



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

LABORATOIRE DE RECHERCHE N°25 : « PROMOTION DES RESSOURCES

HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIERES : LEGISLATION ET CHOIX

TECHNOLOGIQUE »

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenter par :

BENSLIMANE MAHMOUD

AMAR BELARBI YESSMINA

En vue de l'obtention du

DIPLÔME DE MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

**Etude hydrogéologique et caractérisation spatio-temporelle de la
qualité des eaux souterraines du groupe urbain de Tlemcen.**

Soutenu en juin 2023, devant le jury composé de :

Président Mr CHIKH Mourad MAA Université de Tlemcen

Encadrante Mme KERZABI YOUSFI Somia MCB Université de Tlemcen

Co-Encadrant Mr KERZABI Rachid MAA Université de Tlemcen

Examineur Mr BENCHOUK Mustapha MAA Université de Tlemcen

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier, ALLAH, pour nous avoir donné le courage et la détermination nécessaire pour finaliser ce travail de recherche qui compte tant pour notre avenir intellectuel et professionnel.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à nos encadrants, **Monsieur et Madame Kerzabi** pour nous avoir accompagné ce binôme que nous sommes tout au long de ce voyage scientifique. Merci à eux de nous avoir fait donner le meilleur de nous-mêmes par leurs critiques constructives et pertinentes. Nous n'aurions pas pu trouver mieux. Notre gratitude aussi à leur savoir être pour avoir su nous montrer qu'un encadrant était aussi une sorte de mentor et tuteur. C'est avec une certaine sincérité que nous voudrions remercier la Directrice de ADE unité de Tlemcen, Madame : **Belmiloud Soumia** qui nous a accueilli au sein de l'unité, ainsi la Directrice de l'exploitation de l'unité, Madame : **Techoir Rafika**, spécialement à Madame : **Zendagui Assia** la responsable du laboratoire des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'unité et toute l'équipe, pour le stage terrain et les analyses de nos échantillons....

Merci pour votre inestimable, vos précieux conseils avisés ont été très utiles pour améliorer et développer notre esprit critique et scientifique

Nos remerciements à tous les enseignants du département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen

C'est un honneur pour nous de voir dans notre jury Monsieur : **Chikh Mourad** et Monsieur : **Benchouk Mustapha**.

Et à la fin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenus, de près ou de loin, tout au long de notre cursus.

Dédicace

Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents que j'adore et que j'estime beaucoup

Ma mère (HALIMA), qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçoit à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude

Mon père (AMARA), qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

A mon cher frère **MOHAMMED** et sœurs **LEMYA, RAZIKA, DJOUHAR** et **HANADI** pour leur appui et leur encouragement et à leurs Enfants **NOUR EL HOUDA, MARAM**, et **YASSMINA** source de joie et de bonheur.

A mes chers grands parents **maternelle et paternelle**, que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que

Dieu vous préserve santé et longue vie.

A mes chères cousines et cousins

A celui que J'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long

De ce projet cher ami **RADWANE**

A tous ma famille **AMAR BELARBI** et **BADR EDDINE** a tous mes

Amis A vous cher lecteur

A tous mes collègues de la promotion du Master 2 Hydrogéologie 2022/2023, qui ont passé de belles années ensemble à l'université et spécialement à mon binôme

MAHMOU BENSLIMANE.

AMAR BELARBI YASSMINA

Dédicace

Je dédie notre remise de diplôme et toute ma joie à ceux qui ont récolté les épines de mon chemin pour m'ouvrir la voie de la science

" Ma Mère et Mon Père "

À mes frères

MEZIANE et CHERIF

À toute ma famille et tous mes amis et mes collègues du travail.

A tous mes collègues de la promotion du Master 2

Hydrogéologie 2022/2023, qui ont passé de belles années ensemble à l'université.

Et spécialement à mon binôme Amar Belarbi Yassmina, je lui souhaiterai une bonne continuation.

A tous mes professeurs.

Et particulièrement à mon encadrante Mme KERZABI qui était un symbole de don et de sacrifice.

BENSLIMANE MAHMOUD

ملخص

شهدت المجموعة الحضرية في تلمسان الواقعة غرب الجزائر في السنوات الأخيرة زيادة في عدد السكان الذين أصبحت احتياجاتهم المائية تحديًا لإدارة الموارد المائية في ولاية تلمسان. في هذا العمل، نحن مهتمون بجودة مياه الجوفية المخصصة لتزويد مياه الشرب للمجمع السكني لتلمسان.

يوضح تحليل البيانات المناخية من محطتين أن منطقة الدراسة تقع في مناخ شبه قاحل بمتوسط سنوي لهطول أمطار يتراوح بين 350 ملم و 650 ملم. تتمتع منطقة الدراسة بإمكانيات كبيرة للمياه الجوفية بفضل التكوينات الكارستية الجوراسية.

درسنا جودة 17 بئرًا و 5 ينابيع خلال الفترة (2011-2021) بناءً على التحليلات الفيزيائية، الكيميائية والبكتيريولوجية. تمت المشاركة في جزء عملي على مستوى مخبر ADE من أجل إجراء تحليل لعينتين (فبراير 2023) لمياه عين الفوارة العليا وعين باندو.

غالبية المياه الجوفية في المجمع السكني لتلمسان أقل من معايير مياه الشرب، باستثناء عدد قليل من الآبار التي تظهر مستويات عالية.

الكلمات الدالة:

المجمع السكني لتلمسان، المياه الجوفية، المعايير الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، معايير جودة، مياه الشرب.

ABSTRACT :

The urban group of Tlemcen (GUT), located in the West of Algeria has experienced in recent years an increase in population whose water needs have become a challenge for the management of water resources in the wilaya of Tlemcen. In this work, we are interested in the quality of groundwater intended for the drinking water supply of the agglomeration.

The analysis of climate data from tow stations shows that the study area has a semi-arid climate with average interannual rainfall that varies between 350mm and 650mm. The study area has significant underground water potential by means of Jurassic karst formations.

We studied the quality of 17 boreholes and 5 springs during the period (2011-2021) based on physico-chemical and bacteriological analyses. A practical part was done at the level of the ADE laboratory in order to carry out analyzes of two samples (in February 2023) of the spring waters of Upper Ain Fouara and Ain Bendou.

The majority of GUT groundwater is below drinking water standards, except for a few boreholes that show high levels.

Key words:

GUT, Groundwater, physico-chemical and biological parameters, drinking water standards, water quality.

RESUME :

Le groupement urbain de Tlemcen (GUT), située à l'Ouest de l'Algérie a connu ces dernières années une augmentation de population dont les besoins en eaux sont devenues un défi pour la direction des ressources en eau de la wilaya de Tlemcen. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la qualité des eaux souterraines destinées à l'alimentation en eau potable de l'agglomération.

L'analyse des données climatiques de deux stations montre que la zone d'étude se trouve sous un climat semi-aride avec des précipitations moyennes interannuelles qui varient entre 350mm et 650mm. La zone d'étude présente un important potentiel hydrique souterrain grâce aux formations karstiques du Jurassique.

Nous avons étudié la qualité 17 forages et 5 sources au cours de la période (2011-2021) en se basant sur les analyses physico-chimiques et bactériologiques. Une partie pratique a été faite au niveau du laboratoire de l'ADE afin de réaliser des analyses de deux échantillons (mars 2023) des eaux de sources d'Ain Fouara supérieure et Ain Bendou.

La majorité des eaux souterraines de la GUT se situe au-dessous des normes de potabilité, sauf quelques forages qui présentent des teneurs élevées.

Mots clés :

GUT, Eau souterraines, paramètres physico-chimiques et biologiques, normes de potabilité, Qualité des eaux.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT

Dédicaces

RESUME

TABLE MATIERE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE FIGURES

LISTE TABLEAUX

Introduction générale

Partie 1 : Présentation de la région d'étude

CHAPITRE I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE CLIMATIQUE

I. INTRODUCTION :	4
II. ASPECT GÉOGRAPHIQUE :	4
II.1 Situation géographique du Groupement Urbain de Tlemcen :	4
II.2 Situation topographique :	5
II.3 Réseau hydrographique :	6
II.4 Evolution démographique :	7
II.5 Besoin en eau du G.U.T :	8
III. CONTEXTE CLIMATIQUE :	8
III.1 Précipitation :	10
III.1.1 Précipitation moyenne annuelle :	10
III.1.2 Précipitations moyennes mensuelles :	12

III.2	Température :	14
III.2.1	Températures annuelles :	14
III.2.2	Températures mensuelles :	15
IV.	Synthèse climatique :	17
IV.1	Méthode graphique de Bagnouls et Gausсен :	17
IV.2	Méthodes des indices d'aridité :	19
IV.2.1	Indice d'aridité annuel de de Martonne :	19
IV.2.2	Indice d'aridité mensuel de De Martonne :	20
IV.2.3	Indice annuel de Moral :	22
IV.2.4	Indice mensuel de Moral :	22
V.	CONCLUSION :	24

Chapitre II : ASPECT GEOLOGIQUE ET STRUCTURALE

I.	INTRODUCTION :	26
II.	ASPECT GEOLOGIQUE :	26
II.1	Cadre géologique général :	26
II.2	Description litostratigraphique:	26
II.2.1	Secondaire :	26
II.2.2	Tertiaire :	28
II.2.3	Plio-quaternaire :	28
III.	ASPECT STRUCTURAL :	31
III.1	Les principales phases tectoniques :	32
III.1.1	Phase éocène:	33
III.1.2	Phase atlasique:	33
III.1.3	Une phase importante de compression (N-S) à (NO-SE):	33
III.1.4	Phase à dominante distensive:	33
III.1.5	Phase récente (plio-quaternaire):	33
III.2	Les unités structurales :	33
III.2.1	Zone synclinale de Terni	33
III.2.2	Zone effondrée de Tlemcen :	34
III.2.3	Zone haute des Djebels Tefatisset et Ain El Houtz :	34
III.2.4	Zone d'Er-Ramlya :	34
IV.	CONCLUTION :	34

Chapitre III : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

I. INTRODUCTION:	36
II. PROPRIETES HYDROGEOLOGIQUES DES FORMATIONS :	37
II.1 Aquifères fortement karstiques:	37
II.1.1 Dolomies de Tlemcen :	37
II.1.2 Dolomies de Terni :	38
II.2 Aquifères poreux et fissurés :	38
II.2.1 Grès du Serravalien :	38
II.2.2 Grès du Tortonien (miocène supérieur) :	38
II.2.3 Formations plio-quadernaires et quadernaires :	39
II.3 Aquifère moyennement poreux parfois fissuré :	39
II.3.1 Grés de Boumédiene :	39
II.4 Formations non aquifères :	39
II.4.1 Marno-calcaires de Raourai :	39
II.4.2 Marnes du Serravalien (Miocène moyen) :	39
III. Conclusion :	40

PARTIE 2: ÉTUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV: ETUDE HYDROCHIMIQUE

I. INTRODUCTION :	46
II. PRÉSENTATION DES DONNÉES :	46
II.1 Moyens et méthodologie :	46
II.2 Fiabilité des analyses hydrochimiques	47
III. CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINE :	51
III.1 Paramètres physico-chimiques	51
III.1.1 Potentiel d'hydrogène pH :	51
III.3 Ions majeurs :	52
III.2.1 Calcium (Ca^{+2}) :	52
III.3.2 Magnésium (Mg^{+2}) :	54
III.3.3 Bicarbonate (HCO_3^-) :	55
III.3.4 Chlorure (Cl^-) :	57
III.3.5 Sulfates (SO_4^{-2}) :	58
III.3 Ions indicateurs de pollution :	60

III.4.1	Fer (Fe^{2+}) :	60
III.4.2	Ammonium (NH_4^+) :	61
III.4.3	Nitrates (NO_3^-) :	62
III.4.4	Nitrites (NO_2^-) :	63
III.4.5	Phosphore (P^-) :	64
IV.	CONCLUSION SUR LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE GUT :	66
V.	ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUE :	68
V.1	Définition :	68
V.2	Résultats et discussion :	69
VI.	CONCLUSION	70

Chapitre V: PROTOCOLE PRATIQUE

I.	INTRODUCTION :	72
II.	PRÉSENTATION DE L'ADE UNITE DE TLEMCEN	72
III.	ÉCHANTILLONNAGE :	72
III.1	Echantillons destinés au laboratoire des analyses physico-chimiques :	75
III.2	Echantillons destinés au laboratoire des analyses bactériologiques :	75
IV.	TRANSPORT ET CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS :	75
IV.1	Pour les analyses physico-chimiques :	75
IV.2	Pour les analyses bactériologiques :	76
V.	LES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES :	77
V.1	Test de la couleur :	77
V.2	Test de l'odeur :	77
V.3	La turbidité :	78
VI.	ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES :	78
VI.1	La conductivité :	78
VI.2	Le pH :	79
VI.3	Détermination de l'alcalinité :	79
VI.4	Détermination de bicarbonates (HCO_3^-) :	80
VI.5	Détermination de la dureté totale (TH) :	81
VI.6	Détermination de la dureté calcique : (Ca^{2+})	82

VI.7	Détermination de la dureté magnésienne : (Mg^{2+})	83
VI.8	Détermination des chlorures : (Cl^-)	84
VI.9	Détermination des sulfates (SO_4^{2-})	85
VI.10	Détermination de phosphate (PO_4^{3-}) et phosphore (P) :	86
VI.11	Détermination de Nitrates (NO_3^-) :	86
VI.12	Détermination d'ammonium :(NH_4^+)	88
VI.13	Détermination de nitrite : (NO_2^-)	89
V.	ANALYSES BACTERIOLOGIQUE	91
V.1	Recherche et dénombrement des Escherichia coli et bactéries coliformes :	92
V.2	Recherche et dénombrement des Entérocoques Intestinaux :	96
VI.	RESULTATS ET DISCUSSION :	98
VI.1	Paramètres organoleptiques :	98
VI.2	Paramètres physico-chimiques :	98
VI.3	Paramètres bactériologiques :	99
VII.	CONCLUSION :	100

Conclusion général

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTE DES ABREVIATIONS

C°: degrés Celsius.

F°: degré français.

A.D.E. : Algérienne Des Eaux.

A.N.R.H. : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

BI : Balance Ionique.

Cond : conductivité.

D.P.A.T. : Direction de Planification d'Aménagement du Territoire de la wilaya de Tlemcen.

ED : eau distillée.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.

G.U.T.: Groupement urbain de Tlemcen

HCl: acide chlorhydrique.

Meq/l : Milliéquivalent par litre.

MES : matière en suspension.

ms: milli siemens.

N : Normalité

N.A : Norme Algérienne.

NTU : (Néphélogétrie Turbidity Unit.) unité de turbidité Néphélogétrie.

OMM. : L'Organisation météorologique mondiale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

p : polyéthylène.

P : Précipitations.

pH : potentiel Hydrogène.

r : quantité en réaction.

RS : Résidu Sec.

T : Température.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet. Mg.L⁻¹

TH : Titre Hydrotimétrique. Mg.L⁻¹

TH: dureté totale.

V : verre.

V : Volume. L

µS/cm : micro siemens par centimètre.

LISTE DES FIGURES

PARTIE 1 : PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

Chapitre I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE

CLIMATIQUE

Fig. I.1: Situation géographique de la zone d'étude (Bemoussat A., 2012 <i>modifiée</i>)	05
Fig. I.2: Réseaux hydrographique de la willaya de Tlemcen.....	07
Fig. I.3: les stations du climat par a port la zone d'étude (Google).....	10
Fig. I.4 : précipitation moyenne annuelle de la station de Tlemcen	11
Fig. I.5: précipitation annuelle de les stations Mafrouche et Sikak.....	12
Fig. I.6 : précipitation annuelle de la station Zenâta.....	13
Fig. I.7 : précipitation moyenne mensuelle de la station de Tlemcen.....	14
Fig. I.8 : précipitation moyenne mensuelles des stations Mafrouche et Sikak.....	14
Fig. I.9 : précipitation moyenne mensuelle de la station Zenâta.....	15
Fig. I.10: Température moyenne annuelle de la station Zenâta.....	16
Fig. I.11 : Température moyenne mensuelle de la station Tlemcen.....	17
Fig. I.12 : Température moyenne mensuelle de la station Zenâta.....	17
Fig. I.13: Diagramme de Bagnouls et Gaussens de la station Zenâta.....	19
Fig. I.14 : Diagramme de Bagnouls et Gaussens de la station Tlemcen.....	19
Fig. I.15: Station Zenâta et Station Tlemcen sur l'Abaque de l'indice d'aridité annuelle de Martonne.....	21

Chapitre II : ASPECT GEOLOGIQUE ET STRUCTURALE

Fig. II.1: Extrait de carte géologique de la zone d'étude 1/50 000 (Doumergue, 1975).....	31
Fig. II.2: Coupe synthétique des principales formations affleurant dans les Monts de Tlemcen (Collignon, 1986 ; <i>modifiée</i>).....	32
Fig. II.3 : Schéma structural simplifié des monts de Tlemcen (Elmi, 1970).....	33

Chapitre III : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Fig. III.1: Coupe transversale des Monts de Tlemcen, illustrant les principaux types d'aquifères de la région (Collignon, 1986 ; Achachi, 1996 in Bensaoula 2007).....	37
Fig. III.2 : Coupe schématique d'Ain Fouara Supérieure (Hayane S.M, 1983; in Ablaoui H., 2013).....	38
Fig. III.3: Coupe géologique du contexte d'émergence de source Ain Bendou.....	39
Fig. III.4: Colonne hydrogéologique des Monts de Tlemcen (Collignon, 1986 ; modifiée).....	41
Fig. III.5: Carte des aquifères de la région de Tlemcen.....	43

PARTIE 2: ÉTUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV: ETUDE HYDROCHIMIQUE

Fig. IV.1: CE = f(Σ anions) et validation des données (2011-2021).....	48
Fig. IV.2 : Carte de position des points d'eau utilisés dans notre étude.....	50
Fig. IV.3 : Variation spatio-temporelle du pH des forages.....	51
Fig. IV.4: Variation spatio-temporelle du pH des Sources.....	52
Fig. IV.5: Variation spatio-temporelle de l'ion calcium des forages.....	53
Fig. IV.6: Variation spatio-temporelle de l'ion calcium des sources.....	53
Fig. IV.7: Variation spatio-temporelle des ions magnésium.....	54
Fig. IV.8: Variation spatio-temporelle des ions magnésium.....	55
Fig. IV.9: Variation spatio-temporelle des ions bicarbonates des forages.....	56
Fig. IV.10: Variation spatio-temporelle des ions bicarbonates des sources.....	56
Fig. IV.11: Variation spatio-temporelle de l'ion chlorure des forages.....	57
Fig. IV.12: Variation spatio-temporelle de l'ion chlorure des sources.....	58
Fig. IV.13: Variation spatio-temporelle de l'ion sulfate des forages.....	59
Fig. IV.14: Variation spatio-temporelle de l'ion sulfate des sources	59
Fig. IV.15: Variation spatio-temporelle de Fer des forages.....	60
Fig. IV.16: Variation spatio-temporelle de Fer des sources	61
Fig. IV.17: Variation spatio-temporelle de l'ammonium des forages	62
Fig. IV.18: Variation spatio-temporelle de l'ammonium des sources	62
Fig. IV.19: Variation spatio-temporelle des nitrates des forages.....	63
Fig. IV.20: Variation spatio-temporelle des nitrates des sources.....	63
Fig. IV.21: Variation spatio-temporelle du nitrite des forages.....	64
Fig. IV.22: Variation spatio-temporelle du nitrite des sources.....	64
Fig. IV.23: Variation spatio-temporelle du phosphore des forages.....	65

Fig. IV.24: Variation spatio-temporelle du phosphore des sources	65
---	----

Chapitre V: PROTOCOLE PRATIQUE

Fig. V.1: Source d'Ain Bendou Intérieure Captage.....	73
Fig. V.1: Source d'Ain Bendou.....	73
Fig. V.3: Chambre de captage de la source d'Ain Fouara supérieur.....	74
Fig. V.4: Source d'Ain Fouara supérieur.....	74
Fig. V.5 : Spectrophotomètre.....	77
Fig. V.6 : Turbidimètre	78
Fig. V.7 : conductivitémètre.....	78
Fig. V.8 : un ph mètre	79
Fig. V.9 : l'apparition de couleur jaune orange après le titrage.....	80
Fig. V.10 : l'apparition de couleur bleu-vert après le titrage.....	82
Fig. V.11 : l'apparition de coloration pré (violète) après le titrage.....	83
Fig. V.12: la coloration rouge brique après le titrage.....	85
Fig. V.13 : le spectrophotomètre	85
Fig. V.14: Evaporer la solution à sec au bain marie.....	87
Fig. V.15: l'état final de solution.....	88
Fig. V.16: Détermination d'ammonium.....	89
Fig. V.17: Détermination de nitrite.....	90
Fig. V.18: Appareil de la filtration sur membrane.....	91
Fig. V.19: membranes des échantillons sur les milieux TTC (jaune) et Slanetz (rose).....	91
Fig. V.20 : Déposer l'eau de prélèvement dans l'appareil de filtration.....	92
Fig. V.21: Gélose et milieux de TTC.....	92
Fig. V.22: Incubateur.....	93

Fig. V.23: milieu TSA.....	93
Fig. V.24: milieu de KovaX, milieu Tryptophane.....	94
Fig. V.26: Gélose et milieu de Slanetz.....	95
Fig. V.27: Gélose et milieu de BEA.....	96

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE 1 : PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

Chapitre I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE CLIMATIQUE

Tableau I.1: Evolution de la population de GUT (2010-2040).....	8
Tableau I.2 : Estimation des besoins actuels (2012). (SOLTANI.W, 2013).....	9
Tableau I.3: caractéristique des Stations météorologiques.....	10
Tableau I.4: Valeurs des I et le type de climat Interprétation.....	21
Tableau I.5: Indices d'aridité de Martonne « i » du Station du Tlemcen.....	22
Tableau I.6: Indices d'aridité de Martonne « i » du Station du Zenâta.....	22
Tableau I.7: Indice mensuel de Moral et le type de climat du la station de Tlemcen.....	24
Tableau I.8: Indice mensuel de Moral et le type de climat du la station de Zenâta.....	25

PARTIE 2: ÉTUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV: ETUDE HYDROCHIMIQUE

Tableau IV.1 : Classification des données physico-chimiques du groupement urbain de Tlemcen.....	49
Tableau IV.2 : récapitulatif de la qualité physico-chimique des eaux du GUT (2011-2021)...	67
Tableau IV.3 : récapitulatif de la qualité bactériologique des eaux du GUT (2011-2021).....	68

Chapitre V: PROTOCOLE PRATIQUE

Tableau V.1 : Appellations des sources.....	75
Tableau V.2 : Paramètres physico-chimiques et leurs conservations selon Rodier (2009).....	76
Tableau V.3 : résultats des analyses organoleptiques.....	98
Tableau V.4 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	98
Tableau V.5 : résultats des analyses bactériologiques.....	99

Introduction générale

INDRODUCTION GENERALE

De nos jours, la détérioration de l'environnement, en particulier le milieu aquifère, est devenu une préoccupation mondiale.

En Algérie, les eaux souterraines constituent une partie importante du patrimoine hydraulique du pays, en raison de ses conditions climatiques favorables, de la nature de ses sols et de son potentiel hydrique.

Notre zone d'étude comprend la ville de Tlemcen qui est située à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, elle est reconnue par sa richesse en ressources en eaux souterraines et de surface.

Cependant, la croissance démographique et l'intensification des pratiques industrielles et agricoles génèrent des problèmes majeurs de dégradation de la qualité de ces ressources en eau. L'objectif principal de ce travail est de déterminer l'état qualitatif et spatio-temporel des eaux souterraines de la zone de groupe urbaine de Tlemcen (GUT), en se basant sur une étude hydrochimique des sources et des forages durant la période 2011-2021.

Ce mémoire s'organise en deux grandes parties :

I.La première partie est consacrée à une présentation générale de la région d'étude. Elle comporte :

- ✚ Chapitre I : Présente un aperçu général sur la situation géographique de GUT, et étudie les caractéristiques climatiques (précipitations et températures) afin de déterminer le climat régnant sur la région d'étude.
- ✚ Chapitre II : est consacré à un aperçu général sur la géologie et la structure de la zone d'étude.
- ✚ Chapitre III : ce chapitre se base essentiellement sur le contexte hydrogéologique et les principaux aquifères du GUT.

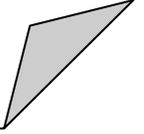
II.La deuxième partie est composée de l'étude de qualité des eaux souterraines de la zone d'étude (GUT), elle est constituée de :

- ✚ Chapitre IV : ce chapitre est spécifié à l'étude hydrochimique des sources et des forages au niveau de groupe urbaine de Tlemcen.
- ✚ Chapitre V : se concentre sur le protocole pratique les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de deux sources (Ain Bendou et Ain Fouara supérieur) durant un stage pratique à l'ADE unité de Tlemcen.

Partie 1 :

**Présentation de la
région d'étude**

CHAPITRE I :
SITUATION
GEOGRAPHIQUE
ET CONTEXTE
CLIMATIQUE



I.INTRODUCTION :

Le climat d'une région est l'état météorologique général à cet endroit au temps actuel. Il est affecté par la topographie, la latitude et l'altitude géographique.

Les climats peuvent être classés par catégories moyennes et typiques de différentes variables, les plus courantes étant la température et les précipitations.

II.ASPECT GÉOGRAPHIQUE :

II.1 Situation géographique du Groupement Urbain de Tlemcen :

Tlemcen est une région côtière du Nord-Ouest de l'Algérie, située à 520 km au Sud-Ouest d'Alger, à 170 km au Sud-Ouest d'Oran, à 76 km à l'Est d'Oujda et à 40 km de la mer.

Ainsi, elle est délimitée par la mer Méditerranée au Nord, la wilaya de Sidi Bel Abbes à l'Est, la wilaya de Naâma au Sud et la wilaya d'Ain Témouchent au Nord-Ouest. Cette wilaya couvre une superficie de 9 061 km², près de 4% de la superficie totale du pays.

Le groupement urbain de Tlemcen (GUT) est situé au piémont nord des Monts de Tlemcen et comprend les communes de Mansoura, Chetouane et Tlemcen. Il occupe environ 11 220 hectares et forme le bassin intérieur de Tlemcen. Le bassin est délimité par les falaises de Lalla Setti au Sud, les hautes collines d'Ain El Houtz au Nord, Oum El Allou à l'Est et les monticules de Béni Mester à l'Ouest.

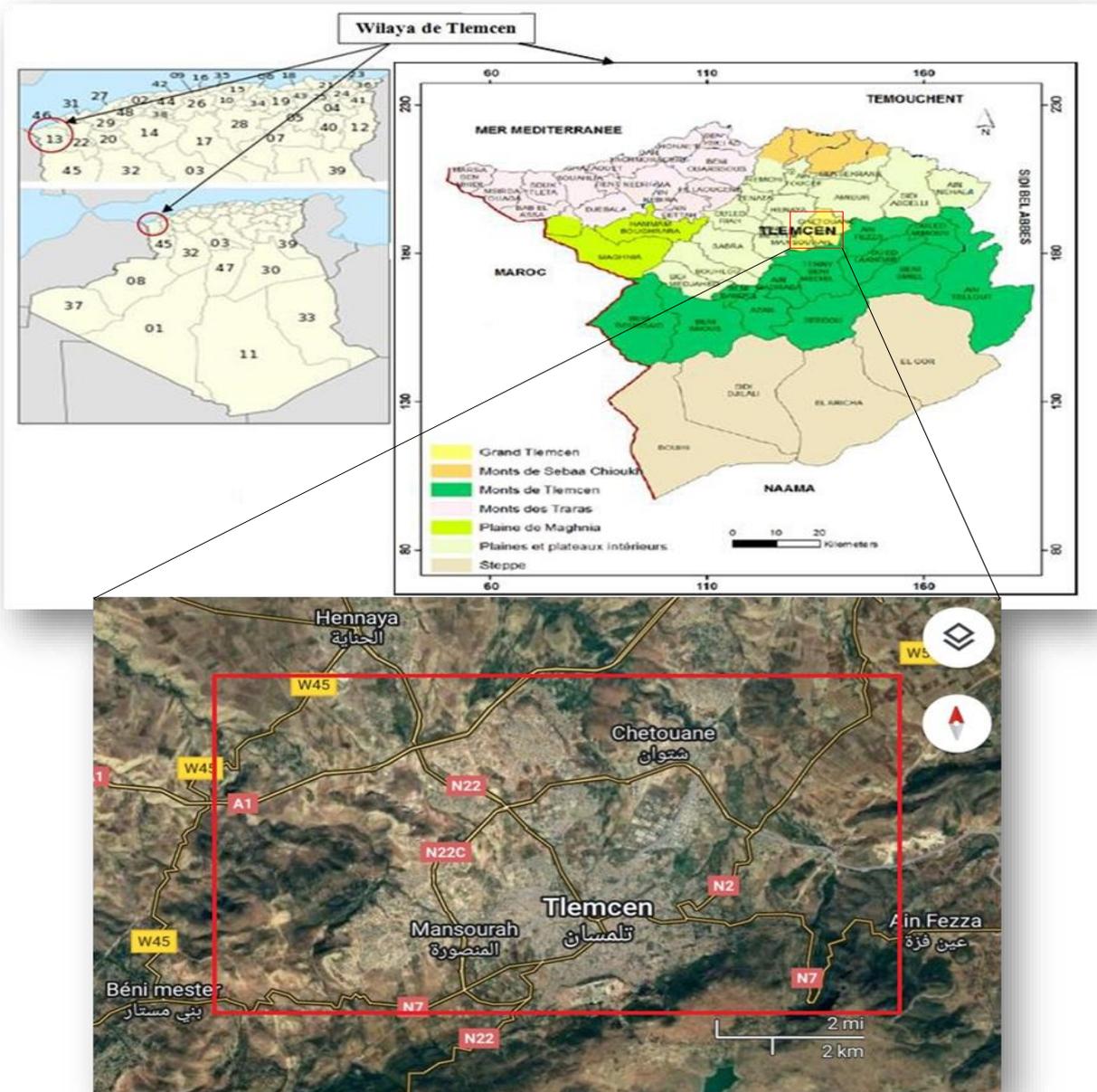


Fig. I.1: Situation géographique de la zone d'étude

(Bemoussat A., 2012 *modifiée*).

II.2 Situation topographique :

Le groupement urbain de Tlemcen d'une altitude varie de 600 m à 1000 m sur le plateau de Lalla Setti, et il existe en fait trois niveaux de relief différents :

- Le niveau de bas (600-800 m) : représentées par les plaines et terres agricoles bordant les zones industrielles de Chetouane et d'Abou Tachfine.

CHAPITRE I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE CLIMATIQUE

- Le niveau moyen (800-950 m) : comprennent la plupart des zones urbaines modernes telles que Sidi Chaker, Boudghène et El Kalaâ.
- Le niveau supérieur (950-1000 m) : caractérisée par le plateau de Lalla Setti.

II.3 Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique du GUT est représenté principalement par l'Oued El Ourit, à l'Ouest de la ville de Tlemcen. Il rejoint d'autres cours d'eau tel que Oued Safsaf qui rejoint Oued Sikak au Nord de Chetouane. Les composantes naturelles du chevelu hydrographique sont :

- L'Oued El Horra, du centre, drainant la totalité des eaux-usées de la ville de Tlemcen.
- L'Oued Sikak au Nord d'Ain El Houtz, son cours d'eau a une direction Nord-Sud.
- L'Oued Mitchkana, apparait à l'Est de la ville de Tlemcen, il longe puis rejoint l'Oued Safsaf, au niveau de la commune Chetouane.

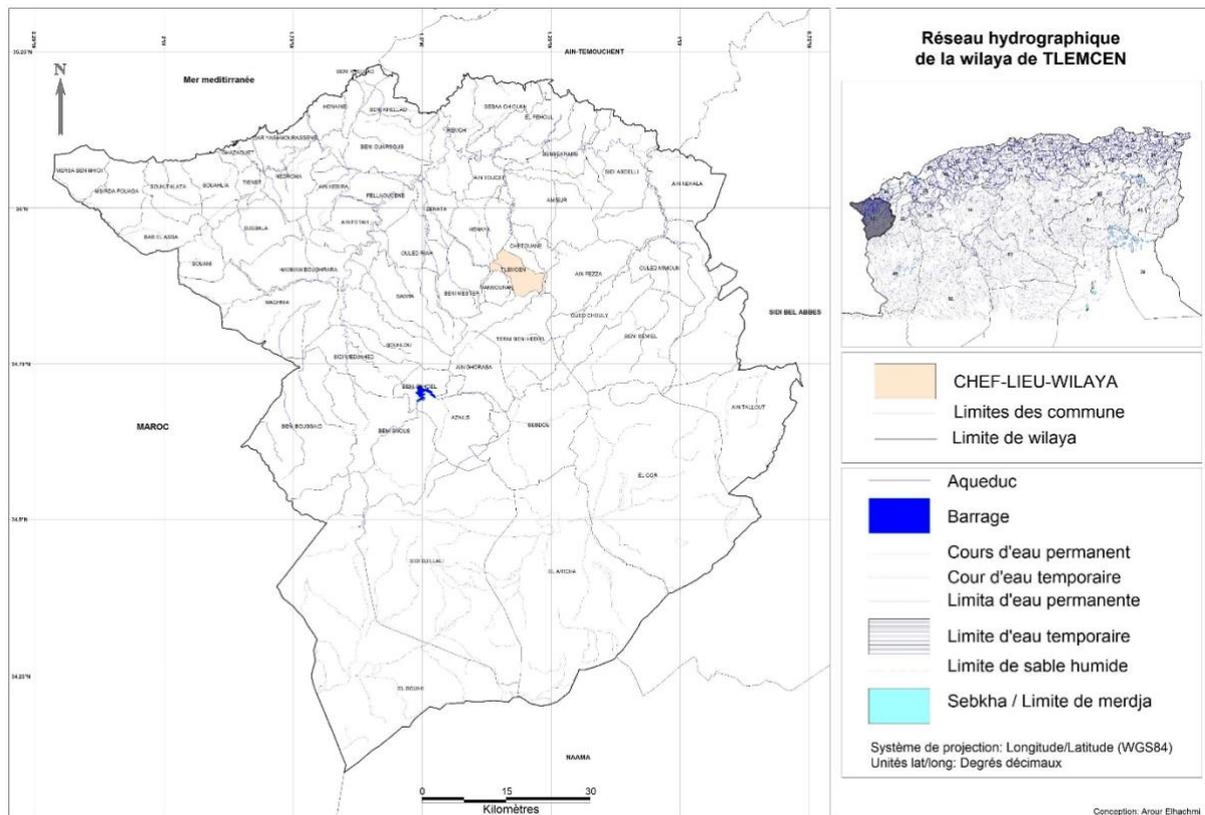


Fig. I.2: Réseaux hydrographique de la willaya de Tlemcen.(decoupageadministratifalgerie.blogspot.com)

II.4 Evolution démographique :

Pour évaluer la couverture des besoins en eau jusqu'en 2040, il faut estimer la croissance démographique et connaître l'évolution de la consommation par habitant. Les projections de croissance démographique tiennent compte de deux scénarios : faible croissance et forte croissance.

L'estimation de la croissance démographique du GUT, que nous résumons dans le tableau 1, est basée sur la relation des croissances continues, donnée par :

$$Pf = P0 \cdot (1 + a)^n$$

Avec :

P0 : La population du moment considéré ;

Pf : La population future ;

a : Le taux d'accroissement ;

n : Nombre d'année à l'horizon fixé.

