



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : DES SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES BIOLOGIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

-BENSAIDANE MARWA

-ZEBEIR HIBA

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : ECOLOGIE VEGETALE ET ENVIRONNEMENT

OPTION : ECOLOGIE VEGETALE ET ENVIRONNEMENT

Thème

Analyse spatiale de la qualité physico-chimique
des eaux potables
de la vallée de l'Oued M'zi (Région de Laghouat)

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
CHAIBI RACHID	Pr	Président
SOUFI IBTISSEM	MAA	Examineur1
BENCHETTOUH AHMED	MCB	Rapporteur
HANICH HAMADA	ING	Co-rapporteur ((s'il y a lieu)

Promotion : JUIN 2020 -2021

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser Ce travail dans de meilleures conditions.

*Nous tenons à remercier notre promoteur Monsieur **Benchettouh Ahmed**, pour l'honneur qu'elle nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail*

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de Biologie.

*Nous remercions le service de L'ADE : Monsieur : **Abd Allah, dallal**, pour leur gentilles et surtout **Monsieur Hamada** pour leur encouragement et ses conseils*

Nous remercierons Direction de la santé et de la population - Laghouat, Service de prévention.

Dédicace

*Nous dédions cet humble travail :
A Allah, le plus miséricordieux, le plus
miséricordieux
Votre miséricorde et votre grâce nous ont
fortifiés dans la persévérance et le travail
acharné.
Pour nos pères et mères
A nos chers frères et soeurs
À tous les professeurs du Département de
biologie
A tous nos chers amis sans exception*

Marwa & hiba

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	page
Tableau 1	Estimation de la qualité d'eau à partir leur pH selon la norme (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la de sécurité sanitaire des eaux 2014).	8
Tableau 2	Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Touhari, 2015):	9
Tableau 3	classes d'altitude de la zone d'étude	14
Tableau 4	classes de pentes de la zone d'étude	16
Tableau 5	Géologie de la zone d'étude	17
Tableau 6	Caractéristiques stationnaires de la station Hamda	21
Tableau 7	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Hamda (1991-2020)	21
Tableau 8	Températures mensuelles de la station de Hamda (1991-2020)	22
Tableau 9	L'indice bioclimatique d'Emberger, L. (d'après Stewart, 1969)	23
Tableau 10	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier J, 2009).	28
Tableau 11	Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées	41
Tableau 12	Variance expliquée	41
Tableau 13	Cosinus carrés des variables	42

Liste des figures

N° Figure	Titre	page
Figure 1	Cycle de l'eau dans la nature (Google Image).	4
Figure 2	Ultra structure de la molécule d'eau	5
Figure 3	Localisation de la région d'étude	13
Figure 4	classes des pentes	15
Figure 5	Carte géologique	17
Figure 6	Réseau hydrographique de la zone d'étude	19
Figure 7	Diagramme ombrothermique de la station de Hamda (1991-2020)	22
Figure 8	Climagramme d'EMBERGER	24
Figure 9	Conductivité électrique de la zone d'étude	34
Figure 10	La dureté totale de la région d'étude	34
Figure 11	les teneurs en nitrates dans les échantillons d'eau analysés	36
Figure 12	Les teneurs en calcium des eaux analysées	37
Figure 13	Les teneurs en chlorures des eaux analysées	37
Figure 14	Les teneurs en magnésium, dans les eaux analysées	38
Figure 15	Les teneurs en bicarbonates des points étudiés	39
Figure 16	Les valeurs obtenues des sulfates dans les eaux du bassin versant de l'oued M'zi	40
Figure 17	Les valeurs obtenues des sulfates dans les eaux du bassin versant de l'oued M'zi	42
Figure 18	Projection des eaux étudiées sur l'axe factoriel F1 et F2	43

Résumé : La région d'étude, d'une superficie d'environ 4378 Km, appartient au bassin versant de l'oued M'zi. Dans cette région, un nombre important de puits sollicite la nappe superficielle contenue dans les formations du crétacé inférieur et du jurassique, et ce pour l'alimentation humaine et animale en eau potable ainsi que pour l'irrigation des cultures. En plus de la sécheresse qui est un facteur aggravant, on enregistre un accroissement important des besoins en eau dans la région, dû principalement, à l'accroissement de la population, l'augmentation du cheptel ovin, à l'extension des cultures et à la semi- sédentarisation. Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation dans les communes qui constituent ce bassin versant, notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité physicochimique des eaux de consommation de cette région. Pour apprécier la qualité de ces eaux, nous avons mesuré la conductivité, la dureté, les résidus secs et déterminé les teneurs en nitrates, en chlorures, en calcium, en sulfate, en bicarbonates, en magnésium et en calcium sur plusieurs échantillons prélevés dans différentes communes. Il en ressort selon les résultats obtenus, que la plupart des paramètres physico-chimiques sont dans les normes admises et par conséquent la qualité des eaux contrôlées est relativement bonne.

Mots clés : Bassin versant de l'oued M'zi, qualité physicochimique, eau potable

الملخص :

منطقة الدراسة تتربع على مساحة 4378 كم² تنتمي الى الحوض المائي واد مزي في هذه المنطقة التي انشأ بها عدد مهم من الابار التي تتغذى بالطبقة الجوفية التي تتكون في تركيبها الجيولوجية من creatce inferieur et jurassique و هذا لتزويد السكان و الماشية بالمياه الشروب و النشاط الزراعي. إضافة الى الجفاف الذي يعد عامل حاد، نسجل زيادة معتبرة في احتياجات الماء بهذه المنطقة وهذا راجع اساسا الى زيادة في عدد السكان و الماشية بالمناطق الريفية. من اجل مراقبة نوعية المياه المعالجة المستهلكة في بلديات المنطقة، دراستنا اعتمدت على الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه المستهلكة لهذه المنطقة. من اجل فحص نوعية المياه قمنا بقياس الناقلية، العسورة، النترات، كلوريد كالسيوم، سلفات، بيكاربونات ، المغنيزيوم ، كالسيوم في العديد من العينات المأخوذة من عدة بلديات حيث ان النتائج اثبتت ان المياه ذات نوعية فيزيو كيميائية جيدة .

الكلمات المفتاحية. الحوض المائي لواد مزي، الجودة الكيميائية والفيزيائية، مياه الشرب

Abstract: The study region, covering an area of approximately 4,378 km, belongs to the Oued M'zi watershed. In this region, a large number of wells use the surface water contained in the formations of the Lower Cretaceous and Jurassic, and this for human and animal consumption in drinking water as well as for the irrigation of crops. In addition to the drought which is an aggravating factor, there is a significant increase in water needs in the region, mainly due to the increase in the population, the increase in the sheep herd, the extension of crops and semi-sedentarization. In order to help control the quality of drinking water in the municipalities that make up this watershed, our study focused on the assessment of the physicochemical quality of drinking water in this region. To assess the quality of these waters, we measured the conductivity, the hardness, the dry residues and determined the contents of nitrates, chlorides, calcium, sulphate, bicarbonates, magnesium and calcium on several samples taken in different communes. According to the results obtained, it emerges that most of the physicochemical parameters are within the accepted standards and consequently the quality of the controlled water is relatively good.

Key Words : Wadi M'zi catchment, physicochemical quality, drinking water

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicace	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Résumer.....	VIII
INTRODUCTION	1
Partie I. Etude bibliographique	
Chapitre I : généralité sur l'eau.....	3
1. L'eau dans la nature	
2-Définition de l'eau.....	3
3-Cycle d'eau.....	3
4. Importance de l'eau.....	4
5. Structure de l'eau.....	4
6. Etats de l'eau.....	5
7. Propriétés de l'eau.....	5
II : L'eau potable.....	6
1-Les différents types d'eau potable.....	6
2- Qualité de l'eau potable.....	7
2-1La qualité organoleptique de l'eau.....	7
2-1-1 Couleur.....	7
2-1-2 L'odeur et Saveur.....	7
2-1-3 La turbidité.....	8
2-3 Les paramètres physico-chimiques.....	8
2-3-1 pH.....	8
2-3-2 Température.....	8
2-3-3 Conductivité électrique.....	8

Table des matières

2-3 -4 La matière solide dissoute totale (TDS).....	9
2-3-5 La minéralisation.....	9
2-3-6 Cations.....	10
2-3-6-1 Ion Magnésium (Mg^{2+}).....	10
2-3-6-2 Ion calcium (Ca^{2+}).....	10
2-3-6-3 Ion potassium (K^{+}).....	10
2-3-6-4 Ion Sodium (Na^{+}).....	10
2-3-7 Anions.....	10
2-3-7-1 Nitrate (NO_3^{-}).....	10
2-3-7-2 Nitrite (NO_2^{-}).....	11
2-3-7-3 Chlorure.....	11
2-3-7-4 Sulfate (SO_4^{2-}).....	11
2-3-7-5 Bicarbonates (HCO_3^{-}).....	11
IV : L'eau potable en algerie.....	11
1-la gestion et contrôle de l'eau potable en Algérie.....	12
2-La distribution de l'eau potable.....	12

Partie II. Matériel et méthodes

Partie II. Matériel et méthodes.....	14
II.1- Etude du milieu.....	14
II. 1- Géomorphologie.....	14
II.1.1-Situation géographique.....	14
II.1.2 - Courbe hypsométrique.....	15
II.1.3- Les pentes.....	16
II.1.4 – Géologie.....	18
II.2- Hydrogéologie.....	19
II.1.6-Classification du réseau hydrographique.....	20
II .3- Etude climatique du milieu.....	21

Présentation de la station climatique retenue.....	21
II.2.2- Précipitations.....	22
II.2.1. Température.....	22
II.2.3- Synthèse climatiques.....	23
Indice De Martonne.....	24
Détermination des étages bioclimatiques de la zone d'étude.....	24
II.3- Échantillonnage et méthodes du travail.....	26
II.3.1- Prélèvement pour l'analyse physico-chimique.....	26
II.3.2- Point d'échantillonnage.....	26
Prélèvement.....	26
3.2.1Réseau (à un robinet).....	26
3.2.2 Transport et conservation au laboratoire.....	27
3.3 Analyses physico-chimiques.....	27
3.3.1Dosage de chlore libre.....	27
3.3.1 Mesure de la température.....	28
3.3.3 La turbidité.....	28
3.3.4 Détermination de la conductivité.....	28
3.3.5 Détermination de la minéralisation.....	29
3.3.6 Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH).....	29
3.3.6.1 Principe.....	29
3.3.6.2Mode opératoire.....	29
3.3.6.3Expression des résultats.....	30
3.3.7 Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})	30
3.3.7.1Principe.....	30
3.3.7.2Mode opératoire.....	30
3.3.8 Détermination de Mg^{2+}	30
3.3.9 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-).....	30

3.3.9.1 Mode opératoire.....	31
3.3.9.2 Expression des résultats.....	31
3.3.10 Détermination des chlorures (Cl^-).....	31
3.3.10.1 Principe.....	31
3.3.10.2 Mode opératoire.....	32
3.3.10.3 Expression des résultats.....	32
3.3.11 Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible.....	32
3.3.11.1 Principe.....	32
3.3.11.2 Mode opératoire.....	32
3.3.11.3 Expression des résultats.....	33
3.3.12 Dosage de nitrites (NO_2^-).....	33
3.3.12.1 Principe.....	33
3.3.12.2 Mode opératoire.....	33
3.3.12.3 Expression des résultats Pour une prise d'essai de 50 ml,.....	33
3.3.13 Détermination des sulfates (SO_4^{2-}) par spectrophotomètre UV visible.....	34
3.3.13.1 Principe.....	34
3.3.13.2 Mode opératoire.....	34
3.3.13.3 Expression des résultats.....	34
3.3.14 Dosage de sodium et potassium	34
3.3.14.1 Principe.....	34
3.3.14.2 Expression des résultats.....	34
Partie III. Résultats et discussion	
Résultats et discussion.....	36
Paramètres physiques étudiés.....	36
Conductivité électrique (Ce).....	36
La dureté totale (TH).....	36
Paramètres chimiques étudiés.....	37

Table des matières

Les nitrates (NO_3^-).....	37
Le calcium (Ca^{++}).....	38
Les chlorures (Cl^-).....	39
Le magnésium (Mg^{++}).....	40
Les bicarbonates (HCO_3^-).....	41
Les sulfates (SO_4^{--}).....	42
Analyse en composantes principales (ACP).....	43
Calcul de la matrice de corrélation.....	43
Diagnostic de la matrice de corrélation.....	43
Cercle des corrélations et projection des individus.....	44
Conclusion.....	46
Références bibliographique	47

Introduction

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale (Abdelbaki et Boukli Hacène, 2007). Les perspectives de croissance démographique à l'horizon 2050 font craindre une intensification des prélèvements dans les eaux souterraines. Même les pays en développement les mieux dotés en eau, comme l'Inde, connaissent déjà des situations locales de surexploitation de leurs aquifères (Petit, 2004).

