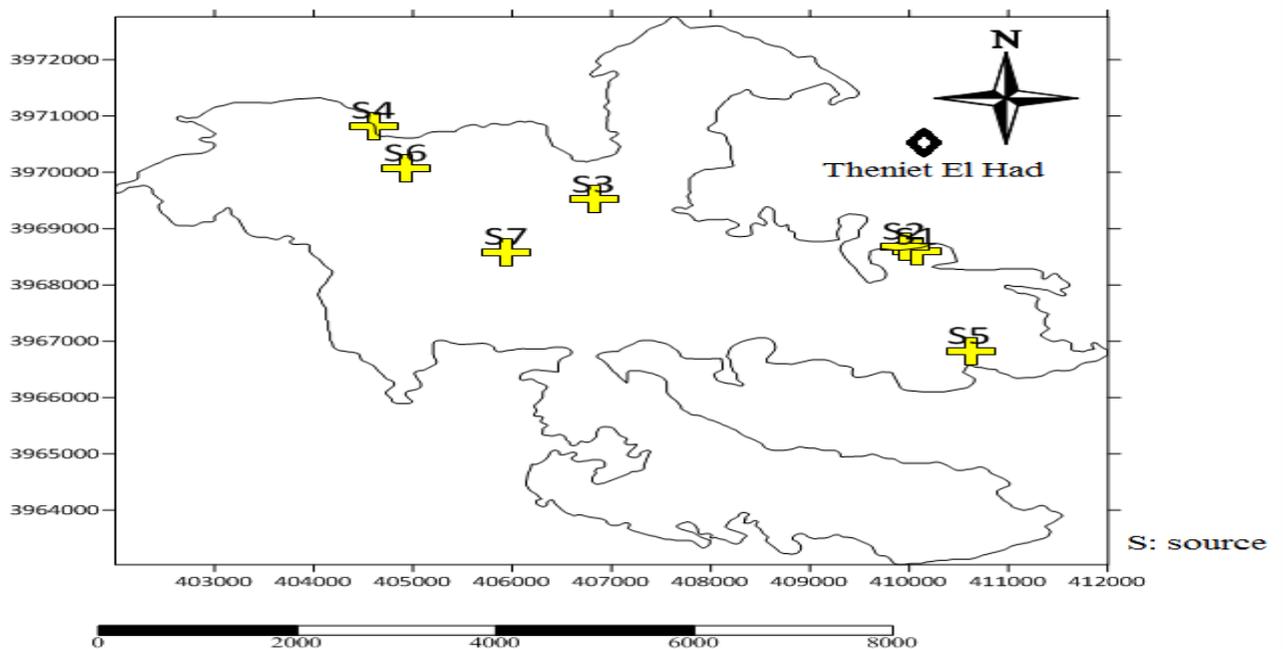


Figure 25 : Carte de localisation des sources d'eau dans le Parc National de Theniet el Had.

(Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F)

Tableau 14: Le codage des sources d'eau étudiées.

N°	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Sources	Parc 01	Parc 02	Toursout	Harhara	Touila	Rond-Point	Ouartan

2.2. Les analyses effectuées au cours de notre travail :

2.2.1. PH :

C'est le cologarithme ou l'inverse du log de l'activité d' H^+ . Pour les eaux des sources localisées au niveau du secteur d'étude.

Le pH est mesuré à l'aide de multimètre. Dans cette appareil existe deux électrodes l'une pour le pH.

- **Le résultat:**

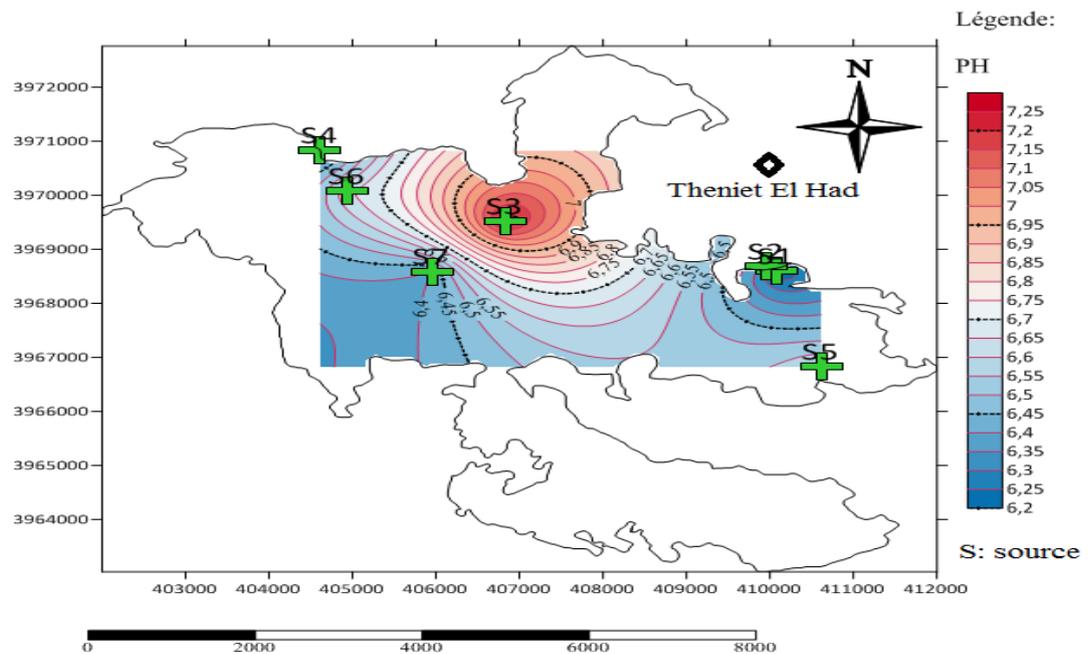


Figure 26 : Distribution des valeurs de PH selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F)

Les résultats présentés dans la carte (Fig.26) montrent que : Le pH varie entre 6,20 et 7,24.

Les valeurs du pH sont en général inférieure à **7,25** avec :

Le taux plus élevé (**plus de 7,2**) pour la source **S3 (Ain Toursoute)**.

Le taux faible (**entre 6,2 et 6,7**) pour les sources **S1 Ain parc 01, S2 Ain parc 02, S4 Ain Harhara, S5 Ain Touila, S6 Ain Rond-point, S7 Ain Ouartan**.

2.2.2. La conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre.

Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (m /Sim).

1 Sim = $10411\text{S/cm} = 103\text{ mS/m}$

- **Le résultat:**

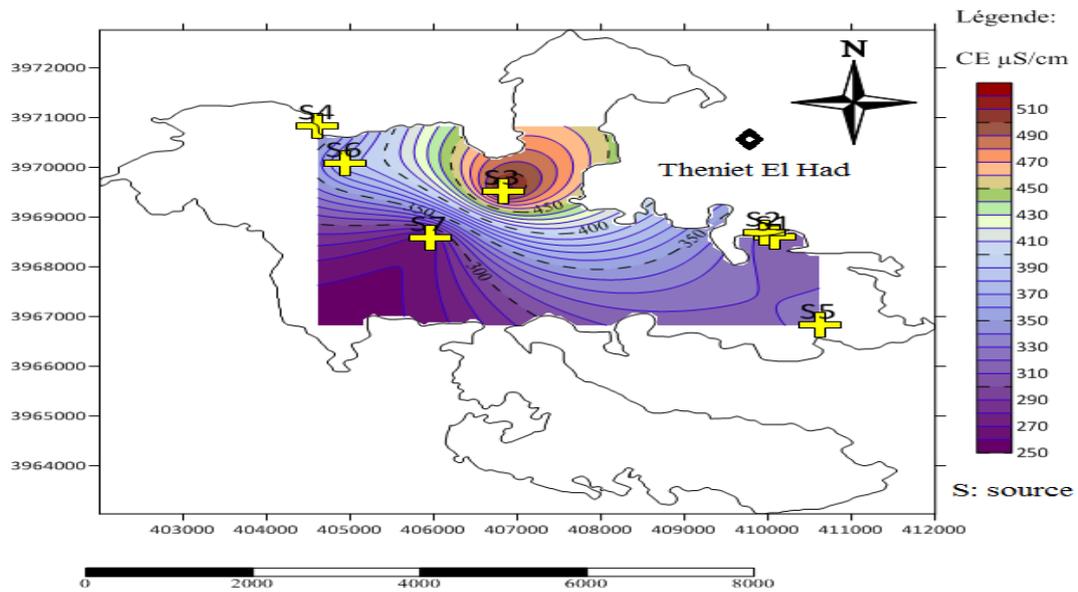


Figure 27: Distribution des valeurs de conductivité selon les sources étudiées (traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

D'après la carte (Fig.27), on a remarqué que les eaux des sources étudiées dans notre zone d'étude, montre que la plus petite valeur de conductivité ($> 290\ \mu\text{S/cm}$) a été enregistrée au niveau de la source **S7**, par contre la valeur moyenne (Entre 300 et $450\ \mu\text{S/cm}$) a été enregistrée au niveau des sources **S1, S2, S4, S5, S6**, et la conductivité la plus élevée ($< 450\ \mu\text{S/cm}$) au niveau de la source **S3**.

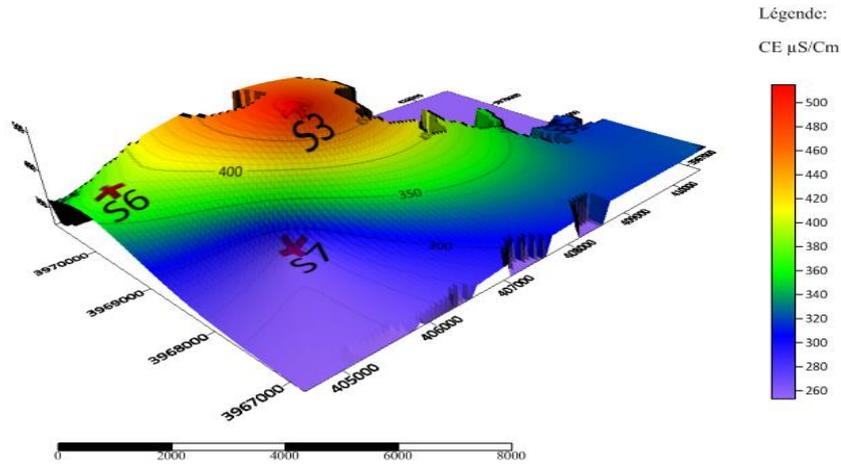


Figure 28 : Carte d'isoteneur des valeurs de conductivité (carte de minéralisation). (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

On indique que le taux très élevé de minéralisation est enregistré pour la source S3 (Ain Toursoute) ; (Qui se réaliser en fonction des valeurs de conductivité).

2.2.3. Détermination de Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le NI naphyle éthylène diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée 543nm. (ADE Tissemsilt).