Tableau I.1 : Evolution de la population de GUT (2010-2040) (DPAT, 2010)

Communes	Tlemcen	Chetouane	Mansoura	Total
Taux d'accroissement	0,6%	3,1%	3,3%	2,33%
2010	142321	51637	53542	247500
2011	143175	53237	55308	251720
2012	144034	54888	57134	256056
2013	144898	56590	59019	260507
2014	145767	58344	60967	265078
2015	146643	60152	62979	269774
2020	151094	70072	74079	295245
2025	155682	81628	87136	324446
2030	160409	95090	102494	357993
2035	165279	110771	120559	396609
2040	170297	129039	141809	441145

II.5 Besoin en eau du G.U.T :

Les besoins actuels en eau du G.U.T englobent :

- Les besoins en eau domestiques.
- Les besoins en eau industriels.
- Les besoins en eau d'irrigation.
- Les besoins en eau des équipements :
 - Equipements d'enseignement et de formation.
 - Equipements de santé.
 - Equipements administratifs.
 - Equipements culturels.
 - Equipements commerciaux
 - Divers services.

Tableau I.2 : Estimation des besoins actuels (2012) (SOLTANI.W, 2013).

Besoins actuels	(m³/j)	(m³/an)
Population	63 980	23 352 700
Equipements	13 564	4 951 152
Industrie	1 978	721 970
Irrigation	28 767	10 500 000
Total	108 289	39 525 822

III.CONTEXTE CLIMATIQUE :

Le climat fait référence à tous les paramètres météorologiques (précipitations, température) qui prévalent sur une zone géographique particulière pendant une période de temps donnée.

Nous étudions le climat pour définir le type de climat qui prime dans cette région. Les données climatiques permettent également d'interpréter le comportement hydrologique et hydrogéologique au cours de la période d'étude.

Par manque de même chroniques de données et des températures de certaines stations, nous sommes basés sur les informations du site : www.tutiempo.net et complétées par l'ARNH des quatre stations avoisinantes de notre zone d'étude (fig. I.3 et tableau I.3).

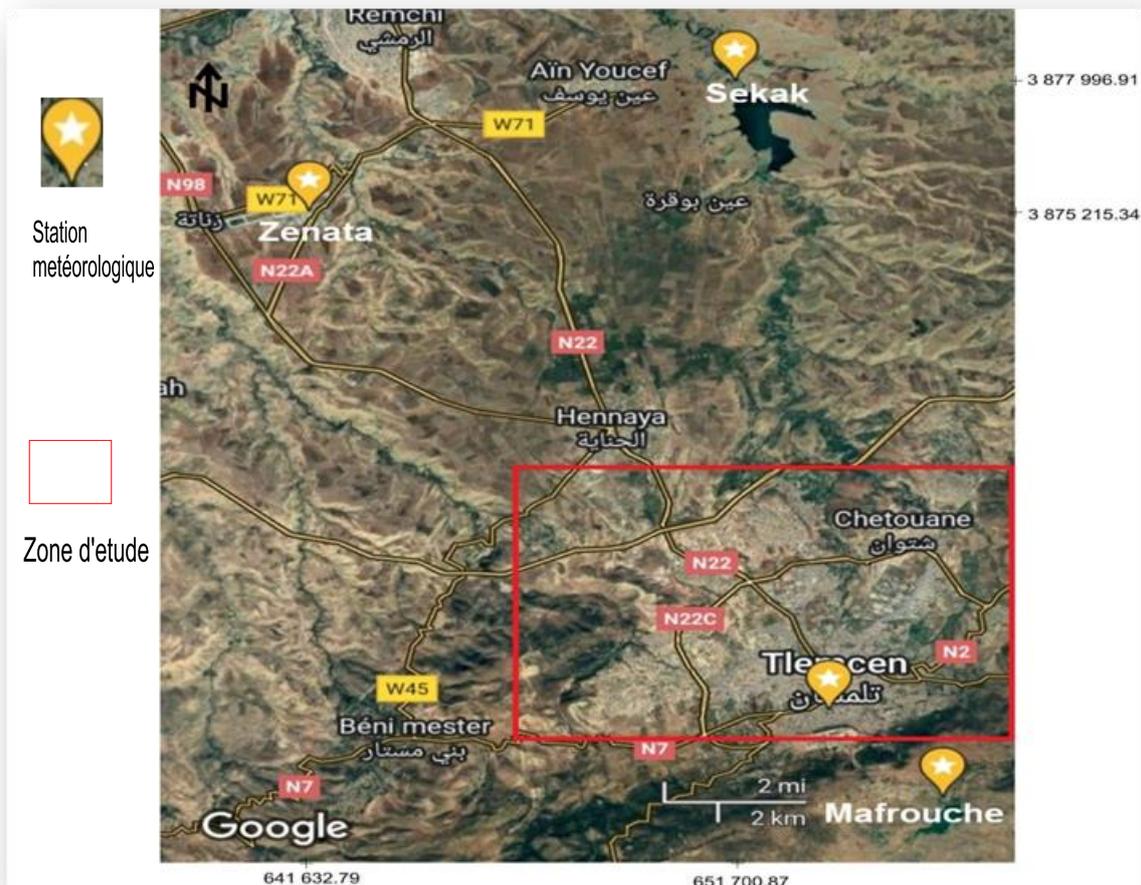


Fig. I.3: Stations météorologiques avoisinantes (Google)

Tableau I.3: Caractéristique des stations météorologiques :

STATION	Données UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Données disponibles
	X	Y			
Tlemcen	655 982.52	3 856 340.64	832	1995-2016	P et T
Mafrouche	651 700.87	3 877 996.91	1100	2006-2015	P
Sikak	653 868.89	3 859 266.03	212	2006-2015	P
Zenâta	641 632.79	3 875 215.34	252	2011-2021	P et T

III.1 Précipitation :

Les précipitations sont un des paramètres hydrologiques les plus importants dans les études des bassins versants. Elles représentent l'un des principaux facteurs qui déterminent le type de climat. Elles sont formées par la pluie, la neige et la grêle qui tombent à la surface de la terre.

III.1.1 Précipitation moyenne annuelle :

Nous allons présenter les variations des précipitations moyennes annuelles dans quatre stations pluviométriques de la région d'études : station de Tlemcen (1995-2016), stations Mafrouche, Sikak (2006-2015), et Zenâta (2011-2021).

A. Station de Tlemcen :

Les variations de la pluviométrie moyenne annuelle de la station de Tlemcen (Fig. I.4), montre un maximum enregistré en 2012 avec 902,4 mm et un minimum de 338,8 mm en 1999. La moyenne est égale à 538,9 mm. Onze années enregistrées des hauteurs de pluies supérieures à la moyenne.

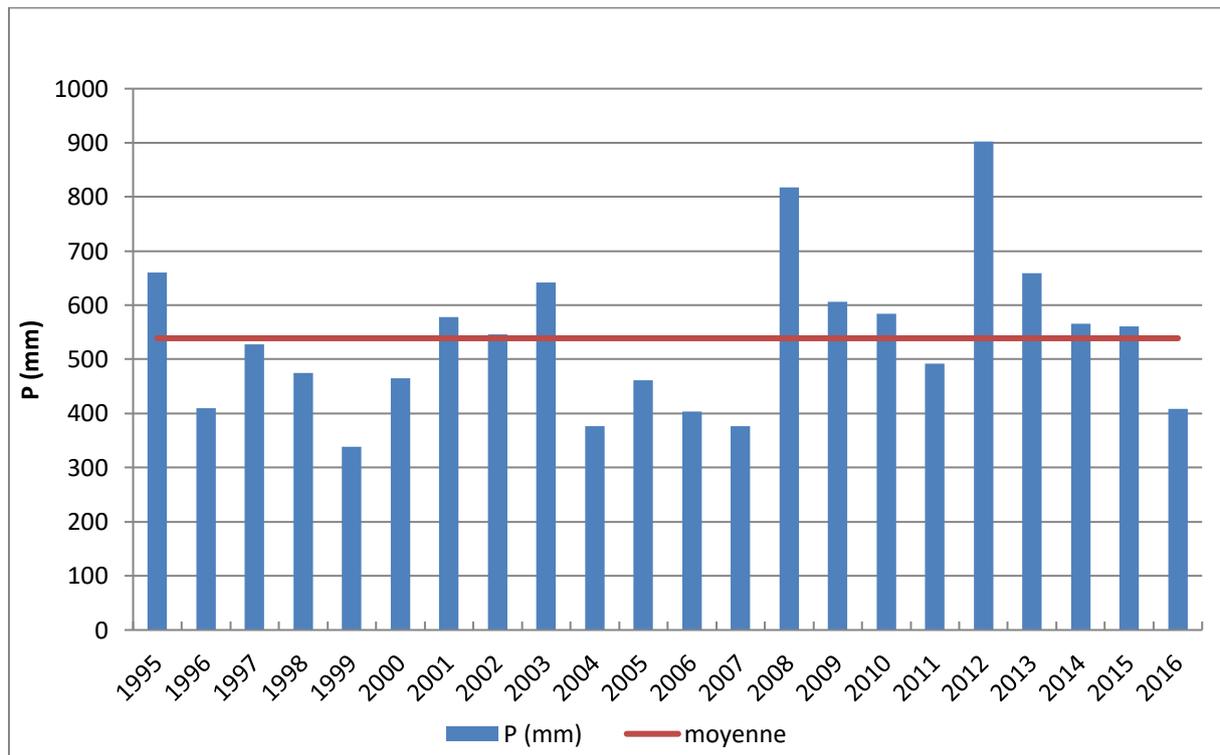


Fig. I.4 : Précipitation moyenne annuelle de la station de Tlemcen

B. Stations de Sikak et Mafrouche :

Vu que nous disposons de la même période de données pluviométriques de ces deux stations, nous allons les présenter dans le même titre. L'histogramme de la figure I.5 montre que l'année 2013 était la plus pluvieuse avec une valeur de 532 mm pour la station Sikak et l'année 2012 pour celle de Mafrouche avec une valeur de 1144,9 mm. Les moyennes sont respectivement 345.5mm et 655,61 mm.

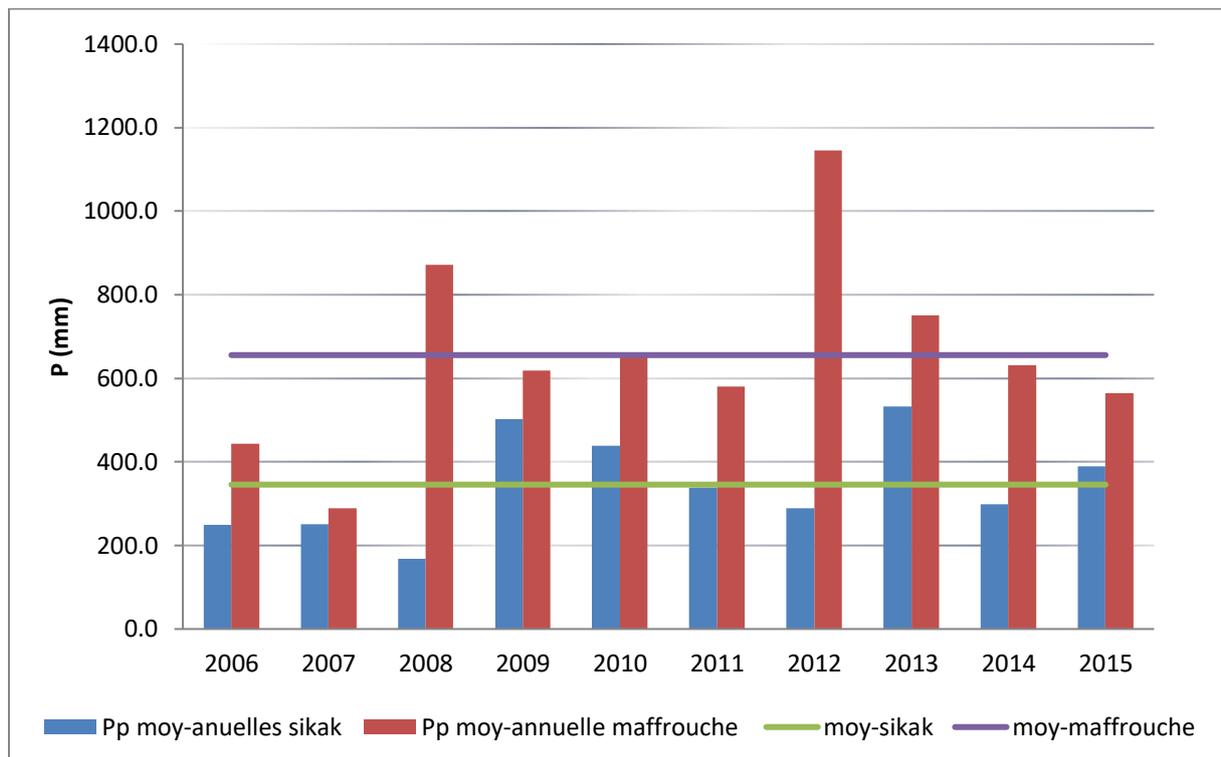


Fig. I.5: Précipitation annuelle des stations Mafrouche et Sikak

C. Station Zenâta :

Au niveau de cette station, l'année la plus sèche est 2021 avec une pluviométrie de 175,52 mm, et la plus pluvieuse est 2013 avec 474,24 mm. La pluviosité moyenne annuelle est faible et égale à 325,67 mm. La figure I.6 montrant qu'il y'a 5 années d'une pluviométrie supérieure à la moyenne sont : 2011, 2012, 2013, 2014 et 2018.

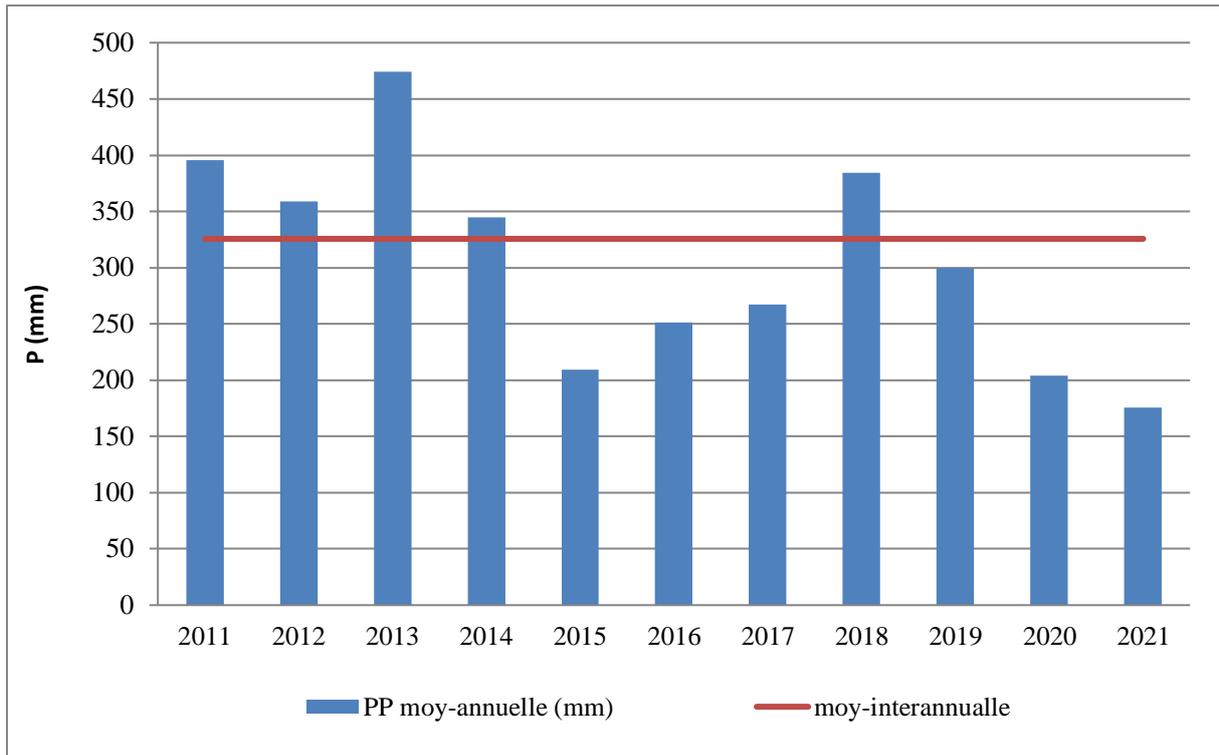


Fig. I.6 : Précipitation annuelle de la station Zenâta

III.1.2 Précipitations moyennes mensuelles :

Les figures I.7, I.8 et I.9 représentent la variation des précipitations moyennes mensuelles des quatre stations.ils sont : station Tlemcen 1995-2016 ; station mafrouche et sikak 2006-2015 ; station Zenâta 2011-2021.

A. Station de Tlemcen :

Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tlemcen (Fig. I.7) montrent que le mois de janvier est le plus humide avec 82.3 mm, et le mois de juillet est le plus sec avec un minimum 2,5mm.

B. Stations de Sikak et Mafrouche :

A l'échelle mensuelle, la variation des précipitations montre que la station de Mafrouche dépasse largement celle de Sikak. Novembre est le mois plus pluvieux avec une valeur de 115, 86 mm à Mafrouche tandis qu'à la station de Sikak, le mois de janvier est le plus pluvieux, avec une pluviométrie de 55,51 mm. Les mois les plus secs dans les deux stations sont juin, juillet et aout avec des valeurs inferieures de 20 mm.

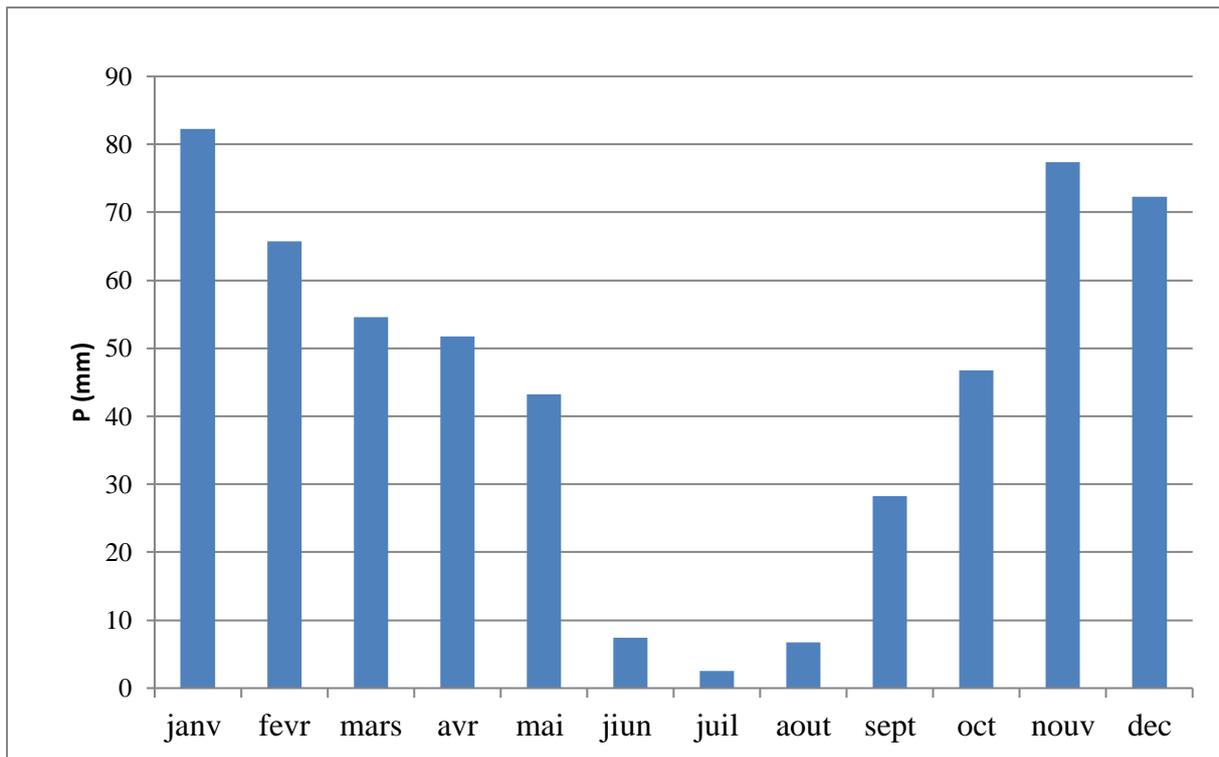


Fig. I.7 : Précipitation moyenne mensuelle de la station de Tlemcen

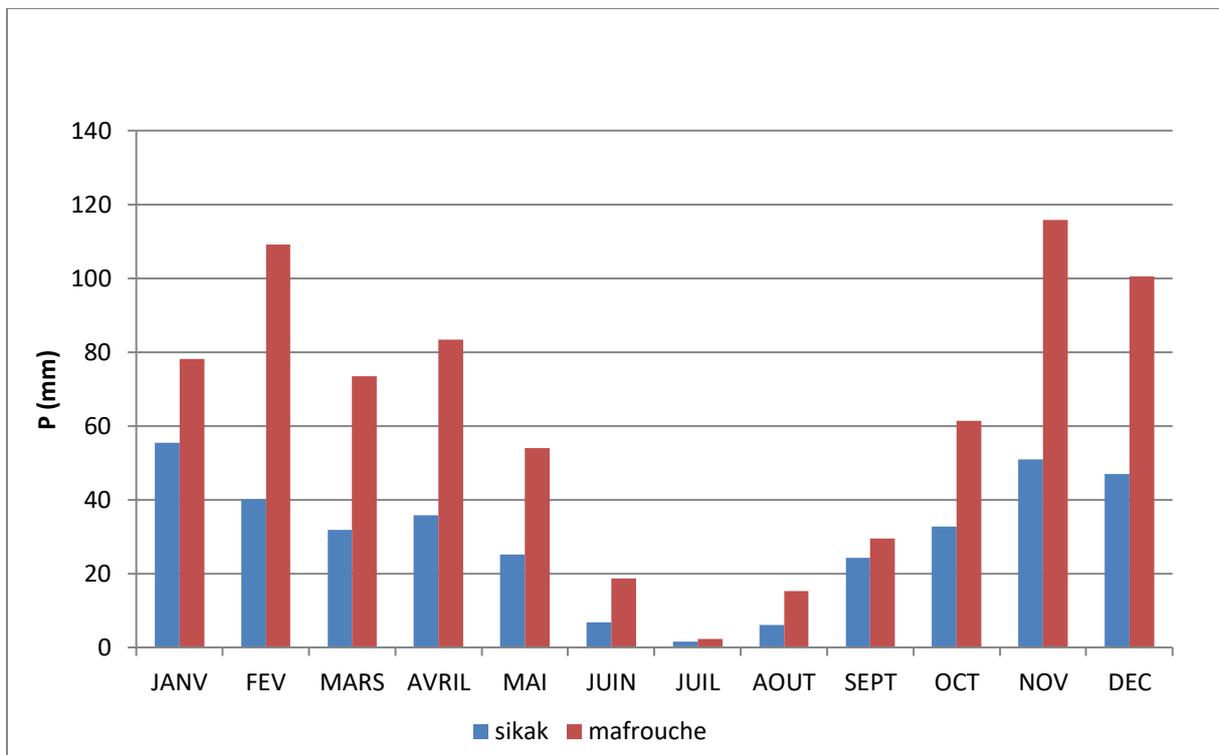


Fig. I.8 : Précipitation moyenne mensuelles des stations Sikak et Mafrouche

C. Station Zenâta :

La représentation des données moyennes mensuelles sur la figure I.9 montre une pluviométrie maximale enregistrée au mois janvier avec une valeur de 46.76mm, et une minimale de 1,22 mm enregistrée au mois d'août. Les mois avec une pluviométrie minimale, ne dépassant pas les 6mm, sont les mois de juin, juillet et août.

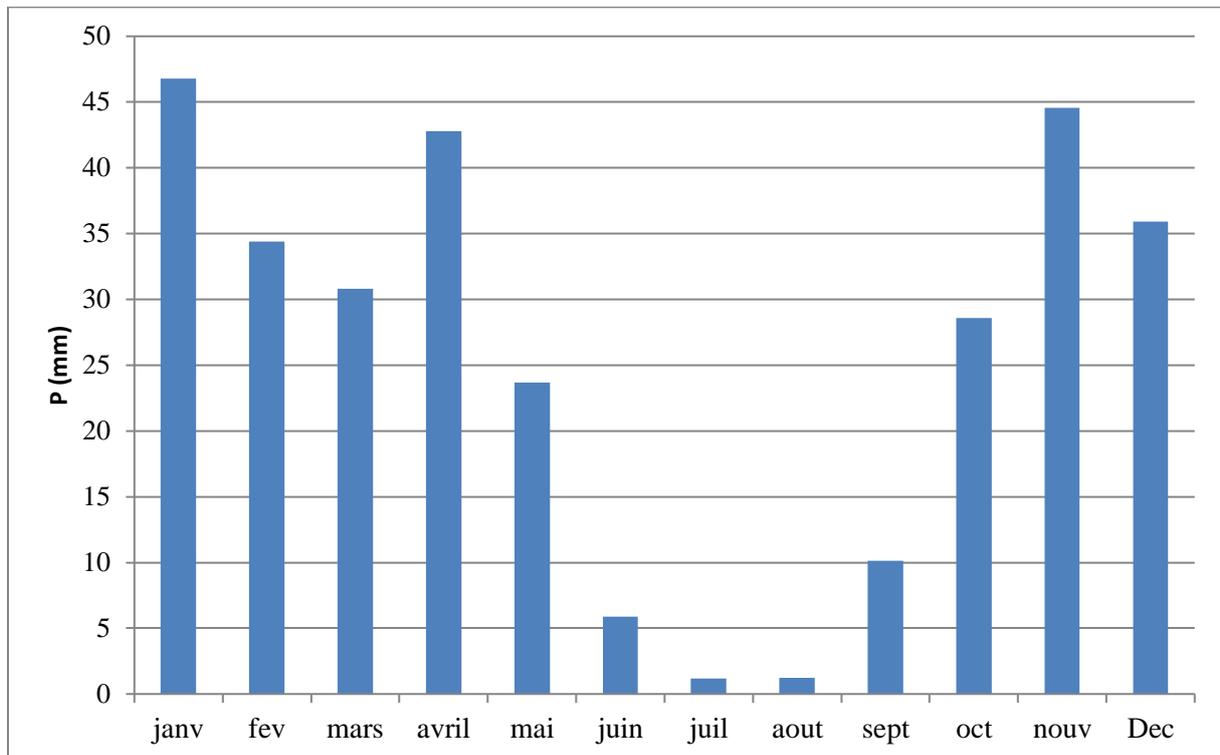


Fig. I.9 : Précipitation moyenne mensuelle de la station Zenâta

III.2 Température :

C'est l'un des facteurs les plus importants en hydrologie, la température joue un rôle très important dans le cycle de l'eau et la détermination du climat d'une région. Nous avons les températures mensuelles interannuelles et la moyenne de la période 1995-2016 au niveau de la station de Tlemcen et les températures annuelles et mensuelles interannuelles et la moyenne de la période 2011-2021 au niveau de la station Zenâta.

III.2.1 Températures annuelles :

Les variations de la température moyennes annuelles de la station Zenâta sont représentées dans la figure I.10. Durant la période des 10 ans, la température moyenne annuelle ne montre pas une grande variation, elle affiche une valeur minimale de 17.11°C en 2013 et une maximale en 2020 de 18.86 °C.

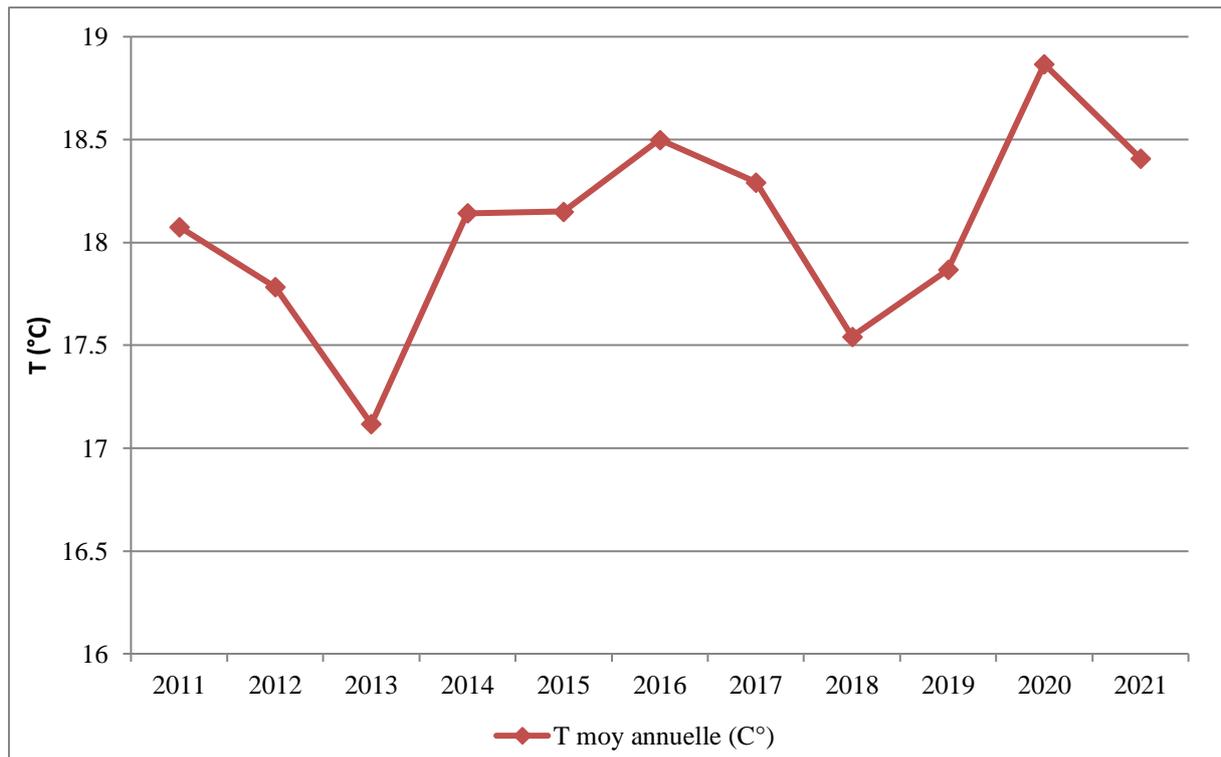


Fig. I.10: Température moyenne annuelle de la station Zenâta

III.2.2 Températures mensuelles :

Les figures I.11 et I.12 représentent la variation des températures moyennes mensuelles des deux stations.ils sont : station Tlemcen 1995-2016 ; station Zenâta 2011-2021

A. Station Tlemcen :

La figure I.11 montre que la température moyenne mensuelle varie entre 10.5°C à 11.1°C en hiver et 22°C à 26.5°C en été. Les températures mensuelles présentent des variations avec un écart de température important, elle est élevée en juillet et août et faible en janvier, février et décembre. Avec une température moyenne annuelle : 17,6 (°C).

B. Station Zenâta :

La figure I.12 qui représente les températures moyennes mensuelles, indique que les températures moyennes varient entre 10.5°C en janvier et atteint un pic de 26.93°C en mois d'août.

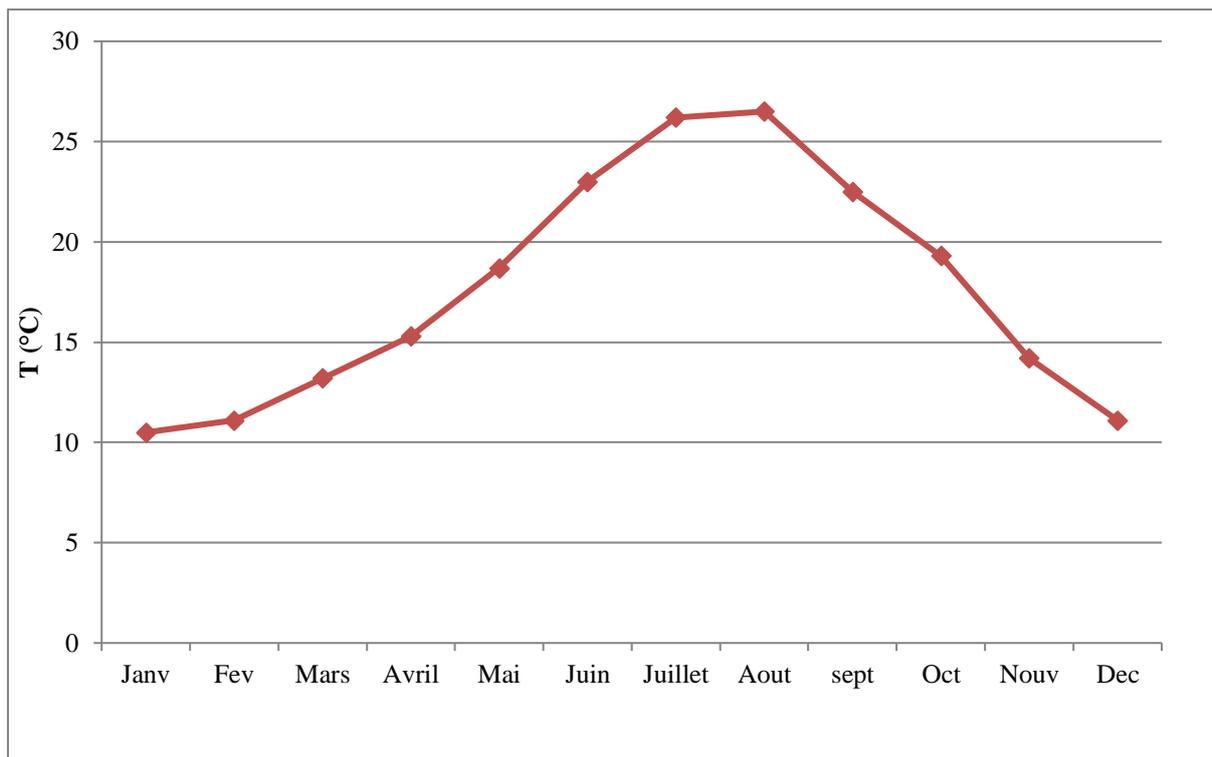


Fig. I.11 : Température moyenne mensuelle de la station Tlemcen

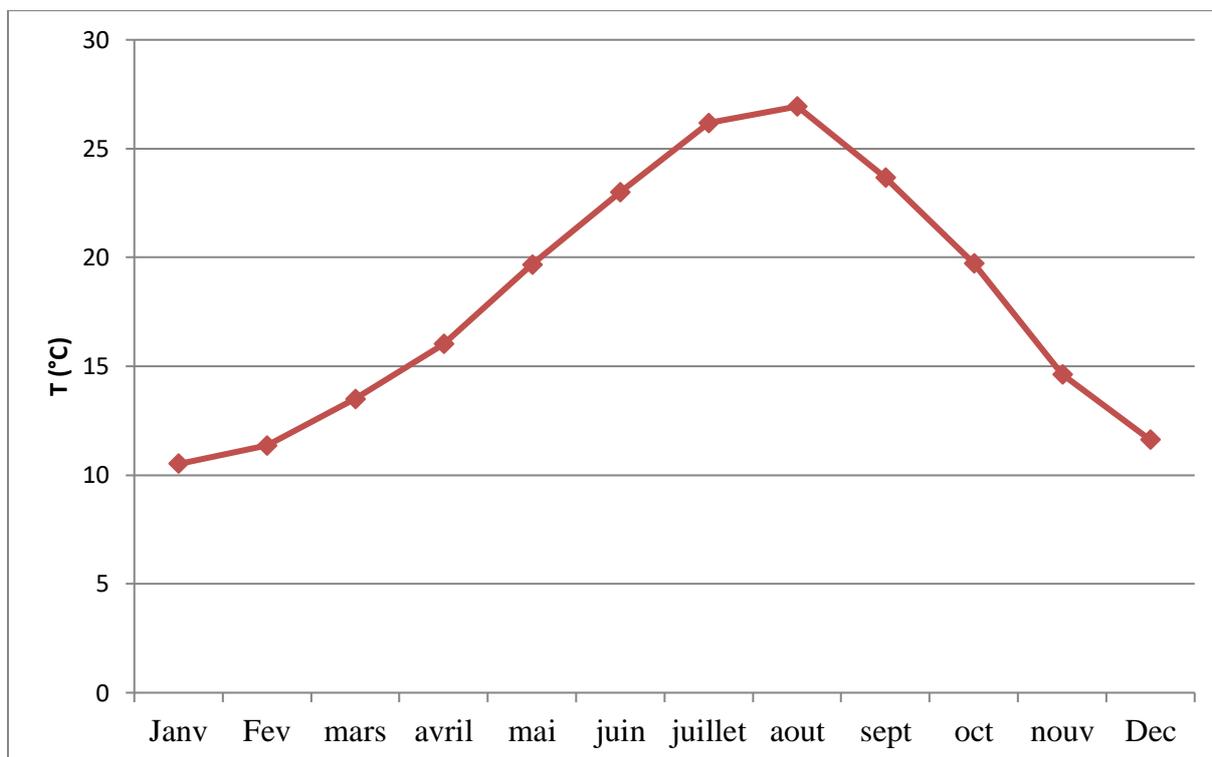


Fig. I.12 : Température moyenne mensuelle de la station Zenâta

IV.Synthèse climatique :

L'intégration climatique utilise plusieurs méthodes graphiques (ombrothermiques) et empiriques (indice de De Marton, Moral) pour déduire le type de climat qui prévaut dans notre zone et pour connaître les mois secs et humides.