Les signaux d'alarme retentissent depuis plusieurs années. D'après le classement de 2019 établi par l'organisation World Resources Institute, l'Algérie est le 29^e pays le plus touché par la sécheresse. Une étude publiée par l'Institut de prospective économique en Méditerranée (IPEMED) en 2013 indiquait déjà que l'Algérie comptait parmi les pays les plus exposés à un stress hydrique à long terme sur le pourtour méditerranéen. L'étude pointait notamment les vulnérabilités des potentialités hydriques du pays et soulignait que la croissance démographique, la raréfaction des ressources hydriques et les changements climatiques faisaient craindre une pénurie d'eau. Aujourd'hui, la sécurité hydrique du pays est clairement menacée (Arezki, 2021).

La région d'étude, d'une superficie d'environ 4378 Km², appartient à la partie amont du grand bassin versant de Hodna qui s'insère dans le vaste ensemble des hauts plateaux steppiques. Dans cette région, un nombre important de puits sollicite la nappe superficielle contenue dans les formations alluvionnaires calcaro-dolomitique, et ce pour l'alimentation humaine et animale en eau potable ainsi que pour l'irrigation des cultures. Toutefois, on enregistre un accroissement important des besoins en eau dans la région, dû principalement, à l'accroissement de la population, l'augmentation du cheptel ovin, à l'extension des cultures et à la semi- sédentarisation. En plus de la sécheresse qui est un facteur aggravant, ces activités anthropiques ont deux conséquences.

Cette étude vise à faire la caractérisation hydrogéochimique et à identifier les facteurs de minéralisation de l'eau potable dans le bassin versant de l'oued M'zi.

Notre travail s'articule en 3 chapitres :

Chapitre I : Aperçu bibliographique sur la qualité physicochimique de l'eau potable.

Chapitre II : Matériel et méthodes.

Chapitre III : Résultats et discussion.

Généralités sur l'eau

1. L'eau dans la nature

L'eau couvre 71 % de la surface de la croûte terrestre. Elle est située principalement dans les océans, où 96.5% de l'eau totale est concentrée en eau salée. Les glaciers et les calottes polaires représentent 1.74%, tandis que les gisements souterrains (aquifères), le pergélisol et les glaciers continentaux représentent 1.72%. Les 0.04% restants sont répartis par ordre décroissant entre les lacs, l'humidité du sol, l'atmosphère, les réservoirs, les rivières et les êtres vivants. L'eau circule constamment dans un cycle d'évaporation ou de transpiration (évapotranspiration), de précipitation et de déplacement vers la mer.

On estime qu'environ 70% de l'eau douce est utilisée pour l'agriculture. L'eau dans l'industrie absorbe en moyenne 20% de la consommation mondiale, utilisée dans la réfrigération, le transport et comme solvant dans divers procédés industriels. La consommation domestique absorbe les 10% restants.

2. Définition de l'eau

L'eau H_2O est une substance liquide, incolore, inodore, sans saveur et limpide quand elle est pure, essentielle de la terre. L'eau est un composé chimique dont la molécule est formée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H_2O). Le terme eau désigne généralement la substance dans son état liquide, bien qu'elle puisse se trouver sous sa forme solide appelée glace et sous sa forme gazeuse appelée vapeur.

L'eau est une substance assez commune dans l'univers et le système solaire, où elle se trouve principalement sous la forme de la vapeur ou de glace. Elle est essentielle pour la survie de toutes les formes de vie connues.

3. Cycle d'eau

D'une façon générale le cycle évaporation-transpiration-retour à la mer dure en moyenne 21 jours pour les eaux de surface : le demi-cycle condensation-précipitation est d'environ 9 jours tandis que le demi-cycle de retour des eaux de pluie à la mer est de l'ordre de 12 jours. Les eaux d'infiltration retournent elles aussi à la mer mais leur cycle est variable en fonction des nappes et peut atteindre des milliers d'années lorsqu'il s'agit

des nappes géologiques. Tandis que les eaux souterraines sont souvent de meilleures qualités, les eaux d'infiltration qui alimentent les nappes souterraines et les sources se chargent de matières organiques en traversant des couches supérieures des sols et s'enrichissent en sels minéraux provenant des terrains rencontrés sur leurs parcours. Il faut signaler en outre que les puits alimentés par la nappe phréatique sont sensibles à la pollution par les eaux de surface, en particulier s'ils ne sont pas étanches et s'il y a au voisinage des sources de pollution tels que les fosses septiques et les égouts.

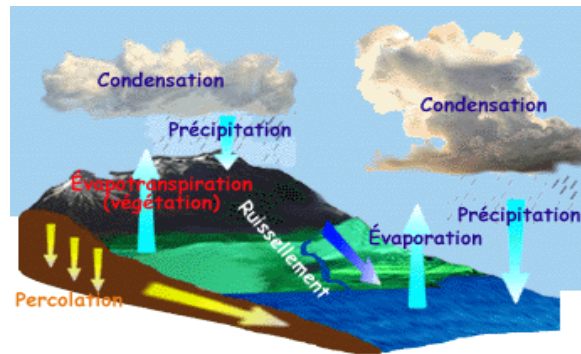


Figure 1. Cycle de l'eau dans la nature (Google Image).

4. Importance de l'eau

L'eau est à plus d'un titre, une matière première exceptionnelle puisqu'elle est essentielle à toute forme de vie, qu'elle soit humaine, animale ou végétale. Elle a longtemps été considérée comme une ressource abondante voire illimitée et il semblait normal à chacun qu'elle soit gratuite ou quasiment gratuite à cause de tous les symboles qu'elle véhicule depuis toujours tant au plan de la vie, de la culture ou de la religion, bref elle est biologiquement, industriellement, socialement et économiquement importante. UWAM.

5. Structure de l'eau

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O) lié par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5°; sa formule chimique est H_2O . Les liaisons entre les molécules d'eau sont appelées liaisons hydrogène (sont des liaisons physiques très faibles) (fig. 01). Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre. La molécule d'eau présente un moment dipolaire élevé (1,85D), dû à la forte électronégativité de l'atome

d'oxygène. Cette polarisation permet d'expliquer pourquoi l'eau conduit le courant électrique et d'autres propriétés remarquables (2)

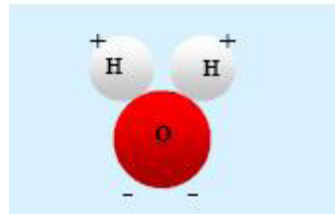


Figure 2. Ultra structure de la molécule d'eau

6. Etats de l'eau

L'eau est la seule substance sur terre qui existe naturellement sous ses trois états:

- ✓ L'état gazeux (vapeur), correspond exactement à la formule H_2O et en particulier au modèle angulaire;
- ✓ L'état solide (glace, neige), l'arrangement élémentaire consiste en une molécule d'eau centrale et quatre périphérique, l'ensemble affectant la forme d'un tétraèdre;
- ✓ L'état liquide (océans, rivières), il y a association de plusieurs molécules par des liaisons particulières dites liaisons hydrogène, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine. Dans l'espace la molécule est tétraédrique.

7. Propriétés de l'eau

Parmi les propriétés physico-chimiques de l'eau, certaines concernent, plus spécialement, les changements de l'état et les transferts de chaleur latente de fusion, la chaleur latente de vaporisation, la conductibilité thermique et la viscosité. L'eau pure possède un certain nombre de propriétés rigoureusement invariables qui en font des critères de pureté :

- La température de vaporisation pendant l'ébullition et la solidification est constante ($100^{\circ}C$ à pression atmosphérique normale),
- Une masse volumique égale à $1g/cm^3$ à $4^{\circ}C$,
- La distillation de l'eau pure redonne de l'eau absolument identique,
- C'est un fluide dense à température de congélation de $0^{\circ}C$ par définition sachant que son maximum de densité se situe à $4^{\circ}C$ par 760 mm de mercure est plus légère que l'eau (densité $d = 0.917$),
- Chaleur spécifique de l'eau est très importante,

- L'eau dissout de nombreux gaz et sels, parmi les gaz l'oxygène et le gaz carbonique,
- Les principales substances dissoutes par l'eau sont: les carbonates, les sulfates, les chlorures, alcalin (Na, K) et Alcalino-terreux (Ca⁺, Mg⁺).
- S-y- ajoutent bien d'autres éléments qui, s'ils ne sont pas grandes quantités, sont d'une grande importance du point de vue écologique, des anions (nitrates, nitrites, sulfates, fluor, arsenic, sulfures, oligoéléments, etc....)

II : L'eau potable

Les eaux potables est l'ensemble des eaux dont les propriétés chimiques, bactériologiques, biologiques et organoleptiques les rendent propres à la consommation humaine (Hoffman et al. 2014). La plupart des eaux potables proviennent des eaux souterraines et des eaux de sources (Bliefert et Perraud, 2007).

Selon l'OMS, une eau dite potable est une eau que l'homme peut consommer tout le long de sa vie sans danger ou risque pour la santé. Cette eau en effet doit être agréable à boire et ne doit renfermer en quantité, ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée.

1-Les différents types d'eau potable

Pour la consommation humaine, il existe trois types d'eau :

1-Les eaux de table sont les eaux de robinet mises en bouteilles. Elles subissent des traitements pour être conformes aux normes.

2-Les eaux de source sont issues de nappes souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines.

3-Les eaux minérales sont des eaux de source ayant des propriétés particulières. Elles ont des teneurs en minéraux et oligo-éléments susceptibles de leur conférer des vertus préventives pour la santé. Elles ne peuvent être traitées car elles sont potables à l'origine (Théodore et al., 2006).

2- Qualité de l'eau potable

Selon Babadjidé (2001), l'eau de mauvaise qualité est l'un des éléments qui affecte la santé par ce qu'il est responsable a des maladies altérant la santé de l'homme. Donc

l'eau constitue une source de vie, mais elle est également source de maladie de part sa dégradation et sa mauvaise gestion.

L'eau distribuée au consommateur ne doit pas contenir des substances toxiques (organiques ou minérales) et absence des microorganismes pathogène. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques lors des contrôles analytiques réglementaires (Kettab, 1992).