- **Mode opératoire :** Méthode code à bas par le spectrophotomètre.
- **Le résultat :**

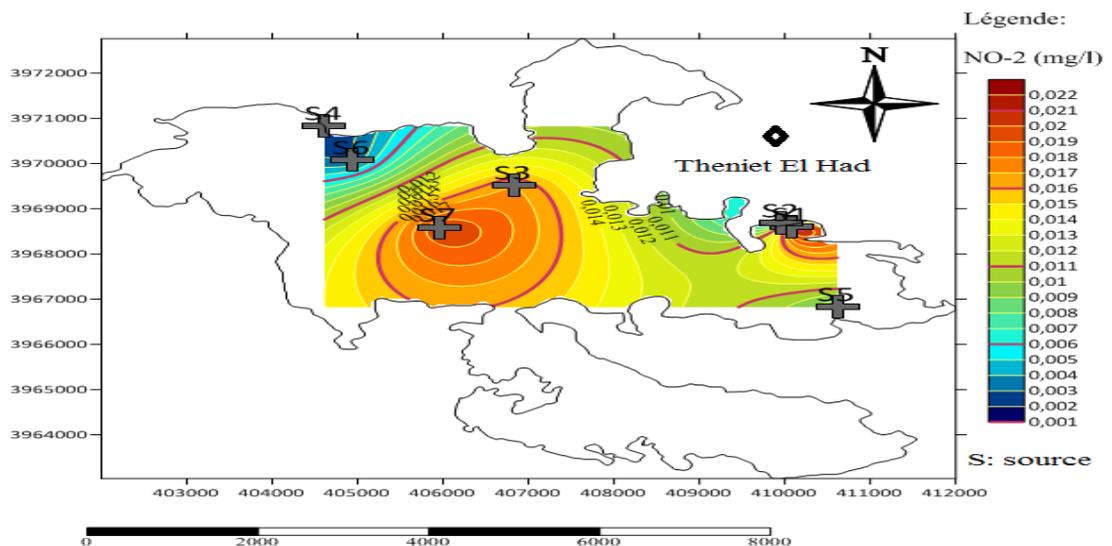


Figure 29 : Distribution des concentrations du nitrite selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

Après l'interprétation de la carte (Fig. 29) On trouve que les valeurs de nitrite se varie avec un faible teneur (entre **0,001 mg/L** et **0,02 mg/L**).

2.2.4. Détermination de nitrates NO_3^- :

En présence salicylates de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylates de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. (ADE Tissemsilt)

➤ **Mode opératoire** : Méthode code à bas par le spectrophotomètre.

• **Le résultat** :

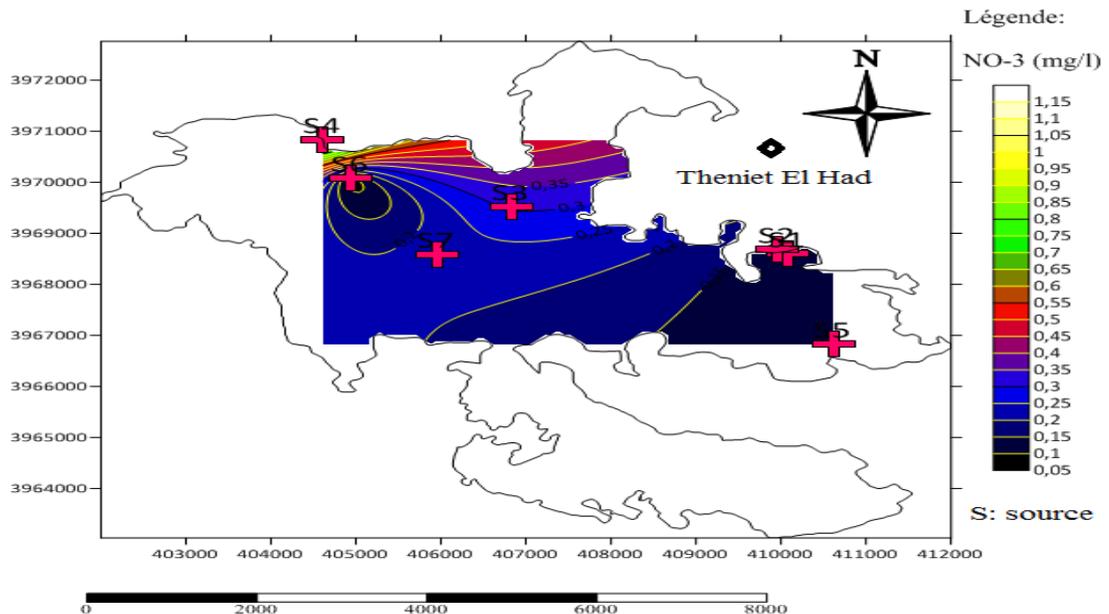


Figure 30 : Distribution des concentrations du nitrate selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

La carte (Fig.30) montre que le taux de nitrates est aussi faible que le nitrite, il se varie entre (**0,05** et **1,1 mg/L**).

Où nous avons enregistré des valeurs inférieures de 0,5 mg/L pour toutes les sources à l'exception de la source **S4** (>1).

2.2.5. Détermination de sulfates (SO_4^{2-}) :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfates de baryum en présence de **BaCl₂**.

➤ **Mode opératoire** :

- Prendre 20mL de l'eau à analyser.
- Ajuster par 10mL de l'eau distillée.
- Ajouter 5mL de la solution stabilisante
- Ajouter de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant une minute.
- Lire au spectrophotomètre à **420nm**.

- **Le résultat :**

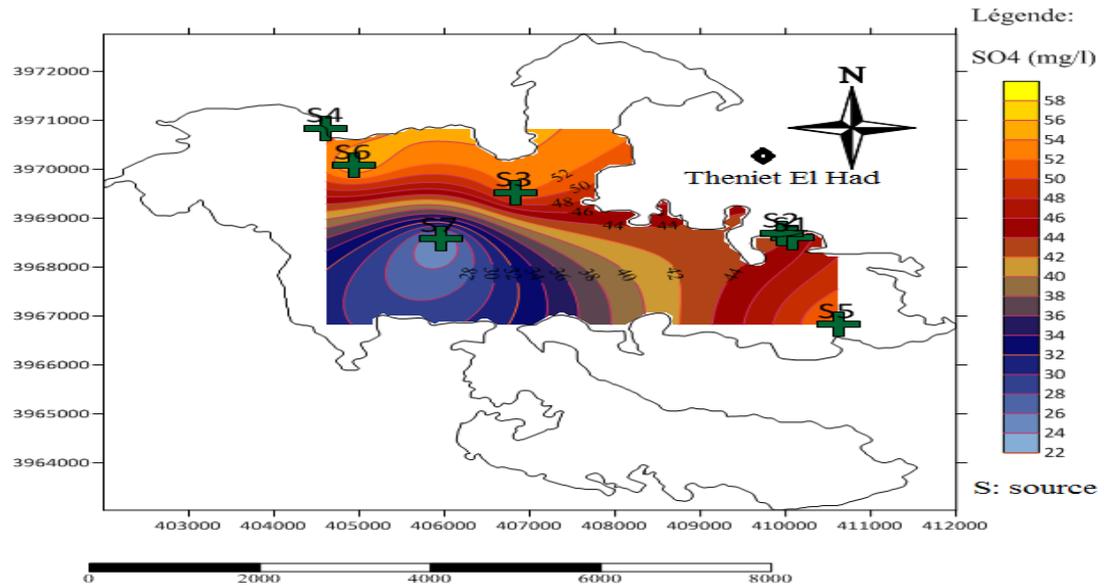


Figure 31 : Distribution des concentrations du sulfate selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

Les valeurs enregistrées sont variées entre (22 mg/L et 58 mg /L).

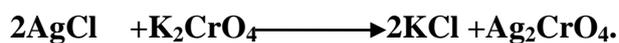
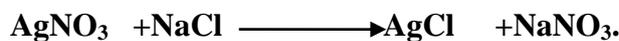
On trouve que : la valeur très élevée se enregistré pour La source **S6** (Valeur > 54).

Les valeurs moyennes sont enregistrées pour les sources **S1, S2, S3, S4, S5** (Entre 40 et 52 mg/L).

La valeur très faible s'enregistrée pour la source **S7** (valeur <28 mg/L).

2.2.6. Détermination de Chlorures :

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement, addition d'un petit excès d'ions argent et chromate formation du chromate d'argent brun rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage durant le titrage, le PH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.



➤ **Mode opératoire:**

-Prendre 5mL d'eau analysé.

-Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).

-Titrer avec AgNO_3 à 0.01N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

- **Expression des résultats :**

$$\text{Cl}^- \text{ mg/L} = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F$$

V_{AgNO_3} : volume d' AgNO_3 nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

F : facteur de correction du titre d' AgNO_3 .

Pour le F :

Prendre 5ml de la solution mère à 71mg/L.

Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.

Doser par AgNO_3 (0.01N) jusqu'à virage de couleur (brun rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

- **Le résultat :**

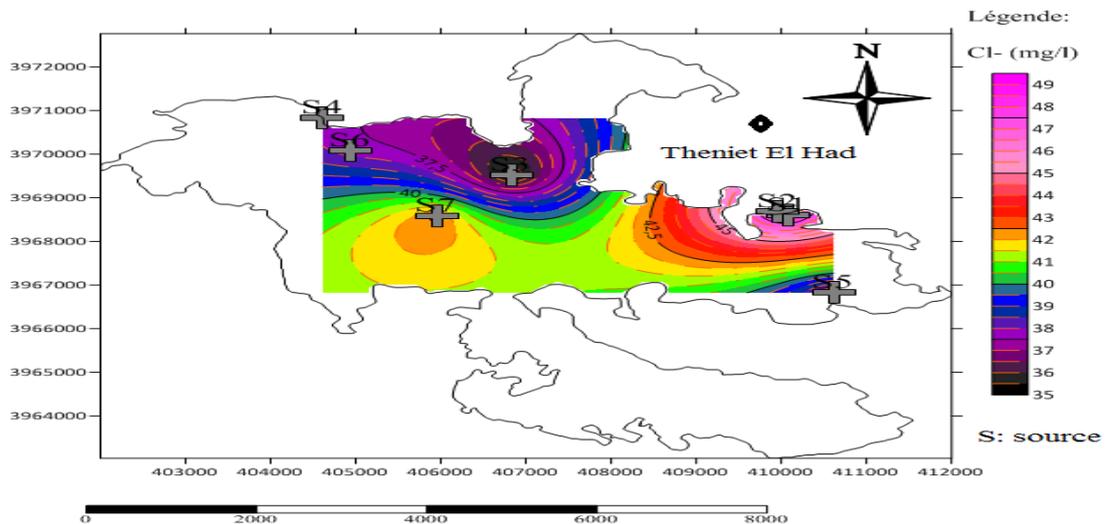


Figure 32 : Distribution des concentrations de chlorures selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

On observe que les valeurs de chlorure se varient entre 35 et 49 mg/l.

On indiquant un taux de concentration élevée pour les sources : S1 et S2 et un faible taux pour les restes.

2.2.7. Détermination du calcium (Ca^{+2}) et du magnésium Mg^{+2} :

Le calcium est dosé avec une solution de l'EDTA à PH basique. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE : l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violette.

Les concentrations sont calculées à partir des formules suivantes :

Pour le Ca^{+2} (mg/l)= $V1/F/8$. Pour le Mg^{+2} (mg/l)= $(V2-V)/F/12$.

- **Mode opératoire :**

- **Pour le Ca^{+2}**

-Prendre 50ml d'eau à analyser.

-Ajouter 2ml de NaOH (2N).

-Ajouter du Murexide (apparition de la couleur rose).

-Titre avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

-Obtention d'un volume (V1) d'EDTA (ADE Tissemsilt).