IV.1 Méthode graphique de Bagnouls et Gaussen :

Les diagrammes ombrothermiques peuvent montrer les variations mensuelles des précipitations et de la température. Ceci relie les précipitations et les températures : à $P=2T$. Ce graphe a été créé par H.Gaussen et F.Bagnouls pour déterminer les saisons sèches et humides. Son interprétation est la suivante :

- Si la courbe des précipitations est supérieure à la courbe des températures, la période correspondante est une saison de pluies.
- Si la courbe de température dépasse les précipitations, c'est une sécheresse.

Les courbes ombrothermiques déterminées à partir des données de précipitations et de chaleur montrent que la station Zenâta (2011-2021) et la station Tlemcen (1995-2016) est caractérisée par une saison sèche de quatre mois (Figure I.13) et (Figure I.14).

La saison sèche au niveau de la station Zenâta commence de mai à septembre, avec moins de 50 mm de précipitations, Et concernant la station Tlemcen l'étendu de la période sèche commence de mai à octobre, avec moins de 90 mm de précipitations, avec des températures moyennes variant entre 10,50 °C et 26,93 °C.

L'analyse du graphique montre également que la saison sèche coïncide avec la saison chaude et que la saison froide coïncide avec la saison des pluies. La saison sèche s'étend sur une courte période de l'année.

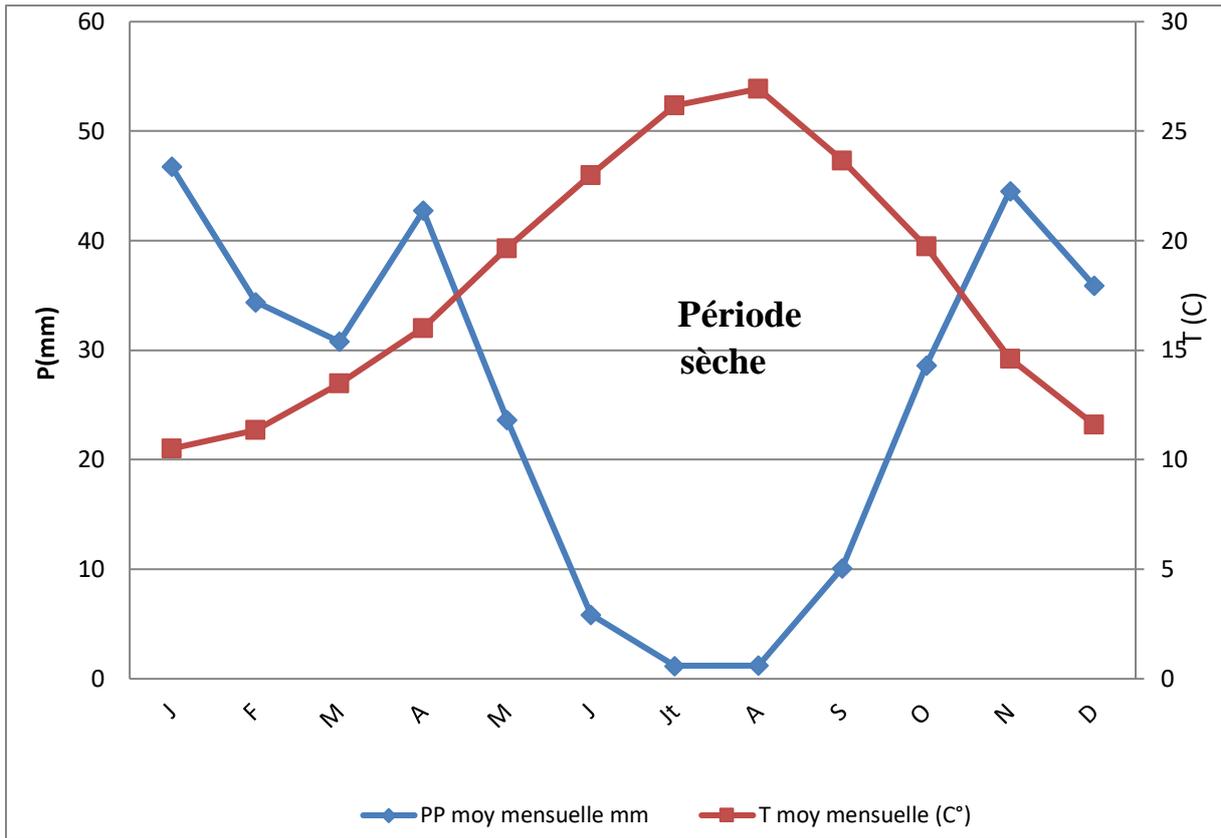


Fig. I.13: Diagramme de Bagnouls et Gausson de la station Zenâta

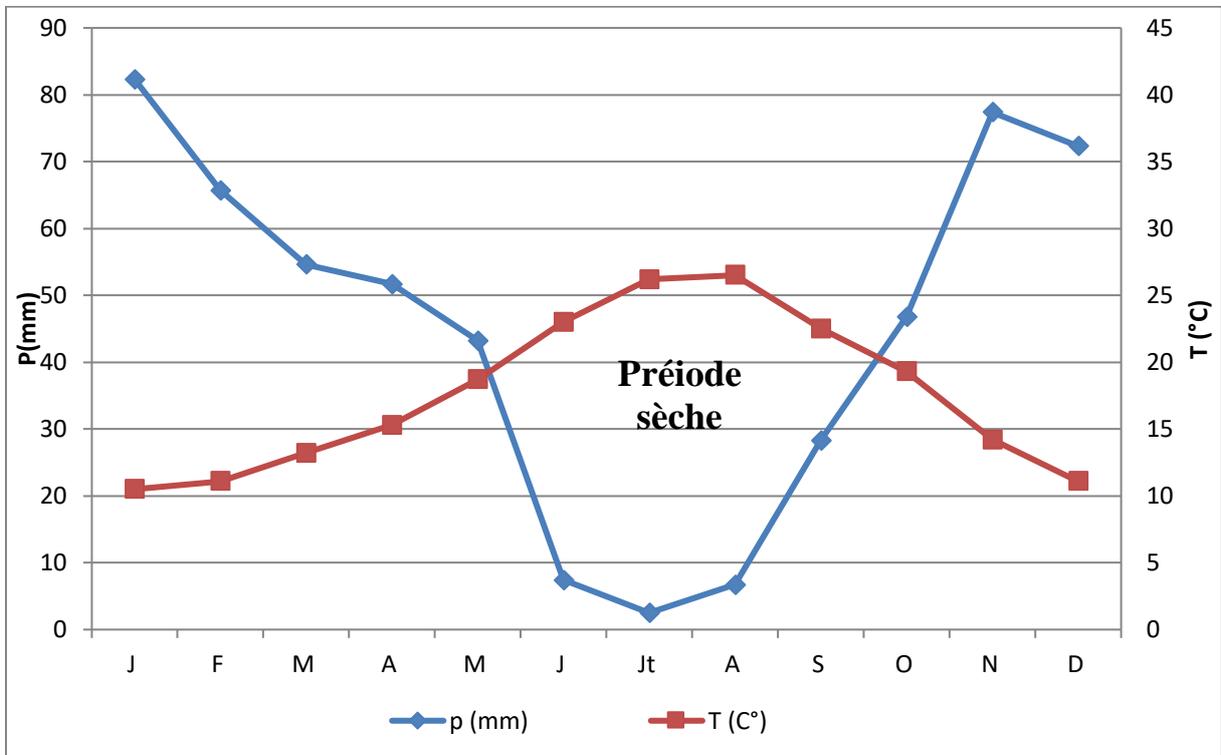


Fig. I.14 : Diagramme de Bagnouls et Gausson de la station Tlemcen

IV.2 Méthodes des indices d'aridité :

Un indice d'aridité représente une mesure quantitative du degré de pénurie d'eau à un endroit donné. Ils servent à caractériser le climat, et parmi ces indices:

IV.2.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne :

C'est fonction des précipitations et de températures. L'indice de De Martonne, qui permet de déduire le degré de sécheresse d'une zone et en notant I, est calculé par la relation suivante :

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

Nous avons calculé cet indice pour les deux stations :

A. Station Tlemcen

P : précipitation moyennes annuelle (mm) = 538,9

T : température annuelle (°C) = 17 ,6

I : indice d'aridité annuel de Martonne = 19,52

B. Station Zenâta

P : précipitation moyennes annuelle (mm) = 325,67

T : température annuelle (°C) = 18 ,07

I : indice d'aridité annuel de Martonne = 11,6

Les données de précipitations et de températures annuelles calculées et utilisées à la station Tlemcen et station Zenâta pour déterminer l'indice d'aridité de De Martonne sont rapportées sur le diagramme (Fig. I.15) et indiquent un climat semi-aride avec écoulement temporaire dans les deux stations.

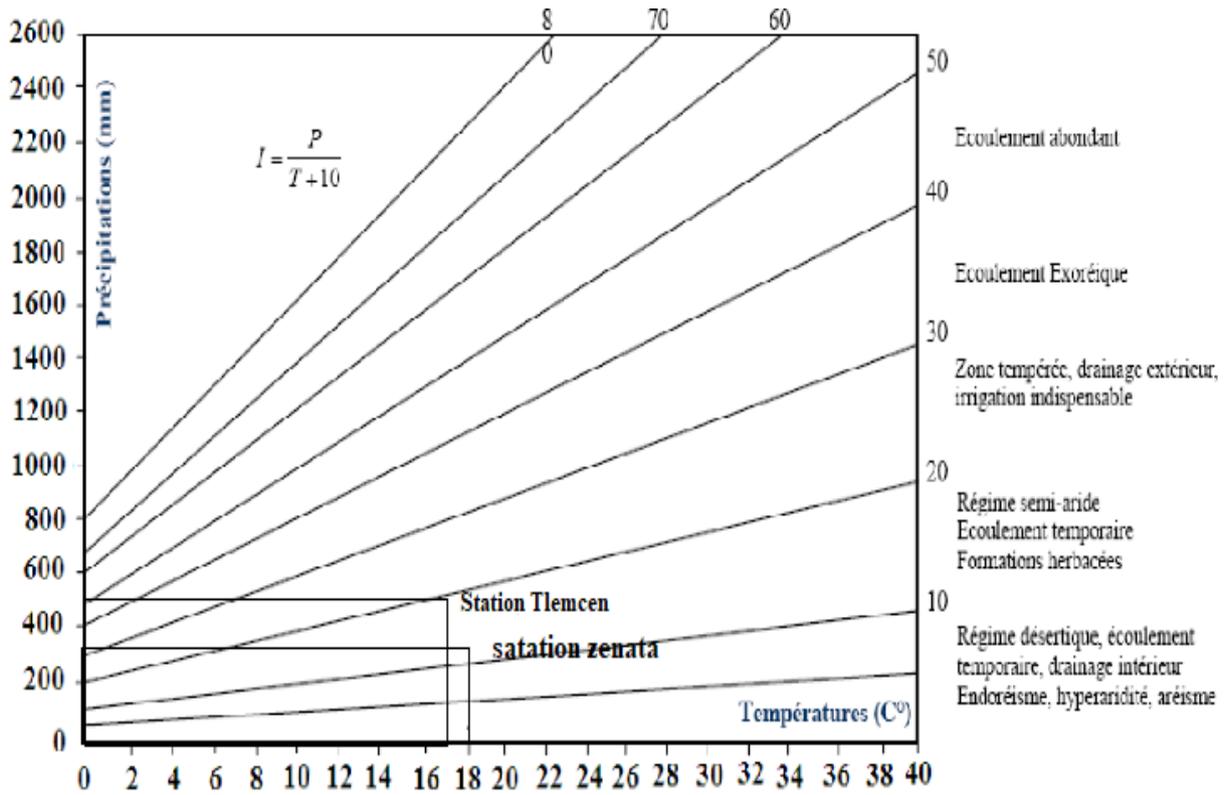


Fig. I.15: Station Zenâta et Station Tlemcen sur l’abaque de l’indice d’aridité annuelle de De Martonne

IV.2.2 Indice d’aridité mensuel de De Martonne :

L’indice est déterminé à partir de la relation entre les précipitations mensuelles totales et la température mensuelle de l’air avec la formule suivante, dont l’interprétation dépend de la valeur de *i* (tableau 4)

$$i = 12p / t + 10$$

Tableau I.4: Valeurs des *i* et le type de climat

Valeur de I	Type de climat
0 à 5	Hyper-arides (HA)
5 à 10	Aride, Désertique (D)
10 à 20	Semi- aride (SA)
20 à 30	Semi-humide ou Tempéré (T)
30 à 40	Humide (H)

CHAPITRE I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE CLIMATIQUE

Les résultats des différents indices d'aridité mensuelles « i » de Martonne sont représentées dans les tableaux suivant :

A. Station Tlemcen :

Les mois novembre et décembre suis du type Humide présentant un indice compris entre 30 et 40. Les mois de juin, juillet, et août sont hyper-arides. Le mois de mai, septembre, et octobre présentent un indice compris entre 10 et 20 : ce sont des mois semi arides. Le reste des mois sont des mois tempérés.

Tableau I.5 : Indices d'aridité mensuelle de De Martonne « i » de la station de Tlemcen

MOIS	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
p (mm)	82,3	65,7	54,6	51,7	43,2	7,4	2,5	6,7	28,3	46,8	77,4	72,3
T (C°)	10,5	11,1	13,2	15,3	18,7	23	26,2	26,5	22,5	19,3	14,2	11,1
I	20,50	21,1	28,24	24,52	18,06	2,9	0,83	2,2	10,44	19,17	38,38	41,18
type de climat	T	T	T	T	SA	HA	HA	HA	SA	SA	H	H

B. Station Zenâta

D'après les résultats présentés dans le tableau I.6, le mois de mai est du type désertique présentant un indice compris entre 5 et 10. Les mois de juin, juillet, août et septembre sont hyper-arides. Les mois de février, mars, avril, octobre et décembre présentent un indice compris entre 10 et 20 : ce sont des mois semi arides. Les autres mois sont des mois tempérés.

Tableau I.6 : Indices d'aridité mensuelles de De Martonne « i » de la station de Zenâta

MOIS	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
P (mm)	46,8	34,4	30,8	42,8	23,7	5,9	1,2	1,2	10,1	28,6	44,5	35,9
T (C°)	10,5	11,35	13,49	16,02	19,66	23	26,18	26,94	23,67	19,74	14,63	11,62
I	27,40	19,33	15,73	19,74	9,59	2,15	0,40	0,39	3,60	11,54	21,68	19,93
type de climat	T	SA	SA	SA	D	HA	HA	HA	HA	SA	T	SA

IV.2.3 Indice annuel de Moral :

Il est obtenu par la relation suivante :

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

Avec

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

T : températures moyennes annuelles (°C)

IM : indice de Moral indique le type de climat d'une région

Si IM est < 1 nous avons un climat sec ; lorsque IM est >1 nous avons un climat humide

A. Station Tlemcen

P : précipitations moyennes annuelles (mm) = 538,9

T : températures moyennes annuelles (°C) = 17 ,6

Pour IM : 1,61. Il est supérieur à 1 donc la région est caractérisée par un climat humide

B. Station Zenâta

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles (mm) = 325,67

T : températures moyennes annuelles (°C) = 18 ,07

Pour notre station IM= 0,94. Il est inférieur à 1 donc la région est caractérisée par un climat Sec.

IV.2.4 Indice mensuel de Moral :

Cet indice est obtenu par la relation entre les précipitations et les températures mensuelles :

$$Im = P / 0,1t^2 - t + 20$$

Avec :

P : précipitation moyenne mensuelle (mm)

t: température moyenne mensuelle (°C)

CHAPITRE I : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE CLIMATIQUE

Les différentes valeurs de l'indice de Moral sont représentées dans les tableaux I.7 et I.8 :

L'interprétation de l'indice se fait selon les conditions suivantes :

- Mois Aride (A) : lorsque $0,05t^2-t+10 > P$
- Mois Sec (S) : lorsque $0,1t^2-t+20 > P > 0,05t^2-t+10$
- Mois Humide (H) : lorsque $0,1t^2-t+30 > P > 0,1t^2-t+20$
- Mois Pluvieuse (P) : lorsque $P > 0,1t^2-t+30$

A. Station Tlemcen

Les résultats des différents indices mensuels de Moral de la période (1995-2016) sont représentés dans le tableau I.7 :

- Les mois de mai et septembre sont les plus sec
- La région est aride en juin, juillet, aout
- Le climat est humide uniquement en mois d'octobre
- Et il est pluvieux sur les restes mois de l'année

Tableau I.7:Indice mensuel de Moral et le type de climat du la station de Tlemcen

MOIS	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
P (mm)	82,3	65,7	54,6	51,7	43,2	7,4	2,5	6,7	28,3	46,8	77,4	72,3
t (C°)	10,5	11,1	13,2	15,3	18,7	23	26,2	26,5	22,5	19,3	14,2	11,1
Im	4,01	3,10	2,25	8,09	1,19	0,15	0,04	0,10	0,58	1,23	2,98	3,41
($0,1t^2-t+30$)	30,53	31,22	34,22	38,11	46,26	59,9	72,44	72,88	58,12	47,94	35,96	31,22
($0,1t^2-t+20$)	20,53	21,22	24,22	28,11	36,26	49,9	62,92	62,88	48,12	37,94	25,96	21,22
($0,05t^2-t+10$)	5,01	5,06	5,51	6,4	8,78	13,45	18,12	18,61	12,81	9,32	5,88	5,06
Type	P	P	P	P	S	A	A	A	S	H	P	P

B. Station Zenâta

Les résultats des différents indices mensuels de Moral dans le tableau I.8 :

- Les mois de juin et juillet sont les plus Arides
- La région est humide en octobre, novembre, décembre, janvier et avril
- Le climat est pluvieux uniquement en mois de mars
- Et il est sec en mois de février, mai, juin et septembre

Tableau I.8: Indice mensuel de Moral et le type de climat du la station de Zenâta

MOIS	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
P (mm)	46,8	34,4	30,8	42,8	23,7	5,9	1,2	1,2	10,1	28,6	44,5	35,9
t (c°)	10,5	11,35	13,49	16,02	19,66	23,00	26,18	26,94	23,67	19,74	14,63	11,62
Im	3,91	2,50	1,63	1,64	0,61	0,11	0,02	0,02	0,18	0,73	2,03	2,50
$(0,1t^2-t+30)$	30,53	31,53	34,7	39,64	48,99	59,9	72,35	75,63	62,35	49,56	36,77	31,88
$(0,1t^2-t+20)$	20,53	21,53	24,7	29,64	38,99	49,90	62,35	65,63	52,35	39,56	26,77	21,88
$(0,05t^2-t+10)$	5,01	5,09	5,6	6,81	9,66	13,45	18,09	19,34	14,34	9,74	6,07	5,13
Type	P	H	H	P	S	A	A	A	A	S	P	P

V.CONCLUSION :

Notre zone d'étude se trouve entre deux stations au Sud qui présentent une pluviométrie moyenne annuelle dépassant les 500 mm et deux autres au Nord avec une pluviométrie autour de 300mm.

D'après le calcul des différents indices et à partir des données que nous disposons des stations avoisinantes de notre zone d'étude, les stations de Tlemcen et de Zenâta sont caractérisées par un climat semi-aride.

**CHAPITRE II :
CONTEXTE
GEOLOGIQUE ET
STRUCTURAL**

I. INTRODUCTION :

Les études géologiques sont importantes, notamment la connaissance des caractéristiques des roches et de la stratigraphie de la zone d'étude. Cela permet l'identification des couches aquifères et l'étude des eaux souterraines. Elles aident aussi, à expliquer certains des paramètres géochimiques des eaux. À cette fin, une synthèse géologique a été réalisée en se basant sur des études antérieures (Doumergue (1924), Guardia (1975), Benest (1982), Hayane (1983), Collignon (1984), Elmi (1985) et Bensaoula et al (2007)).

II. ASPECT GEOLOGIQUE :

II.1 Cadre géologique général :

Les Monts de Tlemcen font partie du domaine Tlemcénien et sont délimités par 4 domaines bien définis : Au Nord le domaine des nappes, les plaines de Maghnia, d'Hennaya, de Sidi Bel Abbès, et par les plateaux de Zenâta, et de Sidi Abdelli ; formé par un ensemble de dépôts marins et continentaux ; Au Sud par le domaine des hautes plaines oranaises. A l'Ouest, par le moyen atlas marocain ; A l'Est, par les Monts de Daïa (Figure II.1).

II.2 Description litostratigraphique:

Les Monts de Tlemcen sont principalement constitués au Sud des formations du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur et au Nord, ces formations sont surmontées par des sédiments miocènes, tertiaires et plio-quaternaires. Notre zone d'étude se trouve aux piémonts nord des monts de Tlemcen.

II.2.1 Secondaire :

1. Les grès de Boumédiene (J4) et (J4C) :

Cette formation a été attribuée au Lusitanien par Doumergue 1924, et à l'Oxfordien par Benest. Ce sont des grès durs blancs parfois brun ferrenigineux en surface. Les grès de Boumédiene sont surtout développés dans la forêt de Zarifet, à 500 m au Sud-Ouest de Terni, au niveau des cascades d'El Ourit, de la forêt d'Hafir et à l'Est dans la région d'Oum El Allou.

2. Les calcaires de Zarifet (J5a) :

Le Calcaire de Zarifet est bien exposé dans les secteurs de Tlemcen et de Terni. La limite supérieure du calcaire de Zarifet a été déterminée lors de l'apparition des premiers bancs dolomitiques des dolomies de Tlemcen.

Sa limite inférieure se situe au sommet de la dernière couche de grès ou d'argile du grès de Boumediene, généralement au pied de la première couche carbonatée dolomisée.

Selon les secteurs, la dolomie présente des épaisseurs très différentes. Dans la partie sud des Monts de Tlemcen, elle affecte la quasi-totalité des calcaires de Zarifet non séparés des dolomies de Tlemcen. Une partie de son développement est telle qu'il n'est plus possible de distinguer les trois formations du Rythme A ou le membre calcaréo-dolomitique inférieur (calcaire de Zarifet, dolomie de Tlemcen et calcaire de Stah). L'épaisseur du calcaire de Zarifet varie latéralement ; elle est de 100m au niveau du col de Zarifet, 95 m à Dj. Terni, 73 m à Bou Acha, 85-90m à Sidi Yahia Ben Sefia, 90 m à Dj. Ed Diss, 105-110m Nif El Ogab.

3. Les dolomies de Tlemcen (J^{5b}) :

Les dolomies de Tlemcen caractérisent les Monts de Tlemcen dans un style morphologique très particulier. L'érosion a parfois laissé des reliefs ruinés très pittoresques avec des cheminées. En l'absence de données bio-stratigraphiques précises, la limite inférieure a été établie à la base de la première couche de dolomie enrichie de couches de stromatolithes. La limite supérieure majoritairement claire correspond au premier passage marneux légèrement durci d'où s'exsude le calcaire étoilé. Les dolomies de Tlemcen ainsi définies contiennent très souvent des encarts calcaires lenticulaires. L'épaisseur de ces dolomies peut atteindre 300 m dans la région de Tlemcen, on les observe aux environs d'Ain Fezza, de la forêt de Zarifet, du Djebel Tefatisset, de la région d'Ain el Houtz, du plateau de Terni et au Nord de Tlemcen.

4. Les calcaires de Stah :

Elle ne se distingue des dolomies de Tlemcen que si elle échappe à la dolomitisation. Correspond principalement à des massifs calcaires à dominante micritique sans passées de marnes (Dj. Stah 65 m). Par ailleurs selon Collignon(1986) cette formation admet des intercalations marneuses dans certaines localités.

5. Les marno calcaires de Raouraï (J⁶) :

D'âge Tithonien inférieur, ce sont des marnes gris blanchâtre en surface, parsemées de nombreux bancs de marno-calcaires dures. La formation est délimitée à sa base par le calcaire de Stah et à son sommet par le calcaire de Lato ou le premier passage des dolomies de Terni. Elle se trouve sur le plateau de Terni à Djebel Lato et à l'Est d'Ain Fezza.

6. Dolomies de Terni et les calcaires du Lato (J7) :

Cartographiées ensemble, ces deux formations représentent à la base une couche de calcaire d'une épaisseur moyenne d'environ 50 m au Djebel Lato, surmontés par les dolomies de Terni d'un aspect ruiforme. Elles sont développées au niveau des plateaux des Azails, de Terni, des Djebels El Guern, Bouchiba et du Lato. Leur épaisseur est de 100 m au niveau du plateau de Terni (Doumergue, 1910). Également appelé membre calcaréo-dolomitique supérieur, (Collignon 1986).

II.2.2 Tertiaire :

Il est principalement représenté par des sédiments marins. On distingue les formations suivantes :

1. Miocène Moyen (Serravalien) (m2) :

Repose en la discordance sur les formations jurassiques, datés à l'Helvétien par Doumergue (1910), Il est essentiellement constitué d'une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées dans la masse, devenant ocre par altération. Au sein de cette série, qui peut dépasser 300 m d'épaisseur au niveau de la zone effondrée de Tlemcen, et 1000 m au niveau de la plaine des ghossels où s'intercalent de nombreux bancs décimétriques à métrique de grès bruns , plus fréquents au sommet.

2. Miocène Supérieur (Tortonien) (m3) :

Représentés par des grès jaunes du Tortonien, concordants avec le sommet du Serravalien, ils sont durs, jaune doré ou citron, mal lités, parfois peu consolidés, atteignant les 80 m d'épaisseur, par localités, principalement situés entre Tlemcen et Remchi (Concaret et Clair, 1973).

II.2.3 Plio-quadernaire :

Représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables, bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants :

Les travertins villafranchiens situés en bordure des Monts de Tlemcen qui sont représentés par des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.

Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible.

Des marnes avec peu ou pas de galets, plus ou moins tufeuses, parfois très épaisses.

Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.

Les limons, sables et graviers récents. Les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres et à leur base se trouvent les galets en lits.

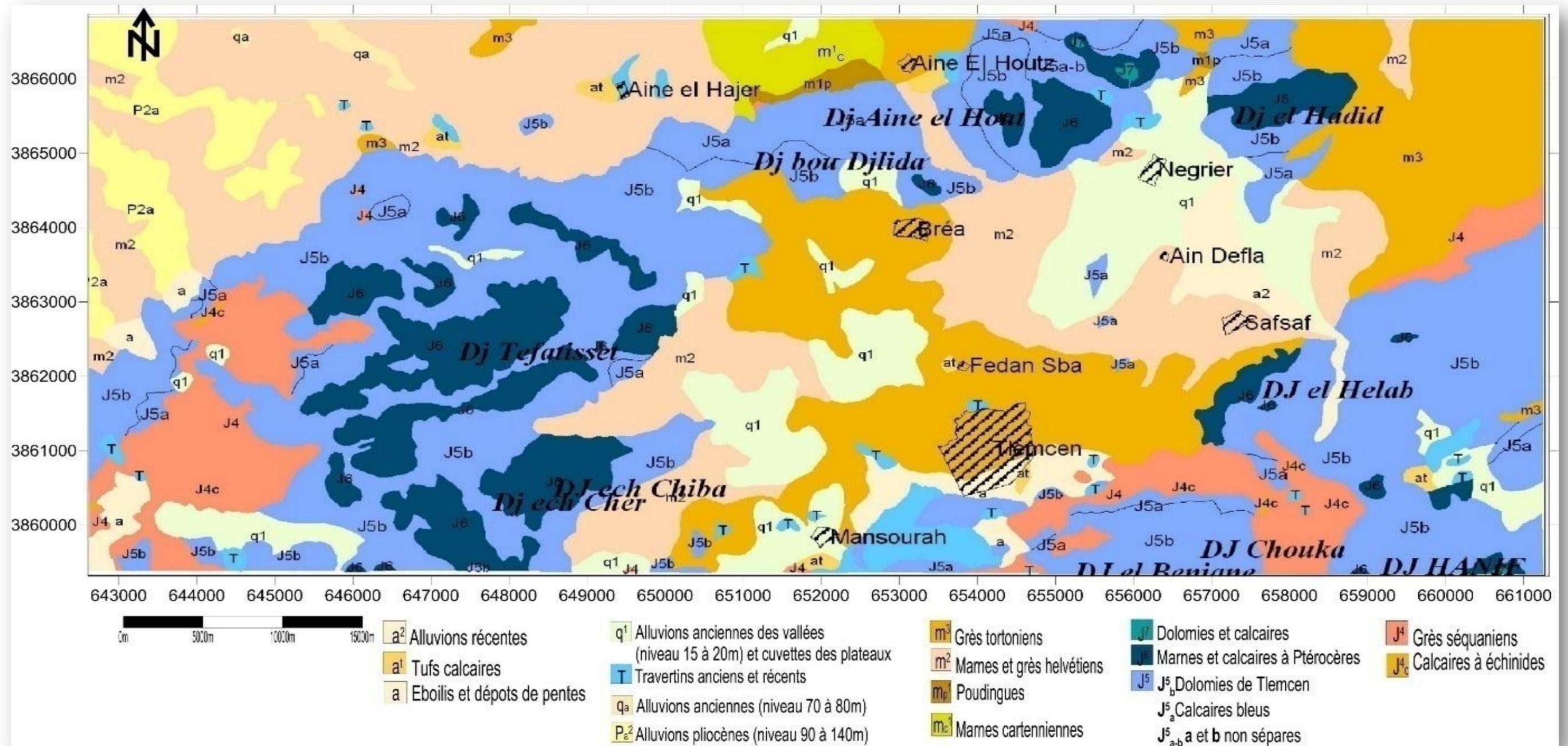


Fig. II.1 : Extrait de carte géologique de 1/50 000 digitalisée (Doumergue, 1924)

CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Période	Formation	Description
Quaternaire Plio Quaternaire	Dépôts continentaux	Des alluvions anciennes et récentes , poudingues , conglomérats et argiles jaunâtre avec lit gréseux.
	Grès du Tortonien	Grès durs jaunes d'or ou citron peu consolidés
Miocène	Marnes du Serravalien	Une série épaisse d'argiles marneuse gris qui s'intercalent de nombreux bancs de grès jaunes.
	Jurassique	
	Dolomies de Terny	Dolomies vacuolaires a patine rousse avec des stratifications obliques et un aspect très massif .
	Calcaires du Lato	Calcaires massifs en bancs épais.
	Marno-calcaires de Raourai	Marnes gris ,blanchâtres en surface intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs.
	Calcaires de Stah	Calcaires massifs a dominante micritique .
	Dolomies de Tlemcen	Dolomies cristallines grises , avec de nombreuse cavités remplis de calcite.
	Calcaires de Zarifet	Bancs calcaires séparés par de minces intercalation de calcairs marneux écailleux.
	Gres de Boumèdiène	Ensemble à dominance gréseuse assez tendres séparepar des interlites argileux .

Fig. II.2 : Coupe synthétique des principales formations affleurant dans les Monts de Tlemcen (Collignon, 1986 *in* Touati et Nebia, 2019 ; modifiée).

III.ASPECT STRUCTURAL :

Dès le Miocène moyen, l'essentiel de la tectonique de l'autochtone atlasique est acquis. Le bassin miocène individualisé est prêt à recevoir des dépôts marins qui viennent se mettre en discordance sur la plupart des structures majeurs (Guardia, 1975).

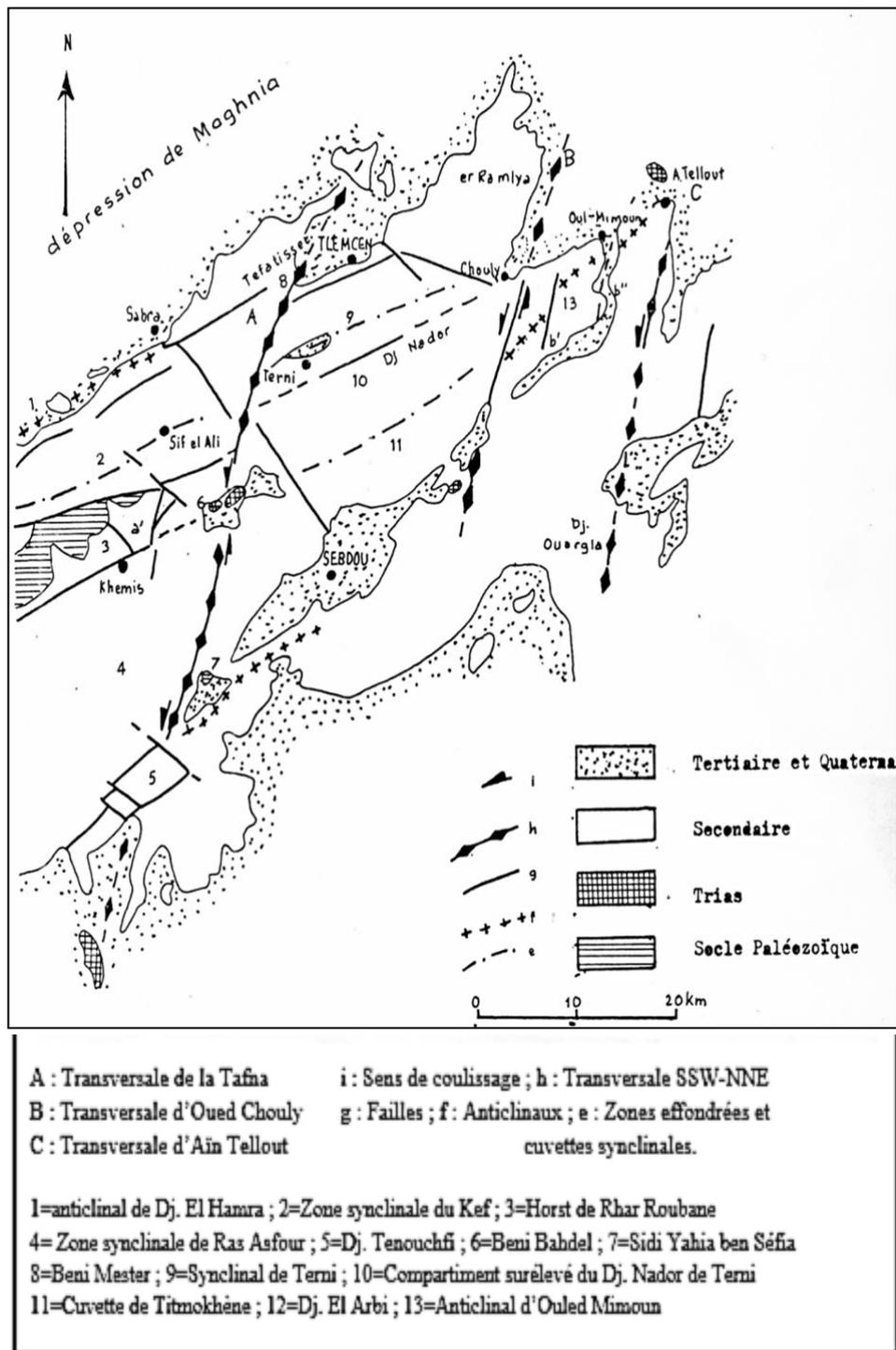


Fig. II.3 : Schéma structural simplifié des monts de Tlemcen (Elmi, 1970)

III.1 Les principales phases tectoniques :

Cinq grandes phases allant de l'Eocétacé à des périodes plus récentes (Benest, 1982 in Hayane, 1983) sont considérées.