2-1 La qualité organoleptique de l'eau

Le consommateur donne une importance aux composants organoleptiques (aux goûts, aux odeurs, à la turbidité et à la couleur de l'eau), qu'à la présence de composés chimiques non-odorants et nuisibles pour la santé (Bartels et al, 1986).

2-1-1 Couleur

L'eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (Monique, 1991). La couleur d'eau qui apparente est due aux substances et à la matière en suspension. La couleur réel d'une eau est due seulement aux substances dissoutes, elle est déterminée par la filtration de l'échantillon d'eau à travers une membrane de 0,15µm (Rodier, et al.1984).

2-1-2 L'odeur et Saveur

Les eaux potables doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». Ces deux propriétés sont simultanément excités, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme (le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO₂ ou le sulfure d'hydrogène H₂S) ; ou organiques comme (les esters, les alcools, les nitrites), les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) (Monique, 1991).

2-1-3 La turbidité

La turbidité d'une eau due à la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau (Rodier, et al.1984), comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une

faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Tardat, 1984).

2-3 Les paramètres physico-chimiques

2-3-1 pH

Le pH constitue la concentration en ion hydrogène (H_3O^+), c'est le caractère acido-basique. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, pour parler du potentiel d'hydrogène ou la concentration en protons, l'échelle de pH va de 0 à 14 avec une neutralité à 7 (idéale 6,5) pour les eaux provenant des terrains pauvres en calcaire (Hamon J, 1982).

Tableau 1. Estimation de la qualité d'eau à partir de leur pH selon la norme (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Direction de la sécurité sanitaire des eaux 2014).

Qualité de l'eau	Qualité de l'eau	Qualité de l'eau	Qualité de l'eau	Qualité de l'eau
Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

2-3-2 Température

Il est important de déterminer la température pour les études de la potabilité d'eau de surface ou souterraines. La température est influencée par les conditions climatiques (température de l'air), elle a un rôle très important dans la solubilité des sels (surtout des gaz) et la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, la détermination du pH. L'augmentation de la température y a un risque de développement de micro-organismes, problèmes des goûts et des odeurs désagréables ainsi que l'augmentation de couleur (Monique, 1991).

2-3-3 Conductivité électrique

La conductivité est une expression numérique mesure la capacité d'une solution à conduire le courant électrique (entre deux électrodes). Elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous mais très rapidement approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution (Guentri et Rahmania, 2017). La conductivité s'exprime généralement en milli siemens par centimètre (ms/cm) ou désiemen/m (dS/m) (Dore, 1995).

Tableau 2.Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Touhari, 2015)

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

2-3 -4 La matière solide dissoute totale (TDS)

Les matières solides sont constitués principalement sels inorganiques dissout dans l'eau, leur principaux constituants sont le calcium, magnésium, sodium et potassium, et carbonates, sulfate, bicarbonate, chlorure, et le nitrate dans les eaux souterraines (a cause l'utilisation agricole) (Rainwater et Thatcher, 1960).

Ils présentent dans les réserves d'eau proviennent de source naturelles, d'effluents ou eaux usées industriels, du ruissellement urbaine et agricole. Leur concentration dans l'eau est varie en fonction de la solubilité des déférents minéraux dans diverses région géologiques (Garrison, 1977).

2-3-5 La minéralisation

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates (HCO_3^-), les chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{2-}), calcium (Ca^{2+}), sodium Na^{2+} , potassium (K^+), manganèse Mn^{2+} une minéralisation élevé donne un goût salé.

Trois techniques peuvent être utilisées pour la déminéralisation en eau potable :

L'électrodialyse ;

L'osmose inverse ;

La distillation (Rodier, et al.1984).

2-3-6 Cations

2-3-6-1 Ion Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un des éléments essentiels dans l'eau et sa teneur dépend de la nature des terrains. Il dépasse rarement 15mg/l dans l'eau naturelle. Le magnésium est un responsable essentiel dans la dureté de l'eau. Il provient de la dissolution des formations carbonatées forte teneur en oxygène (magnésite et dolomite) (Tardat, 1984).

2-3-6-2 Ion calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un élément très répandu dans la nature et en particulier dans les calcaires sous forme de carbonates (CaCO_3). Comme le magnésium, est un élément majeur de la dureté de l'eau, sa teneur diffère selon la nature des terrains traversés. Selon les études, les eaux à forte teneur en calcium n'entraînent pas des effets néfastes sur la santé (OMS., 1994).

2-3-6-3 Ion potassium (K^+)

Le potassium est un élément soluble, il provient de l'altération des formations silicatées, les argiles et ainsi les rejets industriels (mines de potasse et d'usines d'engrais). L'organisme a un faible besoin de potassium donc il peut fournir par l'alimentation mais pas des fortes doses par ce qu'il ne présente pas de risques sanitaires à de faibles doses (OMS, 2003).

2-3-6-4 Ion Sodium (Na^+)

Le sodium est l'élément le plus connu des populations mais sous forme de chlorure de sodium (NaCl), ainsi il est constant dans l'eau. Le sodium présent dans la plupart de la préparation alimentaire et l'eau mais avec une concentration maximale admissible (Rodier et al., 2009).

2-3-7 Anions

2-3-7-1 Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates, présents dans les eaux naturelles et non pollués à une faible quantité, le taux est différent selon la saison et la nature, l'origine de nitrate est due au processus d'oxydation (d'azote organique, ammoniacal etc.) par les bactéries, les teneurs élevées sont dues aux apports d'engrais chimiques et aux rejets des eaux usées (Rieu, 1991).

Lors de l'exposition à des fortes teneurs ; les nitrates ont une toxicité à long terme comme les cancers par le fait qu'ils sont transformés en nitrite (Tardat, 1984).

2-3-7-2 Nitrite (NO₂-)

Les nitrites proviennent de l'oxydation incomplète d'azote organique, représente une forme moins oxygénée et moins stable. La toxicité de nitrites très sévère en raison de leur pouvoir oxydant, peuvent inhiberaient l'activité biologique de certaines vitamines (A,E, B6...) et peuvent également entraîner une méthémoglobinémie (OMS, 1980).

2-3-7-3 Chlorure

Les chlorures proviennent essentiellement des eaux d'égouts et aux effluents industriels, ainsi à la pollution provenant de la dissolution des sels naturels provoqués par lessivages des formations salifères. L'origine de présence des chlorures dans l'eau soit agricole (engrais, pesticide etc.) ou industrielle et urbaine (eau usée). La concentration élevée des chlorures dans l'eau potable est influencé sur le gout (OMS, 2003).

2-3-7-4 Sulfate (SO₄²⁻)

Le sulfate est l'un des anions les moins toxiques, leur présence dans les eaux est proviennent à travers des déchets industriels, mais les valeurs les plus élevés sont produisent généralement dans les eaux souterraines et de sources d'origine naturelles (Alpha, 2005).

Les concentrations plus élevés du sulfate résulté des troubles gastro-intestinaux chez les enfants surtout et influe sur la qualité organoleptique de l'eau potable (gout, corrosion) (OMS, 1985).

2-3-7-5 Bicarbonates (HCO₃-)

Les bicarbonates dans l'eau correspondent à la dissolution des formations carbonatées par de eaux chargées en CO₂, les HCO₃- sont responsable de l'alcalinité de l'eau. Ces éléments sont déterminés à travers la mesure de pH (Rieu, 1991).

IV : L'eau potable en algerie

Les volumes distribués à la consommation humaine (eau potable) sont de l'ordre de 1,6 milliards m³ provenant de 30 % des barrages et 70 % des nappes souterraines.

En considérons ces volumes, la dotation domestiques par personne n'est qu'à 53 m³/an soit 145 l/j.

☞ D'après l'Algérienne des eaux, le réseau d'AEP totalise un linéaire de 60 000 km dont 20 000 km en adduction. Cette agence de l'eau exploite 1 300 forages d'une capacité de 442 million m³/an, 472 stations de pompage et 33 stations de traitement.

☞ Le taux de raccordement aux réseaux d'AEP est d'une moyenne de 95%.

☞ L'ADE produit 407 millions de m³ dont 347 millions m³ (47 %) sont distribués et seulement 195 millions m³ sont facturés.

1-la gestion et contrôle de l'eau potable en Algérie

En Algérie la gestion et le contrôle des eaux potable est gérée par les établissements publics soit L'Algérienne des Eaux (ADE) ou par les APC

L'Algérienne des Eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, Sous tutelle du ministère des Ressources en Eau.

L'ADE a pour mission de La production, le transport, le traitement, le stockage, la gestion et la maintenance des systèmes et installations, La distribution, la facturation de l'encaissement, L'approvisionnement en eau potable et industrielle, La surveillance et contrôle de la qualité de l'eau distribuée, visant l'économie de l'eau (lutte contre le gaspillage) (ADE, 2020).

2-La distribution de l'eau potable

La distribution de l'eau se fait par un système de canaux et de conduites, mais le système de distribution souffre des cassures, dans les vieux quartiers, les cassures sont dues soit aux travaux de canalisation (téléphone, gaz, assainissement) soit à la corrosion des conduites. Dans les nouveaux quartiers des (Zones d'Habitat Urbain Nouvelles), la situation est plus préoccupante. Les conduites sont en PVC et, au niveau des coudes, les cassures sont fréquentes.

Dans toute l'Algérie notamment les grands centres urbains, l'approvisionnement se fait par grand quartier. Chacun attend son tour. Les capacités de stockage ne suffisent pas à approvisionner tous les consommateurs en même temps. En général, ces derniers ne reçoivent l'eau que durant deux à quatre heures de suite par jour. Pour cela, ils stockent l'eau dans des petits réservoirs soit dans des récipients (Kadi, 1997).