- **Le résultat :**

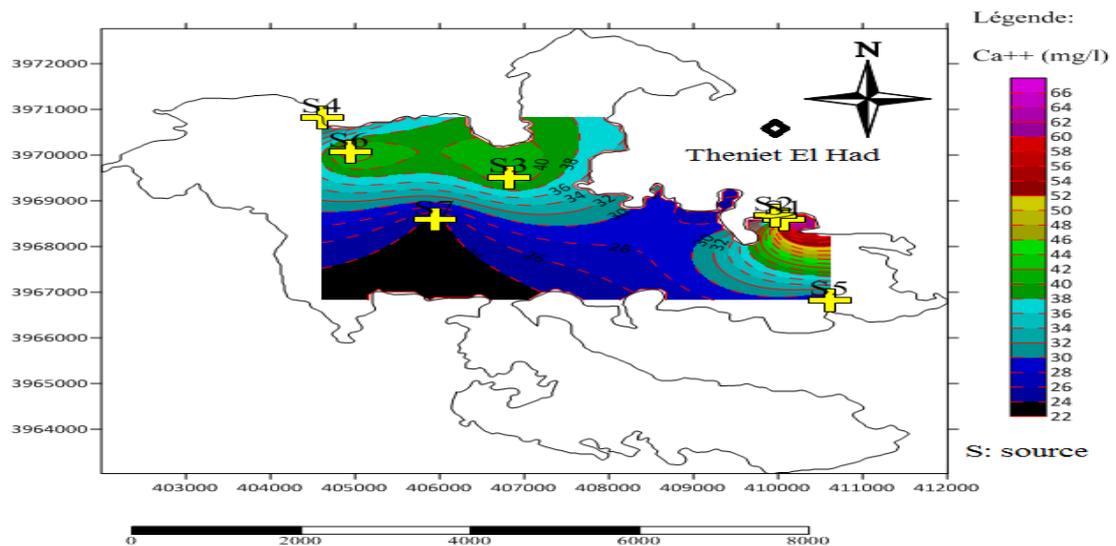


Figure 33 : Distribution des concentrations de calcium selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F)

Nous avons enregistré une différence notable dans la distribution des concentrations selon les sources étudiées :

S1, S2: < 60 mg/L.

S3, S6: entre 38 et 44 mg/L.

S4, S5 : entre 30 et 38 mg/L.

S7 : > 24 mg/L

- **Pour le Mg^{+2}**

-Prendre 50ml d'eau à analyser.

-Ajouter NH_4OH à Ph=10,1

-ajouter le noire eriochrome, (apparition de la couleur rose).

-Titre avec l'EDTA jusqu'au virage bleu.

-Obtention d'un volume (V2) d'EDTA (ADE Tissemsilt).

- **Le résultat :**

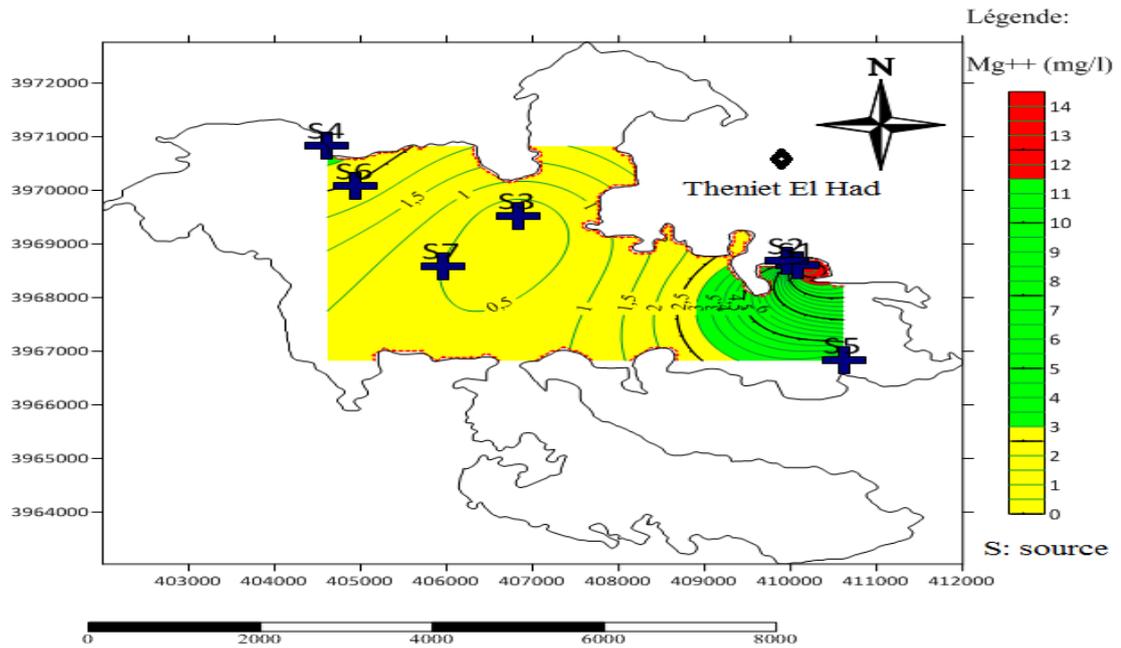


Figure 34 : Distribution des concentrations de magnésium selon les sources étudiées.

(Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

Le taux de Mg se varie entre **0,5** et **14** mg/L.

La valeur plus élevée est entre **11,5** et **14** mg/L (S1 et S2).

La valeur moyenne est entre **3** et **11** mg/L (S4, S5).

La faible valeur est entre **0,5** et **3** mg/L (S3, S6, S7).

2.2.8. Détermination du bicarbonate HCO_3 :

Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans les sources naturelles.

➤ **Le mode opératoire :**

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter l'indicateur coloré BBT.
- Titrer par HCl jusqu'au virage jaune.
- Obtenir le V_{eq} d'hcl indiqué dans la burette.

- **Le résultat :**

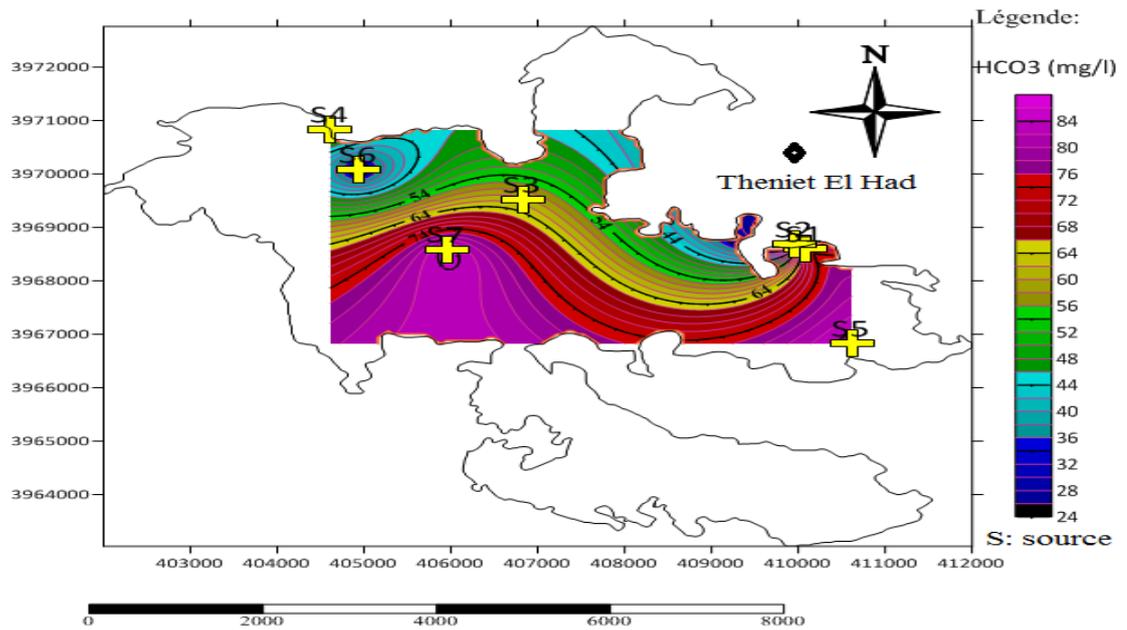


Figure 35 : Distribution des concentrations de bicarbonate selon les sources étudiées.

(Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

Nous indiquons une distribution variée des concentrations de HCO₃ :

La concentration la plus élevée est enregistrée pour les sources S7 et S5 (supérieure de 76 mg/L).

La concentration très faible est enregistrée pour la source S6 (inférieure de 32 mg/L).

2.2.9. Détermination de sodium Na:

Les eaux souterraines ont normalement une teneur en sodium allant de 6 à 130 mg/L.

Ses concentrations varient considérablement selon les paramètres hydrologiques et géologiques régionaux et locaux.

➤ **Le mode opératoire :**

Lecture par la Photométrie de flamme

Le sodium est dosé directement dans le vin dilué au moins 1/10 par photométrie de flamme.

- **Le résultat :**

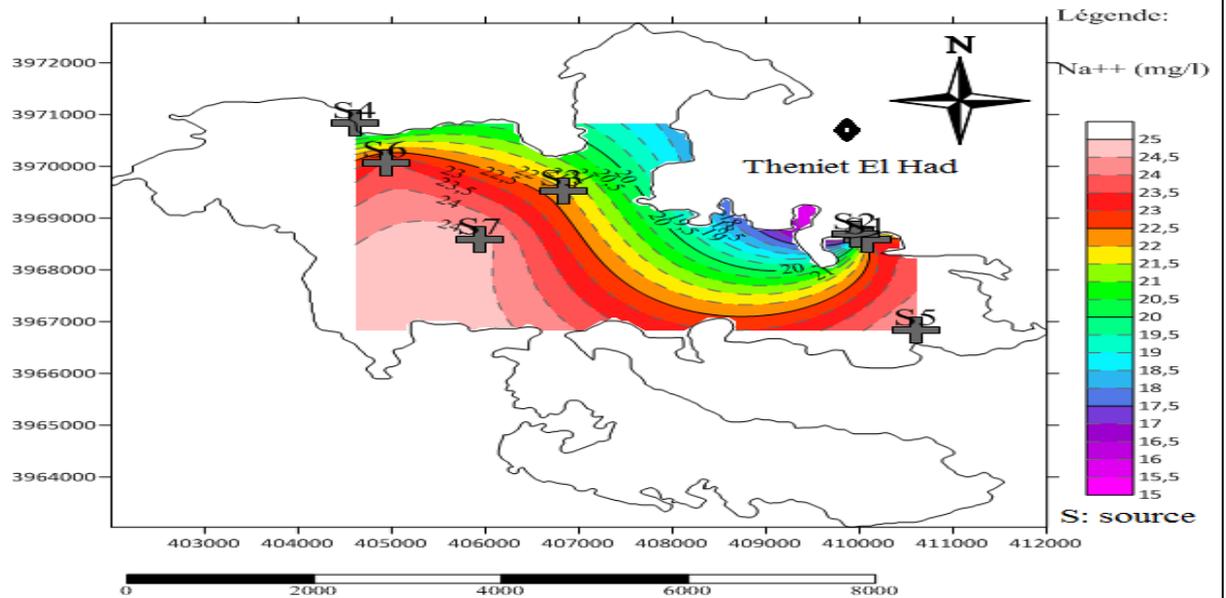


Figure 36: Distribution des concentrations de sodium selon les sources étudiées. (Traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

D'après la carte nous observons que les valeurs de concentration de sodium se varient entre **15** et **25 mg/L**.