III.1.1 Phase éocrétacé:

Dans les Monts de Tlemcen, aucune discordance ne sépare les dépôts de plate-forme carbonatée du Jurassique supérieur-Berriasien inférieur des faciès terrigènes transgressifs du Berriasien moyen et supérieur. La subsidence au cours du Jurassique supérieur et de l'Eo-Crétacé y est largement contrôlée par le jeu d'accidents majeurs : SO-NE, NO et subméridiens, hérités de l'orogénèse hercynienne (Benest, 1981).

III.1.2 Phase atlasique:

Elle peut être liée à la tectonique, qui dans les Monts Traras (Guardia, 1975) qui ont débuté au sénonien mais antérieur à la mise en des nappes telliennes. Les Monts de Tlemcen et de Daïa ont subi deux types de mouvements d'abord compressif puis distensifs (contrôlé par le jeu du socle ayant abouti à des failles conjuguées N 55-80 et N 140 responsable des principales structures).

III.1.3 Une phase importante de compression (N-S) à (NO-SE):

La saisie miocène plus probable par rapport à la région de Traras suggère que cette étape a commencé avec (ou avant ?) la formation de la nappe et elle est antérieure au Messinien (Lucas, 1942 ; Guardia, 1975).

III.1.4 Phase à dominante distensive:

À travers le jeu des failles déjà existantes, aide à accentuer le découpage en horst et graben.

III.1.5 Phase récente (plio-quadernaire):

Ce sont des mouvements soit compressif, soit distensifs.

III.2 Les unités structurales :

Les Monts de Tlemcen sont composés de plusieurs unités structurales (Elmi, 1970).

III.2.1 Zone synclinale de Terni

Limitée par deux accidents de direction moyenne N 70° E, le plateau de Terni se présente comme un synclinal effondré, dont le flanc sud est plus redressé que le flanc nord. Cette dépression formée au sein de la série jurassique, s'enfoncé légèrement vers l'Est. Dans cette zone, la plupart des contacts entre les formations se font par failles.

III.2.2 Zone effondrée de Tlemcen :

Elle fait partie du même ensemble effondré que la plaine de Maghnia, dont elle est séparée par le Djebel Tefatisset. Elle est limitée au Sud et au Nord par les failles passant par Bréa et Chetouane qui relient les panneaux des Djebels Tefatisset et Ain El Houtz.

III.2.3 Zone haute des Djebels Tefatisset et Ain El Houtz :

Elle est limitée au Sud par une faille et au Nord par une série de failles en relais de même direction (N70, N 40).

III.2.4 Zone d'Er-Ramlya :

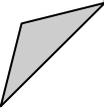
C'est un dôme affecté par une tectonique cassante et découpé en de nombreux panneaux soulignés par des accidents, le plus souvent rectilignes.

IV.CONCLUTION :

Les piémonts nord des Monts de Tlemcen sont constitués de terrains mésozoïques, de Jurassique supérieur, Crétacé inférieur et Cénozoïque d'âge Mio-Plio-Quaternaire. L'analyse structurale de la région montre la présence de deux systèmes décrochants, à cinq phases tectoniques, contrôlés par le jeu et le rejeu d'accidents distensifs SO-NE à OSO-ENE, parfois compressif (Benest, 1982).

La tectonique joue un rôle important dans la structure géologique de la zone d'étude. Les nombreuses failles ont contribué au développement de la karstification et à l'émergence de plusieurs sources.

CHAPITRE III :
CONTEXTE
HYDROGEOLOGIQUE



I.INTRODUCTION:

Les Monts de Tlemcen situés au Nord -Ouest algérien, correspondent à un vaste horst de direction NE -SO, sont souvent appelés «le château d'eau naturel de l'Ouest algérien». Ils occupent la partie centrale de la wilaya et représentent 28 % de la superficie totale.

Ils sont constitués essentiellement de formations carbonatées du Kimméridgien et du Tithonien forment la plus grande partie des plateaux, représentant un important aquifère d'un potentiel hydrique considérable. Dans ce chapitre, nous allons synthétiser le contexte hydrogéologique de la zone d'étude, mettant en évidence les formations qui présentent un grand intérêt hydrogéologique (Figure III.1).

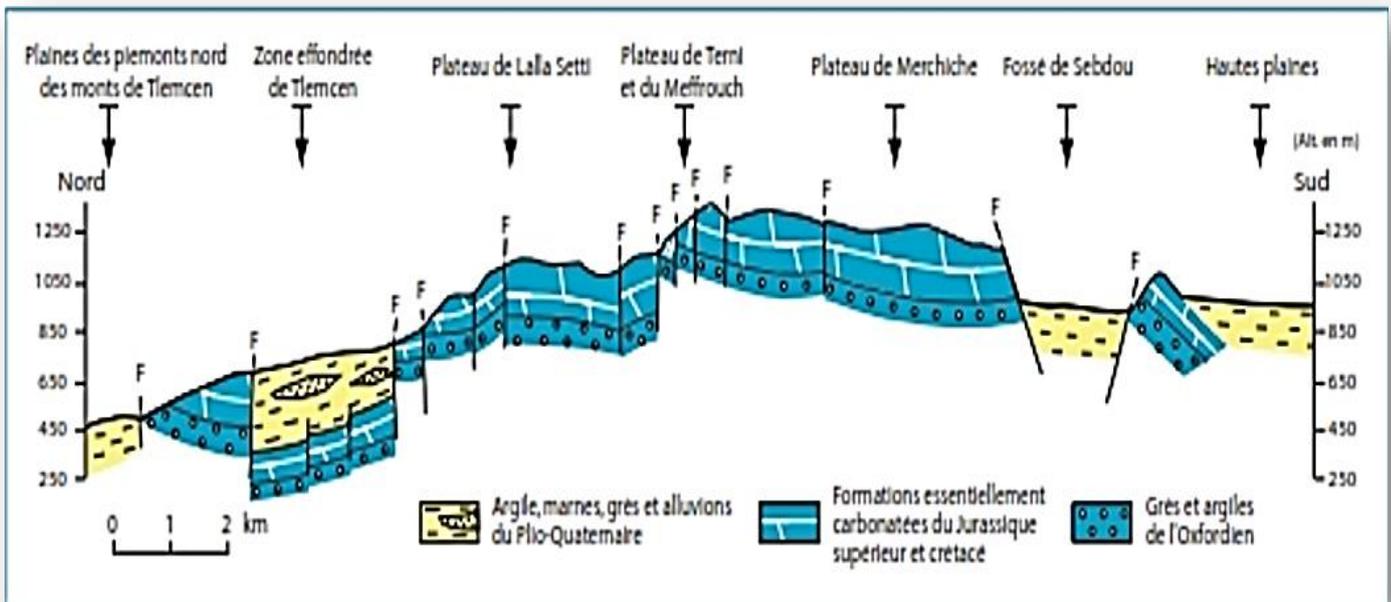


Fig. III.1: Coupe transversale des Monts de Tlemcen, illustrant les principaux types d'aquifères de la région (Collignon, 1986 ; inBensaoula 2007)

II. PROPRIETES HYDROGEOLOGIQUES DES FORMATIONS :

Nous identifions les différentes formations à capacité réservoir présentes principalement dans notre zone d'étude verticalement (Fig. III. 5), et latéralement (Fig. III. 6).

II.1 Aquifères fortement karstiques:

II.1.1 Dolomies de Tlemcen :

Avec à leur base les calcaires de Zarifet occupant la plus grande partie des massifs, ces roches sont diaclasées et intensément karstifiées, les nombreuses sources qui émergent de ce niveau témoignent de son intérêt hydrogéologique (Hayane, 1983), par exemple Ain Fouara Supérieure d'un débit moyen de 60 l/s. Cette source est captée et destinée à l'alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen. La figure III.2 montre son contexte d'émergence, selon l'auteur, il s'agit d'un contact anormal entre les dolomies de Tlemcen et les grès de Boumediene.

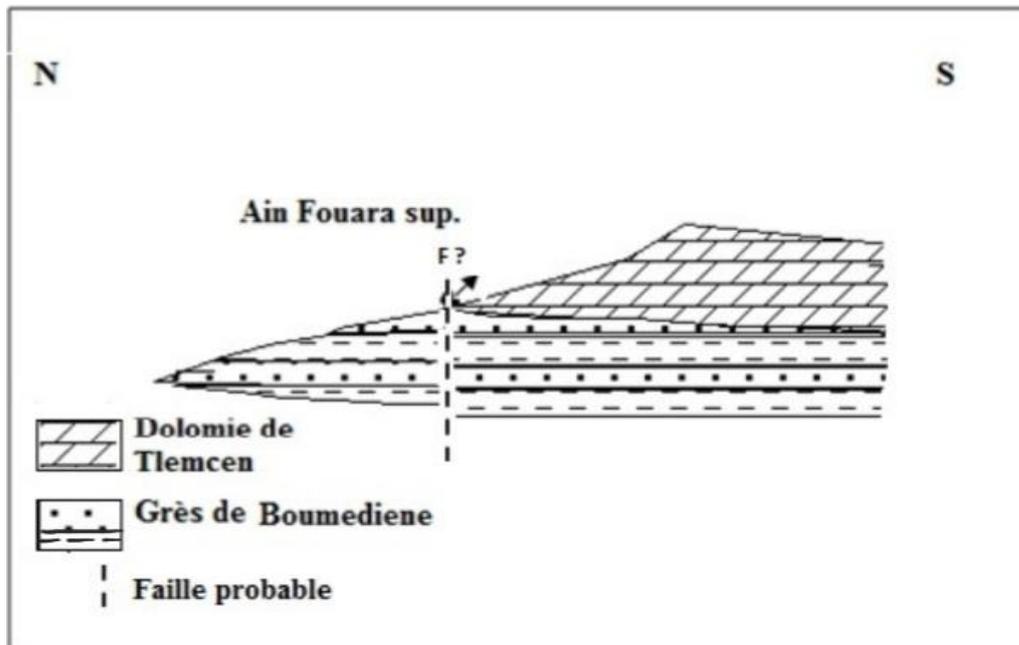


Fig. III.2 : Coupe schématique d'Ain Fouara Supérieure (Hayane, 1983 ; in Ablaoui, 2013)

Une autre source qui représente un intérêt pour notre étude est celle d'Ain Bendou, avec un débit de 15l/s, les eaux de cette source sont captées. Nous avons réalisé une coupe géologique pour comprendre son contexte d'émergence (Fig. III.3). Il est clair que la partie effondrée du graben participe à l'alimentation de cette source dont la faille favorise la remonté des eaux.

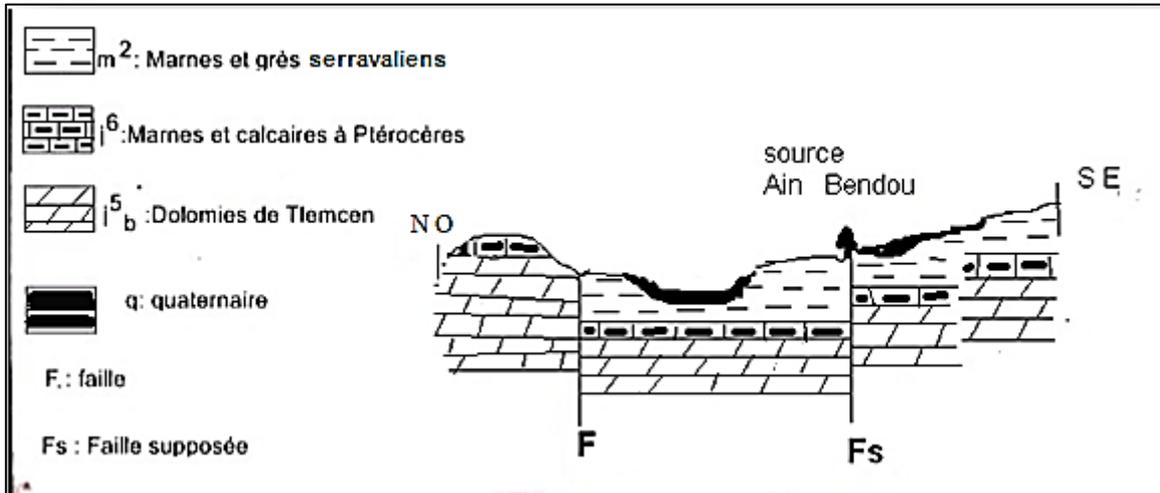


Fig. III.3 : Contexte d'émergence de source Ain Bendou

II.1.2 Dolomies de Terni :

Selon l'importance de la couche calcaire, située souvent à la base des dolomies, on aura donc un drainage plus ou moins efficace de l'ensemble (Collignon, 1986). Ces niveaux calcaires sont ceux qui ont les meilleures propriétés transmissives (développement des réseaux souterrains de grande largeur et bons débits spécifiques).

II.2 Aquifères poreux et fissurés :

II.2.1 Grès du Serravalien :

Des forages réalisés dans la zone de Remchi par (DRE) Direction des Ressources en Eau de Tlemcen, ont permis de traverser les formations gréseuses et marneuses du Miocène moyen. Ils ont atteint le toit des premiers niveaux aquifères gréseux à des profondeurs variant de 95 m à 270 m. Ces grès se sont révélés très fissurés et rarement karstifiés (Kerzabi 2008).

II.2.2 Grès du Tortonien (miocène supérieur) :

Admettant une porosité de fissures et d'interstices, drainés par quelques sources de faible débit (Hayane, 1983) : Ain Ouassirene (2 l/s), Ain Deheb (4 l/s).

II.2.3 Formations plio-quaternaires et quaternaires :

C'est une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes de faible épaisseur ; constituant ainsi des aquifères d'extension très limitée recouvrant les formations miocènes.

Exception d'une série couvrant de vastes étendues, relativement perméable à partir de la formation plio-villafranchienne, qui peut alimenter des sources situées dans les points les plus bas des chenaux d'érosion plio-villafranchin (Clair et Concaret, 1973) : Ain Ouaheb, 2 l/s, et Ain Boukoura, 10 l/s, exutoires du paléochenal d'Hennaya ; des conglomérats très fissurés.

II.3 Aquifère moyennement poreux parfois fissuré :**II.3.1 Grès de Boumédiene :**

Ces grès sont peu poreux, ce qui justifie que la porosité des interstices soit faible. Cependant, les lits de marnes intercalés dans les niveaux gréseux permettent à l'ensemble de jouer un rôle d'écran étanche qui sert à maintenir le niveau aquifère et délimite les bassins hydrogéologiques du Jurassique supérieur (membre calcaréo_dolomitique inférieur), quelques sources émergent de ces grès (Hayane, 1983), tel que Ain El Kebira (2 l/s), Ain Guessia (0.5 l/s).

II.4 Formations non aquifères :**II.4.1 Marno-calcaires de Raouraï :**

Ils sont relativement imperméables, les niveaux calcaires peuvent admettre une certaine perméabilité horizontale notamment dans les niveaux supérieurs altérés. Mais toute la série est étanche dans le sens vertical.

II.4.2 Marnes du Serravalien (Miocène moyen) :

C'est une série de marnes imperméables qui peuvent contenir un peu ou beaucoup d'eau dans ses intercalations gréseuses.

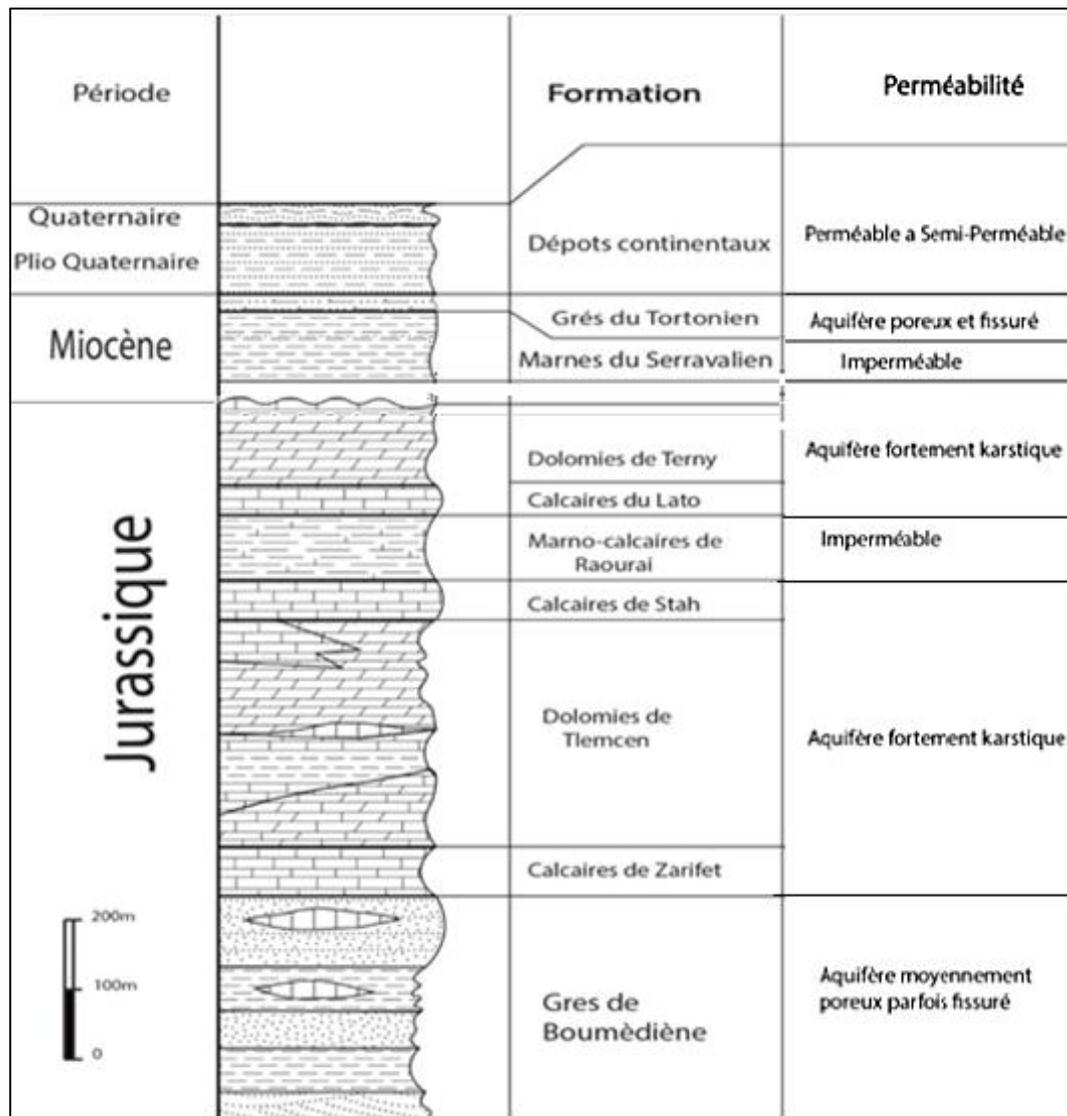
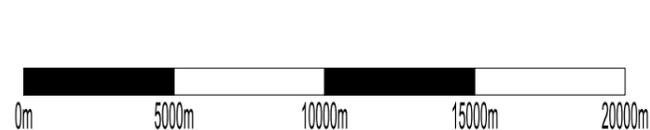
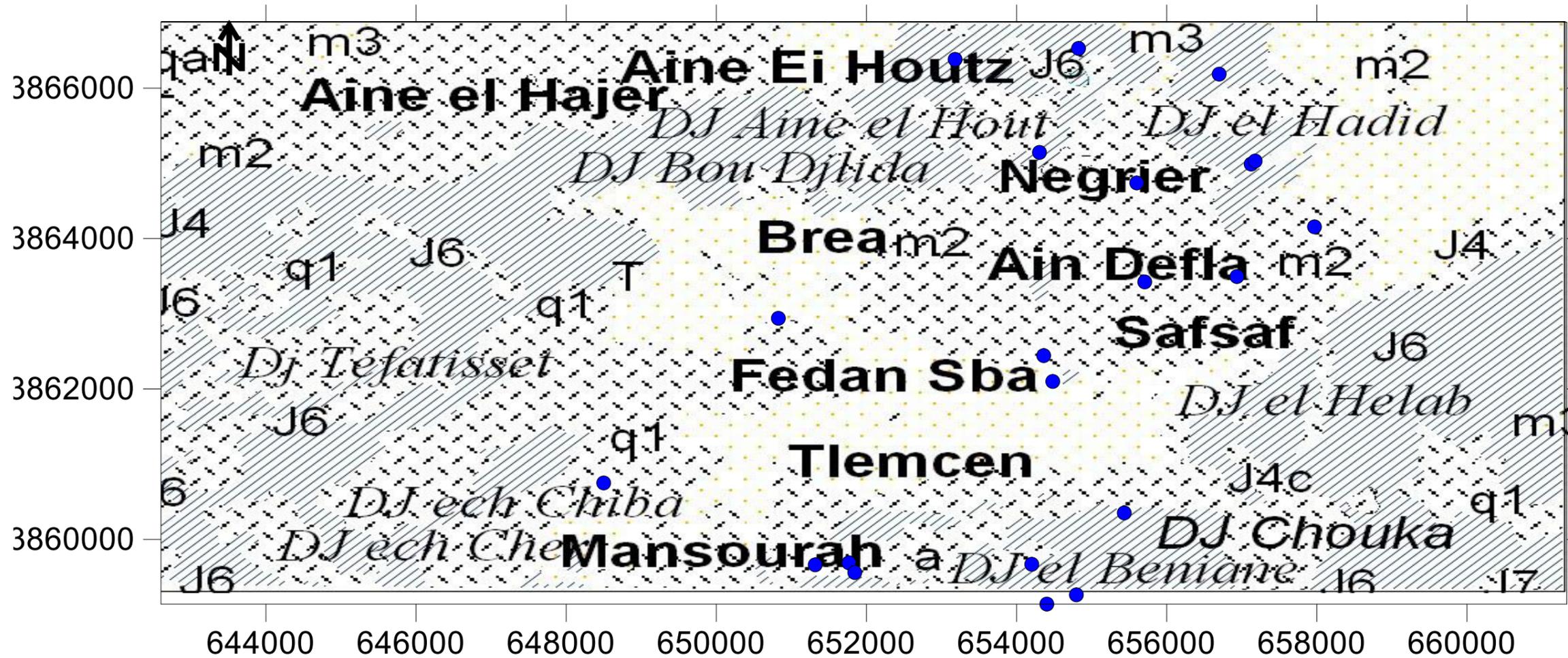


Fig. III.4: Colonne hydrogéologique des Monts de Tlemcen (Touati et Nébia, 2019; modifiée).

III.Conclusion :

La tectonique joue un rôle majeur dans l’hydrogéologie de la zone d’étude, car les nombreux accidents qui ont affecté les Monts de Tlemcen avec un rejet de plus de 500 mètres ont isolé les aquifères karstiques et amélioré la circulation des eaux souterraines.

La composition hydrogéologique de la zone de GUT nous a permis de mettre en valeur les principales formations aquifères qui présentent un intérêt hydrogéologique dans la zone étudiée. Les grès de Boumediene forment un aquifère moyennement poreux et parfois fissuré, les dolomies de Tlemcen et les calcaires qui leur sont associés (calcaire de Zarifet et de Stah) et les dolomies de Terni avec le calcaire Lato sont des aquifères fortement karstiques, les grès du Tortonien ainsi que les grès intercalés du Serravalien forment un aquifère poreux et fissuré.



-  Aquifer faible perméabilité à imperméable (m2,at,a2,a,q1,T,q,P2a,m1p,m1c,J6,J4,J4c)
-  Aquifer perméable à porosité d'interstice (m3)
-  Aquifer perméable à porosité fissuré et karstique(J7,J5b,J5a,J5a-b)
-  Forage au source.

a² Alluvions récentes
 a^t Tufs calcaires
 a Eboilis et dépôts de pentes

q¹ Alluvions anciennes des vallées
 (niveau 15 à 20m) et cuvettes des plateaux
 T Travertins anciens et récents
 q_a Alluvions anciennes (niveau 70 à 80m)
 P_a² Alluvions pliocènes (niveau 90 à 140m)

m³ Grès tortoniens
 m² Marnes et grès helvétiens
 m_p¹ Poudingues
 m_c¹ Marnes carteniennes

J⁷ Dolomies et calcaires
 J⁶ Marnes et calcaires à Ptérocères
 J⁵ J_b⁵ Dolomies de Tlemcen
 J_a⁵ Calcaires bleus
 J_{a-b}⁵ a et b non séparés

J⁴ Grès séquaniens
 J_c⁴ Calcaires à échinides

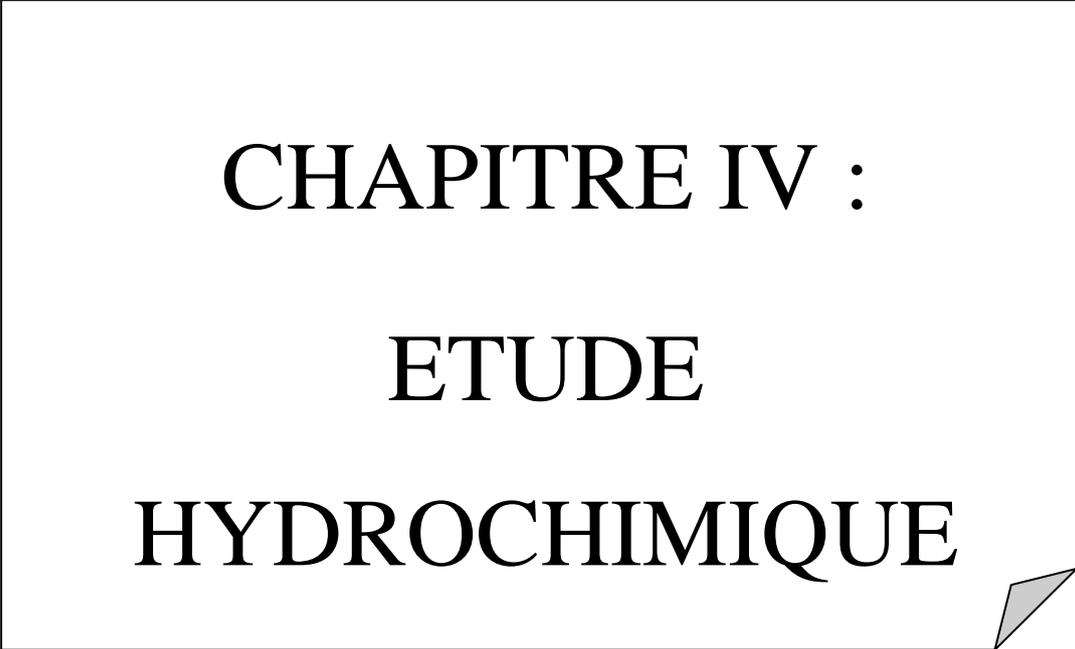
Fig. III.5 : Carte des aquifères du GUT

Partie 2 :

ÉTUDE

EXPREMENTALE

CHAPITRE IV :
ETUDE
HYDROCHIMIQUE



I. INTRODUCTION :

Après avoir présenté le contexte hydrogéologique, ce titre sera consacré à la caractérisation qualitative des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. Premièrement, nous présenterons la méthodologie adoptée dans notre travail ; après la vérification des données, nous avons effectué une comparaison des analyses avec les normes algériennes (2011). Pour mieux comprendre les étapes suivies par le laboratoire de l'ADE, nous avons effectué un stage dont nous avons assisté des prélèvements et les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de sources : Ain Fouara et Ain Bendou.

Une norme est le critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieure. Ce qui permet de comparer une teneur ou un paramètre physique d'une eau par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas.

L'hétérogénéité lithologique de l'aquifère joue un rôle très important, sans doute, sur les variations des caractéristiques chimiques de ces eaux. Les moyens pour estimer la qualité des eaux sont les suivants :

- ❖ Les analyses physico-chimiques
- ❖ Les analyses bactériologiques

Pour la caractérisation du milieu des eaux souterraines, les indicateurs sont les suivants : (pH, la Température, la Conductivité, les Cations, Anions, et les éléments en traces).

II. PRÉSENTATION DES DONNÉES :

II.1 Moyens et méthodologie :

Cette partie de notre étude est basée sur l'interprétation des analyses chimiques effectuée par le laboratoire d'analyse de l'ADE de la wilaya de Tlemcen. Les prélèvements ont été effectués au niveau des forages et des sources répartis sur la commune de Tlemcen, à des fins de consommation humaine. Pour mieux appréhender et atteindre notre objectif, nous avons réalisé une analyse spatiotemporelle qualitative des eaux de 17 forages et 5 sources, pour la période (2011-2021) (Fig. IV.2).

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

Les analyses physico-chimiques sont pour les éléments majeurs : les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+) et des anions (Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^- , NO_2^- , NO_3^- , P^- , HCO_3^-), le pH, la conductivité.

II.2 Fiabilité des analyses hydrochimiques

En utilisant la méthode du rapport de conductivité pour la vérification de la fiabilité de l'analyse a été contrôlée. Cette méthode est la seule qui permet d'éliminer les mauvaises analyses. Elle consiste à effectuer le rapport de la Conductivité Electrique (CE) par 100, selon les résultats on peut en déduire de l'état des analyses :

- $\text{Cond}/100 =$ à la somme des cations, ou à la somme des anions = Bonne analyse
- $\text{Cond}/100 <$ à la somme des cations, ou à la somme des anions nous avons une sur estimation des concentrations des éléments majeurs.

Les données physicochimiques sont étudiées sous forme de graphique, il permet de mieux apprécier la fiabilité des analyses pour chaque usage. Cette méthode s'applique à une série de données décennales de 2011 à 2021.

- Pour la réalisation des graphes et valider les analyser, on procède par : Le rapport $\text{CE}/100$ sur l'axe des Y en fonction de la somme des anions, (vue qu'il y a un manque dans les cations) sur l'axe des X cela nous permet de visualiser la dispersion du nuage de points, au tour de la droite $\text{CE} = \Sigma \text{anions}$.
- La réalisation des droites ($\text{CE}/100 = (\Sigma r^-) + 1.5$) et ($\text{CE}/100 = (\Sigma r^-) - 1.5$), ces deux droites comportes en abscisse la somme des anions ± 1.5 et en ordonné le rapport $\text{CE}/100$.
- Le rapport $\text{CE}/100$, où l'obtention de l'intervalle et la somme des anions sont bien corrélés ce qui signifie que l'analyse est bonne, en dehors de ces deux droites, les analyses sont inacceptables.

Ainsi les analyses acceptables retenues pour la période (2011-2021) des forages sont (Fig. IV. 1) :

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

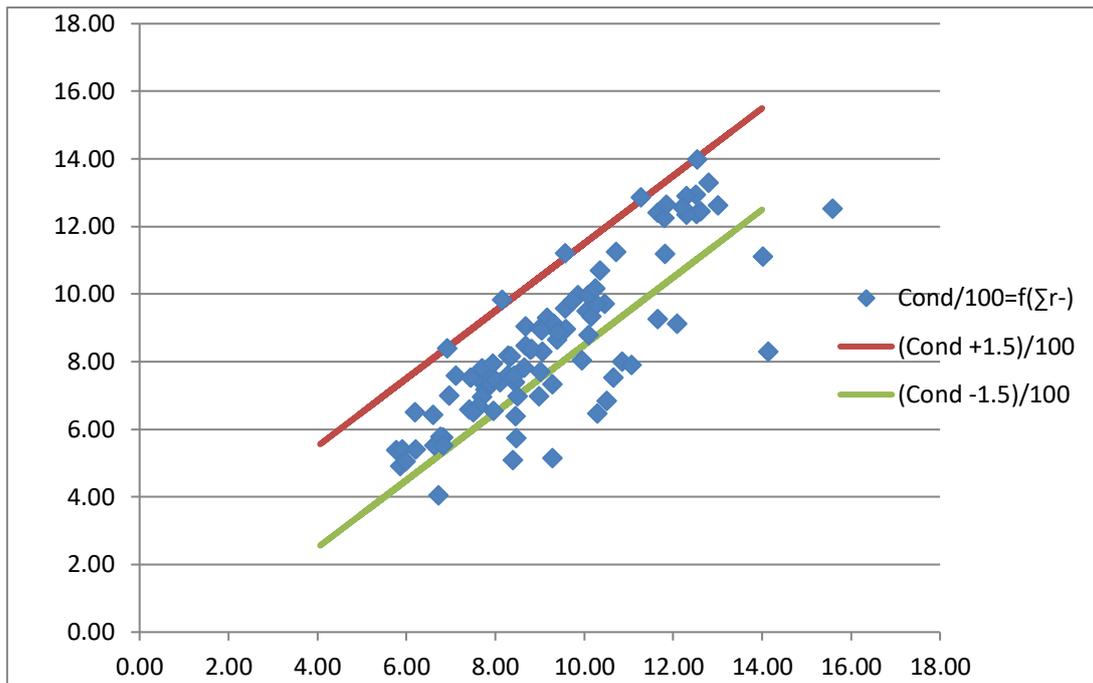


Fig. IV.1 : $CE = f(\Sigma \text{ anions})$ et validation des données (2011-2021)

Les résultats des calculs des rapports de conductivité $CE/100$ (tableau IV.1) ; on note que les années 2011 ; 2012 ; 2013 présentent certaines mauvaises analyses mais les autres années sont majoritairement des analyses acceptables.

Après vérification de la fiabilité des données des deux séries par cette méthode, nous avons procédé à une présentation des éléments pour évaluer la qualité des eaux souterraines.