Chapitre II :Matériel et Méthodes

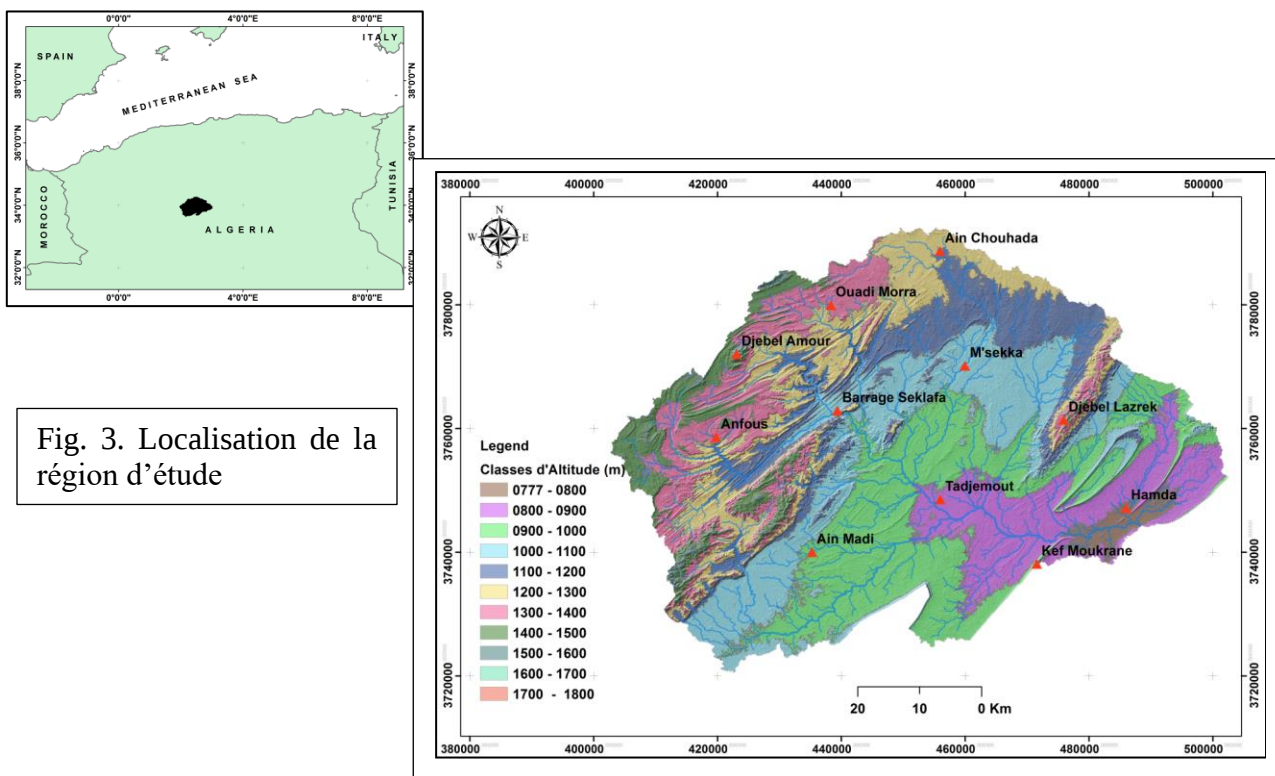
Ce travail a été réalisé dans le laboratoire de l'ADE de Laghouat durant deux mois (Janvier au Mars de l'année 2021). L'étude vise à faire la caractérisation hydrogéochimique et à identifier les facteurs de minéralisation de l'eau potable dans le bassin versant de l'oued M'zi (Laghouat, Kef Mokrane, Sidi Makhlouf, Tadjmout, Oued M'zi, Ain Madhi, Aflou, Oued Morra, Milok, El-Hadjeb, Bennaceur Benchohra, El-Assafia, El-Houita, Lekhneg et Ksar El-Hirane) au moyen de l'environnement des Systèmes d'Information Géographique.

II.1-Etude du milieu

II. 1- Géomorphologie

II.1.1-Situation géographique

La délimitation de notre zone d'étude a été faite à l'aide du logiciel ArcGis, en prenant en compte le doublant ponts du rentré nord de la ville de Laghouat étant l'exutoire du bassin versant.



Cette délimitation a été réalisée après vérification à l'aide de Google Earth Pro. Le bassin versant de l'oued M'zi situé dans la région centrale de l'Algérie Méridien entre 33° 36' 32" et 34° 15' 50" latitude nord et 1° 57' 5 » et 3° 1' 36" longitude Est. Il fait partie du grand bassin du Chott Hodna. D'une superficie de 4378 Km² et d'une forme allongée ($K_G = 1,7$), il est encadré par les monts du djebel Amour au Nord, et ceux du djebel Lazreg à l'Est. A l'Ouest limité par les monts d'El-Ghaicha (Fig. 3). L'altitude du bassin versant varie de 770 m à 1716 m. Elle décroît du nord vers l'est avec une élévation moyenne de 1096 m. Ses reliefs présentent des caractères très contrastés, constitués de plateaux entaillés et de versants raides.

II.1.2- Courbe hypsométrique

Partant de la répartition des classes d'altitude il est possible d'établir la courbe hypsométrique qui présente en abscisses les altitudes et en ordonnées les pourcentages cumulés des fractions de surface (Fig. 3).

L'hypsométrie avec des tranches d'altitude de 100 m, nous donne une altitude moyenne de 1096 m.

Tableau 3 : classes d'altitude de la zone d'étude

Classes d'altitude (m)	Superficie	
	Km ²	%
777 – 800	74.82	1.71
800 – 900	550.19	12.57
900 – 1000	1010.52	23.08
1000 – 1100	817.90	18.68
1100 – 1200	568.71	12.99
1200 – 1300	581.51	13.28
1300 – 1400	490.61	11.21
1400 – 1500	252.47	5.77
1500 – 1600	29.88	0.68
1600 – 1700	1.18	0.03
1700 – 1800	0.00	0.00
Total	4378	100

L'oued principal de M'zi prend sa source dans les monts des djebels : Amour à l'ouest, Oued Morra au nord, El-Ghaicha au sud et Lazreg à l'est. Le barrage Seklafa a été lancé en

construction en 2015 sur la cour supérieure d'une capacité de rétention de 45 millions m³. Ce dernier sera répondu à des besoins d'approvisionnement en eau potable des communes de voisinage et des besoins agricoles par le développement de l'irrigation sur un périmètre de 12000 hectares situés dans la plaine de la commune de l'oued M'zi (Benchettouh et al. 2021).

II.1.3- Les pentes

La carte de pentes représentée par la figure 03 est établie à partir du modèle numérique de terrain d'une résolution de 30 m, les valeurs des pentes sont regroupées en 4 classes selon la classification de Dimitrios *et al.* (2013), ainsi :

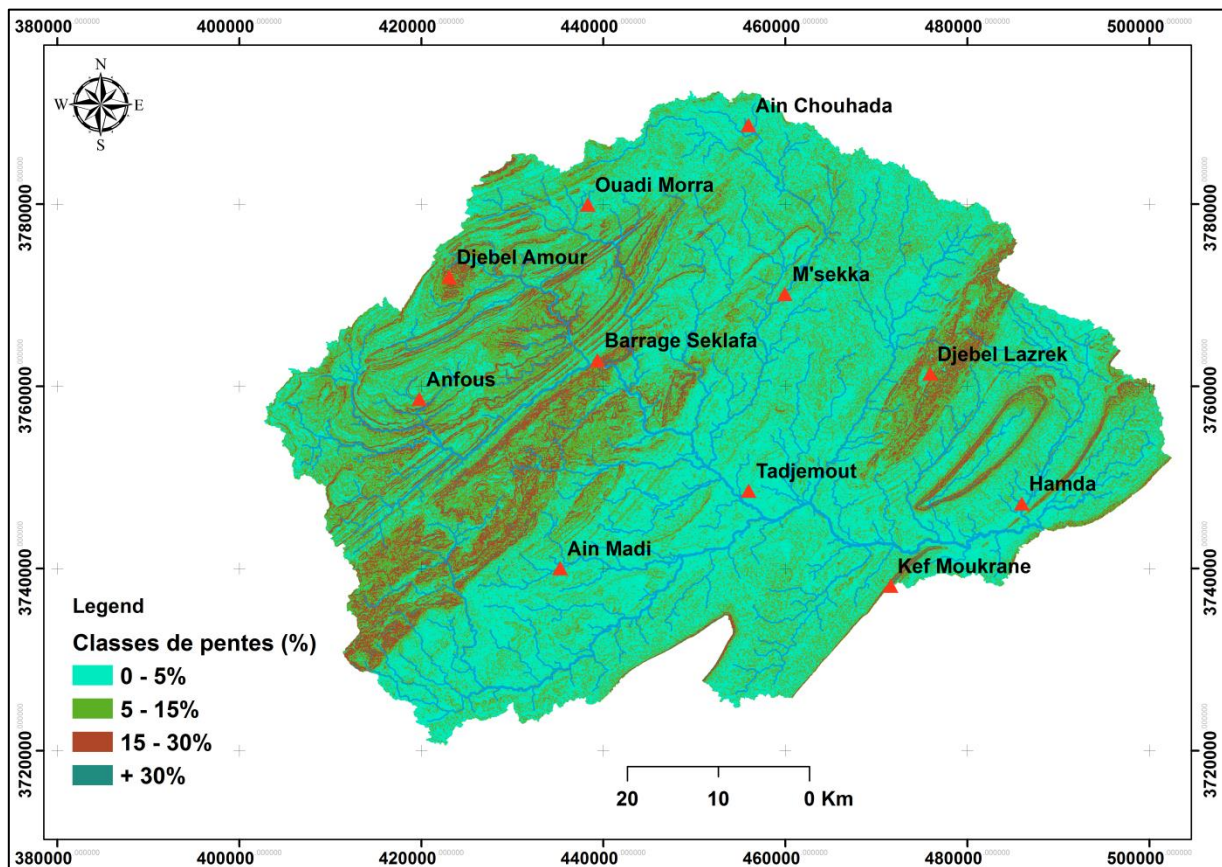


Fig. 4 : classes des pentes

Tableau 4 : classes de pentes de la zone d'étude

Classes de pentes %	Surface	
	Km ²	%
0-----5	2459	56.2
5-----15	1562	35.7
15----30	323	7.4
+30	34	0.8
Total	4378	100

Pente : 0 - 5% caractérise l'ensemble des terrains dont la topographie est généralement plane. Ce sont les fonds de vallées, les plaines et les plateaux. Elle couvre en moyenne 56.2% de la superficie totale du bassin versant.

Pente 5 - 15% caractérise généralement un relief escarpé, qui peut être des plateaux ou bas de collines. Elle occupe une surface moyenne de l'ordre de 35.7% de la zone d'étude.

Pente 15 - 30%, elle caractérise le plus souvent les zones de piémonts qui sont le prolongement des reliefs montueux. Ce sont généralement des terrains de parcours. Cette classe occupe 7.4% du bassin versant de l'oued M'Zi.

Pente > à 30%, elle représente les hauts piémonts et les zones montagneuses de forte déclivité généralement couverte par la végétation forestière moins dense. Elles couvrent d'une surface moyenne de 0.8% de la zone d'étude.

II.1.4 - Géologie

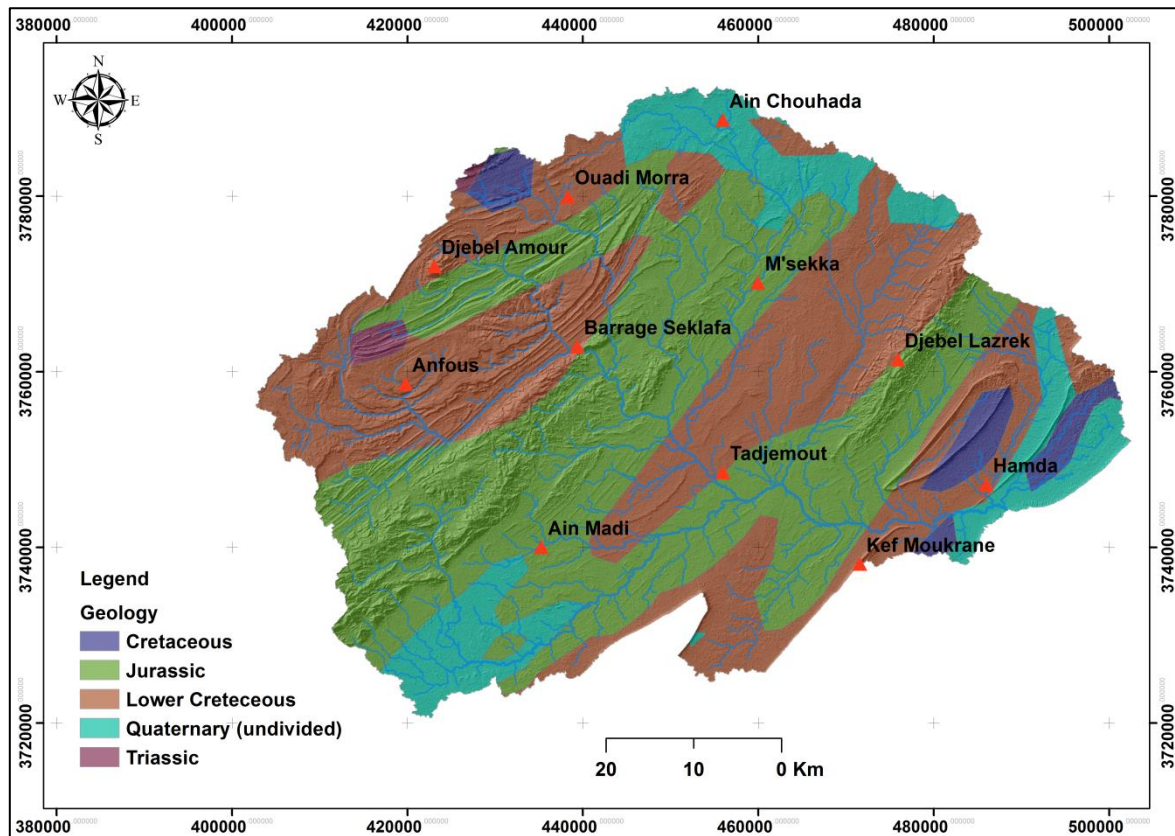


Fig. 5 Carte géologique

Tableau 5 : Géologie de la zone d'étude

Classe de géologie	Surface	
	Km ²	%
Quaternaire	538.08	12.3
Crétacé inférieur	1712.33	39.1
Jurassique	1950.86	44.6
Trias	29.83	0.7
Crétacé	146.80	3.4
Total	4378	100