Les concentrations élevées sont enregistrées pour les sources **S1, S2, S4, et S3** (supérieur de **22,5mg/L**).

Les concentrations faibles sont enregistrées pour les sources **S5, S6 et S7** (inférieur de **22,5mg/L**).

2.2.10. Détermination de fer :

Le fer dans les eaux souterraines est un problème courant: ses concentrations s'étendent de **0** à **50 mg/L**, alors que l'OMS recommande un niveau de fer inférieur à **0.3 mg/L**. Le fer se trouve naturellement dans la couche aquifère, mais les concentrations.

Les eaux souterraines infestées de fer ont souvent une coloration orange.

➤ Le mode opératoire :

- Prendre 40mL d'eau à analyser.
- Ajouter 1mL de hydroxylamine chlorure.
- Ajouter 2mL de tampon acétate.
- Ajouter 2mL de phonon-trolline.

- **Le résultat :**

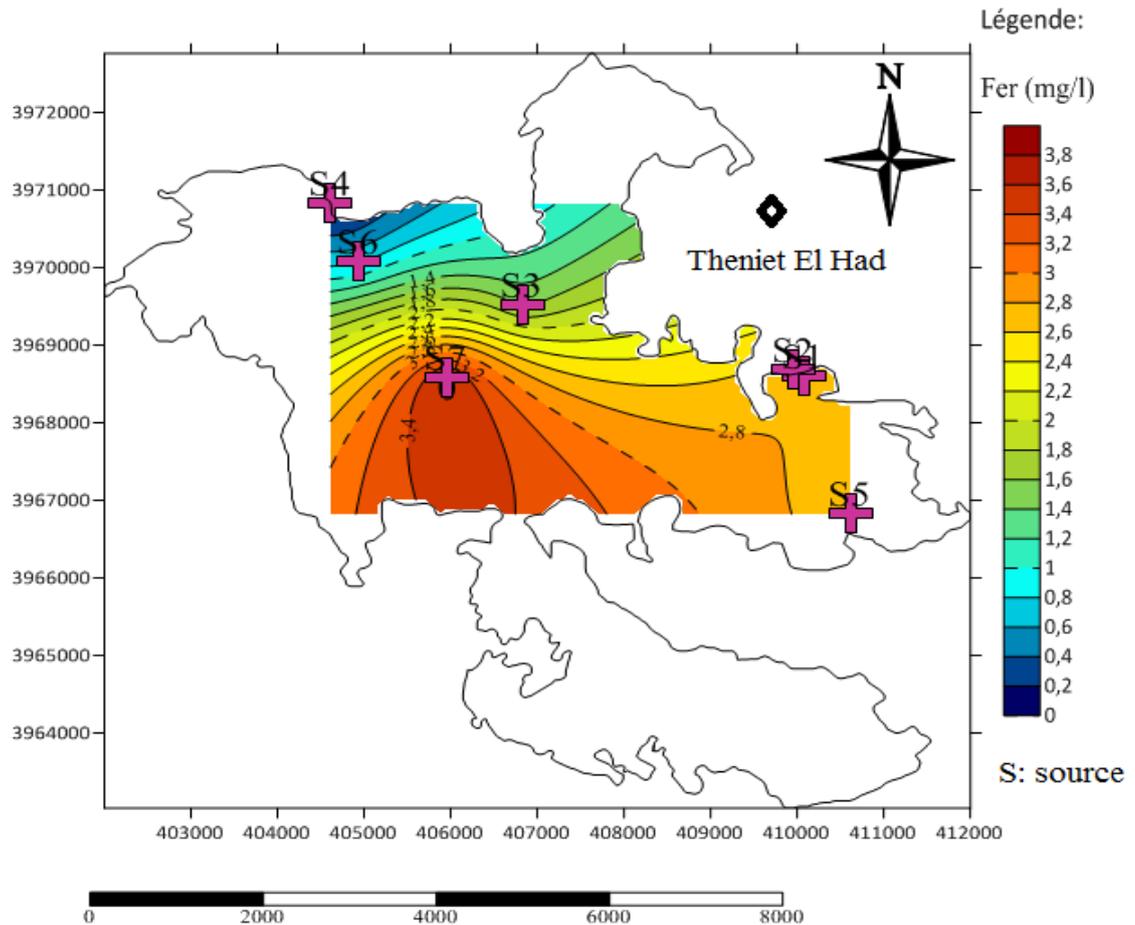


Figure 37 : Distribution des concentrations de fer selon les sources étudiées. (traité par surfer 2021 ; FERHAT.Z/ LALAM.F).

On observe des valeurs élevées pour la majorité des sources (S1, S2, S3, S5, S6), avec une valeur major pour la source S7. Sauf que la source S4 qui est enregistrée une faible valeur.

2.2.11. La Dureté (TH) :

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium.

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH).

L'unité du titre hydrotimétrique est le milliéquivalent par litre (Ou le degré français °F). (BELHAKEM A.2015).

Le TH peut subdiviser en TCa (Titre calcique) et TMg (Titre magnésien) : $TCa + TMg = TH$ en fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tableau 15: Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne F. et Cordonnier J, 1991).

La dureté totale (TH)		Qualité de l'eau
°F	mg/l de CaCO ₃	
0 à 7	0 à 70	Eau très douce
7 à 15	70 à 150	Eau douce
15 à 25	150 à 250	Eau légèrement douce
25 à 32	250 à 320	Eau moyennement dure
32 à 42	320 à 420	Eau dure
Supérieur à 42	Supérieur à 420	Eau très dure

Tableau 16 : Résultats et classification de la dureté totale des points de prélèvement.

Les sources	TH (mg/l) de CaCO ₃	TH (F°)	Qualité de l'eau
Ain Parc 01	806,2	80,62	Eau très dure
Ain Parc 02	259	25,9	Eau moyennement dure
Ain Toursout	425	42,5	Eau très dure
Ain Harhara	275	27,5	Eau moyennement dure
Ain Touila	301,6	30,16	Eau dure
Ain Rond-Point	465,1	46,51	Eau très dure
Ain Quartan	237,2	23,72	Eau légèrement douce

Le résultat :

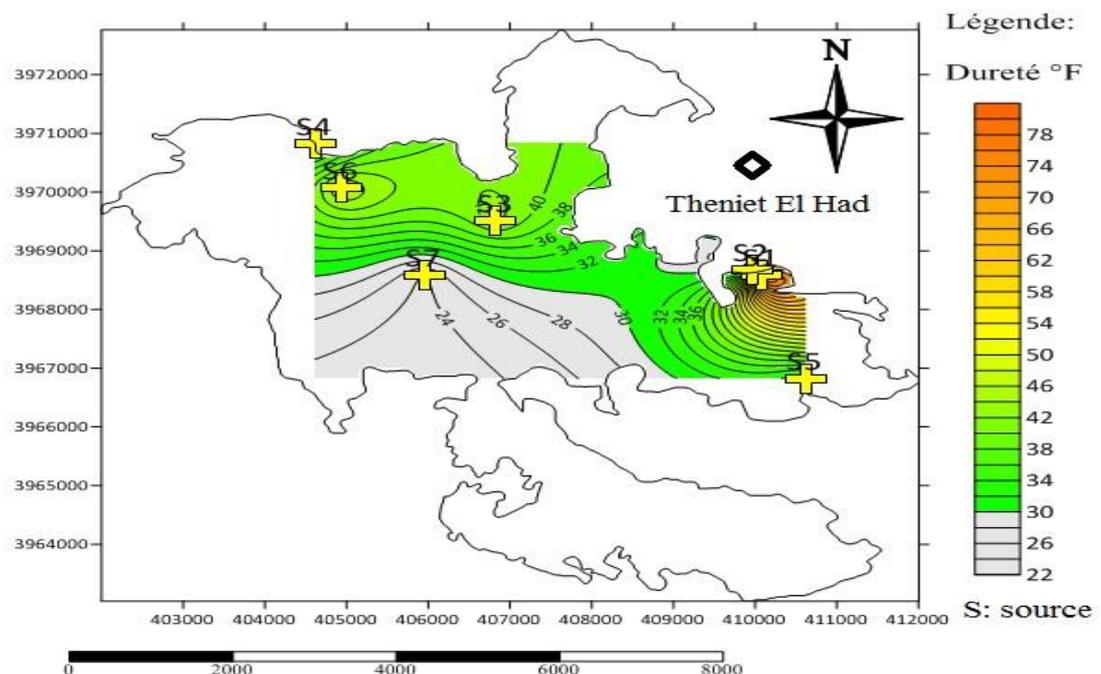


Figure 38 : Distribution des valeurs de la dureté selon les sources étudiées

Selon la carte (Fig.38) ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont élevées en comparaison avec les normes pour toutes les sources sélectionnées au notre étude (Les valeurs sont supérieur à 30) sauf que la source **S7** (Ain Ouartan : inférieur à 30).

3. *Étude hydrochimique :*

3.1. *Facies hydrochimique :*

3.1.1. *Interprétation des diagrammes d'analyse d'eau :*

Durant leur parcours les eaux subissent des modifications de faciès, pour les différencier ces eaux peuvent être classées en fonction de leur composition ionique sur les diagrammes semi-logarithmiques et triangulaires.

3.1.2. *Interprétation par diagramme semi-logarithmique (Schoeller et Berkaloff) (Figure 39) :*

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet de distinguer par simple lecture des échelles, les concentrations des ions et donc de déduire rapidement les différentes familles des eaux.

Dans le cas présent, il fait ressortir 3 faciès :

➤ *Facies chloruré calcique :*

Les eaux sont de type :

Cl>HCO₃>SO₄>NO₃ et Ca>Mg>Na+K; pour les sources de parc national Theniet El Had.

➤ *Facies sulfate calcique:*

Les eaux sont de type:

SO₄>Cl>HCO₃>NO₃ et Ca>Na+K>Mg ; pour les sources de parc national Theniet El Had.