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

Tableau IV.1 : Classification des données physico-chimiques du groupement urbain de Tlemcen

	Analyses acceptables	Mauvaises Analyses
2011	Minaret ; Bouhanek ; Safsaf 2 ; Chetouane 3 ; Source Fouara inferieur	Safsaf 3 ; Béni Boublene 2 ; Chetouane 2 ; Sidi Othman ; Fedan Sebaa ; Birouana ; Benzerdjeb
2012	Koudia ; Fedan Sebaa ; Chetouane 2	Bouhanek ; béni Boublene 2 ; Safsaf 2 ; Chetouane 3 ; sidi Othman ; F. Ain Houtz
2013	Safsaf 3 ; Chetouane 2 ; Chetouane 3 ; la Rocade ; Birouana ; Ouziden	Safsaf 2 ; F. Ain Houtz ; Sidi Othman ; Source Ain Bendou ; Fedan Sebaa
2014	Chetouane 2 ; Sidi Othman ; Fedan Sebaa ; Source Ain Bendou ; Source Fouara Supérieur ; Source Fouara Inferieur	
2015	Chetouane 1 ; Chetouane 2 ; Chetouane 3 ; Fedan Sebaa ; Sidi Othman ; F. Ain Houtz ; Source Fouara Supérieur ; Source Fouara Inferieur ; Koudia ; Source Ain Bendou	
2016	Source Bent Khadem ; Chetouane 2 ; Chetouane 3 ; Fedan Sebaa ; Sidi Othman ; F. Ain Houtz ; Source Fouara supérieur ; Source Fouara inferieur	Source Ain Bendou
2017	Birouana ; Safsaf 3 ; Safsaf 2 ; source Ain Bendou ; Chetouane 3 ; Sidi Othman ; Source Fouara supérieur	
2018	Chetouane 3 ; Fedan Sebaa ; Sidi Othman ; F. Ain Houtz ; Source Fouara supérieur ; Birouana ; Safsaf 2 ; Safsaf 3 ; Koudia ; source Ain Bendou ; Source Bent Soltane ; Source Fouara inferieur ; Source Bent Khadem	
2019	Béni Boublene ; Chetouane 1 ; Chetouane 2 ; Chetouane 3 ; Fedan Sebaa ; Sidi Othman ; F. Ain Houtz ; Source Fouara supérieur ; Birouana ; Safsaf 3 ; Koudia ; Source Ain Bendou	
2020	Source Ain Bendou ; Fedan Sebaa ; Chetouane 1 ; Chetouane 2 ; Chetouane 3 ; Source Bent Soltane ; F. Ain Houtz ; Koudia ; Birouana	
2021	Chetouane 3 ; Sidi Othman ; Béni Boublene ; Safsaf 2 ; Chetouane 2 ; Fedan Sebaa	F. Ain Houtz ; Source Ain Bendou

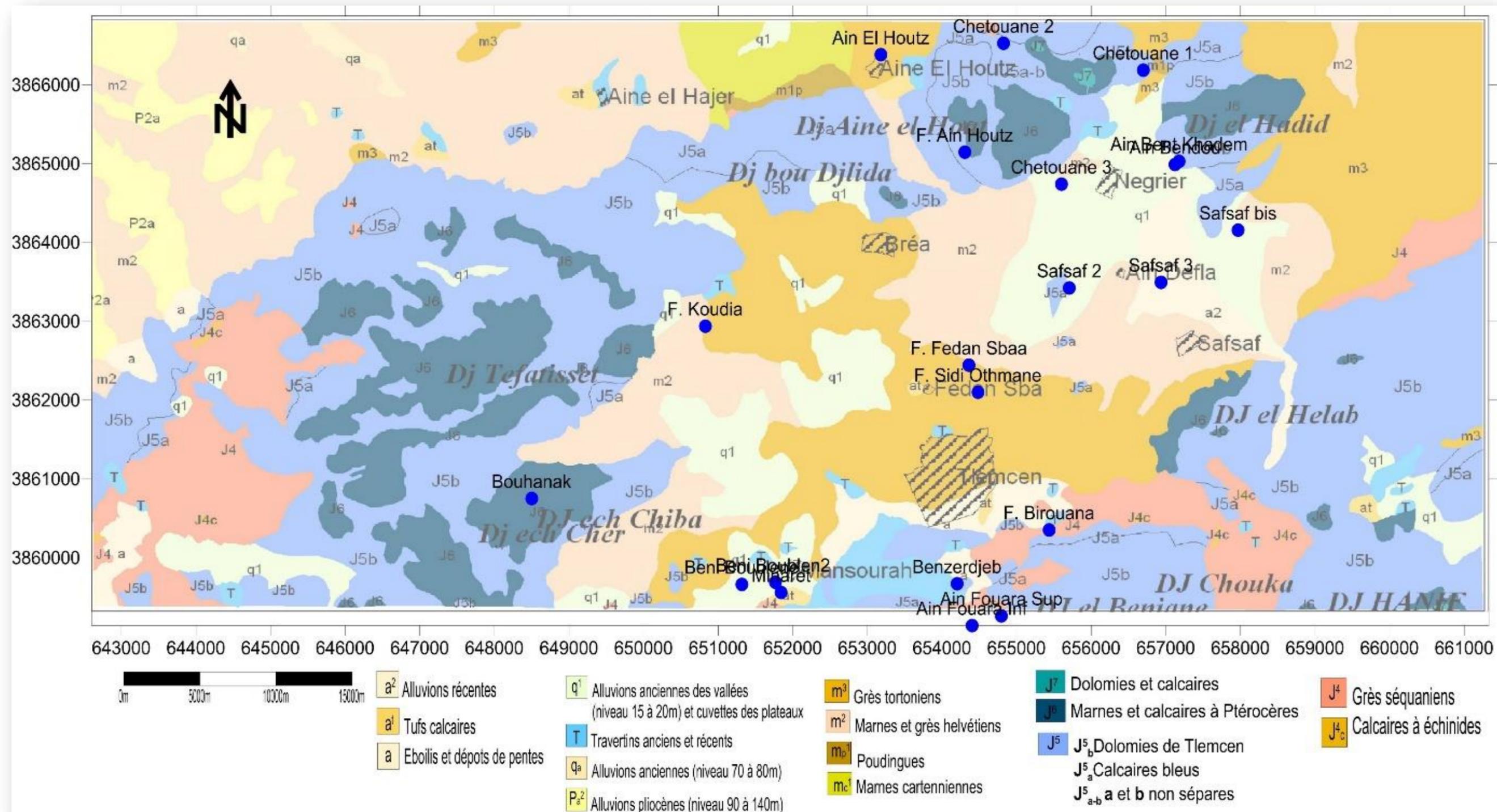


Fig. IV.2 : Carte de position des points d'eau utilisés dans notre étude

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

III. CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES :

Les différents histogrammes représentent l'évolution spatio-temporelle des éléments chimiques des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen de la période (2011-2021).

III.1 Paramètres physico-chimiques

III.1.1 Potentiel d'hydrogène pH :

Le pH se situe entre 6,5 et 9 dans les eaux naturelles. D'après la figure IV.3 Les valeurs varient entre la norme maximale et minimale sauf forage Sidi Othman la plus faible est moins la norme minimale est à 6,46 en 2013. Les mesures égales ou légèrement supérieures à 7 en 2020, en revanche la valeur la plus élevée est celle du forage Benzerdjeb à 8,05 en 2011.

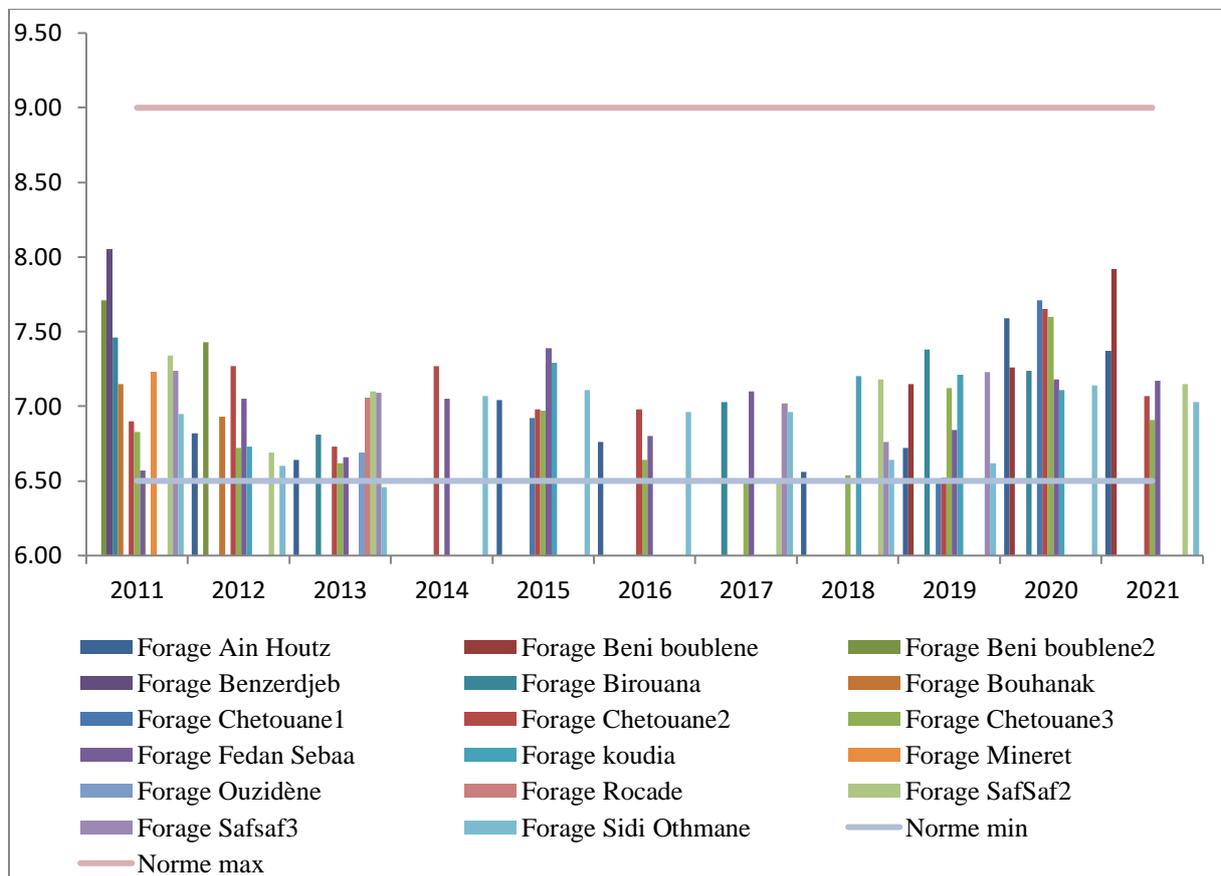


Fig. IV.3 : Variation spatio-temporelle du pH des forages

On remarque que toutes les valeurs de pH des sources font partie de l'intervalle des normes (6,5 ; 9) (Fig. IV.4).

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

La figure IV.4 indique que la valeur la plus élevée est source (Fouara supérieure) à 8,28 en 2020 et la minimale valeur est source de Ain Bendou à 6,68 en 2018.

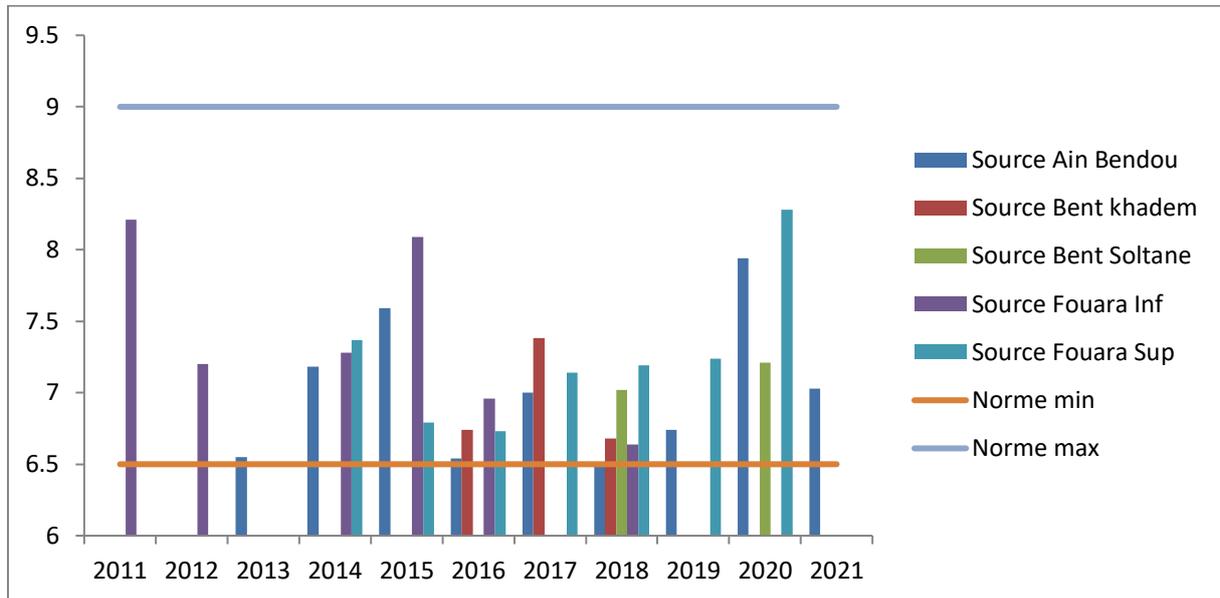


Fig. IV.4 : Variation spatio-temporelle du pH des Sources.

Ions majeurs :

III.2.1 Calcium (Ca^{+2}) :

C'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates, Il est le composant majeur de la dureté de l'eau et est généralement l'élément dominant des eaux potables (Rodier, 2009). La dissolution des carbonates ou gypses produit le calcium en générale.

Les concentrations en calcium varient entre 72 mg/l à Béni Boublene en 2021 et 190 mg/l à Béni Boublene 2 en 2012.

Ainsi ; dans le forage Chetouane 01 en 2019 la concentration dépasse la norme avec une valeur de 225 mg/l (figure IV.5).

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

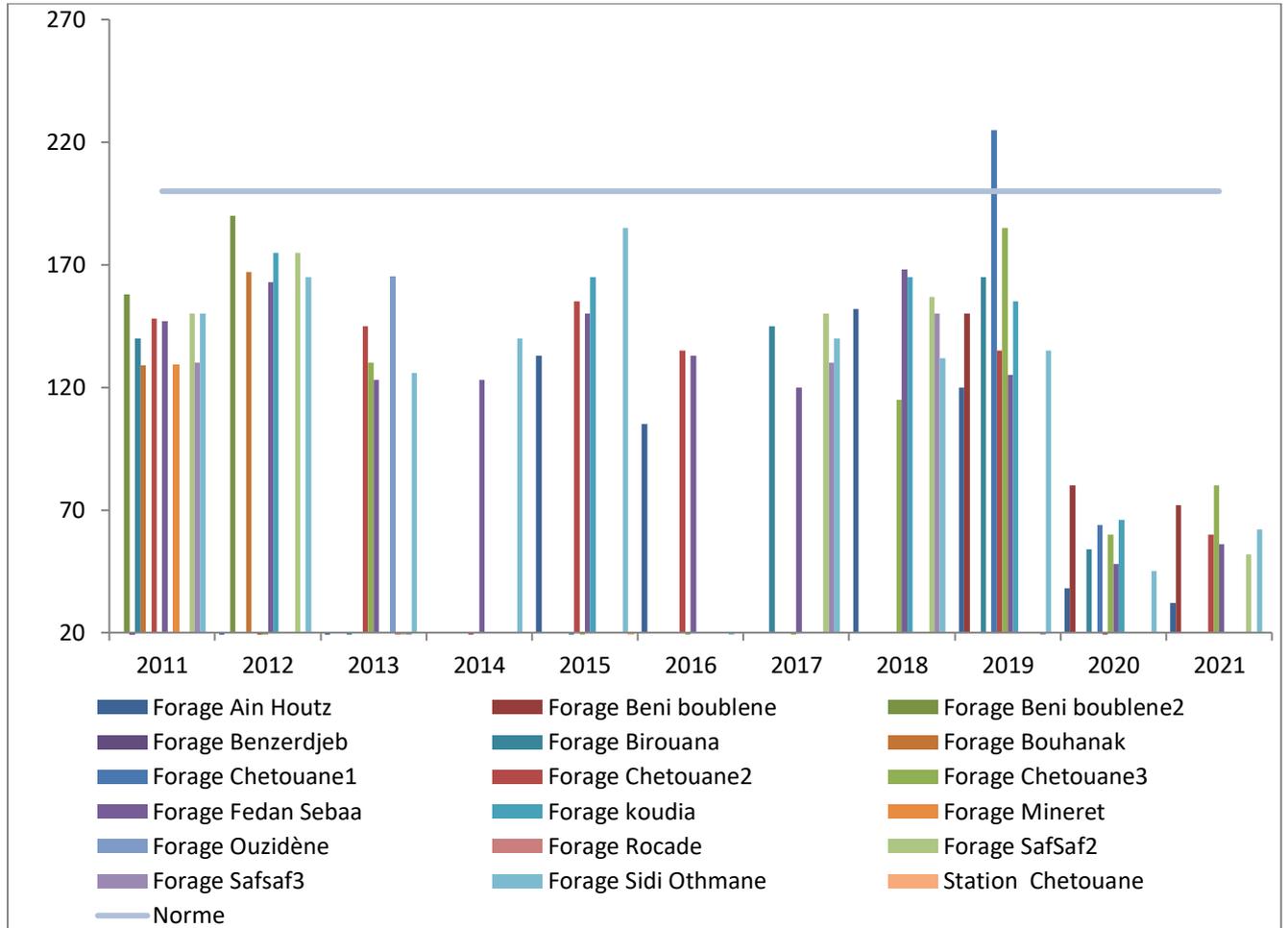


Fig. IV.5 : Variation spatio-temporelle de l'ion calcium des forages (mg/l)

La valeur maximale de la teneur en calcium est enregistrée au niveau de la source Ain Bendou (175 mg/l) en 2013, et la plus faible à la source Bent Soltane (43 mg/l) en 2020. Ces valeurs restent au-dessous de la norme (Figure IV.6).

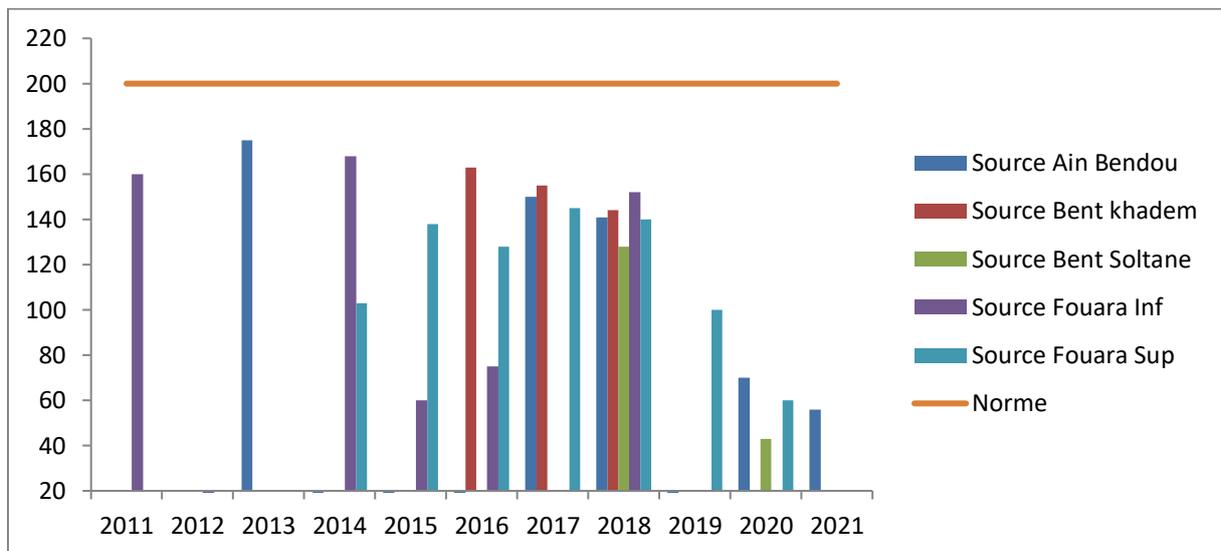


Fig. IV.6 : Variation spatio-temporelle de l'ion calcium des sources (mg/l)

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

III.2.6 Magnésium (Mg^{+2}) :

Le magnésium est un des métaux alcalino-terreux, avec le calcium, les teneurs constituent la dureté d'une eau, et représentent le tiers de la dureté totale. Le magnésium provient de la dissolution des roches à forte teneurs en magnésium (des calcaires dolomitiques, magnésite). En eau douce, les concentrations en magnésium, sont inférieurs au calcium (Ganjous, 1995).

La figure IV.7 présente la concentration de Mg^{+2} des eaux des forages avec un minimum de 24 mg/l enregistré sur le forage Ain Houtz en 2020 et un maximum de 87 mg/L dans le forage Chetouane3 en 2013.

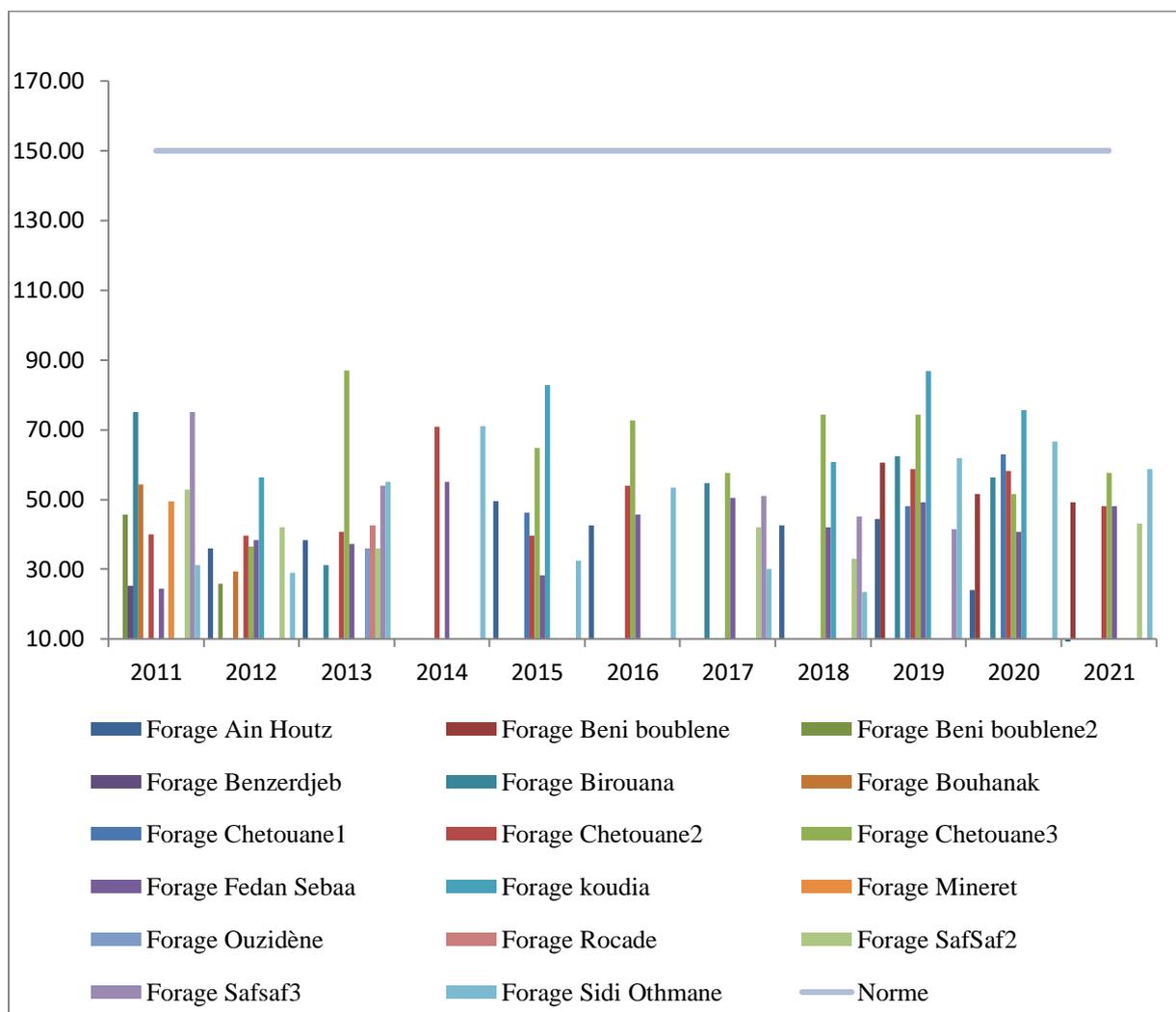


Fig. IV.7 : Variation spatio-temporelle des ions magnésium (mg/l)

La valeur la plus élevée des concentrations des ions magnésium des sources est enregistrée de à Ain Bendou en 2019 (60 mg/l) et le minimum est de 30 mg/l à la source de Ain Fouara supérieure en 2016 (fig. IV.8).

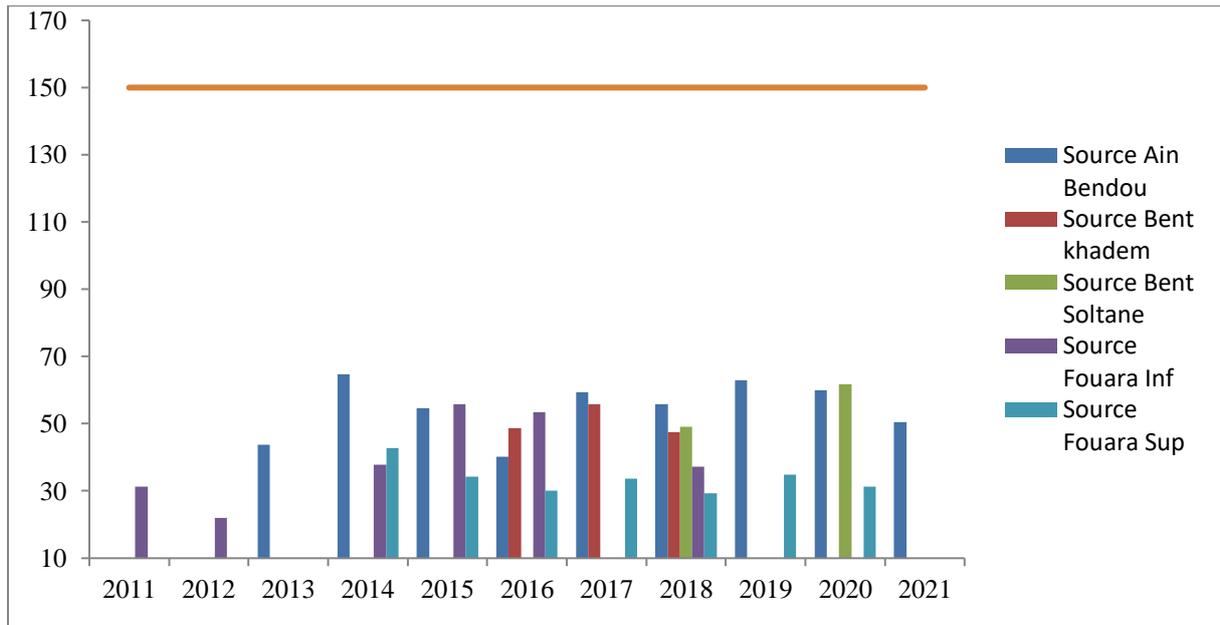


Fig. IV.8 : Variation spatio-temporelle des ions magnésium (mg/l)

III.2.7 Bicarbonate (HCO_3^-) :

Les bicarbonates interviennent également dans le traitement de l'eau notamment comme régulateur de pH. Pour une bonne qualité de l'eau potable l'OMS (1997) fixe une norme comprise de Maximum 600 mg/l, l'Algérie l'a fixé à 500 mg/l.

La figure IV.9 indique qu'en 2012 les valeurs dépassent la norme en cinq points : forage Sidi Othman à 651,4 mg/l ; forage Koudia à 610 mg/l ; forage Ain Houtz et Chetouane3 à 539,85 mg/l ; et forage Safsaf 2 à 527,65 mg/l.

En remarque dans la figure IV.10 que toutes les valeurs des sources sont inférieures à la norme avec un maximum de 445,3 mg/l en 2013 à Ain Bendou et à un minimum de 302 mg/l en 2015 et 2018 à Ain Fouara supérieure.

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

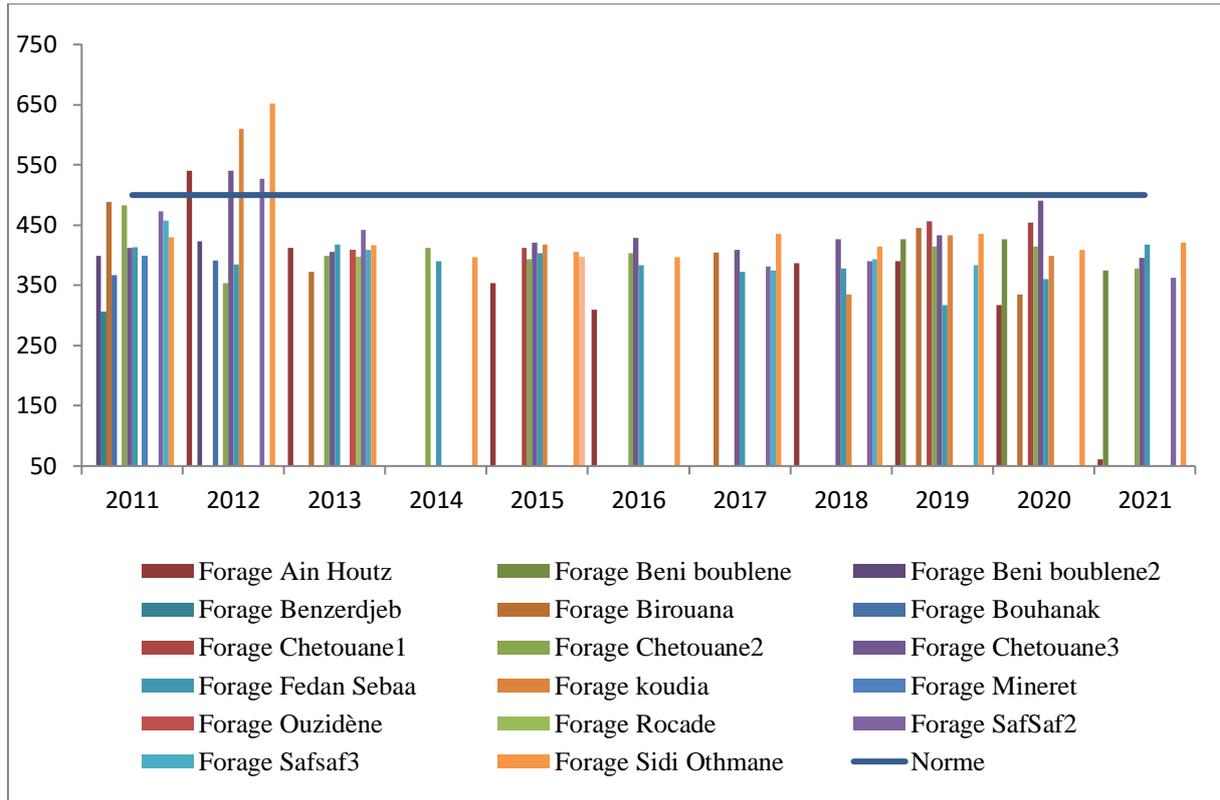


Fig. IV.9 : Variation spatio-temporelle des ions bicarbonates des forages (mg/l)

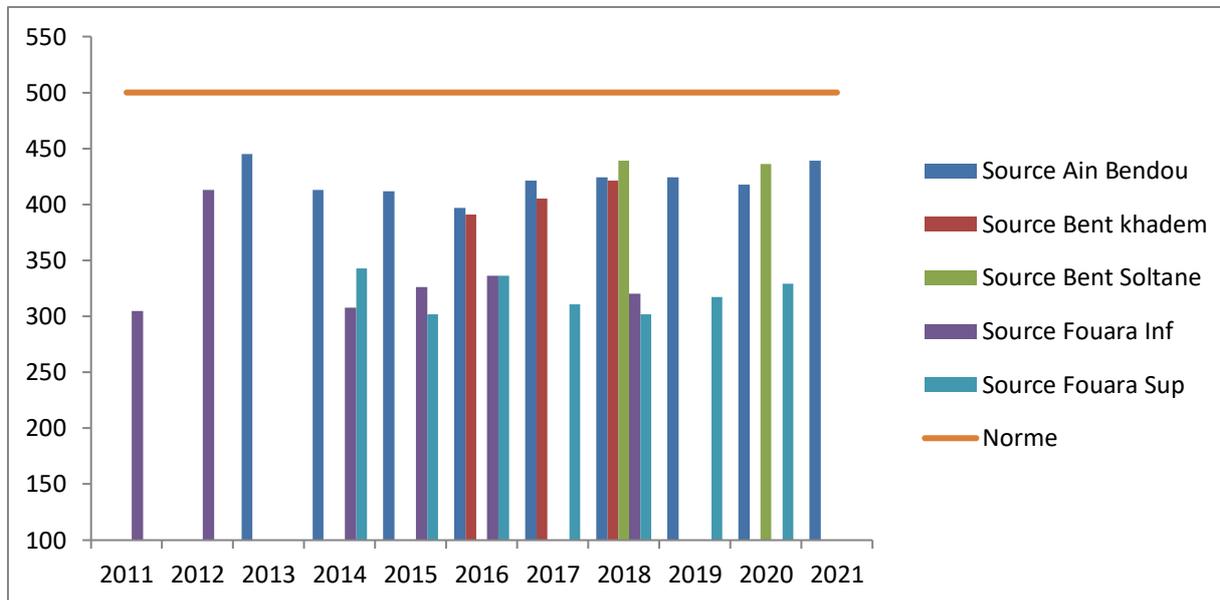


Fig. IV.10 : Variation spatio-temporelle des ions bicarbonates des sources (mg/l)

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

III.2.8 Chlorure (Cl⁻) :

L'ion Cl⁻ est présent en petite quantité sur la Terre, il provient suite à la présence d'évaporites et à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées.

La teneur maximale est enregistrée au niveau du forage Ain Houtz avec une valeur de 290 mg/l en 2021 mais en 2019 les teneurs en chlorures présentent un minimale de 33 mg/L (figure IV.11). Il est à noter que la source Fouara supérieure présente une valeur maximale de 106 mg/l en 2015 et une minimale de 21,3 mg/l en 2019 (figure IV.12). On remarque qu'aucun point ne dépasse la norme.

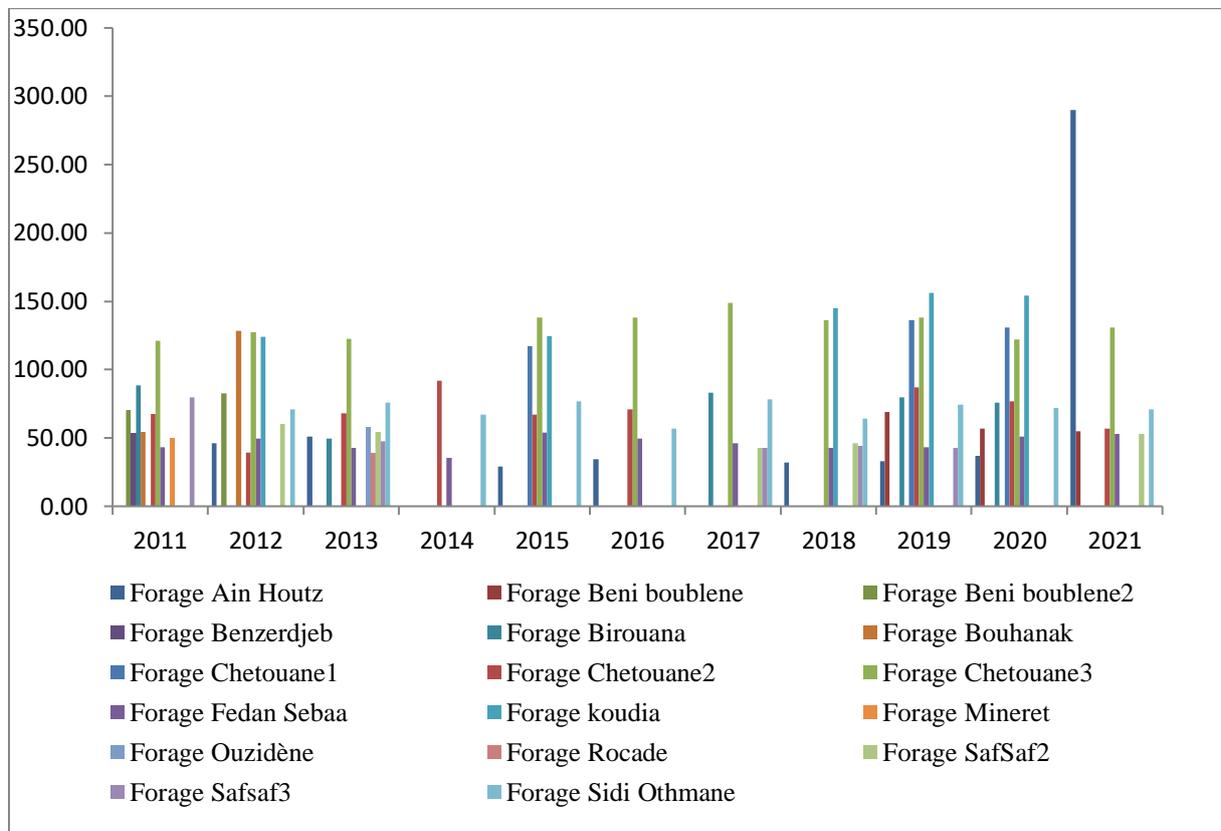


Fig. IV.11 : Variation spatio-temporelle de l'ion chlorure des forages (mg/l)

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

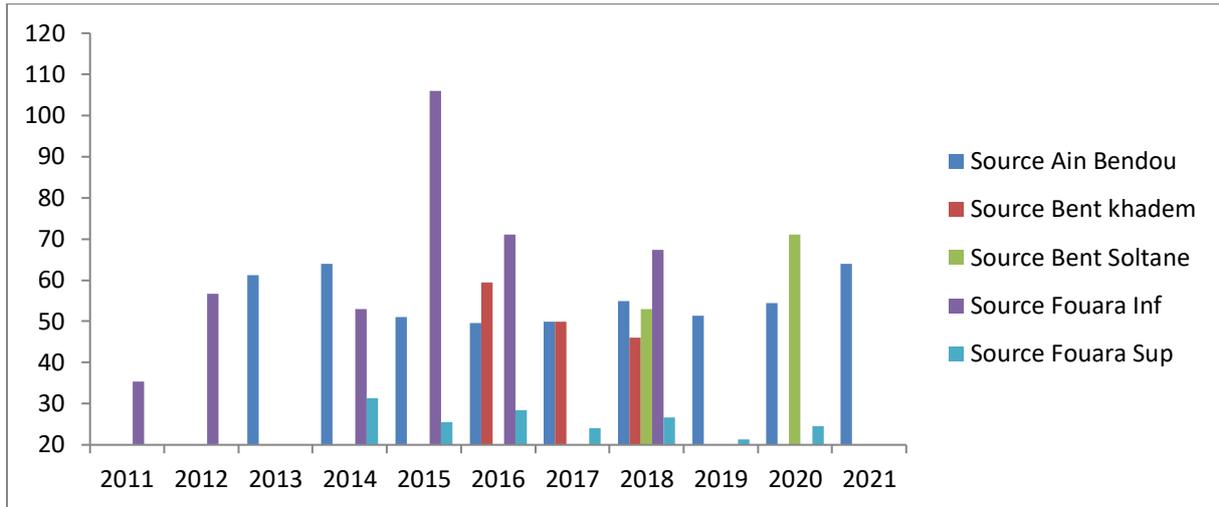


Fig. IV.12 : Variation spatio-temporelle de l'ion chlorure des sources (mg/l)

III.2.9 Sulfates (SO_4^{2-}) :

Elle est présente dans l'eau suite à la dissolution de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux.