D'ouest en Est, l'Atlas saharien peut être subdivisé en : Monts des Ksour, Massif du Djebel Amour, Monts des OuledNaïl (Boughani, 2014). Nous nous intéressons plus spécialement ici au bassin versant de l'oued M'zi dans sa partie amont. Formation géographique est caractérisé par quatre ensembles géologiques importants, le jurassique

(calcaire et marno-calcaire) qui s'étend sur une surface de 44,6 % de la surface du bassin versant, le crétacé (grés) représente 42.5% de la surface totale, le quaternaire (vallée de l'oued M'zi) occupe une surface de 12.3% tandis que le triasse ne représente que 0.7% de la surface totale (tableau 05).

II.2- Hydrogéologie

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant.

La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux qui sont :

☞ **La géologie** : par sa grande sensibilité à l'érosion, la nature du substratum influence la forme du réseau hydrographique.

☞ **Le climat** : le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend à disparaître dans les régions désertiques.

☞ **La pente du terrain** : détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones de pentes élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.

☞ **La présence humaine** : le drainage des terres agricoles, la construction de barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique.

Le sous bassin versant de l'oued M'zi est drainé par plusieurs oueds dont le principal est oued M'Zi qui prend naissance à une altitude de 1716 m.

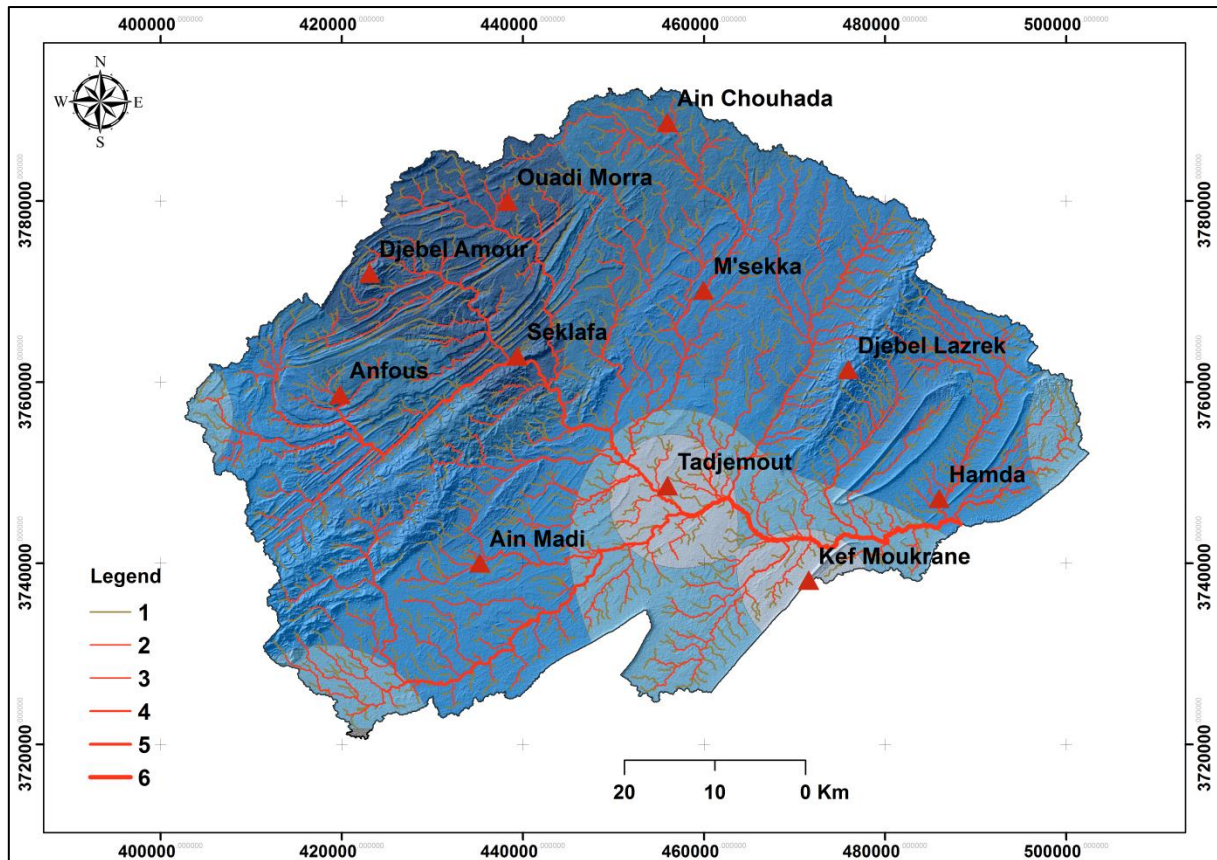


Fig. 6. Réseau hydrographique de la zone d'étude

II.1.6-Classification du réseau hydrographique

La topologie s'avère utile dans la description du réseau hydrographique notamment en proposant une classification de ceux-ci. Cette classification est facilitée par un système de numérotation des tronçons du cours d'eau (rivière principale et affluents). La codification des cours d'eau est également utilisée pour le traitement automatique des données.

Il existe plusieurs types de classifications des tronçons des cours d'eau, c'est la classification de Strahler (1957) qui est la plus utilisée.

Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage d'un bassin de l'amont vers l'aval. Elle se base sur les règles suivantes :

- ☞ tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre un.

☞ le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.

☞ le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté d'un.

Le réseau hydrographique du bassin est bien développé ayant un ordre de 6 selon la classification de Stahler (Fig. 6).

II .3- Etude climatique du milieu

Selon [63], le climat peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui, dans leurs successions saisonnières, caractérisent une région ou un site, l'identification des climats fait intervenir les données atmosphériques, traitées isolément ou combinées entre elles.

Les facteurs climatiques sont des phénomènes aléatoires les plus déterminants du comportement hydrologique des cours d'eau et de l'alimentation des nappes. Ils interviennent dans le bilan de l'écoulement, essentiellement par les précipitations et par les températures. Ils jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique

La synthèse des données climatiques c'est une étape nécessaire permettant de mieux caractériser le climat de la région d'intérêt.

Présentation de la station climatique retenue

Les données climatiques des précipitations et des températures ont été recueillies à partir du site web : <https://power.larc.nasa.gov/> sur une période de 30 ans (1991- 2020). On note que ce site a été utilisé par de nombreux chercheurs dans le domaine de l'érosion hydrique (Benchettouh et al. 2017), dans le domaine de l'agro-climatologie (Aboelkhair et al. 2019) et dans le domaine du réchauffement climatique (Marzouk, 2021).

La station de Hamda a été retenue parmi 11 stations réparties sur la zone d'étude comme une zone de référence pour étudier ces paramètres climatiques et leur composition climatique.

Tableau 6. Caractéristiques stationnaires de la station Hamda

Station	Altitude (m)	Latitude (degrés décimaux)	Latitude (degrés décimaux)	Période d'observation
Hamda	790	33.87	2.85	1991- 2020

II.2.2- Précipitations

Les précipitations constituent un facteur essentiel pour définir le climat régnant dans la région et pour l'analyse des ressources en eau. Elles constituent un phénomène physique qui décrit le transfert de l'eau, dans une phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle), entre l'atmosphère et le sol, elles sont aussi représentées l'élément le plus important du cycle hydrologique.

Les précipitations mensuelles moyennes de la région enregistrées au niveau de la station de Hamda sont représentées dans le tableau 7.

Tableau 7. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Hamda (1991-2020)

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
p (mm)	15.3	11.2	15.6	34.4	15.1	8.1	5.3	11.3	46.5	21.3	14.3	13.1	211.5

Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 211.5 mm pour la période considérée. Le mois le plus arrosé est Septembre avec 46.5 mm et le mois le plus sec étant Juillet avec 5.3 mm.

II.2.1. Température

Le tableau suivant indique les moyennes des températures mensuelles. D'une façon générale, la température moyenne mensuelle maximum est observée au mois d'aout et elle se décroît à partir de ce mois, jusqu' au mois de janvier ou elle atteint sa valeur moyenne minimale.

Les dernières années ont connu des amplitudes de variation plus accentuées, caractérisant la période de sécheresse.

Tableau 8.Températures mensuelles de la station de Hamda (1991-2020)

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
Tmin °C	1.2	1.9	4.9	8.0	12.9	18.1	22.2	44.4	17.3	12.1	5.9	2.5	18.6
Tmax °C	13.1	15.0	19.0	47.2	28.4	34.1	38.3	37.1	31.2	25.1	17.9	26.4	27.7
Tmoy. °C	7.1	8.5	11.9	27.6	20.7	26.1	30.2	40.8	24.3	18.6	11.9	14.4	23.2

L'analyse des températures mensuelles montre que les mois de Juillet et Août sont les plus chauds de l'année ce qui correspond à des températures moyennes de 30,2 et 40.8 °C respectivement, le mois de Janvier enregistre des températures basses pouvant atteindre 7.1°C. La température moyenne interannuelle sur une période de 30 ans est de 23.2 °C.

II.2.3- Synthèse climatiques

Diagramme Ombrothermique

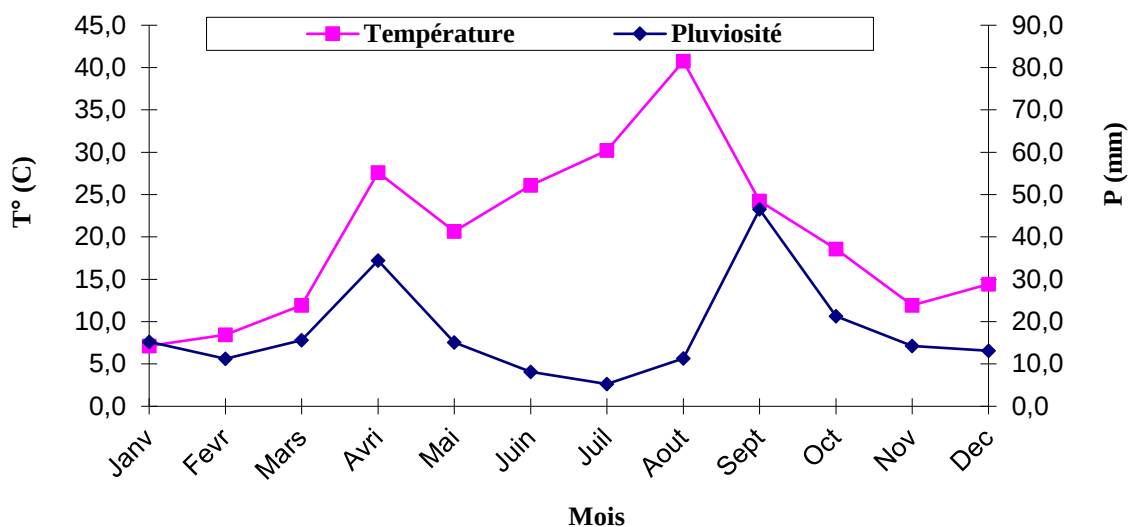


Fig.7. Diagramme ombrothermique de la station de Hamda (1991 ----- 2020)

D'après Emberger (1955), un mois est considéré comme sec, lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($P_2 \leq T$). À partir du diagramme ombrothermique de Gaussen (Fig. 7), on remarque que la région de Hamda, sur la période de 30 ans, est marquée par une longue saison sèche, qui s'étale sur tous les mois de l'année.