➤ *Facies bicarbonaté calcique :*

Les eaux proviennent des sources de parc national Theniet El Had, elles sont faiblement minéralisées. Les eaux sont de type:

HCO₃>SO₄>Cl>NO₃ et Ca>Na+K>Mg

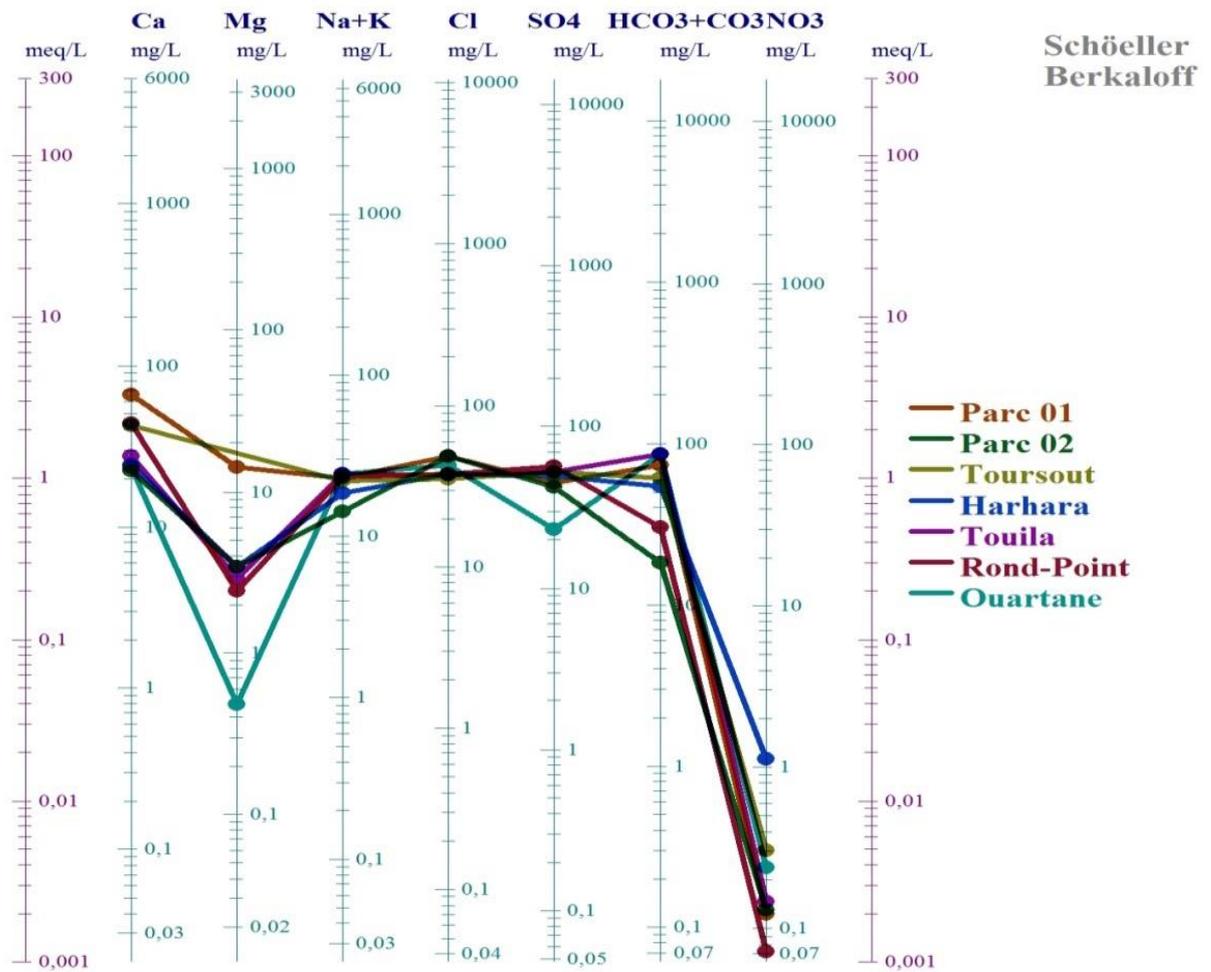


Figure 39: Représentation par diagramme de Schoeller-Berkaloff des sources de parc national Theniet el Had.

3.1.2. Interprétation par diagramme triangulaire “Piper” (Figure 40):

La méthode consiste à reporter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réaction de chaque cation et anion. Ces deux points sont reportés sur le losange en seul point, qui représente la famille chimique de l’eau. Ce diagramme permet de regrouper un grand nombre d’analyses.

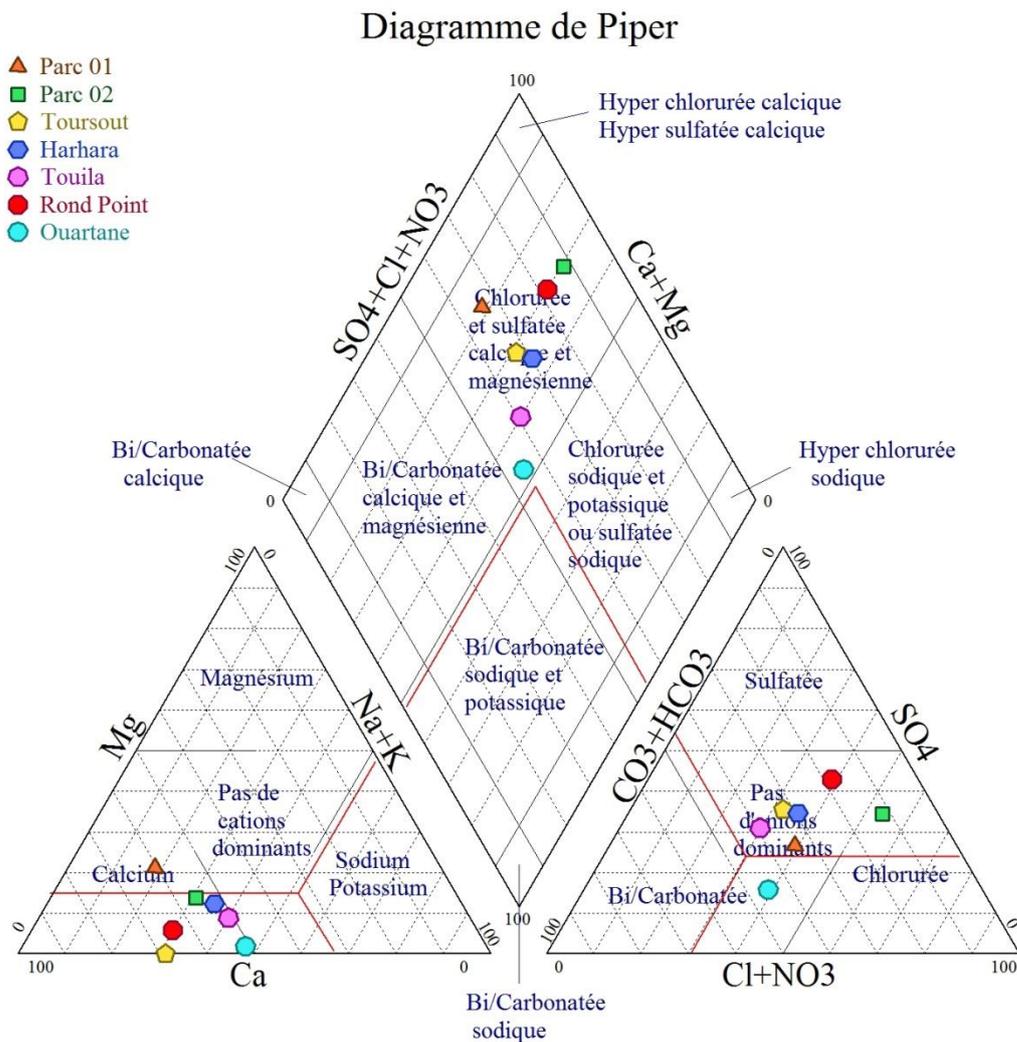


Figure 40 : Représentation par diagramme de Piper des sources de parc national Theniet el Had

Le diagramme de Piper fait ressortir un (01) faciès par les sources reportées :

➤ **Faciès : eau chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**

L'interprétation du diagramme présente que les eaux sont Eau chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne :

L'origine des éléments majeurs provoqué par la dissolution au contact de l'encaissant ou des formations géologiques de la région d'étude.

Les chlorures proviennent du lessivage d'anciens dépôts évaporitiques (Argile ; Gypse) contenant du sel gemme jusqu'à des minéralisations totales de l'ordre de 48.56mg/L, se retrouvent au niveau de les sources S1(Parc01) et S2(Parc02).

Les eaux de la région tirent leur sulfate du lessivage des formations géologiques contenant du gypse et aussi de l'oxydation des sulfures, sulfures métalliques (pyrite). Dans notre cas, les concentrations en sulfates peuvent être très faible et atteindre 23.3mg/L au niveau de **S7** (Ain Ouartan). Elles s'accompagnent de teneurs très élevées en calcium 66.53mg/l. se retrouvent au niveau de la source **S1**(Parc01).

Les eaux tirent leur teneur du calcium et magnésium du la dissolution des formations carbonatées de la région (Calcaire (CaCO₃) ; Dolomite (CaMg(CO₃)₂).

3.1.3. Application de l'ACP :

La méthode ACP a été appliquée à 07 sources et 12 variables (Paramètres physico chimiques) qui sont : PH, dureté ,CE $\mu\text{S}/\text{Cm}$, Ca (mg/L) ,Mg (mg/L) ,Na (mg/l) ,Fer (mg/L) ,HCO₃ (mg/L) ,Cl (mg/L) , SO₄ (mg/L) ,NO₃ (mg/L) ,NO₂ (mg/L).

➤ Interprétation de résultats de l'ACP :

A) Les valeurs propres :

L'analyse du tableau (17) et la courbe des valeurs propres (Fig.41), montrent que les quatre premiers facteurs représentent le maximum d'informations. Ainsi les quatre premiers axes factoriels expriment 91% de la variance totale, avec 34% pour le premier facteur (F1) , 18,725 % pour le second (F2) et 20 % pour le troisième facteur (F3) et enfin pour le quatrième facteur (F4) 11%.

Tableau 17 : Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques

Variance totale expliquée						
Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	4,098	34,150	34,150	4,098	34,150	34,150
2	3,109	25,908	60,058	3,109	25,908	60,058
3	2,450	20,414	80,471	2,450	20,414	80,471
4	1,367	11,390	91,861	1,367	11,390	91,861
5	,712	5,930	97,791			
6	,265	2,209	100,000			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

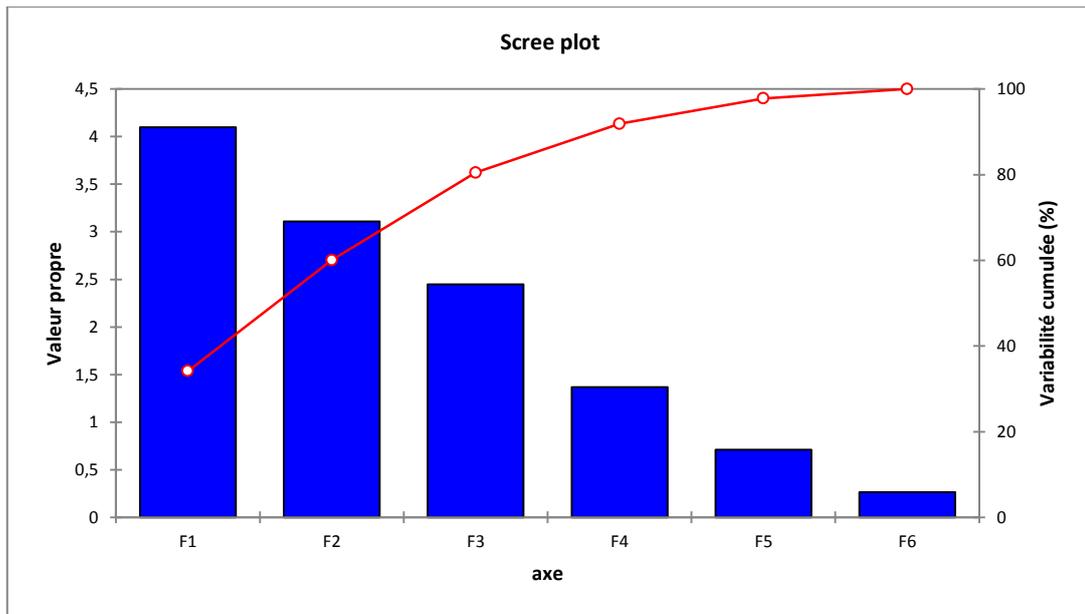


Figure41 : Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques des sources.