Dans l'année 2020 le minimum enregistré est de 6 mg/L sur le forage Ain Houtz et un maximum de 150 mg/L sur le forage Sidi Othman en 2013 (figure IV.13). Les concentrations des sulfates de Ain Bendou sont également élevées pour la majorité des années, avec un maximal de 42 mg/l en 2013 ; et les concentrations est plus faible est source Ain Fouara supérieure enregistrés dans tous les années avec un minimale de 5 mg/l en 2015 (figure IV.14). Ces teneurs restent inférieurs à la norme.

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

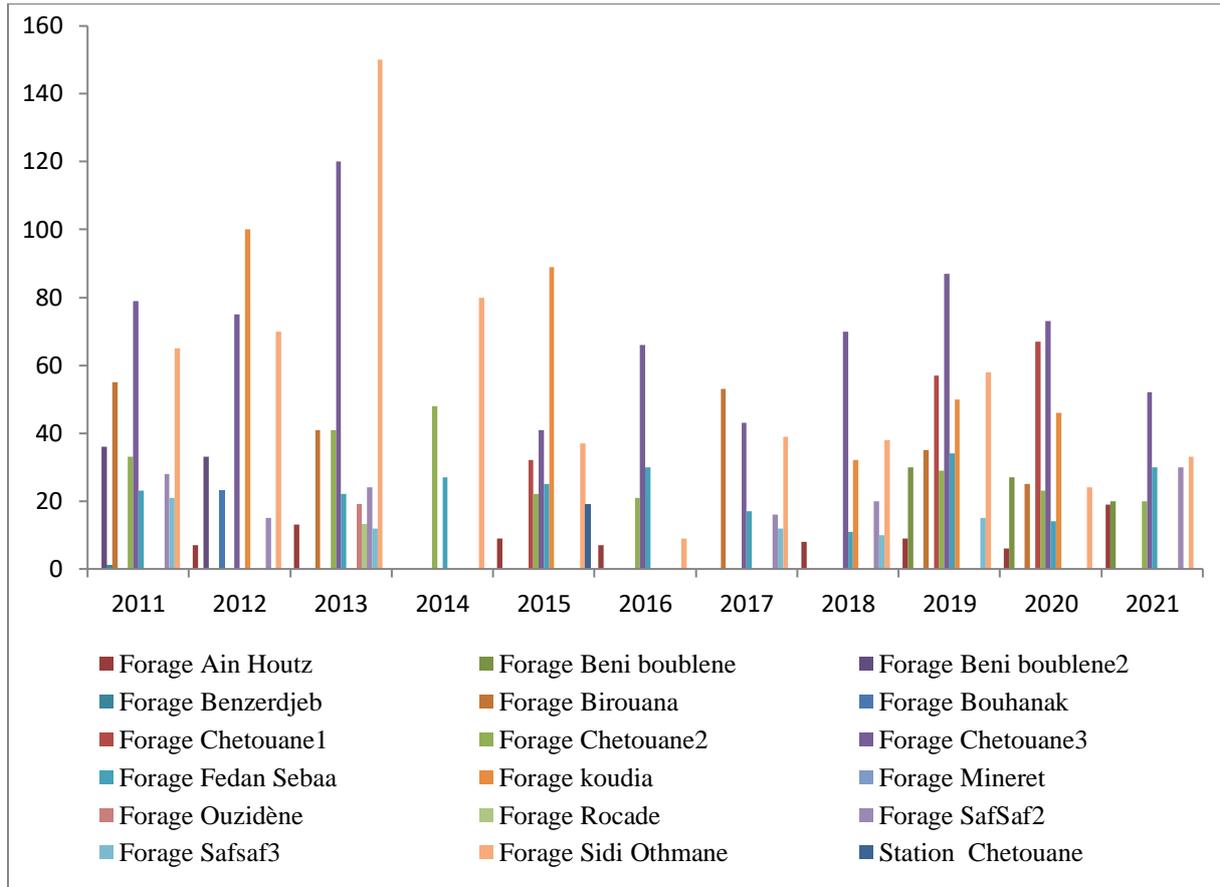


Fig.IV.13 : Variation spatio-temporelle de l'ion sulfate des forages (mg/l)

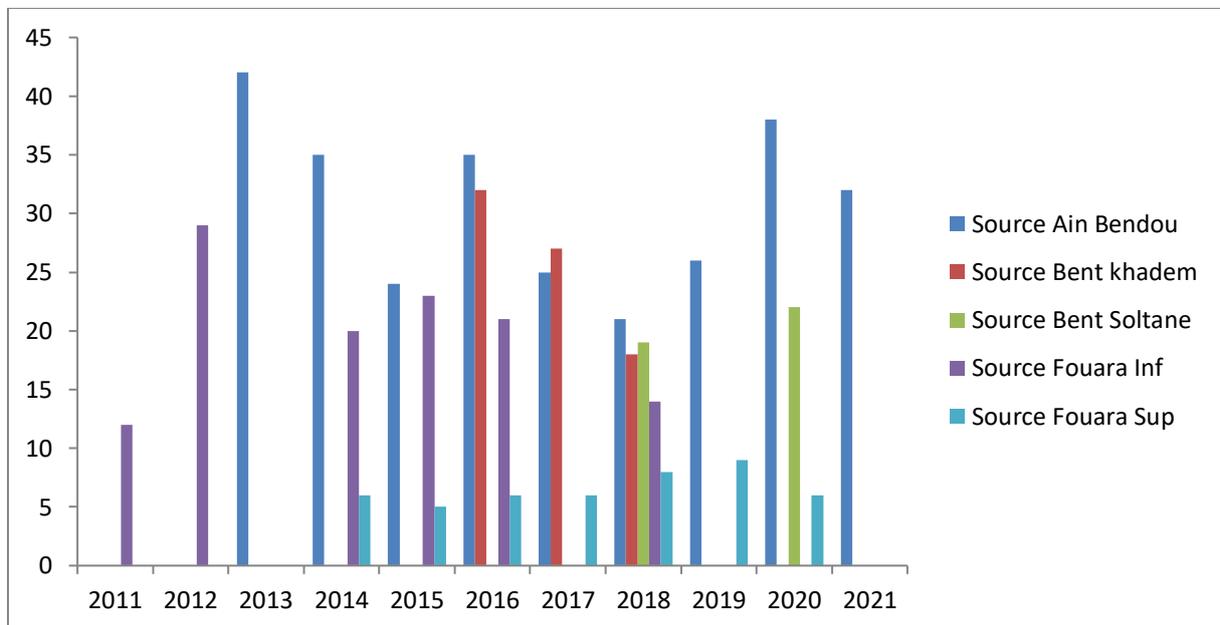


Fig. IV.14 : Variation spatio-temporelle de l'ion sulfate des sources (mg/l)

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

III.3 Ions indicateurs de pollution :

III.3.1 Fer (Fe^{2+}) :

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous plusieurs formes, la présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations (Beauchamp, 2006).

D'après la figure IV.15 la valeur la plus élevée est observée en 2012 dans le forage de Béni Boublene 2 à 0,25 mg/l. Pour les sources, la teneur la plus élevée est enregistrée au niveau d'Ain Fouara inferieur en 2011 à 0,13 mg/l (figure IV.16). Ces concentrations restent au-dessous de la norme.

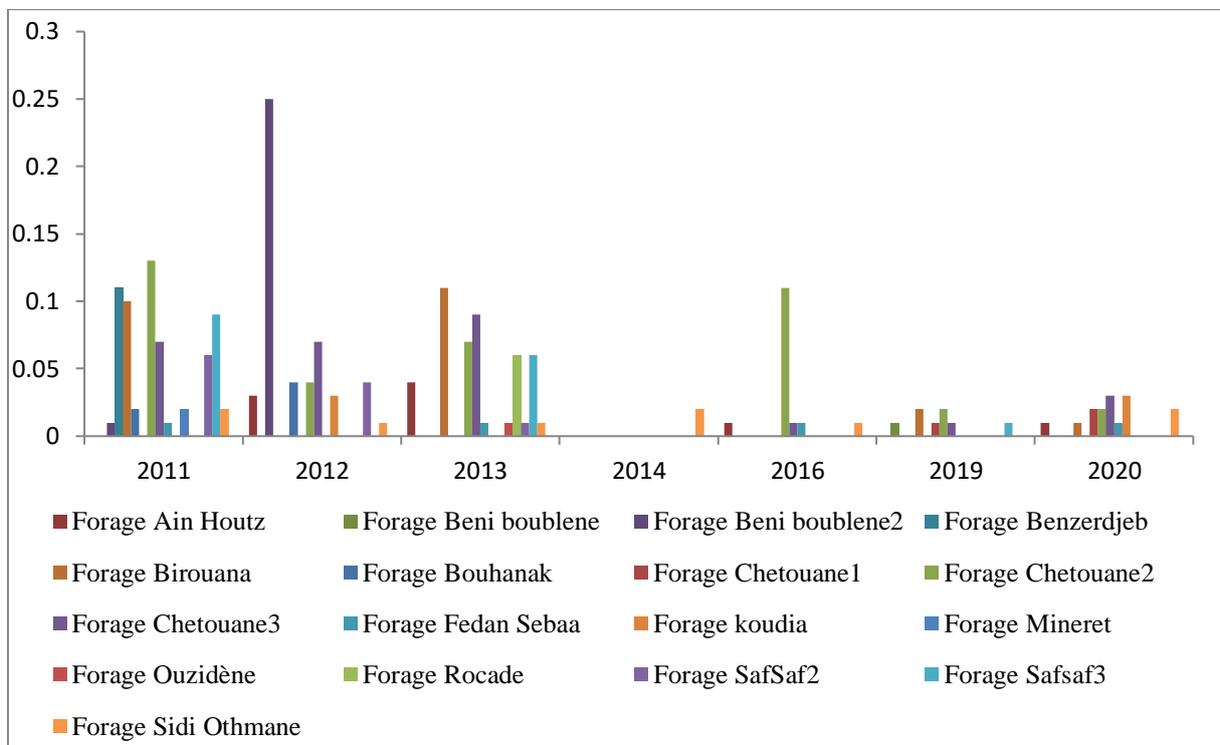


Fig. IV.15 : Variation spatio-temporelle de Fer des forages (mg/l)

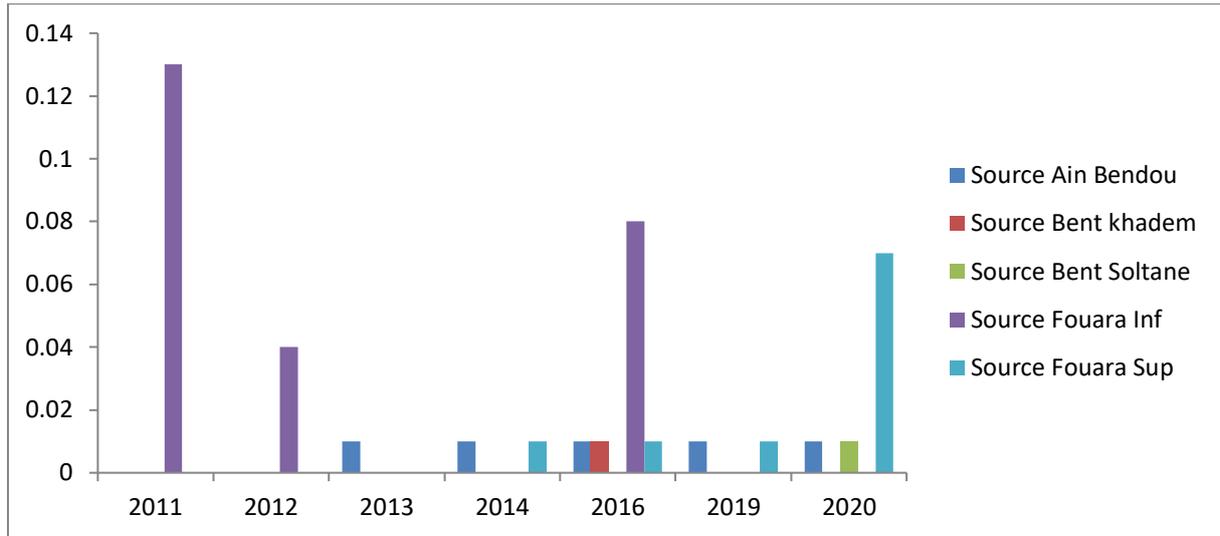


Fig. IV.16 : variation spatio-temporelle de Fer des sources (mg/l)

III.3.2 .Ammonium (NH₄⁺) :

L'ammonium n'a pas un effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution son origine primordiale est l'azote, élément important dans la vie végétale. C'est un cation qui provient de la dissolution de l'ammoniac dans l'eau (OMS, 1994). Il doit être éliminé dans les eaux potables, car c'est un élément qui favorise la prolifération des bactéries dans les réseaux de distribution (Jean, 2002). Ainsi il réagit avec le chlore pour produire des chloramines qui sont des désinfectants moins efficaces, et peuvent provoquer des goûts désagréables (Paquin ; Blok et Haudidier, 1992). C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique, ou industriel (Lenntech, 2000).

Les teneurs en ammonium sont faibles, elles varient entre 0.01 mg/l et 0,05 mg/l pour tous les forages durant la période (2011-2021), sauf les forages : de Sidi Othman qui présente la teneur la plus élevée de 0.13 mg/L en 2012, les forages Birouana et SafSaf3 avec une teneur de 0.08 mg/L en 2011 et 2017 respectivement (figure IV.17).

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

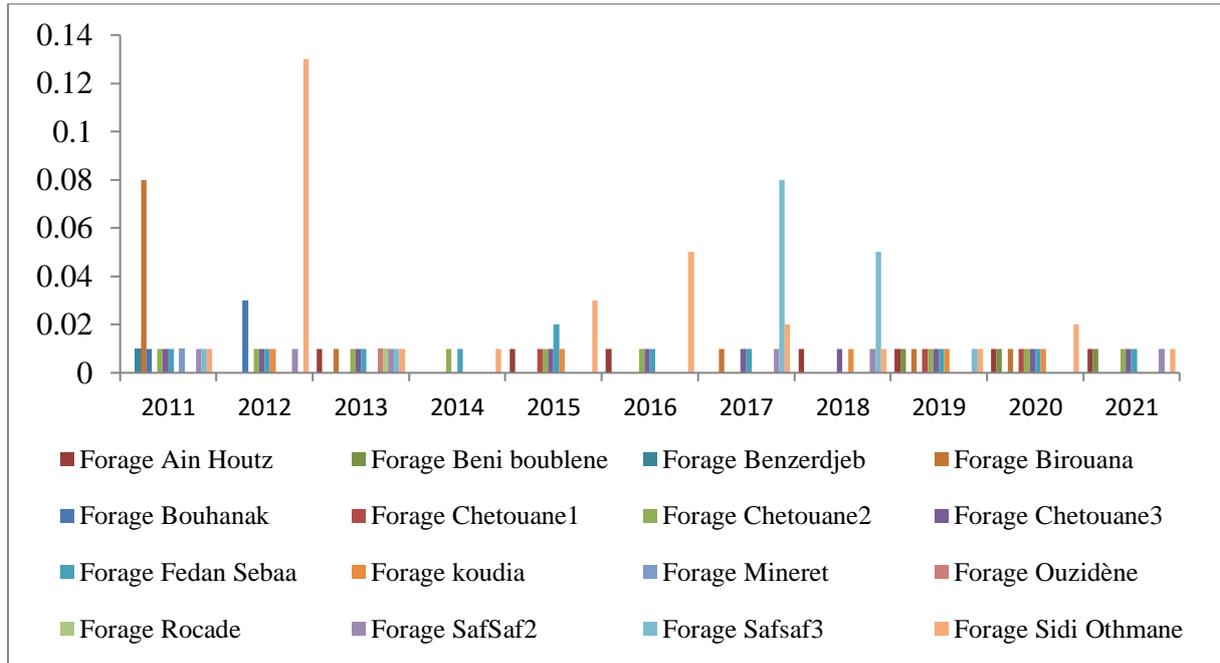


Fig. IV.17: Variation spatio-temporelle de l'ammonium des forages (mg/l)

Pour les sources les teneurs en ammonium sont faibles, elles varient entre (0.01 mg/l– 0,03 mg/l) sur toutes les sources, sauf la source Fouara inferieur qui présente une teneur élevée de 0.35 mg/l et la source Ain Bendou avec une teneur de 0.13 mg/l en 2019 (Figure IV.18).

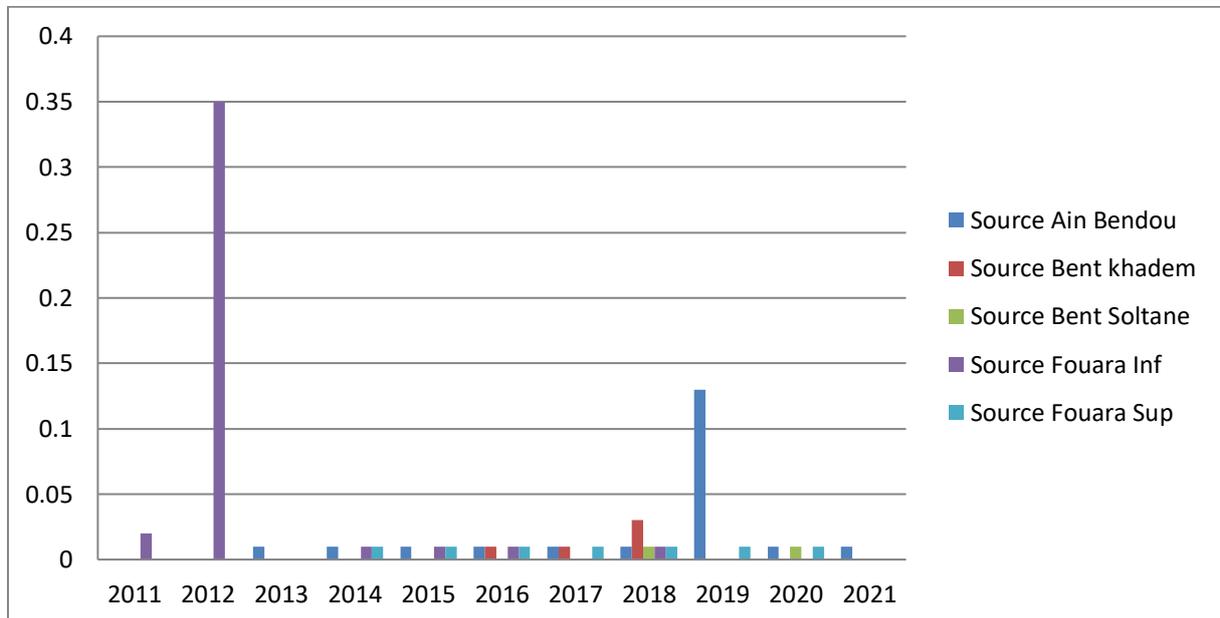


Fig. IV.18 : Variation spatio-temporelle de l'ammonium des sources (mg/l)

III.3.3 Nitrates (NO³⁻) :

En général la présence dans les eaux souterraines est liée au rejet des eaux usées et à l'utilisation des engrais chimiques dans l'agriculture. Durant la période d'étude, les concentrations en nitrates s'évaluent entre des valeurs comprises 4.2 mg/l dans le forage Fedan Sebaa en 2020 et

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

42.5mg/l sur le forage Safsaf 2 en 2011. On remarque que l'année 2011 enregistre une augmentation de la concentration en nitrate (figure IV.19).

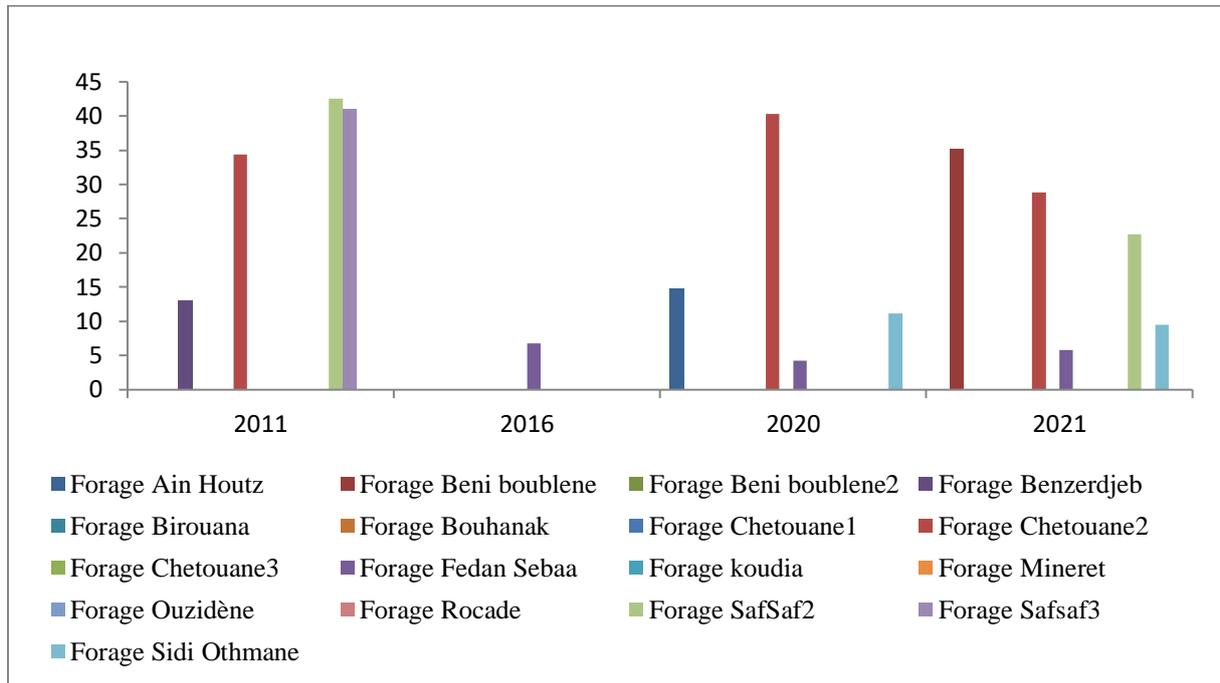


Fig. IV.19 : Variation spatio-temporelle des nitrates des forages (mg/l)

La figure (IV.20) montre que la concentration la plus élevée est observée au niveau de la source Bent Soltane en 2020 (40,01 mg/l) et la plus faible valeur est à 8,1 mg/l dans la source Bent Khadem en 2016. On remarque que les concentrations des nitrates dans les normes algériennes.

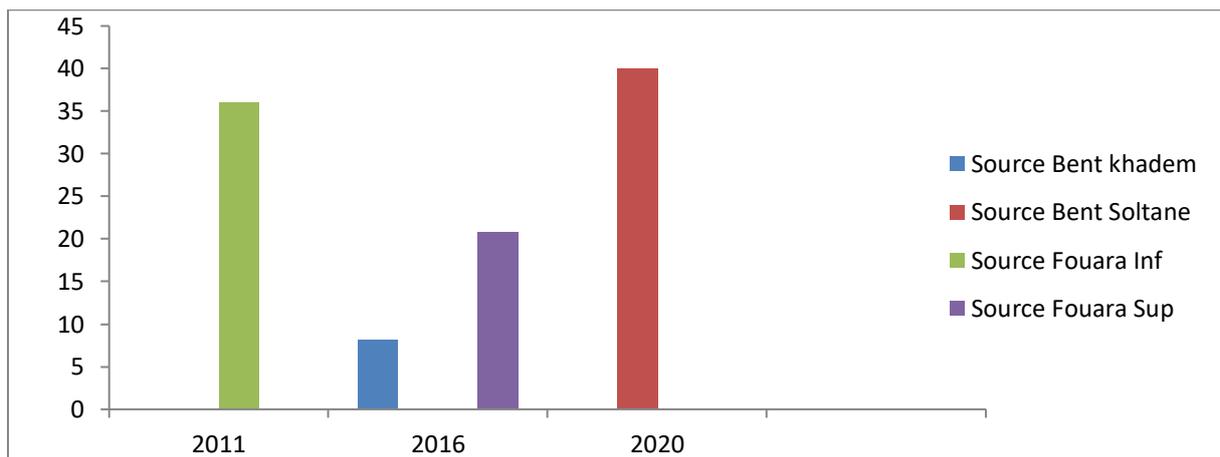


Fig. IV.20 : Variation spatio-temporelle des nitrates des sources (mg/l)

III.3.4 Nitrites (NO²⁻) :

Les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement, et sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH₄⁺) (Gaujour, 1995). Elles font partie du cycle de l'azote. Dans les eaux de la zone d'études, on remarque que deux forages dépassent la norme

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

algérienne d'une valeur la plus élevée de 0,97 mg/l en 2015 sur le forage Ain Houtz et le second (Chetouane 3) en 2013 de 0,906 mg/l. La plus faible concentration est nulle ou pour plusieurs des forages (Figure IV.21).

Concernant les sources, la concentration la plus élevée est en 2018 sur la source Bent Khadem, elle est de 0,03 mg/l (figure IV.22).

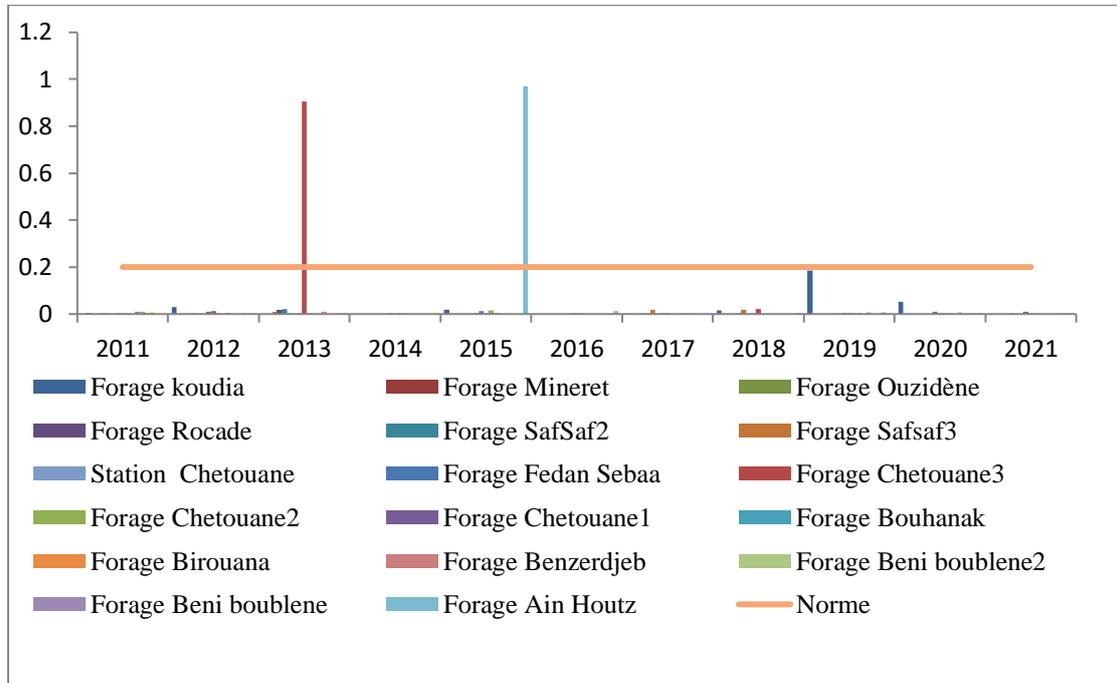


Fig. IV.21 : Variation spatio-temporelle du nitrite des forages (mg/l)

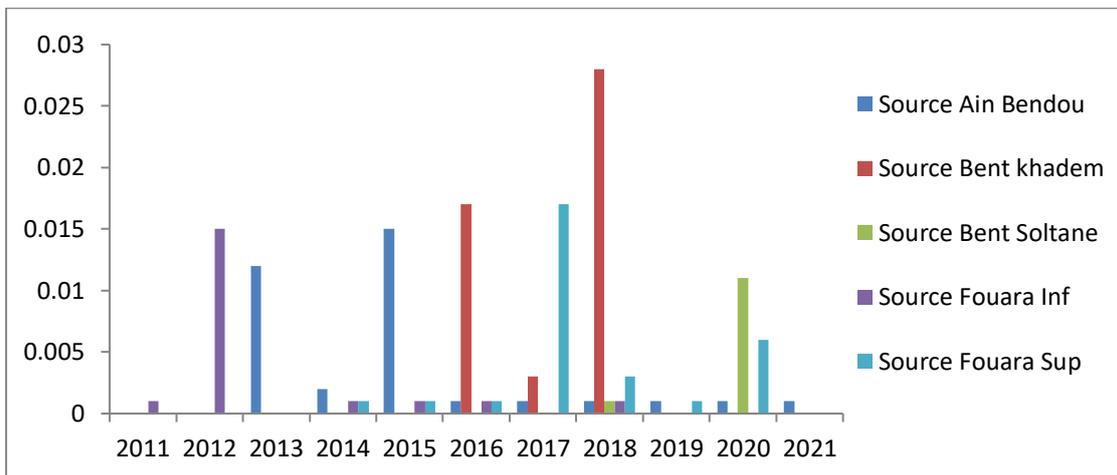


Fig. IV.22 : Variation spatio-temporelle du nitrite des sources (mg/l)

III.3.5 Phosphore (P⁻)

Le phosphore n'est pas directement toxique pour les humains, de sorte qu'il n'y a pas de critère pour l'eau potable. La toxicité causée par le phosphore dans les eaux douces est indirecte, parce

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

qu'elle se manifeste à travers l'accélération de la croissance des algues, et la diminution de la concentration d'oxygène dans l'eau (Gangbazo, 2005).

Les concentrations de phosphore varient entre 0.01 et 2 mg/l, (la figure IV.23), une faible concentration est enregistrée dans plusieurs forages (0,01 mg/l), la figure IV.24 montre que la forte teneur de phosphore est de 0,13 mg/l à Ain Fouara inferieur en 2016. Les valeurs de la concentration de phosphore restent au-dessous de la norme.