Indice De Martonne

En 1923, De Martonne a défini un indice d'aridité "A" comme suite :

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

P : précipitations moyennes annuelles (mm) ;

T : température moyennes annuelles (°C).

Pour :

$A < 5$: climat hyperaride ;

$5 < A < 7,5$: climat désertique ;

$7,5 < A < 10$: climat steppique ;

$10 < A < 20$: climat semi-aride ;

$20 < A < 30$: climat tempéré.

$A = 6.4$ pour la station de Hamdaest donc un climat hyperaride.

Détermination des étages bioclimatiques de la zone d'étude

Emberger (1955) était le premier à réaliser l'étude des bioclimats de la région Méditerranéenne.

On se basant sur le quotient pluviométrique d'Emberger, on va déterminer l'airebioclimatique du sous bassin versant.

$$Q_2 = 2000 * P / (M^2 - m^2).$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin ($T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273.2$).

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré kelvin ($T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273.2$).

Tableau 9. L'indice bioclimatique d'Emberger, L. (d'après Stewart, 1969)

Station	P (mm)	M °K	m °K	Q ₂
Hamda	211.5	311,5	274.4	19.5

La valeur de Q_2 portée sur le climagramme en tenant compte de m , classe la station de Hamdada la zone d'étude dans l'étage bioclimatique aride à hiver froid.

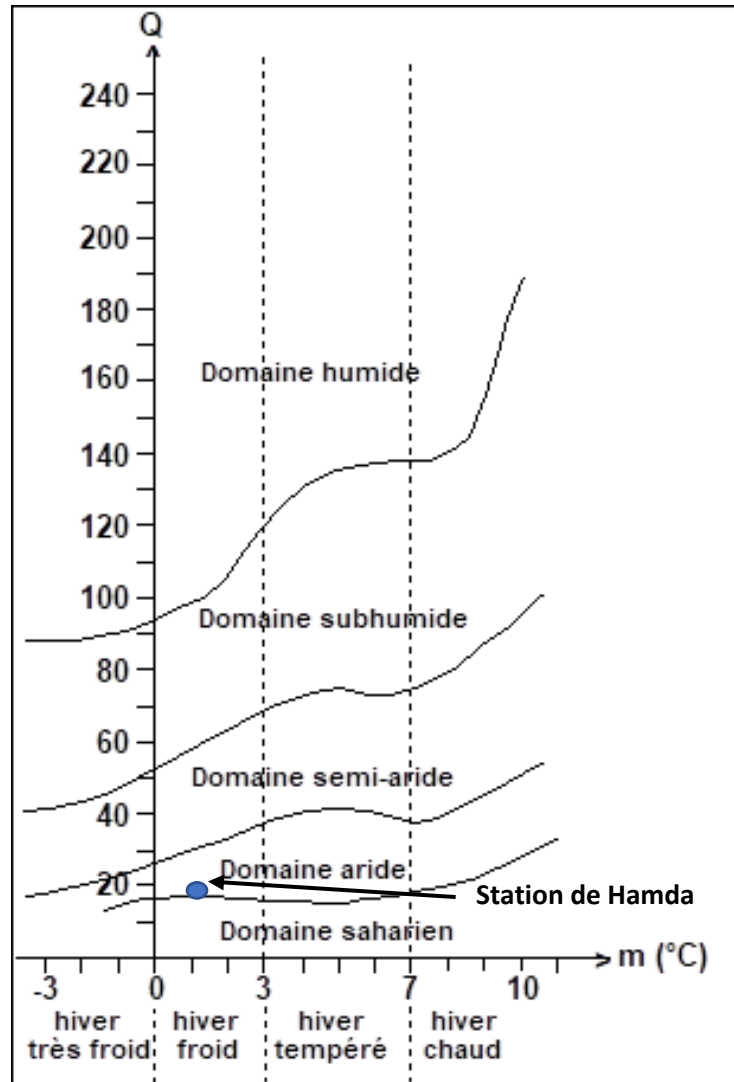


Fig.8. Climagramme d'EMBERGER

II.3- Échantillonnage et méthodes du travail

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats d'analytiques.

Il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des point prélèvement et d'utiliser le matériel convenable, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.

II.3.1- Prélèvement pour l'analyse physico-chimique

Des échantillons ont été prélevés de 1,5 litre d'eau des 6 sources (Tadjmout, Ain Mahdi, Anfous, Kaf Mokran, Aflou, Djebel Amour, Oued Morra) et emmenés au laboratoire pour des analyses physico-chimiques.

II.3.2- Point d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectué aux niveaux de cinq stations reparties au sein du bassin versant de l'oued M'Zi.

Prélèvement

3.2.1Réseau (à un robinet)

- Enlever les tuyaux de caoutchouc adaptés au robinet choisi ;
- Se laver très soigneusement les mains et avant-bras avec l'alcool et les rincer abondamment avec de l'eau propre, laissé sécher ;
- Ouvrir le robinet et laisser couler 5 à 10 minutes avant de faire le prélèvement. Ouvrir le flacon en verre stérile à proximité de robinet juste avant de faire le prélèvement;

- Remplir le flacon et le fermer immédiatement après le prélèvement. Le flacon ne sera jamais ouvert avant de commencer l'analyse au laboratoire sinon il faut absolument refaire le prélèvement ;
- Inscrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement (identité des préleveurs ; date et l'heur de prélèvement ; motif de la demande d'analyse ; point de prélèvement d'eau ; origine de l'eau) ;
- Mettre l'échantillon prélevé dans une glacière maintenue à 4°C (Rodier et al., 2009).

3.2.2 Transport et conservation au laboratoire

Afin d'éviter que la teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement, toutes les analyses doit être effectuée le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs (température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau). À cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyse bactériologique des eaux d'alimentation spécifie : «si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon» (Rodier et al., 2009). Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (Larpent, 1997).

3.3 Analyses physico-chimiques

Dans la ville de Laghouat, l'eau destinée à la consommation est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui relatif à la structure naturelle de l'eau délitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le nitrate, nitrite, sulfate, chlorure...etc. nous avons réalisée des analyses, dont le but d'évaluer la qualité physico-chimique du l'eau de robinet distribue dans la ville de Laghouat.

3.3.1 Dosage de chlore libre

Le dosage du chlore libre est effectué par méthode colorimétrique simple et rapide (colorimètre de terrain) à mettre en œuvre, utilisant un testeur de chlore avec réactif (N, N-Diéthylphénylène-4diamine ou le DPD) (Cunliffe et al., 1992), sert d'indicateur redox, coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,2 et 6,5. Le chlore réagit instantanément avec le DPD en absence d'ion iodure dans le milieu réactionnel (Figarelle et al., 2007).

3.3.1 Mesure de la température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé précis multiélément étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C) (Rodier et al., 2009).

3.3.2 Détermination du pH

Pour la détermination du pH, nous utilisons une méthode électro métrique avec électrode combinée selon la norme (Afnor., 1997). Cette méthode consiste à plonger dans l'électrode dans le béccher de l'échantillon, la lecture se fait après stabilité de la valeur affichée.

3.3.3 La turbidité

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. A l'aide d'un turbidimètre, mis une cuvette témoin contenant l'eau distillé, placé la cuvette dans le puits de mesure et fermé le capot, agite l'échantillon et remplis la cuvette jusqu'au trait et bouché la, procéde les mêmes étapes pour le témoin puis noter le résultat lorsque le signale est stable (environ 2min) le résultat est donnée en UTN (Unité de Turbidité néphélométrique) .

3.3.4 Détermination de la conductivité

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution, donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes) .Elle est exprimée en $\mu\text{S/cm}$. Conductivité électrique / solides

totaux dissous (TDS) a été déterminée par la méthode électrochimique à l'aide d'un conductimètre électrique qui permet de mesurer également les solides totaux dissous (Rodier et al., 1996).

3.3.5 Détermination de la minéralisation

La minéralisation est évaluée par la mesure de la conductivité, elle correspond à la concentration en sels minéraux dissous. Il y a une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009).

Tableau n°10: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier J, 2009).

Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079* Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658* Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 133	0,769574* Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,715920* Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,758544* Conductivité à 20°C

3.3.6 Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

3.3.6.1 Principe

La dureté de l'eau est déterminée la concentration en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} de l'eau. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type Chélate par le sel di-sodique de l'Acide éthylène Diaminteracétique (EDTA). TH : c'est la somme des concentrations de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Et appelée aussi la dureté totale de l'eau, $\text{TH} = [\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]$.

3.3.6.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 10ml d'eau à analyser dans un bécher, on chauffe au plaqué à une température inférieure à 50°C puis on ajoute 1ml du tampon ammoniacale ($\text{pH}=10$) et 2 gouttes d'indicateur coloré (NET). Titrer la solution par addition goutte à goutte de l'EDTA jusqu'à l'apparition du virage violet au bleu clair, on note le volume équivalent V (ISO 6059, 1984).

3.3.6.3 Expression des résultats

$TH = (NEDTA \times VEDTA) \times 1000/V$ en meq g.

TH : le titre hydrométrique en meqg (1meqg= 5°F) ;

NEDTA : normalité d'EDTA 0,02N ;

VEDTA : Volume d'EDTA ;

V : Volume de l'échantillon 10ml.

3.3.7 Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

3.3.7.1 Principe

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers un pH= 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition (ISO 6059, 1984).

3.3.7.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette on met 10ml de l'eau à analyser dans un bécher puis on ajoute 3gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH, pH=12) et une pincée de calcon + Na Cl, ensuite on titre avec l'EDTA goutte à goutte jusqu'au virage violet au bleu

$Ca^{2+} = \text{volume EDTA} \times \text{normalité EDTA} / \text{volume de l'eau à analyser} \times 1000$

3.3.8 Détermination de Mg^{2+}

$$Mg^{2+} = TH/50 - Ca^{2+}/20.4 \times (12.16)$$

3.3.9 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

Le Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Le titre alcalimétrie complet TAC ou l'alcalinité au méthyle orange: est une mesure des bases

fortes et des bases faibles (bicarbonates), cette détermination basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (H_2SO_4), en présence d'un indicateur coloré et le titre alcalimétrique TA ou l'alcalinité à la phénolphthaléine: est une mesure des bases fortes (les carbonates et les alcalis) (Rodier et al., 1984).