B) Étude des variables

B.1) La matrice de corrélation

L'analyse de la matrice de corrélation (Tableau 18), montre :

- une corrélation positive et parfaite entre :
 - ✓ PH et CE ($r^2 = 0.9$)
 - ✓ Dureté et Ca ($r^2 = 0.9$)
 - ✓ Dureté et Mg ($r^2 = 0.8$)
- une bonne corrélation positive entre :
 - ✓ Ca et Mg ($r^2 = 0.7$)
 - ✓ Na et HCO₃ ($r^2 = 0.7$)
 - ✓ HCO₃ et NO₂ ($r^2 = 0.6$)
- Une corrélation négative entre :
 - ✓ PH et Mg ($r^2 = -0.5$)
 - ✓ PH et Cl ($r^2 = -0.7$)
 - ✓ Mg et CE ($r^2 = -0.3$)
 - ✓ Mg et fer ($r^2 = 0.1$)

Tableau 18 : Matrice de corrélation (ACP) entre les variables

	PH	Durété	CE μS/Cm	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Fer (mg/L)	HCO3 (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)
PH	1											
Durété	-0,093	1										
CE μS/Cm	0,91	0,17	1									
Ca (mg/L)	0,051	0,987	0,297	1								
Mg (mg/L)	-0,573	0,831	-0,306	0,73	1							
Na (mg/L)	0,237	0,293	0,04	0,355	0,018	1						
Fer (mg/L)	-0,233	0,037	-0,448	-0,004	0,17	0,218	1					
HCO3 (mg/L)	0,014	0,105	-0,213	0,096	0,114	0,731	0,435	1				
Cl (mg/L)	-0,713	0,322	-0,579	0,21	0,638	-0,394	0,571	-0,186	1			
SO4 (mg/L)	0,408	0,258	0,606	0,299	0,06	-0,039	-0,706	-0,33	-0,495	1		
NO3 (mg/L)	-0,128	-0,317	-0,038	-0,348	-0,14	-0,297	-0,632	0,035	-0,334	0,086	1	
NO2 (mg/L)	0,091	0,488	0,016	0,503	0,331	0,509	0,64	0,653	0,262	-0,508	-0,335	1

B2) Étude le cercle de L'ACP :

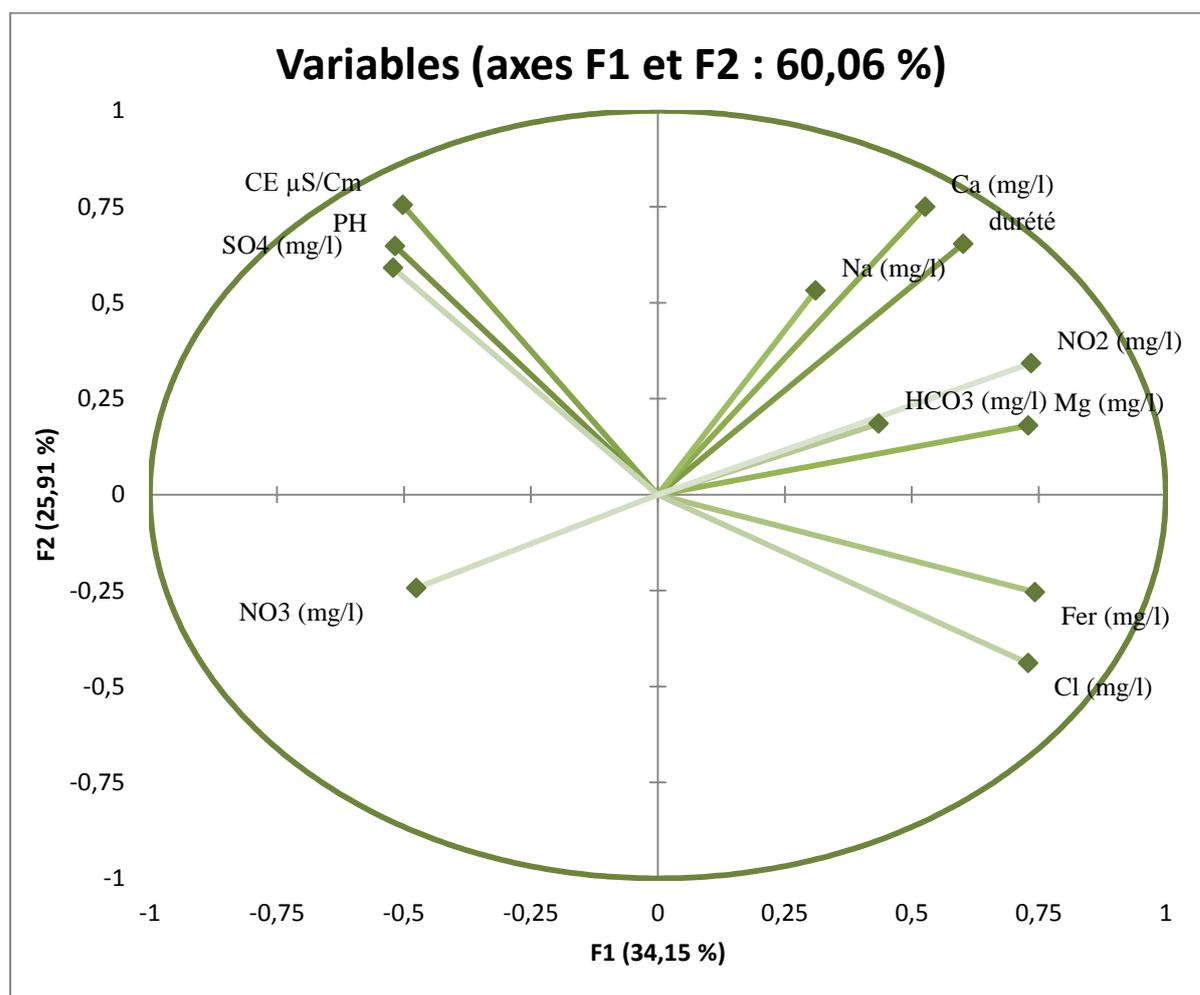


Figure 42 : L'ACP des paramètres physico-chimiques des sources thermales sur les plans factoriels (F1-F2)

On assurait sur cette étude à choisir deux axes le plus dominants qui donnent une meilleure représentation 60%. En effet le cercle des corrélations est la projection du nuage des variables sur le plan des composantes principales. Les variables bien représentées sont celles qui sont proches du cercle, celles qui sont proches de l'origine sont mal représentées.

Alors on a :

- L'axe 1 (34,15%) : est bien représenté par les variables suivantes : Ca, Na, HCO₃, NO₂, Mg, Fer, Cl, Dureté
- L'axe 2 (25,91%) : est bien représenté par les variables suivantes : PH, Ce, SO₄.
- La Variable NO₃ est mal représentée sur les deux axes.

C. Étude AFC

C.1. Étude la dispersion des sources :

la figure suivante représente la répartition des sources sur le plan factoriel qui donne une meilleure information est égale 60.06%

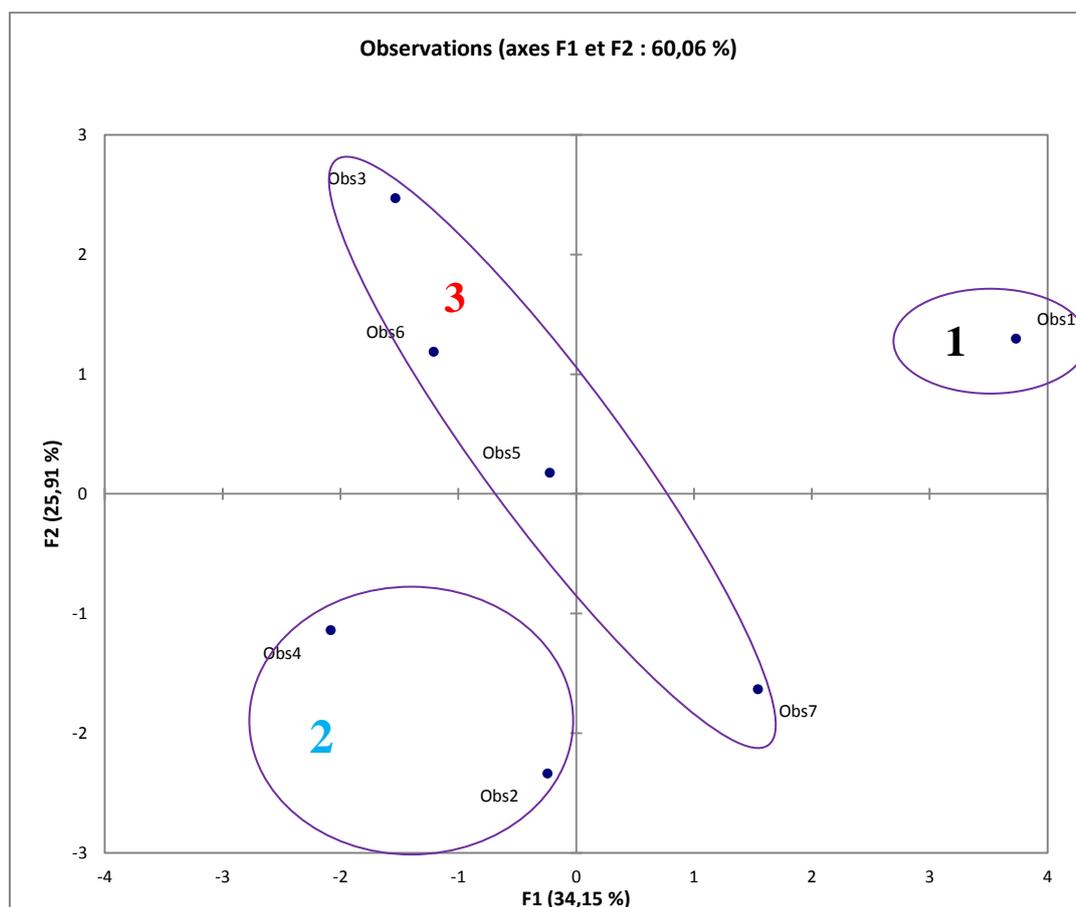


Figure 43 : La carte des sources sur le plan factoriel

D'après la figure précédente, on a constaté qu'il y'a trois groupes

- **Groupe 01 :** représente meilleure source avec la variable qui présente ce groupe est la dureté
- **Groupe 02 :** regroupe les sources 02 et 04 dans lesquelles les variables qui présentent ce groupe sont : HCO₃ et NO₃
- **Groupe 03 :** Regroupe les sources 03. 05. 06. 07 par laquelle les sources 05 et 06 sont négligées à cause de corrélation est envers à zéro et les variables qui présentent ce groupe sont comme suit : Ca. Mg. Fer. SO₄

C.2. Étude la dispersion des sources avec les variables :