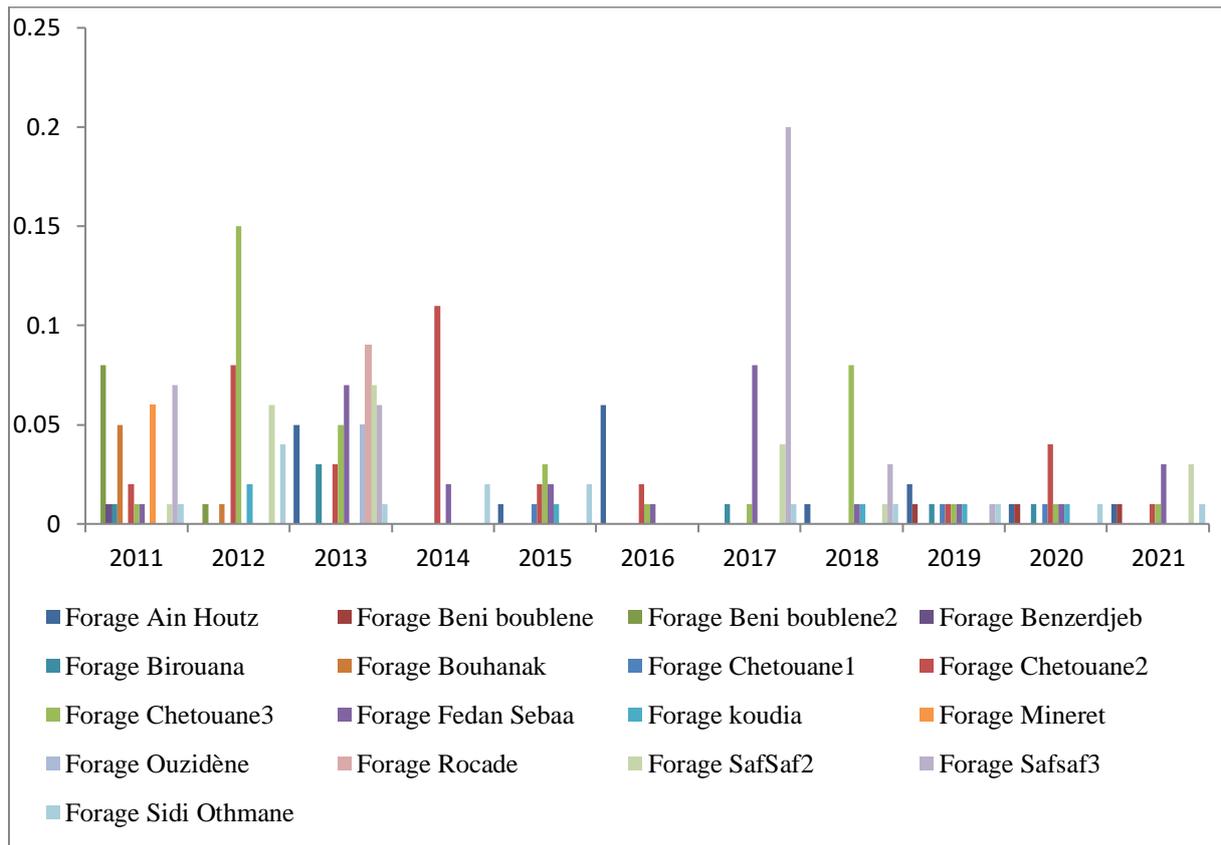


Fig. IV.23 : Variation spatio-temporelle du phosphore des forages (mg/l)

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

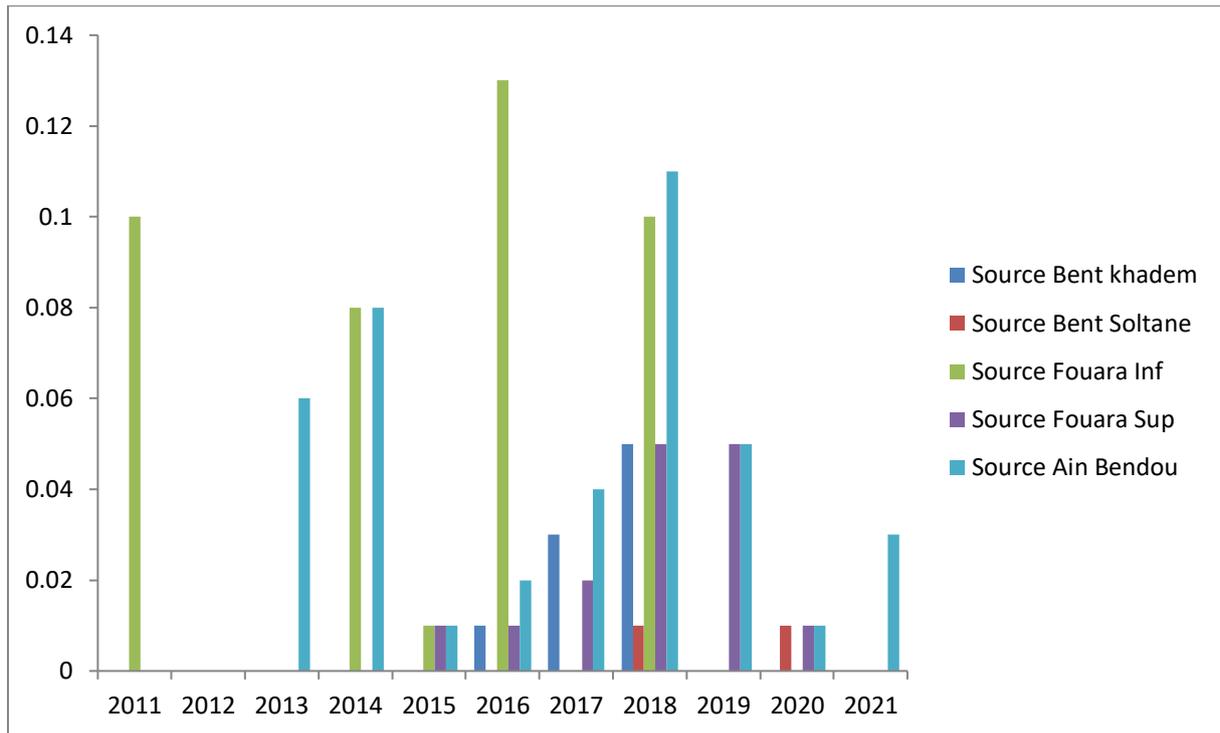


Fig. IV.24 : Variation spatio-temporelle du phosphore des sources (mg/l)

IV.CONCLUSION SUR LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE GUT :

L'eau potable doit répondre aux critères de potabilité chimiques et microbiologique. Si un des éléments dépasse la concentration admissible, l'eau peut être considéré comme impropre à la consommation humaine

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de GUT, de la période étudié (2011-2021) ont été comparés aux normes de potabilité algériennes (Journal Algérienne 2011).Le Tableau suivant présente les résultats de l'étude comparative des données physico-chimiques avec les normes de potabilité et l'interprétation de la qualité de l'eau (potable ou non) selon les différents paramètres :

- ✓ Les teneurs en calcium sont comprises dans un intervalle entre 32 mg/l et 225mg/l, la majorité des forages répondent aux normes de potabilité algériennes de 200mg/l concentration maximal admissible sauf forage Chetouane 1 en 2019.
- ✓ Les valeurs de magnésium sont comprises entre 21,96 mg/l et 87mg/l. les concentrations prélevées répondent aux normes algériennes.
- ✓ La concentration en sulfate présente des concentrations conformes à la norme de potabilité (400mg/l). Le maximum de pour le sulfate enregistre est de 150 mg/l.

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

- ✓ Les teneurs en chlorure varient entre 21,3mg/l et 290 mg/l. Ces valeurs sont faibles et inférieures par rapport à la concentration maximal admissible.
- ✓ Les concentrations d'ammonium enregistrées montrent que les valeurs sont comprises entre 0.01mg/l et 0.35 mg/l. tous les points d'eau sont conformes aux normes.
- ✓ Les teneurs en nitrites varient respectivement entre 0.00 mg/l et 0.97 mg/l, dont il ya que deux points qui dépassent la norme : forage Chetouane 3 en 2013 et forage Ain Houtz en 2015. Concernant les teneurs en nitrates, sont comprises entre de 4,2 mg/L et 42,5 mg/l. Les valeurs de tous les points d'eau sont inférieures aux normes.
- ✓ La concentration des bicarbonates varient entre 61 mg/l et 651,4 mg/l, dont il ya 5 forages en 2012 présentent une teneur supérieure à la norme : Sidi Othman, Ain Houtz, Koudia, Safsaf2, et Chetouane3.
- ✓ Les valeurs des phosphores sont d'autant faibles voire 0,01 pour plusieurs forages avec un maximum de 0,2 mg/l. Tous sont conformes aux normes de potabilité.

Nous pouvons conclure que les paramètres chimiques les plus présents et qui rendent les eaux non-potables sont principalement les bicarbonates et les nitrites. L'origine naturelle du premier peut expliquer cette teneur, mais une origine anthropique est probablement l'origine du second.

Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif de la qualité physico-chimique des eaux du GUT (2011-2021)

Paramètres	Unité	Normes Algériennes	Résultats des analyses physico-chimiques	
			Conformes aux normes	Non conformes aux normes
Ca ²⁺	mg/l	200	Tous les points étudiés sauf (Chetouane 01)	Chetouane 01(2019)
Mg ²⁺	mg/l	150	Tous les points étudiés.	/
HCO ₃ ⁻	mg/l	500	F. Minaret, F. Bouhanek, F. Beni boublene, F. Beni Boublene2, F.Safsaf3, F.Chetouane1, F.Chetouane2, F. Fedan Sebaa, F. Birouana, F. Benzerdjeb, S. Fouara Inf, S. Fouara Sup, F. Ouziden, S. Ain Bendou, F. Rocate, S.Bent khadem, S. Bent Soltane.	F. Sidi Othmane(2012) ; F. Koudia(2012) ; F. Ain Houtz(2012), F. Chetouane 03(2012) ; et F. Safsaf 2(2012).
Cl ⁻	mg/l	500	Tous les points étudiés.	/

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

NH_4^+	mg/l	0.5	Tous les points étudiés.	/
Fe^{2+}	mg/l	0.3	Tous les points étudiés.	/
SO_4^{-2}	mg/l	400	Tous les points étudiés.	/
NO_3^-	mg/l	50	Tous les points étudiés.	/
NO_2^-	mg/l	0.2	F. Minaret, F. Bouhanek, F. Beni boublene, F. Beni Boublene2, F.SafSaf2, F.Safsaf3, Station Chetouane, F.Chetouane1, F.Chetouane2,F. Sidi Othmane, F. Fedan Sebaa, F. Birouana, F. Benzerdjeb, S. Fouara Inf, S. Fouara Sup, F. Koudia, F. Ouziden, S. Ain Bendou, F. Rocade, S. Bent khadem, S. Bent Soltane.	F. Ain Houtz(2015) ; F. Chetouane 3(2013)
P-	mg/l	0.5	Tous les points étudiés	/
pH	/	6.5 - 9	Tous les points étudiés.	/

V.ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUE :

Définition :

L'eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe pathogène. Ces germes ne pouvant être facilement détectables dans une eau de consommation sans l'utilisation de "micro - organismes indicateurs de contamination fécale". Ils sont en effet spécifiques de la flore intestinale de l'homme ou des animaux, et leur présence indique l'existence d'une contamination fécale, et donc d'un risque potentiel pour la santé. Ce sont des germes accompagnateurs des germes pathogènes, caractérisés par une résistance dans l'environnement que les germes pathogènes et ils sont plus faciles à rechercher. Les plus importants sont :

- **Les coliformes totaux** : ils permettent d'évaluer l'efficacité d'une filière de traitement, mais ne sont pas directement corrélés à une pollution fécale.
- **Les coliformes fécaux, dont *Escherichia coli* (*E. coli*)**: ils sont directement reliés à une pollution fécale, mais ne permettent de la dater.
- **Les entérocoques aux streptocoques fécaux** : ils sont considérés comme des indicateurs fiables d'une contamination fécale ancienne, car ils sont plus résistants qu'E. Coli.

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

Résultats et discussion :

Tableau IV.3 : Tableau récapitulatif de la qualité bactériologique des eaux du GUT (2011-2021)

Paramètres	Unité	Normes Algériennes	Résultats des analyses bactériologiques	
			Conformes aux normes	Non conformes aux normes
Coliformes totaux	n/100ml	<10	F. Minaret, F. Beni boublene, F. Beni boublene 2, F. Safsaf3, F.Chetouane1, F. Benzerdjeb, S. Fouara Inf, S. Fouara Sup, F. Koudia, F. Ouziden, F. Rocade, S. Bent Soltane, F. Ain Houtz	F. Bouhanek (2011), F.Chetouane2(2013), F. Fedan Sebaa(2015,2016), F. Birouana(2015,2017), F. Safsaf 2(2018), F. Sidi Othman(2014) S. Ain Bendou(2016), S. Bent Khadem (2016).
Coliformes fécaux	n/100ml	0	F. Minaret, F.Beni boublene, F. Beni boublene 2, F. Safsaf 3, F.Chetouane1, F. Chetouane 2, F. Fedan Sebaa, F. Benzerdjeb, S. Fouara Inf, S. Fouara Sup, F. Koudia, F. Ouziden,, F. Rocade, F. Ain Houtz.	F. Bouhanek (2011), F. Safsaf 2(2018) F. Sidi Othman (2014), F. Birouana (2015), S. Ain Bendou(2016), S. Bent Khadem(2018), S. Bent Soltane (2018).
Streptocoques fécaux	n/100ml	0	F. Minaret, F. Bouhanek, F. Beni boublene, F. Beni boublene2, F.Chetouane1, F.Chetouane2, F. Birouana, F. Benzerdjeb, S. Fouara Inf, F. Ouziden, , F. Rocade, S. Bent khadem, F. Ain Houtz	F.SafSaf2(2013,2018), F. Safsaf (2011), F. Chetouane 3(2018,2019), F. Sidi Othmane(2018,2020), F. Fedan Sebaa (2012), F. Koudia (2015,2018), S. Ain Bendou (2018, 2020,2021), S. Bent Soltane (2018) S. Fouara Sup(2021),

Le tableau IV.3 résume les résultats de la comparaison entre les analyses bactériologiques et les normes algérienne de tous les points d’eaux durant la période d’étude. Nous constatons que les forages : Birouana (2015, 2017), Bouhanek (2011), Chetouane 3 (2018,2019), Fedan Sebaa (2012, 2015, 2016), Koudia (2015, 2018), Safsaf 2 (2013, 2018), présentent une pollution biologique instantanée, dont nous ne pouvons pas donner d’explication car plusieurs paramètres y impliqués (état du périmètre de protection immédiat et proche, ruissellement des eaux de pluie vers le forage ...).

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROCHIMIQUE

Pour les sources la présence des Coliformes et des Streptocoques est enregistré occasionnellement dans les eaux des sources de Bent Khadem (2016, 2018), Bent Soltane (2018), Fouara Sup (2021) sauf pour Ain Bendou, cette germes sont présent dans plusieurs années (2016, 2018, 2020, 2021). Cela peut être expliqué par l'éloignement du captage de cette source par rapport au point d'échantillonnage, il est possible que la conduite n'est pas étanche, surtout que Ain Bendou (et même les autres sources) se trouvent près des habitations dont le réseau d'assainissement n'est probablement, pas en bon état.

VI.CONCLUSION

L'étude qualitative des eaux de la nappe est basée sur les paramètres physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques, mettent en évidence la variation de ces éléments durant les dix années. L'étude de la variation des éléments, nous a permis de visualiser l'évolution des différents paramètres dans le temps et dans l'espace, alors en voit que l'ion calcium qui est supérieur à 225 mg/L donc dépasse la norme en seul forage (Chetouane 1) en 2019. Le nitrite, nous avons constaté que deux points dépassé la norme forage Chetouane 3 en 2013 à 0,906 mg/l et forage Ain Houtz en 2015 à 0,97 mg/l, et concernant les bicarbonates, nous avons 5 forage en 2012 supérieure à la norme sont : Sidi Othman à 651,4 mg/L ; Koudia à 610 mg/l ; Ain Houtz et Chetouane 3 à 539,85 ; et Safsaf2 à 527,65.

Du point de vue potabilité, le traitement des prélèvements de la période (2011-2021), nous indique que la majorité des eaux souterraines de la GUT se situent dans la zone de confort des valeurs seuils, sauf de quelques forages qui présentent des teneurs élevées dépassant la limité des valeurs fixées par les normes de potabilité algériennes (2011).

Chapitre V :
PROTOCOL
PRATIQUE

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

I.INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous allons identifier tous les paramètres, par une étude expérimentale consistant à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques au niveau du laboratoire de l'ADE de Tlemcen, des eaux des sources de Ain Bendou et Ain Fouara Supérieur.

II.PRÉSENTATION DE L'ADE UNITE DE TLEMCEN

L'unité algérienne des eaux de Tlemcen se situe à Abou Tachffine, elle assure la production et la distribution de l'eau potable pour les communes de la wilaya, en fonction de la situation géographique de ressources mobilisées, de la conception des réseaux et l'infrastructure hydraulique existante. La population desservie de 1178797 habitants sur un total de 1246067 habitants soit un taux de couverture de 95%.

L'unité ADE de Tlemcen est structurée en six centres à savoir :

(CENTRETLEMCEN, REMCHI, O/MIMOUN, MAGHNIA, NEDROMA et SEBDOU)

III.ÉCHANTILLONNAGE :

L'échantillon doit être homogène et représentatif afin de ne pas modifier les caractéristiques de l'eau.

Nous avons analysé les eaux des sources d'Ain Bendou et de Fouara supérieur (V.1, 2,3 et 4).On note : la date et l'heure du prélèvement, le point d'eau et la température de l'eau et de de l'environnement.



Fig. V.1 : Source d'Ain Bendou Intérieure Captage



Fig. V.2 : Source d'Ain Bendou



Fig. V.3 : Chambre de captage de la source d'Ain Fouara supérieur



Fig. V.4 : Source d'Ain Fouara supérieur

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

III.1 Echantillons destinés au laboratoire des analyses physico-chimiques :

Les échantillons sont pris dans des bouteilles en P.E.T (Polyéthylène) de 1,5 litre. Les bouteilles sont rincées plusieurs fois avec de l'eau à analyser puis remplies totalement pour éviter la pénétration de l'air.

Les bouteilles et les flacons sont étiquetés pour faciliter leur identification. Chaque étiquette doit porter le nom de la source désigné par un code, la date, l'heure de prélèvement et la température de l'eau ainsi que celle de l'environnement.

III.2 Echantillons destinés au laboratoire des analyses bactériologiques :

L'échantillonnage d'eau pour les analyses microbiologique est correctement effectué, dans un récipient stérile, évitant toute contamination accidentelle.

L'opération d'échantillonnage consiste à prélever l'eau dans les flacons en verre préalablement bien nettoyés et stérilisés, les bouchons sont placés de telle manière à ce qu'aucune bulle d'air ne pénètre.

Tableau V.1 : Appellations des sources.

N° Sources	Appellations	Dates	Heures
S1	Ain Bendou	23/02/2023	10h:20
S2	Fouara Supérieur	23/02/2023	12h:10

IV. TRANSPORT ET CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS :

IV.1 Pour les analyses physico-chimiques :

Afin de maintenir la même composition de l'eau lors du transport, les prélèvements doivent être transportés dans des glacières et transférés directement vers le laboratoire où s'effectueront les analyses physico-chimiques (tableau V.2).

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

Tableau V.2 : Paramètres physico-chimiques et leurs conservations selon Rodier (2009).

Paramètres	Type de récipient	Conservation	Observation
Température	/	6 heures	Sur place
pH	P ou V	48 heures	Sur place
Conductivité	P ou V	6 à 24 heures	Sur place
Turbidité	P ou V	24 heures	Sur place
Nitrate	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Nitrite	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Phosphates	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Alcalinité	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Baryum	P	1 mois	Plutôt possible
Chlorure	P ou V	1 mois	Plutôt possible
Mercure	V brun	1 mois	Plutôt possible
Nikel	P	1 mois	Plutôt possible
Plomb	P	1 mois	Plutôt possible
Fer	P	1 mois	Plutôt possible
Sulfate	P ou V	1 semaine	Plutôt possible
Magnésium	P ou V	1 mois	Plutôt possible
Calcium	P ou V	1 mois	Plutôt possible

p : polyéthylène. *V* : verre

IV.2 Pour les analyses bactériologiques :

Les échantillons prélevés doivent être remis le plus tôt possible pour analyse, ils doivent être acheminés dans des conditions qui évitent une modification du nombre de micro-organismes présents. Ils sont conservés à une température comprises entre 2 et 10 °C dans l'obscurité et analysés dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

V.LES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES :

Les différents caractères organoleptiques doivent être appréciés au moment du prélèvement car certaines odeurs peuvent par exemple disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon peut être changé.

V.1 Test de la couleur :

Pour tester la couleur de l'eau on utilise le spectrophotomètre UV/Visible (fig. V.5).



Fig. V. 5 : Spectrophotomètre.

➤ Mode opératoire :

- Dans une cuve mettre 10ml de l'eau distillée, c'est le blanc dont l'absorbance est égale à 0
- Appuyer sur le numéro de programme de COULEUR.
- Mettre la cuve de blanc dans l'appareil, il va s'afficher le zéro
- Remplacer la cuve de blanc par la cuve d'échantillon, il va s'afficher la teneur en mg / l platine.

V.2 Test de l'odeur :

L'odeur a été évaluée par simple sensation par l'organe olfactif au moment de prélèvement de l'eau.

La présence d'une odeur désagréable se détermine par différence après passage sur charbon, les eaux potables ont aucune odeur.

V.3 La turbidité :

On mesure la turbidité par un Turbidimètre (fig. V.6). La norme de turbidité est 5 NTU.



Fig. V.6 : Turbidimètre

VI. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES :

VI.1 La conductivité :

Au début, il faut étalonner l'appareil par (kcl = 1000) et puis on prend le premier prélèvement et on mesure la conductivité. On lit la valeur affichée indiquant la conductivité et la température (fig. V.7).



Fig. V.7 : Conductivitémètre

VI.2 Le pH :

D'abord il faut vérifier le pH mètre par pH 7 puis on mesure celui du prélèvement, on lit le pH et la température (fig. V.8)



Fig. V.8 : un ph mètre

VI.3 Détermination de l'alcalinité :

➤ Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser au niveau de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser la première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde calcule le titre alcalimétrique complet (TAC)(fig. V.9).

➤ Réactifs :

- Solution de HCl 0.1N.
- Solution de phénol phtaléine 0.5 %
- Méthyle orange 0.5 %
- Solution de vert de bromocrésol.

➤ Titre alcalimétrique (TA) :

- Prélever 10ml d'eau à analyser ;
- Ajouter quelques gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine, on a des possibilités.
- Si la couleur du milieu est rose, titrer avec HCl 0.1N jusqu'à la décoloration de solution
- Si la couleur du milieu est incolore, donc le titre alcalimétrique est nul

➤ Titre alcalimétrique complet (TAC) :

- Prélever à nouveau 10ml d'eau.

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

- Ajouter quelques gouttes de vert de bromocrésol.
- Tirer avec l'acide chlorhydrique jusqu'à l'apparition de la couleur jaune orange.
- **Expression des résultats :**

$$TA = N \times V \times 1000 / V_o \times 50$$

Si: La couleur ne change pas $TA = 0$

La valeur de TAC est calculé par :

$$TAC = N \times V \times 1000 / V_o \text{ (meq)} / 1 \times 50$$

Soit:

V_o : la prise d'essai

V : le volume de HCl

N : la normalité de HCl

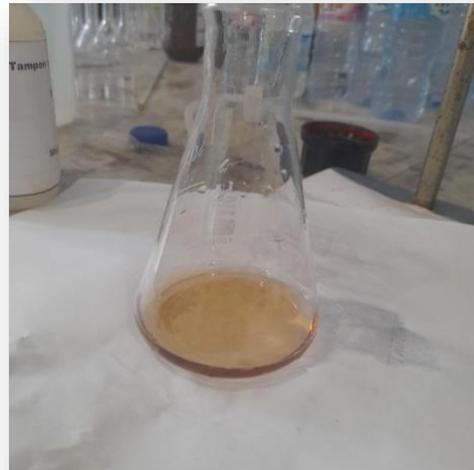
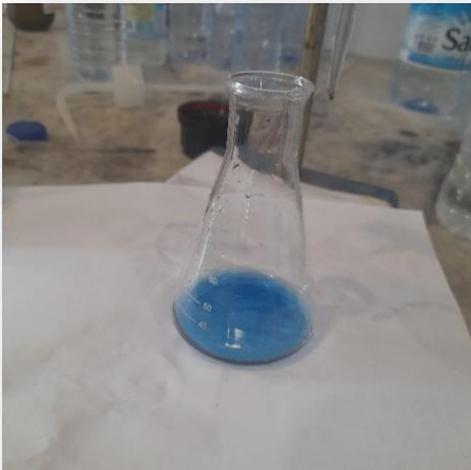


Fig. V.9: Apparition de couleur jaune orange après le titrage

VI.4 Détermination de bicarbonates (HCO_3^-) :

- **Principe :**

La concentration en bicarbonates exprimée en mg/l de HCO_3^- elle est calculée à partir du TAC, parce que l'alcalinité correspond à la totalité des bicarbonates et des carbonates.

- **Expression utilisée :**

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

$$\text{HCO}_3^- = (\text{TAC}/50) \times 61$$

VI.5 Détermination de la dureté totale (TH) :

Le titre hydrotimétrique est dû à la présence du calcium et du magnésium dont la détermination nous permet de connaître le degré de minéralisation de l'eau.

➤ **Principe :**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (E.D.T.A.). La disparition des dernières traces d'éléments à doser est décelée par le virage d'indicateur en milieu tamponné pour empêcher la précipitation de magnésium, cette méthode permet de doser la somme des ions de calcium et de magnésium (Fig. V.10).

➤ **Réactifs :**

- Solution d'EDTA disodique 0.02N
- Indicateur de NET0.4 %
- Solution tampon (pH = 10).

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever 10ml d'eau, la mettre dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 0.5ml de solution tampon.
- Quelques gouttes de l'indicateur coloré N.E.T.
- Titrer avec l'EDTA di sodique jusqu'à la coloration bleu-vert.

➤ **Expression des résultats :**

La dureté totale est calculé par :

$$\text{TH} = \text{N} \times \text{V} \times 1000 / \text{V}_0 \text{meq} / 1 \times 50$$

Soit :

V₀ : la prise d'essai :

V : le volume d'EDTA disodique versé jusqu'à le virage.

N: Normalité d'EDTA (0.02N).



Fig. V.10 : apparition de couleur bleu-vert après le titrage.

VI.6 Détermination de la dureté calcique : (Ca^{2+})

La présence des sels de calcium dans les eaux avec une grande proportion peut donner une eau fortement dure.

➤ Principe :

Titration des ions de calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide ; qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet (Fig. V.11).

➤ Réactifs :

- Solution d'EDTA 0.02N
- Solution de soude concentrée :
- Indicateur coloré de murexide en poudre.

➤ Mode opératoire :

- Prélever 10ml d'eau à analyser
- Ajouter 0.4ml de solution de NaOH
- Ajouter une pincée de murexide
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à la coloration pré (violète).

➤ Expression des résultats :

La formule de la dureté calcique est la suivante :

$$\text{Ca}^{2+} = N \times V \times (1000 / V_0) \times 20 \text{ mg/l}$$

Soit :

V_0 : la prise d'essai

V : le volume d'EDTA serve au dosage.

N : la normalité d'EDTA

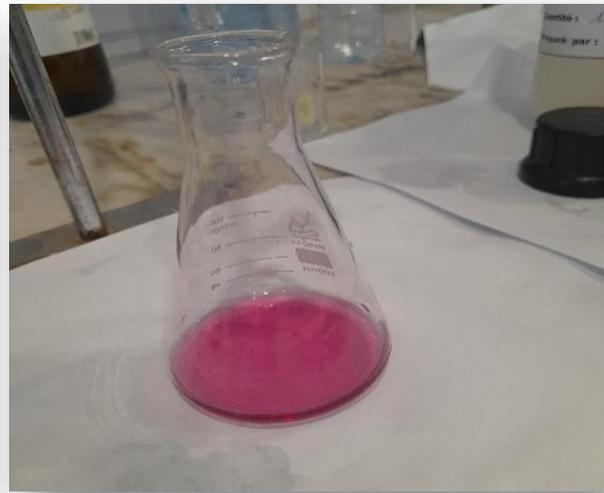
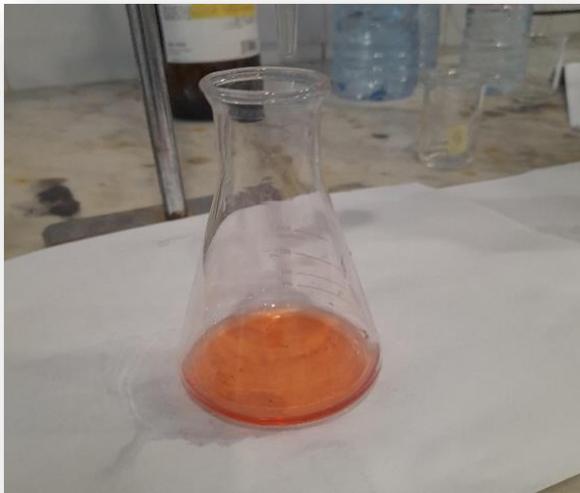


Fig. V.11 : apparition de coloration pré (violète) après le titrage.

VI.7 Détermination de la dureté magnésienne : (Mg^{2+})

➤ Principe :

La dureté magnésienne correspond à la teneur globale en sels de magnésium. On peut déduire la teneur de cette dureté à partir de les teneurs de la dureté totale et calcique par la formule suivante :

➤ Expression utilisée :

$$D \text{ Mg} = TH - D \text{ Ca}^{2+} \text{ mg / l}$$

$$\text{Mg}^{2+} = TH/50 - \text{Ca}^{2+}/20 \times 12 \text{ mg/l}$$

VI.8 Détermination des chlorures : (Cl⁻)

La présence des chlorures dans une eau provoque une corrosion des métaux, en général, la teneur en chlorure est déterminée par la méthode de Mohr.

➤ **Principe :**

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. L'addition d'un petit excès d'ions argent provoque la 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 (Fig. V.12).

➤ **Réactifs :**

- Solution de chromate de potassium 10 %
- Solution de nitrate d'argent 0.1N

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever 10ml d'eau
- Ajouter quelques gouttes de chromate de potassium
- Titrer avec une solution de nitrate d'argent jusqu'au virage de rouge brique

➤ **Expression des résultats :**

L'expression de calcul de la teneur en chlorure est :

$$\text{Cl}^- = (N \times V \times 1000 / V_0) * 35.45 \text{ mg / l}$$

Soit :

V₀ : la prise d'essai ;

V : le volume de nitrate d'argent versé jusqu'à le virage :

N : la concentration d'AgNO₃ (0.02 N)

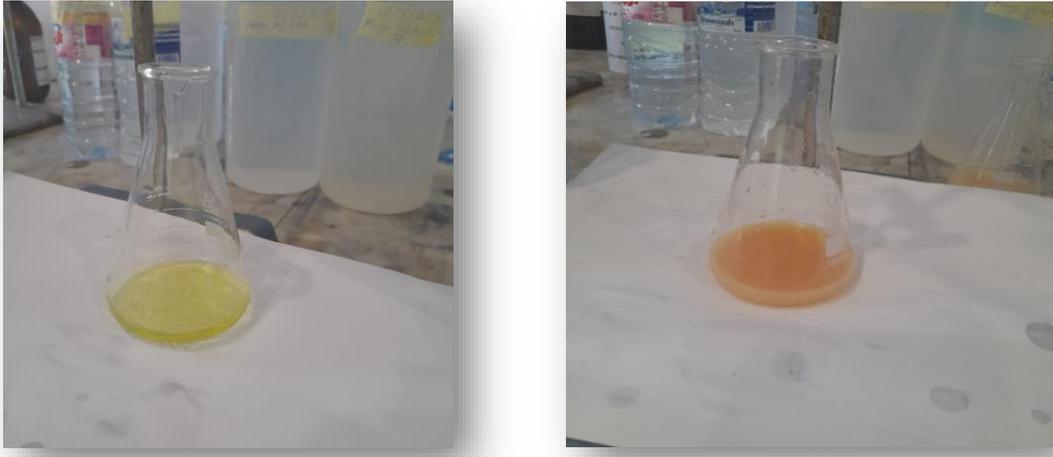


Fig. V.12 : coloration rouge brique après le titrage.

VI.9 Détermination des sulfates (SO_4^{2-})

Les ions de sulfates présents dans l'eau peuvent la rendre impropre à l'usage, sont dosés par plusieurs méthodes, l'une d'elles est le spectrophotomètre UV Visible (Fig. V.13).

Mesures et calcul du résultat : Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV - Visible en mg / l.



Fig. V.13 : Spectrophotomètre.

VI.10 Détermination de phosphate (PO_4^{3-}) et phosphore (P^-) :

Pour la détermination des phosphates dans l'eau on a suit le même principe que celle de détermination des sulfates, on utilise le spectrophotomètre UV/Visible.

➤ **Réactifs :**

- Acide ascorbique.
- Réactif mélangé.

➤ **Mode opératoire :**

- Mettre 40ml d'une prise d'essai dans une fiole jaugée de 50 ml
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2ml de réactif mélangé
- Compléter à 50ml avec l'eau distillée
- Attendre le temps de réaction qui est dans ce cas 10mm
- Dans une cuve mettre 10ml de la même solution mais seulement avec l'eau distillée, c'est le blanc dont l'absorbance est égale à 0.
- Appuyer sur le numéro de programme de PHOSPHATE
- Mettre la cuve de blanc dans l'appareil, il va s'afficher le zéro
- Remplacer la cuve de blanc par la cuve d'échantillon, il va s'afficher la teneur en phosphate en mg / l.
- Appuyer après sur le (P) phosphore en écran, pour afficher résultat de concentration de P.

VI.11 Détermination de Nitrates (NO_3^-) :

Cette méthode est applicable pour le dosage des nitrates dans les eaux de distribution, souterraines et de surface.

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro - salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

➤ **Réactifs :**

- Solution de Salicylate de Sodium à 0.5 %
- Solution d'hydroxyde de Sodium à 30 %.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Acide sulfurique (H_2SO_2) en solution.
- Solution mère de nitrate à 1000 mg / l.

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

- Solution fille étalon de nitrate 10 mg / l.
- **Mode opératoire :**
 - Introduire 10ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30 %.
 - Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 %.
 - Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88 ° C (Fig. V. 14).
 - Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré.
 - Laisser reposer 10 minutes.
 - Ajouter 15 ml d'eau distillée.
 - Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium (Fig. V.15)
 - Faire la lecture au spectromètre UV - Visible à la longueur d'onde de 415 nm.
- **Mesures et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV - Visible en mg / l des nitrates.

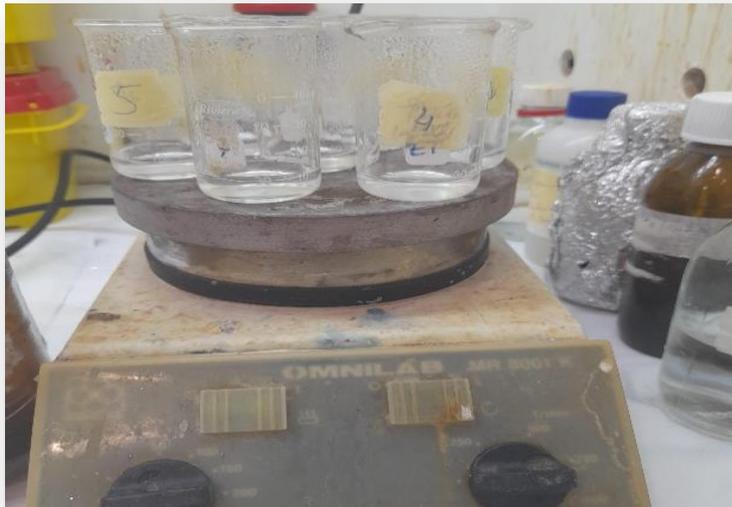


Fig. V.14 : Evaporer la solution à sec au bain marie



Fig. V.15: L'état final de solution.

VI.12 Détermination d'ammonium : (NH_4^+)

➤ Principe :

La mesure spectrométrique est faite d'un composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

➤ Réactif :

- Solution coloré homogénéisé.
- Solution dichloroisocyanurate de sodium

➤ Mode opératoire :

- Mettre 40ml d'eau à analyser dans une fiole à 50ml
- Ajouter 4ml de Solution coloré homogénéisé et 4ml Solution dichloroisocyanurate. Compléter à 50 ml avec l'eau distillée.
- Laisser reposer pendant une heure (Fig. V.15).
- Dans une cuve mettre 10ml de la même solution mais avec l'eau distillée seulement ; c'est le blanc dont l'absorbance est égale à 0
- Appuyer sur le numéro de programme d'AMMONIUM.
- Mettre la cuve de blanc dans l'appareil, il va s'afficher le zéro ;

- Remplacer la cuve de blanc par la cuve d'échantillon ; il va afficher la teneur en ammonium en mg / l.



Fig. V.16 : Détermination d'ammonium.

VI.13 Détermination de nitrite : (NO_2^-)

➤ Principe :

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor - hydrate de N- (naphthyl - 1) diamino 1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino - 4 benzene sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm .

La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro-organismes. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates. Cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes : la nitrification qui produit des nitrites (NO_2^-) et la nitrification qui transforme les nitrites en nitrates. Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par des bactéries anaérobies comme source d'énergie et transformés en azote gazeux. Notons que les nitrates peuvent également s'adsorber et se fixer sur les argiles et humus. Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 , la formule de l'ion nitrite est NO_2^-

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

$\text{NORGA} \rightarrow (\text{ammonification}) \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow (\text{oxydation de l'ammonium}) \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow (\text{oxydation du nitrite}) \rightarrow \text{NO}_3^-$.

➤ Réactifs :

Réactif coloré mixte pour nitrite.

➤ Mode opératoire :

- Mettre 40ml d'eau à analyser dans une fiole à 50ml.
- Ajouter 1ml de réactif coloré, compléter à 50 ml avec l'eau distillée.
- Laisser reposer pendant 20min. (Fig. V.16)
- Dans une cuve mettre 10ml de la même solution mais avec l'eau distillée seulement ; c'est le blanc dont l'absorbance est égale à 0.
- Appuyer sur le numéro de programme de NITRITE.
- Mettre la cuve de blanc dans l'appareil, il va s'afficher le zéro.
- Remplacer la cuve de blanc par la cuve d'échantillon ; il va s'afficher la teneur en nitrite en mg / l.



Fig. V.17 : Détermination de nitrite.

V.ANALYSES BACTERIOLOGIQUE

Méthode générale de dénombrement par filtration sur membrane, on procède à une filtration sur membrane en ester de cellulose, de porosité 0,22 μm ou 0,45 μm , susceptible de retenir les bactéries (Fig. V.17).



Fig. V.18 : Appareil de la filtration sur membrane.



Fig. V.19 : Membranes des échantillons sur les milieux TTC (jaune) et Slanetz (rose).