3.3.9.1 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette on prélève 10ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, ajouté quelques gouttes de l'indicateur méthyle d'orange puis on titre par la solution d'acide sulfurique 0,02N jusqu'à l'obtention de la couleur jaune orangé au rouge brique, on note le volume équivalent V.

3.3.9.2 Expression des résultats

$$F.G = V_a \times N_a \times \text{MHCO}_3^- \times 1000 / \text{PE} = V_a \times 0.1 \times 61 \times 1000 / 100$$

$$F.S = V_{A_1} \times 61 = \text{mg/HCO}_3^-;$$

VA : Volume d'acide versé ;

NA : Normalité d'acide versé ;

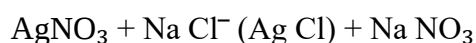
MHCO_3^- : Masse des bicarbonates (HCO_3^-) ;

P.E : Prise d'essai.

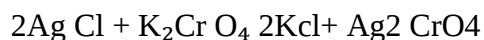
3.3.10 Détermination des chlorures (Cl^-)

3.3.10.1 Principe

Les chlorures sont dosés par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de bichromates de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur colorant. Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent brun-rouge insolubles, précipitent quantitativement selon la réaction suivante :



Quand tous les ions chlorure ont été précipités, le chromate d'argent précipite à son tour selon la réaction suivante :



3.3.10.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 10ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer, puis on ajoute 5 gouttes d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) et on titre la solution par addition goutte à goutte de nitrate d'argent jusqu'à ce que une couleur brun rougeâtre (précipité rouge brique), on note le volume équivalent V (Ben Abdallah et Bourane , 2013).

3.3.10.3 Expression des résultats

$$\text{Cl}^- = \text{Volume d'AgNO}_3 / \text{Volume d'échantillon d'eau} \times 1000$$

N : Normalité d' AgNO_3 ;

V : Volume d' AgNO_3 titré ; VE : Volume d'échantillon d'eau

3.3.11 Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible

3.3.11.1 Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates réagissent en milieu fortement acide pour former du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune avec un maximum d'absorbance à 415 nm, les résultats sont donnés en mg/l.

3.3.11.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 10ml d'eau à analyser dans un bécher, on ajoute 3 à 4 gouttes d'acide acétique et 8 gouttes de nitrate de sodium, 1ml de salicylate de sodium . Puis, on l'évapore à sec au bain marie ou à l'étuve à 75-88°C (ne pas surchauffer très longtemps), laisser refroidie ensuite dans une hotte chimique on ajoute 16 gouttes d'acide sulfurique, laisse 15 min et on ajoute 10 ml de Na OH 20%. Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml

d'eau distillé. Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm (Rodier et al., 2009).

3.3.11.3 Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3) à longueur d'onde de 415nm.

3.3.12 Dosage de nitrites (NO_2^-)

3.3.12.1 Principe

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour donner un sel de diazonique qui réagit avec l'acide chromotropique pour produire un complexe coloré rose mesurée à 543nm.

3.3.12.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette on prélève 50ml d'eau à analyser dans un bécher, on ajoute 0,5ml du réactif mixte en attendant 10mn, la couleur rose qu'il apparaisse indique la présence des NO_2^- , la lecture est effectuée par le spectrophotomètre à 543nm.

3.3.12.3 Expression des résultats Pour une prise d'essai de 50 ml,

Le résultat donne directement la teneur en azote nitreux (NO_2), exprimée en milligrammes par litre d'eau (Rodier et al., 2009).

3.3.13 Détermination des sulfates (SO_4^{2-}) par spectrophotomètre UV visible

3.3.13.1 Principe

Les sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum insoluble en milieu chlorhydrique. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

3.3.13.2 Mode opératoire

A l'aide d'une pipette prend 10ml d'eau à analyser dans un bécher, on ajoute 2 à 2.5ml de la solution stabilisante et 2ml de chlorure de baryum (0.01N) rempli la cuvette avec l'échantillon, agitée en agitateur magnétique pendant 1mn puis laisse pendant une période de réaction de 5 minutes (en présence de sulfate une coloration blanche se développe), on Placé le blanc dans le puits de mesure pour ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche ZERO , en fin on Place l'échantillon préparé dans le puits de mesure (Rodier et al., 2009).

3.3.13.3 Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l SO_4^{2-} , la valeur lue sur le spectrophotomètre visible x facteur de la dilution.

3.3.14 Dosage de sodium et potassium

3.3.14.1 Principe

La photométrie de la flamme est une procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments (potassium, sodium, calcium...etc.). Le dosage se fait par le passage des échantillons au photomètre à flamme Appareil Dr. LANGE (JENWAY), cet appareil pulvérise l'échantillon sous forme de très fines gouttelettes dans la flamme d'un chalumeau (air-propane), l'élément à doser est choisi sur le photomètre à flamme en fonction d'un interrupteur (K^+ , Na^+ ...etc.).le mode opératoire.

3.3.14.2 Expression des résultats

L'analyse se fait en partant de leurs solutions, la valeur affichée sur l'écran soit stable et le résultat donné directement en mg/l.

Résultats et discussion

Paramètres physiques étudiés

Conductivité électrique (Ce)

Selon Rodier (2009), la conductivité permet d'apprécier le degré de la minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Les valeurs de la conductivité obtenues sont en dessous de la norme maximale (2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

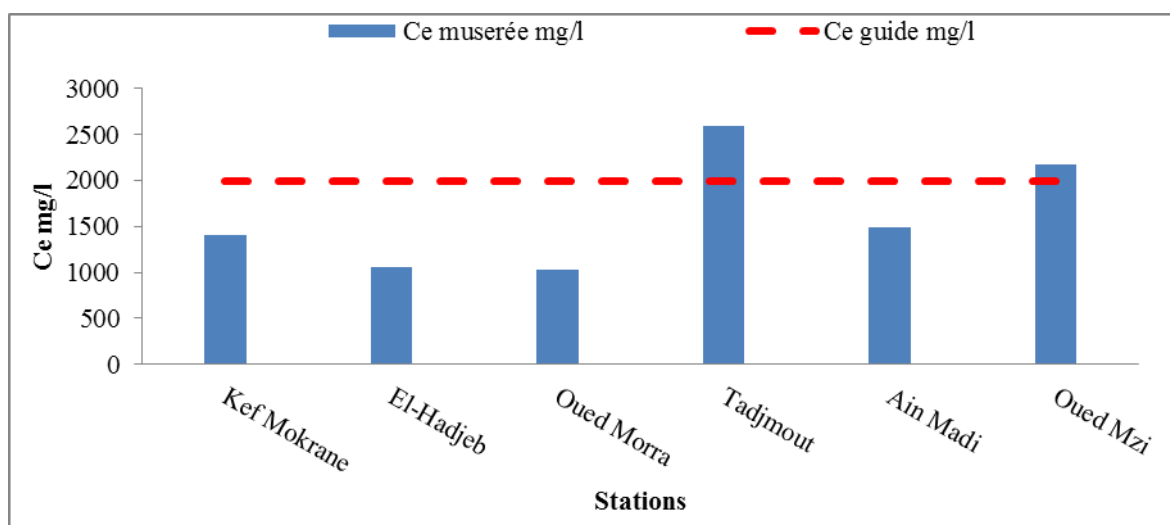


Fig. 9. Conductivité électrique de la zone d'étude

En effet, ces valeurs sont comprises entre 1027 et 1490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aux communes d'Oued Morra, El-Hadjeb, Kef Mokrane et Ain Madi puis entre 2100 et 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aux communes d'Oued M'Zi et Tadjmout (Fig. 9).

La dureté totale (TH)

La dureté est basée sur les concentrations des sels de calcium et de magnésium dissous contenus dans l'eau.

Les résultats obtenus au niveau des localités d'El-Hadjeb et Kef Mokrane répondent aux normes guides de ce paramètre (410 mg/l pour chacune). Ces normes exigent une concentration maximale admissible de 500mg/l, exceptées celles de quatre localités à savoir Oued M'Zi, Oued Morra, Tadjmout et Ain Madi qui étaient supérieures à ces normes (690 mg/l, 740 mg/l, 1107 mg/l et 1164 mg/l, respectivement) (Figure 10).

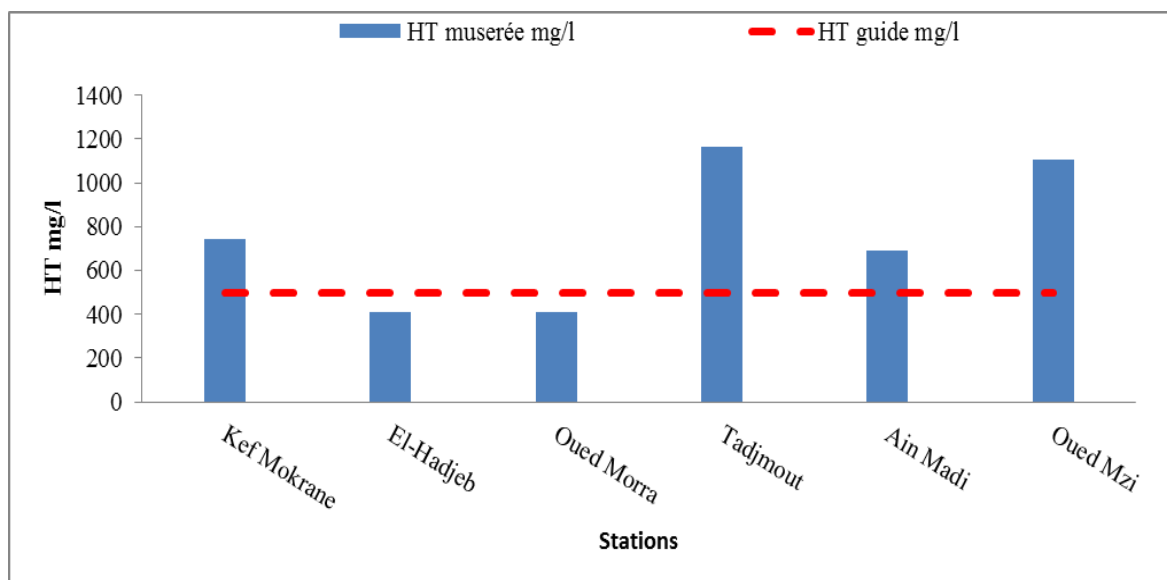


Fig. 10. La dureté totale de la région d'étude

Cette forte dureté n'aurait aucun impact sur la santé du consommateur dans la mesure où un certain nombre d'études épidémiologiques (Neri et al., 1972; Anderson et al., 1975; Stitt et al., 1973; Hudson et al., 1973) effectuées respectivement au Canada, en Angleterre, en Australie et aux États-Unis, ont montré qu'il existe une corrélation statistique inverse entre la dureté de l'eau potable et certains types de maladies cardiovasculaires.

Paramètres chimiques étudiés

Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates (NO_3^-) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement (Kahoul et Touhami, 2014). Ils véhiculent par les eaux en percolation, subissent, dans le sol, une migration qui les entraîne vers les eaux souterraines. Sa teneur, dans les eaux de rivières, peut arriver à une concentration de 40 mg/l.

D'après les normes algériennes (JORA, 2011), et celles Européennes (N.E, 1998), il est recommandé une valeur maximale des nitrates de 50mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine.