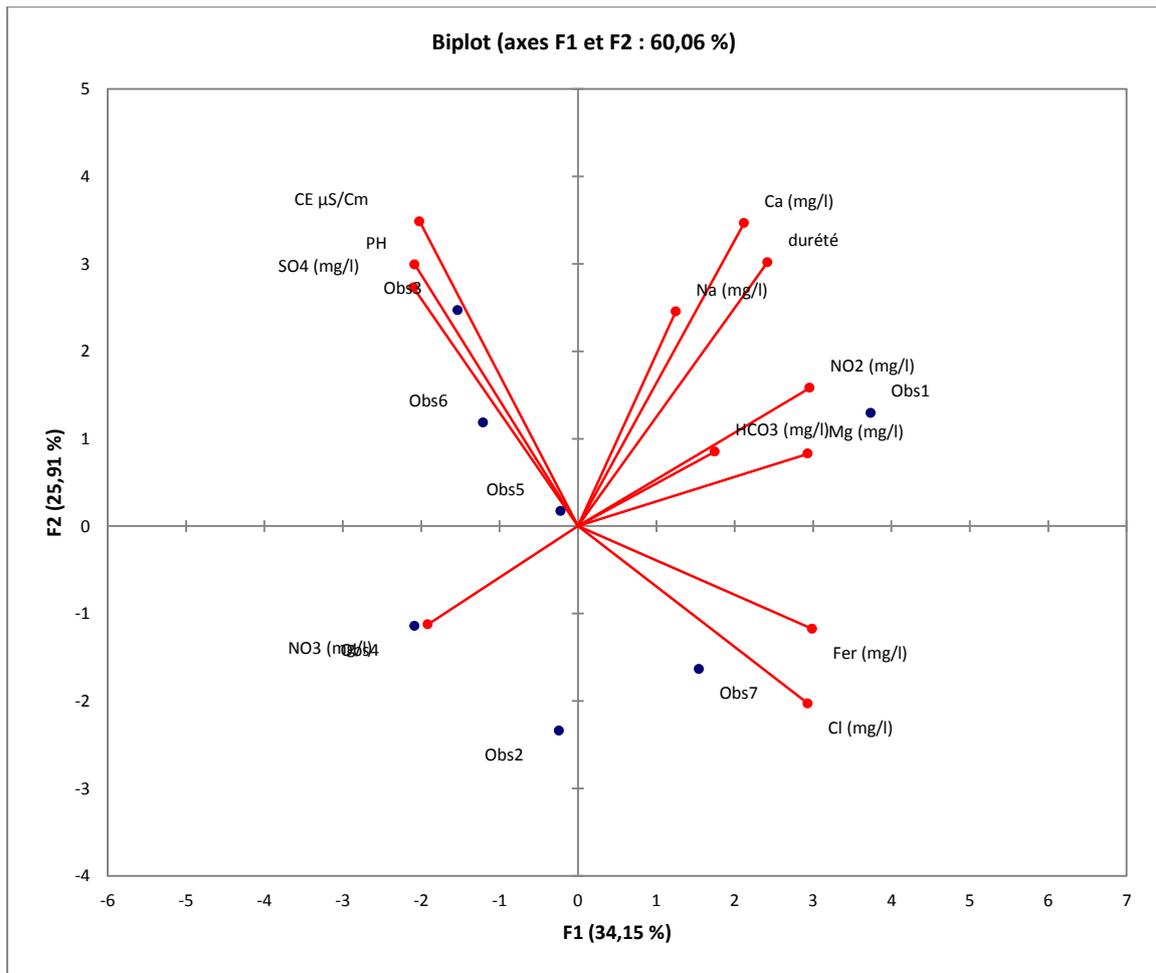


Figure 44 : La dispersion des sources avec les variables sur le plan AFC

L'interprétation de la figure précédente présente que les variables sont proches à la source dans laquelle signifient que la source est très riche et contient à la fois une teneur élevée de l'un ou plusieurs paramètres comme la source 4 a une teneur élevée en NO3 et source 07 présente par un teneur élevé aux Fer et Cl.

***Conclusion
Générale***

CONCLUSION GÉNÉRALE

Afin de maîtriser la gestion et la qualité de l'eau souterraine, nous allons étudier l'hydrochimie des sources du parc national Theniet El Had de Tissemsilt.

Notre travail est réparti en deux (02) parties :

* La première partie est consacrée à l'étude bibliographique sur les données climatologiques, pédologiques, géologiques et hydrologiques de notre zone d'étude qui a un climat subhumide à hiver froid.

La synthèse géologique, pédologique et hydrologique de la zone a été réalisée en se basant sur les travaux de plusieurs auteurs. À titre d'exemple la nature lithologique de la zone présente des formations du nature grès medjaniens d'âge (éocène supérieur) superposés à des marnes argilo-calcaires :

- L'Ouest : signalée par les sédiments oligocènes qui sont la base de la structure géologique du massif, à l'exception de quelques parties du canton pépinière qui relèvent du crétacé supérieur.
- Le centre et les plus hautes altitudes du massif sont caractérisés par des grés de couches épaisses situées sur des couches fines d'argiles et de marnes.

Et pour le côté pédologique, la zone présente par un sol qui repose sur des grés médjaniens appartenant à l'étage méridien (Eocène supérieur), avec trois (03) classes de sols :

- Sols bruns lessivés : de texture argileuse.
- Sols peu évolués du groupe d'apport colluvial : Ils sont formés par des matériaux argilo sablonneux.
- Sols minéraux bruts d'érosion : sols peu profonds, de texture grossière et de réaction neutre.

En outre la partie hydrologique qui compose par trois (03) oueds permanents dans le parc est : Oued El Mouilha au Nord-est du parc ; Oued El Ghoul au sud du parc afflué du Nahr Ouassal ; Oued Besbessa au versant ouest affluent de l'oued Fodda.

Avec 56 sources d'eaux existantes dans le parc, nous avons choisi sept (07) sources d'eaux (artésiennes) qui sont: Ain parc 01, Ain parc 02, Ain Toursoute, Ain Harhara, Ain Quartan, Ain Touila et Ain rond-point.

- ❖ La deuxième partie présente étude hydrochimique des sources d'eaux de parc national Theniet El Had sélectionnées.

Les résultats de la synthèse Hydro chimique ont permis de faire ressortir les principaux faciès.

- Selon le diagramme de Schuller :
 - Un faciès chloruré calcique représenté dans les eaux des sources (parc 01, parc 02 et Toursoute).
 - Un faciès sulfaté calcique représenté dans les eaux de deux (02) sources rond-point et Harhara.
 - Un faciès bicarbonaté calcique représenté dans les eaux des sources (Touila et Quartan).
- Selon le diagramme de piper : Un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésienne qui présente par : parc 01, parc 02, Toursoute, Harhara, rond-point, Touila et Quartan.
- L'étude statistique, par analyse en composante principale ACP fait apparaître un bon regroupement des échantillons selon l'étude de corrélation des variables.

À l'issue de ce travail, on peut déduire que les eaux de ces sources sont des eaux à des paramètres différents de l'une à l'autre sur le plan physico-chimique. Cette variation est liée principalement à la nature géologique des zones prospectées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ABDESSELEM, A., (1999).** Suive de la qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen., p 2-18.
- **ADE., 2008** Regroupement des Chefs des Laboratoires de L'Algérienne Des Eaux.
- **ANONYME ,1894.** Contribution à l'étude de l'influence des facteurs écodendrométriques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* manetti) dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt).Mémoire master 02 en biologie.
- **ANONYME., 1930.**Les parcs nationaux en Algérie, serveaux et forets commgen. Centenaire. Ed. Jules-Carbonnet. Alger; 9-18p.
- **BERTRAND, G., (2008).** Utiliser l'eau de pluie, Editions Eyrolles.130 p.
- **BERNE, F., JEAN, C., (1991).** Traitement des eaux, éditionTECHNIP.306 p.
- **BERNE F. et CORDONNIER J, 1991).** Traitement des eaux, édition TECHNIP.
- **BELHAKEM A.2015.**Suive de la qualité physico-chimique des sources d'eaux. Mémoire master 02 étude hydrochimique des sources de Theniet El Had ; p 05.
- **BELVAUX, 2002.** Contribution à l'étude de l'influence des facteurs écodendrométriques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* manetti) dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt).Mémoire master 02 en biologie.
- **BESSAH, G. 2005.** Les parcs nationaux d'Algérie – Première réunion du comité de pilotage du "Réseau des parcs- INTERREG III C Sud" Naples-Italiés. Algérie : DGF, 6p.
- **BOUDY P., 1950 .**Economie forestières Nord-africaine, Tome II : Monographies et traitements des essences forestières, Fasc. II. Paris, Edi : Larose, 638 p.
- **CIE. (2005).** Centre d'information sur l'eau.www.Cieau.com.
- **CARDOT.C., (1999).** Génie de l'environnement : traitement de l'eau .Ellipses édition marketing .S.A.

- . **EMBERGER., 1971.** Travaux de botanique et d'écologie. France : Ed Masson et Cie. 520 p.
- . **GHALMI .R., 1990.** Contribution à l'étude écologique des Mammaliens du parc national de Theniet El Had. IV, Index. Paris. France
- **GHELLAB IN MEZIANE, 2008.** Contribution à l'étude de l'influence des facteurs écodendrométriques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica manetti*) dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt).Mémoire master 02 en biologie.07p
- **GOUJONS, (1995) in HAOUSSA, N., (2013).** Étude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2.Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
- **HELWEG, O. J. 2000.** Water Supply and Groundwater Issues in Developing Countries. Water International, 25(1), 33–39.
- **JEAN-CLAUDE ,1983.** Caractérisation des eaux des sources de la région de Yakourene. Suivi d'une étude comparative avec les eaux minérales (ifri, Toudja, Lalla Khadîdja).Mémoire Master 02, universite mouloud mammeri de tizi-ouzou faculte des sciences departement de chimie.5p
- **JOHN P., DONALD A., (2010).** Microbiologie, 3ème Édition, 1216 p.
- **LEDLER, 1986. In HAOUSSA, N., (2013).** Étude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2.Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
- **MAZZOULI,2012.** Caractérisation des eaux des sources de la région de Yakourene. Suivi d'une étude comparative avec les eaux minérales (ifri, Toudja, Lalla Khadîdja).Mémoire Master 02, universite mouloud mammeri de tizi-ouzou faculte des sciences departement de chimie. 05p.
- **MOKEDDEM, K. et OUDDANE, S., (2005)** .Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie –Mascara, p 18-22.
- **MEGHZILI B., (2003).** Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamdi Krouma (Skikda). Essais d'optimisation .Thèse de magister Université de Biskra.77, 89 p.

- **MELAZEM .B., 1990.** Étude des facteurs limitant de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet.El.Had.Thèse, Ing, USTHB-Bab Ezzouar- Alger. 61 p.
- **M. LOUVRIER, 1971.** Etude Hydrogéologique et Hydrochimique comparative des aquifères d'Algérie Nord-Ouest. Mémoire MAGISTER En Hydrogéologie et Environnement. Par ARDJANE Tedjeddine Adda.
- **NACAISE, 1868 IN ZEDEK, 1993 ET BOUDY, 1955.** La biodiversité végétale et le dépérissement du *Cédrus atlantica* dans le parc national de Theniet El Had (W. Tissemsilt). thèse de doctorat en sciences , université djillali liabes de sidi bel abbes faculté des sciences de la nature et de la vie Département des Sciences de l'Environnement.31p.
- **PAPA, M., (2005).** Les eaux a usage industriel, Edition EP5, p17.
- **POTELON J-L ., ZYMAN K., (1998).** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.
- **PNTEH. 2006.** Atlas des parcs nationaux algériens. Alger: ED-DIWAN, 98p.
- **PNTEH, 2007.** Plan de gestion 2002/2007. 115p.
- **PNTEH, 2012.** Plan de gestion 2008/2012. 65p.
- **PNTEH, 2013.** Evaluation des plans de gestion I-II-III. Elaboration du plan de gestion IV. 58p
- **PNTEH, 2014.** Plan de gestion 2010/2014. 64p.
- **PNTEH, 2018.** Plan de gestion 2015/2019. 135p.
- **RODIER, J., (1997).** L'analyse de l'eau (Eau naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer) ,8ème Edition, paris, 1260 p.
- **RODIER, J., (2005).** L'analyse de l'eau (Eau naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer) 9ème édition : Dunod, Paris. P 66.
- **REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique.
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579 p.
- **SAMAKE H. (2002).**Thèse analyse physicochimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
- **SARDI, K., (2014).** Contrôle de la qualité de l'eau de la station de L'EHU 1 er Novembre, Mémoire de Master, Faculté e chimie Département de chimie

physique, Université de sciences et de la technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf.