V.1 Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et bactéries coliformes :

Au sens de cette méthode, on entend par Coliformes les bacilles Gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatifs non sporulés. Ne possèdent pas de doxydase capable de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C. Les coliformes thermo-tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à $42 \pm 2^\circ\text{C}$. Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

➤ Mode opératoire :

La recherche de bactéries coliformes par filtration membranaire nécessite une préparation préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Dans un premier temps, l'entonnoir gradué en acier inoxydable et la membrane poreuse doivent être stérilisés à l'aide d'un bec Bunsen.
- Les refroidir immédiatement après, avec de l'eau à analyser si elle est en quantité suffisante ou avec de l'eau distillée stérile.
- Placer une membrane de porosité nominale de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide de pinces stériles.
- Fixez cet appareil avec le clip correspondant.
- Déposer ensuite 100 ou 250 ml d'eau à analyser devant un bec Bunsen (Fig. V.19).



Fig. V.22 : Incubateur.

➤ **Lecture et interprétation :**

Après la période d'incubation indiquée, compter les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées aux contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou jaune (lactose positif).

Choisissez au hasard 5 à 10 colonies pour confirmation basée sur le test d'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

✚ **Test à l'oxydase :**

Pour les besoins de ce test, repiquer d'abord sur gélose TSA caséine de 5 à 10 colonies, incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 heures, puis réaliser le test de l'une des manières suivantes ;

- Imbiber un disque d'oxydase d'une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique
- Verser 2 à 3 gouttes de la réactive oxydase préparée extemporanément (Tetramethyl - p - phenylene diamine) sur un papier filtre puis étalé sur une partie de la culture
- Dans les deux cas, la réaction positive est immédiate et se traduit par une couleur bleu-violet foncé.



Fig. V. 23 : milieu TSA.

✚ **Test à l'indole :**

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

Pour cela, transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un ti contenant 3 ml de bouillon tryptophane. Triturer soigneusement la colonie dans le milieu F incuber cette dernière à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis rechercher le produit rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir de l'indole tryptophane en ajoutant 2 à 3 gouttes de Kovax reactir. La présence d'une couleur présente dans le milieu.



a.

b.

Fig. V.24: a. milieu de Kovax et b. milieu Tryptophane.

+ *En conclusion :*

Est considérée comme bactérie coliforme, toute colonie caractéristique (jaune). Dépourvu de l'enzyme oxydase et ne produisant pas d'indole.

Est considéré comme une bactérie *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais produisant de l'indole à 44°C .

Calculer ensuite la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part, celle d'*Escherichia coli* à part ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique

$$a = (b / A) C$$

A : Nombre de colonies repiquées.

b : Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

C : Nombre total de colonies trouvées dans la boîte

V.2 Recherche et dénombrement des Entérocoques Intestinaux :

Au sens de cette méthode, on entend par entérocoques intestinaux des bactéries qu'se présentent sous forme de Cocci à Gram positive, sphériques ou ovoïdes former des chainettes ne possédant pas de catalase mais un antigène du groupe. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37 ° C sur un milieu sélectif : l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et que de plus hydrolysent l'esculine en 2 heures à 44 ° C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine et à l'azoture.

➤ Mode opératoire :

La recherche des entérocoques intestinaux ou Streptocoques du groupe « D » après filtrations sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0,45 entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite 100 ou 250 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, à la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY préalablement préparée.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 ± 2 ° C pendant 44 ± 4 heures.

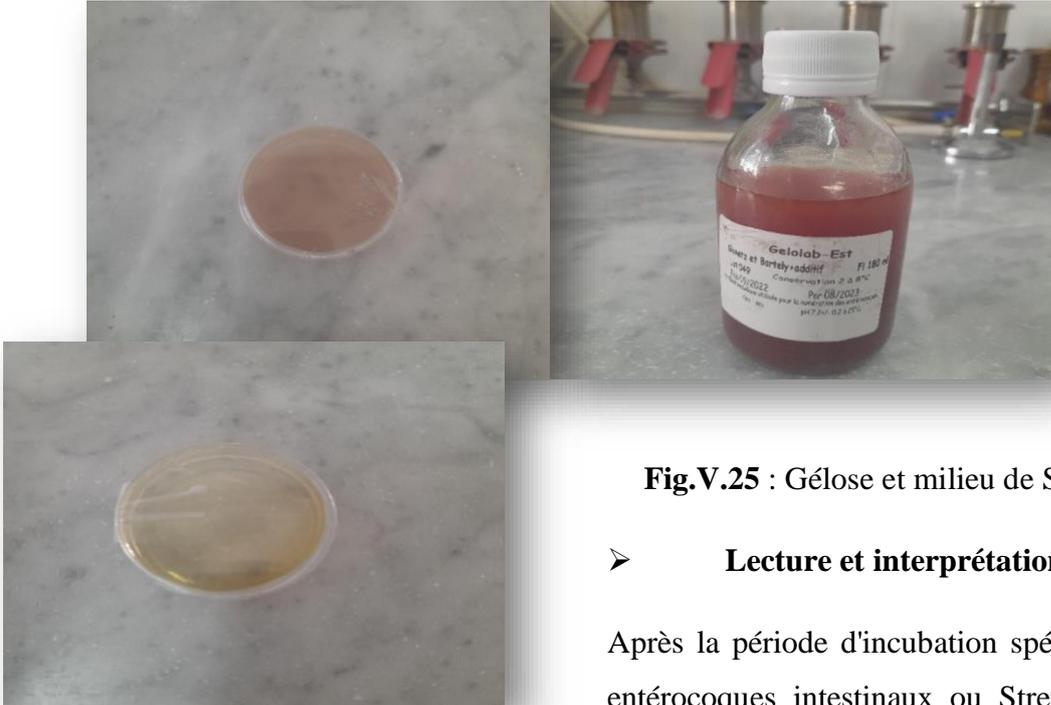
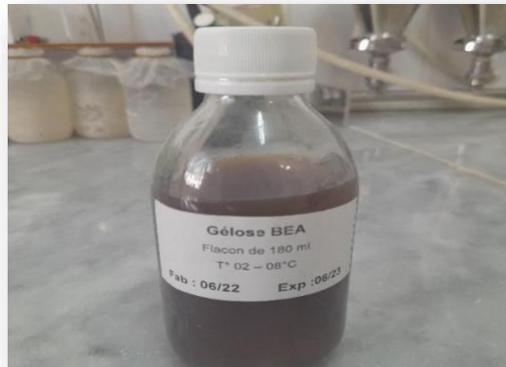


Fig.V.25 : Gélose et milieu de Slanetz.

➤ Lecture et interprétation

Après la période d'incubation spécifiée, les entérocoques intestinaux ou Streptocoques du groupe « D » apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose. Transférer aseptiquement la membrane du milieu de Slanetz et Bartley sur une plaque de gélose Bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à $44 \pm 0,5$ °C. Cette dernière sera incubée à son tour à $44 \pm 0,5$ °C pendant 2 heures.



44 " tour à

Fig. V.26 : Gélose et milieu de BEA.

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ou 250 ml d'eau à analyser.

VI.RESULTATS ET DISCUSSION :

Les résultats obtenus durant le stage réalisé à l'unité d'Algérienne des eaux pour les eaux des deux sources Ain Bendou et Ain Fouara Supérieur sont les suivants :

VI.1 Paramètres organoleptiques :

On a examiné les deux échantillons préalablement prélevés dans des bouteilles par observation oculaire. On a constaté que ces eaux sont incolores et limpides. Et on n'a relevé aucune odeur à la saveur désagréable et aussi la turbidité est inférieure la norme.

Tableau V.3 : Résultats des analyses organoleptiques.

Les paramètres organoleptiques	Source Ain Bendou	Source Fouara Supérieur	Unité	Normes Algériennes
Couleur	4	2	Mg/l platine	15
Turbidité	0.565	0.361	NTU	5

VI.2 Paramètres physico-chimiques :

Après les analyses physico-chimiques de ces deux sources présentées dans le tableau V.4, nous remarquons que Ain Bendou présente des teneurs plus élevées par rapport à Ain Fouara Sup. mais restent inférieurs aux normes.

Tableau V.4 : Résultats des analyses physico-chimiques.

Les paramètres physico-chimiques	Source Ain Bendou	Source Fouara Supérieur	Unité	Normes Algériennes
Température	19.7°C	19.4 °C	°C	25
pH	7.27 à 19.7°C	7.39 à 19.4°C	pH	6.5 < pH < 9
Conductivité	892 à 19.7°C	563 à 19.4°C	Us/cm	2800
Turbidité (T)	0.565	0.361	NTU	5

CHAPITRE V : PROTOCOL PRATIQUE

Titre alcalimétrique (TA)	0	0		0 à 0.15
Titre alcalimétrique complet (TAC)	265	257.5	mg/l en CaCO ₃	
Dureté totale (TH)	445	285	mg/l en CaCO ₃	500
Calcium (Ca ²⁺)	62	46	mg/l	200
Magnésium (Mg ²⁺)	69.6	40.8	mg/l	150
Chlorures (Cl ⁻)	80.82	37.04	mg/l	500
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	32	9	mg/l	400
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	323.3	314.15	mg/l	-
Paramètre de pollution				
Nitrates (NO ₃ ⁻)	47	15.12	mg/l	50
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0.001	0.001	mg/l	0.2
Phosphate (p)	<0.01	<0.01	mg/l	0.5
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0.03	0.01	mg/l	0.5

VI.3 Paramètres bactériologiques :

L'analyse microbiologique pour la source d'Ain Fouara Supérieur montre que ses eaux ne présentent aucune pollution bactériologique. En revanche la source de Ain Bendou nous constatons l'existence des germes streptocoques fécaux qui dépasser les normes (Tableau V. 5). Ce qui demande la nécessité d'une désinfection rigoureuse à la solution de hypochlorite de sodium et cela avant la distribution final vers le consommateur.

Tableau V.5 : Résultats des analyses bactériologiques.

Les paramètres bactériologiques	Source Ain Bendou	Source Fouara Supérieur	Unité	Normes Algériennes
Coliformes totaux	0	0	n/100ml	<10
Coliformes fécaux	0	0	n/100 ml	0
Streptocoques fécaux	2	0	n/100 ml	0

VII.CONCLUSION :

Essentiellement notre but était la détermination des paramètres organoleptiques, physico - chimiques et bactériologiques des eaux de sources d'Ain Bendou et Ain Fouara Supérieur. Après les mesures effectuées sur les échantillons d'eau nous concluons que :

- les eaux étudiés ne présentent aucune odeur ou couleur.
- les températures sont constantes.
- les paramètres physico-chimiques des deux sources sont inférieurs aux normes,
- Pour les analyses bactériologiques : La source Ain Fouara Supérieur a une bonne qualité mais la source Ain Bendou, présente des germes streptocoques fécaux, donc il faut traiter avec la chloration avant la distribution.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Les eaux souterraines contribuent pour une large part à l'approvisionnement en eau de la population dans la région de Tlemcen. Cette région présente une pluviométrie qui dépasse les 800 mm, mais un climat semi-aride. Il est froid et humide en hiver par contre en été il devient chaud et sec, cela veut dire que l'alimentation directe de la nappe par les eaux de précipitation est très faible en été, contraire de ce qu'il est en hiver.

Les formations majoritairement dolomitiques et la tectonique des Monts de Tlemcen jouent un rôle important dans développement de la karstification et à l'émergence de plusieurs sources dans la zone d'étude ; Cette réserve est exploitée per une vingtaine de forages et une dizaine de sources a fin d'approvisionner le GUT en eau potable. La distribution et le suivi qualitatif est effectuer par l'ADE.

Ce travail avait pour objectifs de réaliser une évaluation qualitative spatio-temporelle des eaux de quelques sources captées et des forages dans la région de groupement urbain de Tlemcen.

La qualité des eaux de la nappe de notre zone d'étude est basée sur les paramètres physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques, a permis de visualiser la variation de ces éléments durant les dix années (2011-2021).

L'étude de la variation des éléments, nous a permis de visualiser l'évolution des différents paramètres dans le temps et dans l'espace :

La concentration de calcium dépasse la norme en un seul forage (Chetouane 1) en 2019 225 mg/l.

Le nitrite, deux points ont dépassés la norme : forage Chetouane 3 en 2013 à 0,906 mg/l et forage Ain Houtz en 2015 à 0,97 mg/l,

Pour les bicarbonates, nous avons 5 forage en 2012 qui présentent des valeurs supérieures à la norme sont : Sidi Othman, Koudia; Ain Houtz, Chetouane3 et Safsaf2.

Du point de vue potabilité, le traitement des prélèvements de la période (2011-2021), nous indique que la majorité des eaux souterraines de la GUT se situe dans la zone de confort des valeurs seuils, sauf quelques forages qui présentent des teneurs élevées dépassant la limite des valeurs fixées par les normes de potabilité algériennes (2011).

Un stage pratique à l'ADE unité de Tlemcen a été effectué afin de participer aux différentes étapes de l'échantillonnage à l'obtention des résultats. Ainsi il a eu le but de déterminer des paramètres organoleptiques, physico - chimiques et bactériologiques des eaux de sources d'Ain Bendou et Fouara Supérieur, il résulte d'après les mesures effectuées sur les échantillons d'eau, les conclusions suivantes :

CONCLUSION GENERALE

- ✚ les eaux étudiés ne présentent aucune odeur ou couleur.
- ✚ les deux sources Ain Bendou et Fouara Supérieur ont à bonne qualité physico-chimique
- ✚ la source Ain Fouara Supérieur a une bonne qualité biologique mais la source Ain Bendou présente les germes streptocoques fécaux, donc il faut traiter avec la chloration avant la distribution.

Il ressort de cette étude que les eaux de la région de groupe urbaine de Tlemcen sont, en générale de bonne qualité chimique, à l'exception de quelques forages dont les teneurs sont au-dessous aux normes de potabilité. Mais sur le plan biologique, certaines sources sont non potables à cause de la présence de germes.

Enfin, nous recommandons la surveillance accrue qui s'imprègne d'un contrôle strict et régulier de cette substance sensible qu'est la source de vie, et cela permettra à l'avenir de préserver la qualité de l'eau de ces sources et forages et de les protéger d'éventuelles contaminations à travers la réalisation de zones de protection (intermédiaires et éloignées).

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ABLAOUI H. (2007).** Structure et fonctionnement de trois émergences karstiques des Monts de Tlemcen à partir des réponses hydrogéologiques et hydrochimiques (période du 12/12/2005 au 16/01/2007). Mém. Magister, Univ. Oran, 169 p, 91 f, 26 t.
- BEAUCHAMP J. (2006).** Qualité des eaux souterraines. Univ. Picardie Jules Verne
- BEMMOUSSAT A. (2012).** Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux Souterraines à travers le bassin de la Tafna. Mém. Magister, Univ. Tlemcen, 155 p, 114 f, 45 t.
- BENEST M. (1981).** La marge gondwanienne de l'Ouest Algérien au Jurassique supérieur et à l'Eocrétacé : les grands traits de l'évolution tectono sédimentaire méga rythmique. Bull. Soc. Géol. France, t. XXIII, n ° 6, p. 663 672, 2 fig.
- BENEST M. (1982).** Evolution de plate de forme de l'Ouest Algérien et du Nord-est Marocain au cours du Jurassique supérieur et de début de Crétacé stratigraphie, milieu de dépôt et dynamique sédimentaire. Thèse. Doc. Lab. Géol. Univ. Lyon. Fasc.
- BENSAOULA F. ADJIM M. BENSALAH M. (2007).** L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eaux de la population de Tlemcen. Larhyss Journal, (6) ,57-64.
- COLLIGNON B. (1986).** Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Tome 1). Thèse. Doc, Univ. D'Avignon. 216p.
- CLAIR et CONCARET (1973).** Carte lithologique de la Région de Tlemcen au 1/100000 et notice.
- DOUMERGUE F. (1924)** - Carte géologique détaillée d'Algérie au 1/50 000, feuille Tlemcen, n°270 et notice explicative.
- ELMIS. (1970).** Rôle des accidents décrochant de direction SSW NNE dans la structure des Monts de Tlemcen (Ouest Algérien). Bull. Soc. Hist. Nat. A.F.M. Alger, t. 61, p. 38, 1 fig.
- GANGBAZO G. (2005).** Détermination l'objectifs relatifs à la réduction des charges d'azote, de phosphore et de matières en suspension dans les bassins versant prioritaires. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Canada.
- GANJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques, 2eme Edition : Lavoisier
- GUARDIA P. (1975).** Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord occidentale. Thèse .de doctorat. Nice. 256 p., 139 fig., 5 pl.

BIBLIOGRAPHIE

- HAYANE S.M. (1983).** Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Bassin versant de l'Oued Sikak (région de Tlemcen). Thèse. Doc. 3eme cycle, Univ. Oran, 236 p, 91 f.
- JEAN J.C. (2002).** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°18, (2011).** Décret exécutif n 11125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif la qualité de l'eau de consommation humaine. 18 Rabie Ethani 1432, 23 mars 2011
- KERZABI, R. (2008).** Identification de l'aquifère des grès Serravalliens du bassin Miocène dans la région de Remchi-Hennaya- Bensekrane et Ouled Mimoun. Mémoire de Magister. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid.
- LENNTECH (2000).** Normes de l'OMS sur l'eau potable - Lenntech. [En ligne]. Disponible sur <https://www.lenntech.fr/francais/ammonium-environnement.htm#ixzz6Px7IC66>.
- LUCAS G. (1942).** Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sidi El Abed (Frontière Algéro Marocaine). Bull. serv. Géol. Algérie, sér. 2, n°16, 539 p.
- PAQUIN J. L. BLOK J.C. HAUDIDIER K. (1992).** Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau, Edition : Revue de sciences de l'eau, N°4.
- RODIER J. (2009).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Edition Dunod.
- SOLTANI W. (2013).** Gestion des ressources en eau dans le groupement urbain de Tlemcen à travers le bassin de la Tafna. Mém. Master, Univ. Tlemcen, 155 p, 114 f, 45 t.
- TOUATI H. NEBIA R. (2019).** Apport des SIG à la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des eaux souterraines des bassins versants d'Oued Zitoun-Oued Boumessaoud (Monts de Tlemcen, Nord-Ouest Algérie). Mémoire de Master. Univ. Tlemcen, 92 p, 13 f, 12 t.
- OMS, (1994) :** Directives de qualité pour les eaux de boissons. Volume 1. 2^{ème} Ed.

Directions :

BIBLIOGRAPHIE

ADE de Tlemcen (2011-2021) : Forages et sources des environs de Tlemcen et leurs analyses physico-chimiques et bactériologiques.

ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrique). (1995-2016) : données météorologiques des stations Tlemcen, Sikak, et Mafrouche

DPAT (direction de planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya). 2010 : Rapport d'étude démographique de la wilaya de Tlemcen, Wilaya de Tlemcen.

Cartes utilisées :

Carte géologique de Tlemcen, au 1/50000.

Carte topographique de Tlemcen, au 1/50000.

Sites Internet :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Tlemcen

www.tutiempo.net

<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com>

Google Earth

Google Maps

Google translate

Logiciels :

- Mapinfo

-Surfer12

- Excel

ANNEXES

Annexe I : Journal officiel 2014

16		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014	
ANNEXE (suite)					
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES		
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500		
	Styrène	µg/l	100		
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2		
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4		
	Microcystine LR	µg/l	1		
	Pesticides par substance individualisée				
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1		
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1		
	- Herbicides	µg/l	0,1		
	- Fongicides	µg/l	0,1		
	- P.C.B	µg/l	0,1		
	- P.C.T	µg/l	0,1		
	- Aldrine	µg/l	0,03		
	- Dieldrine	µg/l	0,03		
	- Heptachlore	µg/l	0,03		
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03		
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5		
	Bromates	µg/l	10		
	Chlorite	µg/l	0,07		
	Trihalométhanes par substance individualisée :				
	-Chloroforme	µg/l	200		
	- Bromoforme	µg/l	100		
- Dibromochlorométhane	µg/l	100			
- Bromodichlorométhane	µg/l	60			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3			
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30			
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000			
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300			
Trichloroéthylène	µg/l	20			
Tetrachloroéthylène	µg/l	40			
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/L	15		
	Particules bêta	Millirems/an	4		
	Tritium	Bequerel/l	100		
	Uranium	µg/l	30		
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15		
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0		
	Entérocoques	n/100ml	0		
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0		

ANNEXE

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou déminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700	
Ethylbenzène	µg/l	300	

Tableau 2

Paramètres avec valeurs indicatives

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

Décret exécutif n° 14-97 du 2 Jomada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.

Le Premier Ministre,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2),

Vu le décret présidentiel n° 13-312 du 5 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 11 septembre 2013 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-294 du 19 Rabie Ethani 1415 correspondant au 25 septembre 1994 relatif aux modalités de dissolution et de liquidation des entreprises publiques non autonomes et des établissements publics à caractère industriel et commercial ;

Vu le décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun ;

Après approbation du Président de la République ;

Décète :

Article 1er. — L'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, créée par les dispositions du décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun est dissoute.

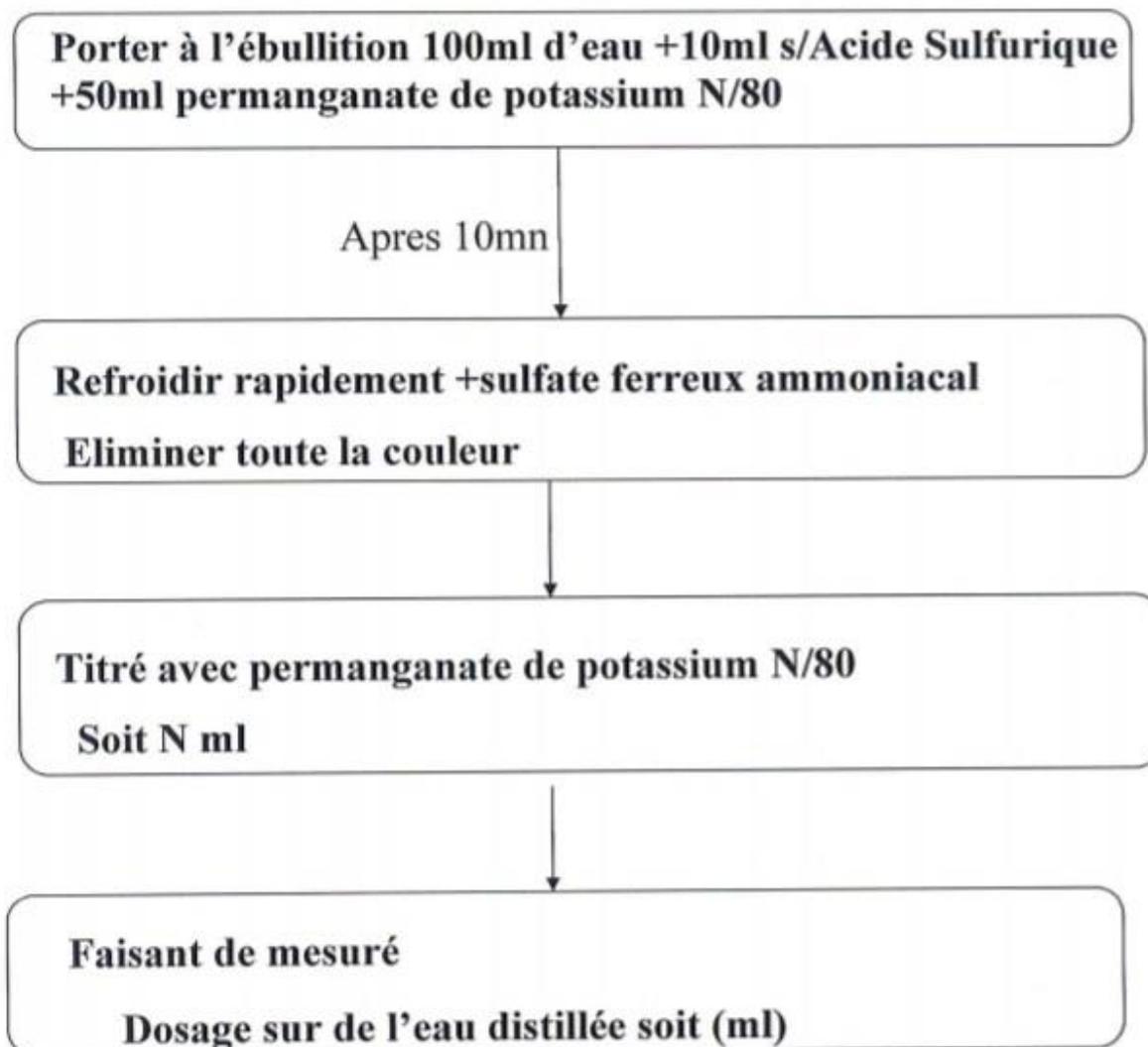
Art. 2. — La dissolution de l'agence prévue à l'article 1er ci-dessus, donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif dressé conformément aux lois et règlements en vigueur par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre des finances et le ministre chargé des ressources en eau.

Art. 3. — Le présent décret sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger le 2 Jomada El Oula 1435 Correspondant au 4 mars 2014.

Abdelmalek SELLAL.

*Les schéma de procédures de la matière
Organique*



Expression des résultats :

Matière organique = $(N-n)$ mg/l

Delai et temperature de conservation Entre 1c et 5c ;2 **jour**

Les schéma de procédures degré
Chlorométrique

***la dilution de Javel :**

En prend 1ml de javel
Dilué à 50ml eau distillée

Prendre 50ml dans Erlen Meyer +0.5 KI
+2.5 Acide acétique
+5ml de la dilution
+7.5 Amidon \Rightarrow couleur

Après 2mn

Titré Avec thiosulfate 0.1N jusqu'au des partition de la
couleur

Expression résultats :

$D = 2 * 50 * 0.0112 * V_{\text{versse de thiosulfate}}$

Les schéma de procédures d'analyse des Chlorures (Cl)

Prendre 10ml d'échantillon dans l'érlenmeyer de 100ml

Ajouter QQ gouttes de la solution de chromate de potassium à 5

Titrer avec le Nitrate d'argent 0.02N jusqu'au coloration rouge brique

Expression des résultats :

$$\text{Cl}^{-1} \text{ (mg/l)} = V_{\text{versse Ag NO}_3} * N_{\text{AgNO}_3} * 1000 / V_0 * 35.45$$

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c ;1mois.

Les schéma de procédures d'analyse de
TA

Si le PH > 8.30

Prendre 10ml d'échantillon dans l'erlenmeyer de 100ml

Ajouter QQ gouttes de phénophtaléine

Si la couleur rose - titrer avec HCl jusqu'au disparition de la couleur
 $TA \text{ mg/l Ca Co}_3 = V_{\text{versse Hcl}} * N_{\text{Hcl}} * 1000/v_0 * 50$

Si : La couleur ne change pas TA=00

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c ;24h

*Les schéma de procédures d'analyse de
TAC*

Prendre de 10ml d'échantillon dans l'erenmeyer de 100ml

Ajouter QQ gouttes de vert de Bromocrésol

Titrer avec Hcl 0.02N jusqu'au la disparition de la couleur bleu

Expression des résultats

$$\text{TAC mg/l Ca Co}_3^- = V_{\text{versse Hcl}} * N_{\text{Hcl}} * 1000 / v_0 * 50$$

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c ;24h.

Les schéma de procédures d'analyse de
Ca²⁺ Calcium

Prendre 10ml d'échantillon dans l'erlenmeyer de 100ml

Ajouter 0.4 ml de solution NaOH 0.2N

Ajouter une pincée de méréxide

Titrer avec EDTA jusqu'au la coloration pour pré (violète)

*Expression des résultats :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ mg/l} = V_{\text{VERSSE EDTA}} * N_{\text{EDTA}} * 1000 / v_0 * 20$$

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c ; 1mois

Les schéma de procédures d'analyse la
durté total TH

Prendre 10ml d'échantillon dans l'erlenmeyer de 100ml

Ajouter 0.5ml de solution tampon de pH=10

Ajouter QQ gouttes de NET

Titrer avec EDTA 0.02N jusqu'au coloration bleu-vert

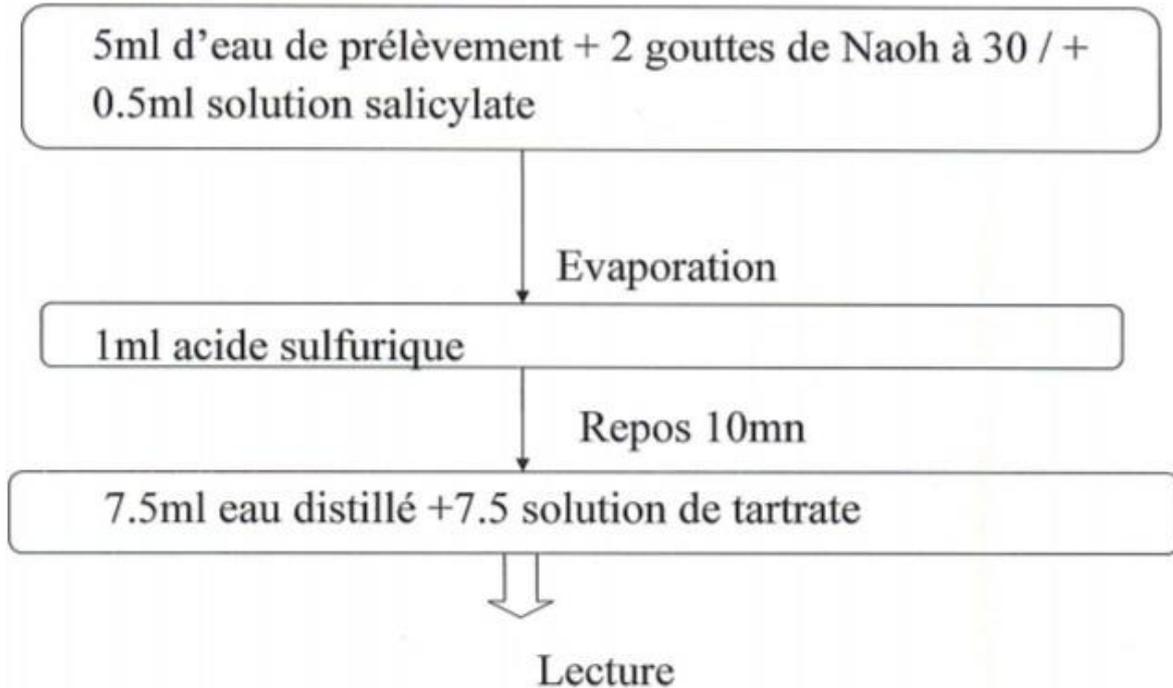
*expression des résultats :

$$\text{TH mg/l} = V_{\text{versse EDTA}} * N_{\text{EDTA}} * 1000 / V_0 * 50$$

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c ;1mois

Les schéma de procédures d'analyse

No_3^- Nitrate



*même méthode avec le blanc

$Q_c =$ pipete 1.12ml de solution de 44.3

Et compléter à 5ml ED

Délai et température de conservation Entre 1c et 5c

Echantillons acidifié : 7jours non acidifié : 24h

Entre 1c et 5c Echantillons acidifié : 7jours non ac

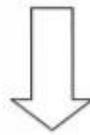
Méthode titration Hcl

Pipette 25 ml de Na_2CO_3 + 75 ml eau distillé + 0.02 ml de vert de bromocrésol



Titre avec

Hcl 0.1 Mol/l



Soit V_2

Disparition de la couleur

Blanc : 100ml eau distillé + 0.02ml de vert de bromocrésol ;
Titres avec soit V_3

Calcul:

$$C(\text{Hcl } 1) = \frac{mV_1}{53.00(V_2 - V_3)}$$

* m : masse de carbonate de sodium = 2.65g

* V_1 : Volume de carbonate de sodium = 25 ml

* V_2 : Volume de (Hcl 1) trouvée

* V_3 : Volume de Blanc trouvée

$$C(\text{Hcl}) = 0.02 \text{ mol/l} = 0.2 * c(\text{Hcl } 1)$$

Méthode titration Nitrate D'argent (AgNO_3)

10 ml Acide chlorhydrique N(10) +1g de rouge de m'hityl
+une pincée de carbonate de calcium

Couleur : Jaune orangé

5 goutte de chromate De potassium

Titration avec nitrate d'argent

Rouge brique

Soit V_{AgNO_3}

Calcul :

Le titre sera : $N_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}} = X N_{\text{AgNO}_3} * V_{\text{AgNO}_3}$

$$X N_{\text{AgNO}_3} = N_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}} / V_{\text{AgNO}_3}$$

ملخص

شهدت المجموعة الحضرية في تلمسان الواقعة غرب الجزائر في السنوات الأخيرة زيادة في عدد السكان الذين أصبحت احتياجاتهم المائية تحديًا لإدارة الموارد المائية في ولاية تلمسان. في هذا العمل، نحن مهتمون بجودة مياه الجوفية المخصصة لتزويد مياه الشرب للمجمع السكني لتلمسان.

يوضح تحليل البيانات المناخية من محطتين أن منطقة الدراسة تقع في مناخ شبه قاحل بمتوسط سنوي لهطول أمطار يتراوح بين 350 ملم و 650 ملم. تتمتع منطقة الدراسة بإمكانيات كبيرة للمياه الجوفية بفضل التكوينات الكارستية الجو راسية.

درسنا جودة 17 بئراً و 5 ينابيع خلال الفترة (2011-2021) بناءً على التحليلات الفيزيائية ، الكيميائية والبكتيريولوجية. تمت المشاركة في جزء عملي على مستوى مخبر ADE من أجل إجراء تحليل لعينتين (فبراير 2023) لمياه عين الفوارة العليا وعين بانو.

غالبية المياه الجوفية في المجمع السكني لتلمسان أقل من معايير مياه الشرب، باستثناء عدد قليل من الآبار التي تظهر مستويات عالية.

الكلمات الدالة:

المجمع السكني لتلمسان، المياه الجوفية، المعايير الفيزيائية الكيميائية والبيولوجية، معايير جودة، مياه الشرب.

ABSTRACT :

The urban group of Tlemcen (GUT), located in the West of Algeria has experienced in recent years an increase in population whose water needs have become a challenge for the management of water resources in the wilaya of Tlemcen. In this work, we are interested in the quality of groundwater intended for the drinking water supply of the agglomeration.

The analysis of climate data from tow stations shows that the study area has a semi-arid climate with average interannual rainfall that varies between 350mm and 650mm. The study area has significant underground water potential by means of Jurassic karst formations.

We studied the quality of 17 boreholes and 5 springs during the period (2011-2021) based on physico-chemical and bacteriological analyses. A practical part was done at the level of the ADE laboratory in order to carry out analyzes of two samples (in February 2023) of the spring waters of Upper Ain Fouara and Ain Bendou.

The majority of GUT groundwater is below drinking water standards, except for a few boreholes that show high levels.

Key words:

GUT, Groundwater, physico-chemical and biological parameters, drinking water standards, water quality.

RESUME :

Le groupement urbain de Tlemcen (GUT), située à l'Ouest de l'Algérie a connu ces dernières années une augmentation de population dont les besoins en eaux sont devenues un défi pour la direction des ressources en eau de la willaya de Tlemcen. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la qualité des eaux souterraines destinées à l'alimentation en eau potable de l'agglomération.

L'analyse des données climatiques de deux stations montre que la zone d'étude se trouve sous un climat semi-aride avec des précipitations moyennes interannuelles qui varient entre 350mm et 650mm. La zone d'étude présente un important potentiel hydrique souterrain grâce aux formations karstiques du Jurassique.

Nous avons étudié la qualité 17 forages et 5 sources au cours de la période (2011-2021) en se basant sur les analyses physico-chimiques et bactériologiques. Une partie pratique a été faite au niveau du laboratoire de l'ADE afin de réaliser des analyses de deux échantillons (mars 2023) des eaux de sources d'Ain Fouara supérieure et Ain Bendou.

La majorité des eaux souterraines de la GUT se situe au-dessous des normes de potabilité, sauf quelques forages qui présentent des teneurs élevées.

Mots clés :

GUT, Eau souterraines, paramètres physico-chimiques et biologiques, normes de potabilité, Qualité des eaux.