- **SARI, D.1977.** L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). Alger : SNED, 623p.
- **SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Imp. Latypo et Jules Carbone. Réunion. Alger, 220 p.
- **STANKE C. KERAC M., PRUDHOMME C., MEDLOCK J AND VIRGINIA MURRAY.2013.**Health Effects of Drought: a Systematic Review of the Evidence.PLoS Curr. 5; 5.
- **TARDAT-HENRY M., (1992).** Chimie des eaux .Edition Québec : Griffon d'argile.
- **UNESCO-FAO, 1963 ; COUDE-GAUSSEN, 1995.** Contribution à l'étude de l'influence des facteurs écodendrométriques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica manetti*) dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt).Mémoire master 02 en biologie.
- **VELIS, M., CONTI, K. I., & BIERMANN, F. 2017.** Groundwater and human development: synergies and trade-offs within the context of the sustainable development goals. Sustainability Science, 12(6), 1007–1017.
- **VILAGNES R.F., (2003).** Eau, Environnement et santé publique ; 2ème édition Tec&Doc .Paris.
- **W.H.O. (1987).** Global pollution and health results of related environmental monitoring Global Environment Monitoring System, WHO, UNEP.

LES ANNEXES.

ANNEXE01 :**Détermination de l'azote ammoniacal(NH₄)****Réactif1 :**

Acide dichloroisocyanurique.....0,5g

Hydroxyde de sodium.....8g

H₂O distillée.....250ml**Réactif 2**

Tri citrate de sodium.....32,5g

Salicylate de sodium.....32, 5g

Nitropruciat.....0,24g

H₂O distillée.....250ml**Annexe02 :****Détermination de nitrites(NO₂)****Réactif mixte**

Sulfanilamide.....10g

Acrique.....25ml

Phetyèthène diamine.....0,5g

H₂O distillée.....250ml**Annexe03 :****Détermination de l'ortho phosphates (PO₄⁻³)****Réactif mixte**

Hepatamolybdate d'ammonium.....13g

Eau distillée.....10ml

Tartrate d'antimoine0,25g

Eau distillée.....100ml

Acide sulfurique pur.....150ml

Eau distillée.....150ml

Annexe04 :**Détermination de nitrates****Réactif**

Solution de salicylate de sodium 0,5%

Solution NaOH 30%

H₂SO₄concentré

Tartrate double de sodium et de potassium.....10mg

Tartrate de sodium et de potassium.....	15g
Eau distillée.....	250ml

Laisser refroidir avant de compléter à 1000ml

Cette solution doit être conservée dans des flacons de polyéthylène

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000mg/L

Nitrate de potassium anhydre.....	0,180g
Eau distillée.....	1000ml
Chloroforme.....	1ml

Annexe 05 :

Détermination du calcium et de magnésium

Réactif

Solution d'EDTA

EDTA.....	0,93g
Eau distillée.....	250ml
Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH ₄ OH=10,1)	
Chlorure d'ammonium (NH ₄ Cl ₂).....	17,5g
Eau distillée.....	250ml

Annexe 06 :

Détermination de sulfates (SO₄⁻²)

Réactif

Solution mère de sulfate à 1g/l à partir de Na₂SO₄

Sulfate de sodium Na ₂ SO ₄	1,10g
Eau distillée.....	250ml

Solution stabilisante

Acide chlorhydrique concentré.....	60ml
Éthanol.....	200ml
Chlorure de sodium.....	37,5ml
Glycérol.....	6,25ml.
Eau distillée.....	250ml
Solution de chlorure de baryum	
Chlorure de baryum.....	37,5g.
Acide chlorhydrique.....	1,25ml
Eau distillée.....	250ml.

Chlorure**Réactif**

Solution de nitrate d'argent à 0,001N

1,6987g d'AgNO₃.....100ml d'eau distillée

Indicateur coloré K₂Cr₂O₄ à 10%

10g de K₂Cr₂O₄.....100ml d'eau distillée.

Solution de chlorure à 71mg/L

0,107g de NH₄Cl.....1000ml d'eau distillée.

Annexe07: Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne F. et Cordonnier J, 1991).

La dureté totale (TH)		Qualité de l'eau
°F	mg/L de CaCO ₃	
0 à 7	0 à 70	Eau très douce
7 à 15	70 à 150	Eau douce
15 à 25	150 à 250	Eau légèrement douce
25 à 32	250 à 320	Eau moyennement dure
32 à 42	320 à 420	Eau dure
Supérieur à 42	Supérieur à 420	Eau très dure

1°F = 10mg/L de CaCO₃

Annexe08 :**Les normes algériennes :**

Paramètres organoleptiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SU RF	SO UT				SU RF	SO UT
Couleur	mg/L Echelle Pt	/	200	20	Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/L		--	--
Odeur à 25 °C	-	/	20	3	Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/L		--	--

Paramètres Physico-Chimiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Dureté totale (TH)	°F	--	--	
			SU RF	SO UT					
Concentration en ions hydrogène	Unité pH		≥ 6,5 et ≤ 9		Sodium (Na ⁺)	mg/L		--	
Conductivité à 25°C	µS/cm		2800		Potassium (K ⁺)	mg/L		--	
Température	°C		25		Chlorures (Cl ⁻)	mg/L	600	500	
Turbidité	NTU		--		Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/L	400	400	
Oxygène dissous	mg/L		30	>70	Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	50	
Matières en suspension	mg/L		25	25	Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/L	--	--	
Taux De Salinité (TDS)	mg/L		--		Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	--	--	
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SU RF	SO UT				SU RF	SO UT
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L		4	0.5	Fer	mg/L		1	0.3
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/L		--		Manganèse	mg/L		1	0.5

Phosphore (P)	mg/L		10	5	Paramètres ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			--					SURF	SOUT
Matières Organiques	mg/L		--						
Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	mg/L O ₂	/	7	< 3	Fluorures (F)	mg/L	/	2	1,5
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg/L O ₂	/	30	--	Cyanures (CN ⁻)	µg/l	/	100	50
Azote Total Kjeldhal (NTK)	mg/L	/	3	1	Bromures (Br ⁻)	mg/L	/	--	--
Paramètres Bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Iodures (I)	mg/L	/	--	--
			SURF	SOUT					
Coliformes totaux	/		/		Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	mg/L	/	--	--
Escherichia Coli	n/100 ml		20.00	20					
Entérocoques	n/100 ml		10.00	20					
Observation									

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; **SURF :** Surface ; **SOUT :** Souterraine.

Annexe09 : quelques matériels utilisés (ADE.TISSEMSILT).

Laboratoire de physicochimie



Un conductimètre et un PH



Un spectrophotomètre



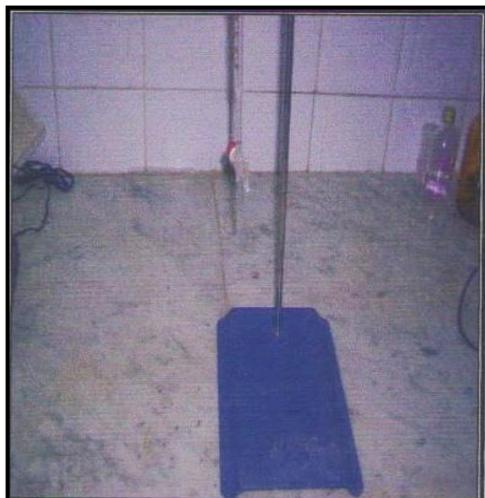
Une balance



Les verreries



Une burette avec support.



Résumé :

Cette étude a pour but de caractériser et de valoriser de l'eau des sources de sept stations (Parc 01, Parc 02, Toursout, Harhara, Touila, Rond-Point Quartane) situées dans la région de Parc National de Theniet el Had à Tissemsilt.

Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons prélevés de chaque source expérimentale. L'analyse focalisée sur quelques de paramètres physico-chimiques d'eau, tels que la température, le potentiel hydrogène, la conductivité électrique, les ions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- ; HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^+ . À travers de cette étude, les résultats obtenus ont montré que les eaux des sources étudiées sont riches en Fer notamment d'Ain Quartane. Alors que, l'ensemble des stations étudiées se particularisent par des eaux de nature dure (riche en minéraux). En effet, il a été constaté que la qualité physico-chimique est corrélée positivement avec les caractéristiques géologiques des zones. Enfin, cette étude a démontré une qualité indésirable à la consommation. Néanmoins, notre travail exige des études supplémentaires et approfondie afin de déterminer la qualité finale de ces sources.

Mots clés : Eau de source, qualité physico-chimique, étude hydrochimique, Fe, Parc TEH.

Abstract:

This study aims to characterize and valorize water from the springs of seven stations (Parc 01, Parc 02, Toursout, Harhara, Touila, Rond-Point Quartane) located in the Theniet el Had National Park area in Tissemsilt.

Physic-chemical analyzes were performed on samples taken from each experimental source. Focused analysis on a few physic-chemical water parameters such as temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, Cl^- ions, SO_4^{2-} , NO_3^- ; HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+ . Through this study, the results obtained showed that the waters of the sources studied are rich in Iron, particularly of Ain Quartane. While, all the stations studied are characterized by hard (mineral rich) waters. Indeed, it has been found that the physic-chemical quality is positively correlated with the geological characteristics of the zones. Finally, this study showed an undesirable quality for consumption. However, our work requires further and in-depth studies to determine the final quality of these sources.

Keywords: Source water, physic-chemical quality, hydro chemical study, Fe, TEH Park.

ملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد خصائص المياه من مصادر سبع ينابيع طبيعية (عين البارك 01، عين البارك 02، عين تورسوت، عين الطويلة، عين الرومبوان، عين ورتان وعين هر هارة) الواقعة في منطقة الحظيرة الوطنية لثنية الحد في تيسمسيلت.

تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية على عينات مأخوذة من كل مصدر تجريبي. ركزت التحليل على عدد قليل من العوامل الفيزيائية والكيميائية للمياه، مثل درجة الحرارة، وإمكانات الهيدروجين، والتوصيل الكهربائي، وأيونات الكلور، وثاني أكسيد الكبريت، النتريت؛ النترات، الصوديوم، البيكربونات، الكالسيوم، المغنيزيوم و البوتاسيوم، من خلال هذه الدراسة، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مياه المصادر المدروسة غنية بالحديد، وخاصة من عين ورتان بينما تتميز جميع المحطات المدروسة بالمياه العسرة (الغنية بالمعادن). في الواقع، لقد لوحظ أن الجودة الفيزيائية والكيميائية ترتبط ارتباطاً إيجابياً بالخصائص الجيولوجية للمناطق أخيراً، أظهرت هذه الدراسة جودة غير مرغوب فيها للاستهلاك. ومع ذلك، فإن عملنا يتطلب دراسة إضافية ومتعمقة لتحديد الجودة النهائية لهذه الينابيع.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الدراسة الهيدروكيميائية، الحديد، الحظيرة الوطنية لثنية الحد بتيسمسيلت.