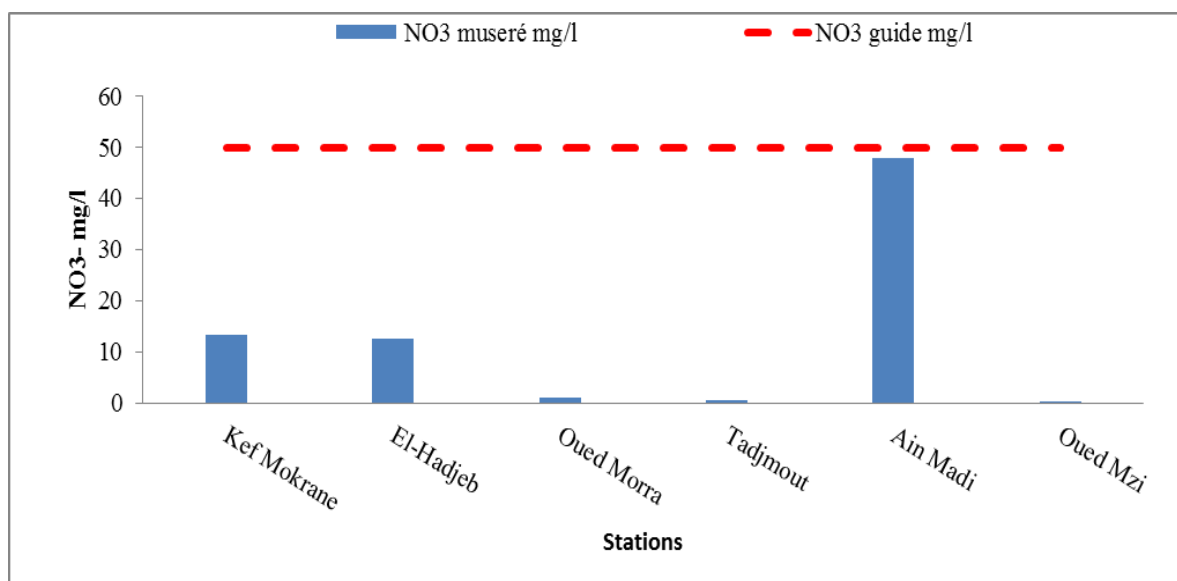


Fig. 11. les teneurs en nitrates dans les échantillons d'eau analysés

Les résultats de notre étude ont révélé que toutes les teneurs en nitrates dans les échantillons d'eau analysés sont dans les normes recommandées où les valeurs obtenues varient entre 1.13 et 47.9 mg/l.

Ces eaux n'auraient donc aucun impact sur la santé humaine en particulier chez les nourrissons de moins de 6 mois. Cependant, L'Hirondel (2009), a montré que les teneurs en nitrates anormales (>50 mg/l) dans les eaux potables, une fois réduits en nitrites, peuvent causer la méthémoglobinémie. Ces valeurs sont similaires à ceux trouvées par Kahoul et Touhami (2014).

Le calcium (Ca^{++})

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). Les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté (A.W.W.A, 1990).

Les teneurs en calcium des eaux analysées (Figure 12) de la ville d'Annaba sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales (N.A, 1992) pour l'eau potable.

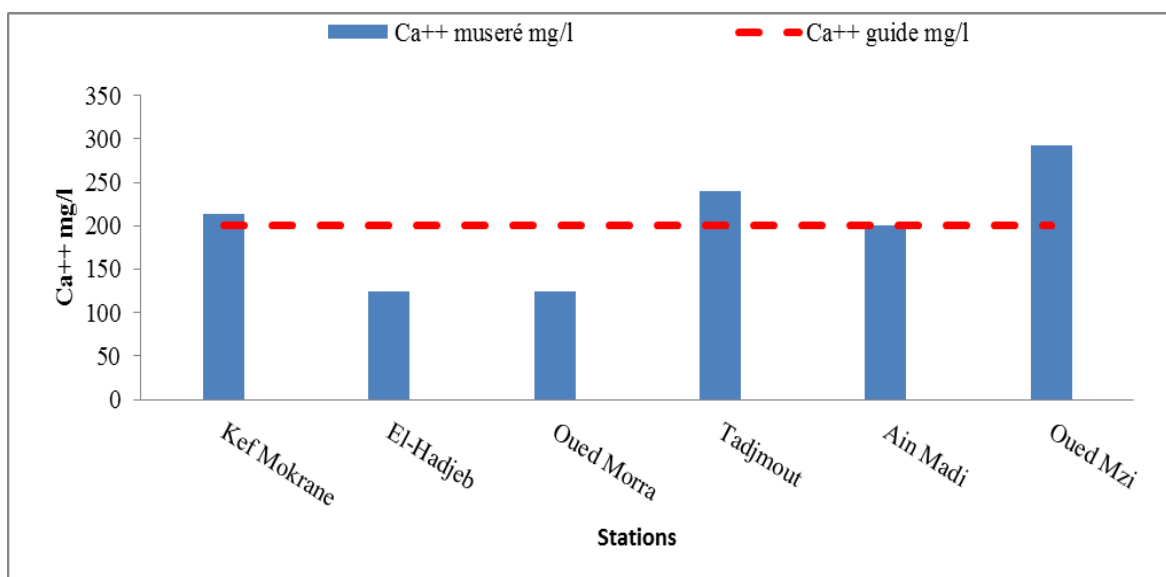


Fig. 12. Les teneurs en calcium des eaux analysées

Les chlorures (Cl-)

Cet élément est très répandu dans la nature. Sa teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés.

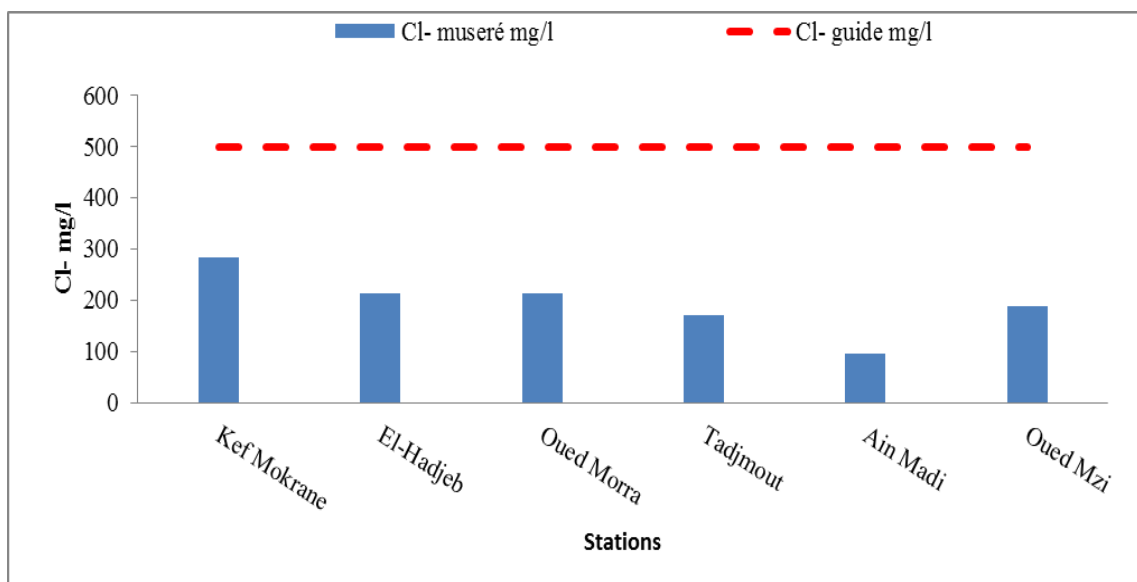


Fig. 13 Les teneurs en chlorures des eaux analysées

Selon les normes Algériennes (N.A, 1992), les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux potables. L'analyse des eaux des communes de notre

région d'étude a révélé des quantités normales allant de 95 à 283 mg/l (Figure 12). Les résultats obtenus sont en concordances avec ceux trouvés par Kahoul et Touhami (2014).

Il s'avère d'après certaines études (Weinberg, 1986; Schultz, 1984; Siggaard-Anderson, 1976 ; Tortora, 1984) que même dans le cas de quantités abusives dans l'eau potable, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car les concentrations de chlorures dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal. Même après l'absorption de quantités importantes de chlorures par l'intermédiaire des aliments et de l'eau, l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorures dans l'urine.

Le magnésium (Mg^{++})

Dans la majorité des cas, le magnésium se trouve en petite quantité dans les eaux naturelles. Sa teneur est en dépendance avec la nature des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Bermond et Perrdon, 1979).

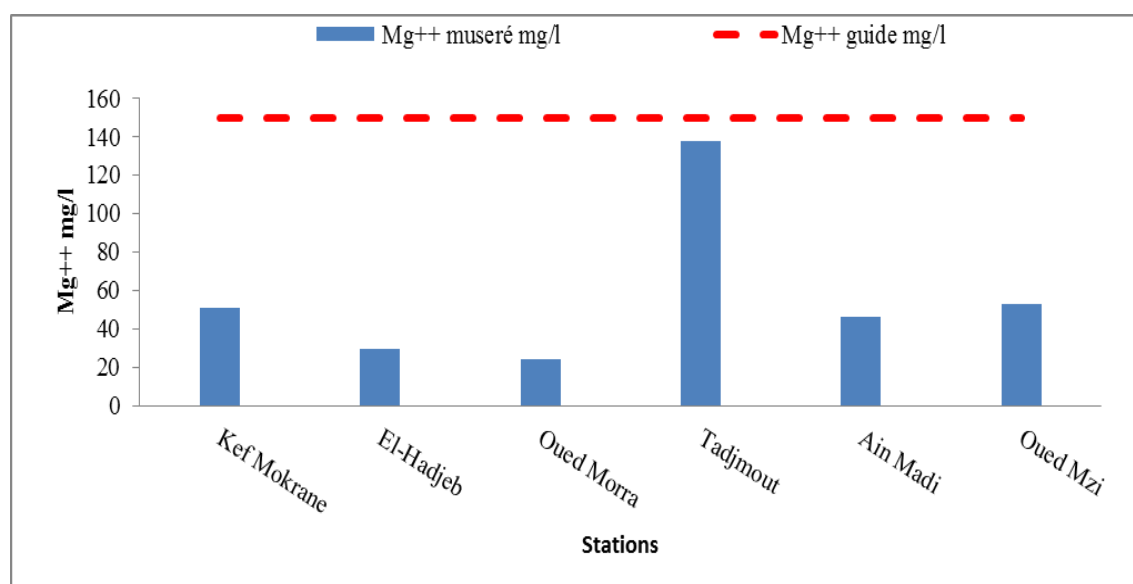


Fig. 14. Les teneurs en magnésium, dans les eaux analysées

Les teneurs en magnésium, dans les eaux analysées, variaient entre 24.32 et 137.5 mg/L. Sa valeur maximale a été enregistrée au niveau de la station d'Ain Madi avec un taux

de l'ordre de 137.5 mg/L. Toutes les valeurs ne dépassaient pas les normes algériennes (fig. 14). La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques constituant le principal réservoir aquifère du haut bassin de l'oued M'Zi. Ces valeurs sont en concordance avec celles trouvées par Nouayti et al. (2015) dans le bassin versant de Ziz. Ce dernier s'est avéré avoir les mêmes caractéristiques géologiques que notre région d'étude.

Les bicarbonates(HCO_3^-)

La teneur en bicarbonates dans les eaux souterraines dépend essentiellement de la présence des minéraux carbonatés et en CO_2 dans le sol ainsi que la teneur en CO_2 de l'air dans le bassin d'alimentation MatthesetGeol. Mijinbouw (1994). La teneur en bicarbonates des eaux souterraines non soumises aux influences anthropiques, varie entre 50 et 400 mg/l MatthesetGeol. Mijinbouw (1994). Les valeurs médianes se situent autour de 302 mg/L dans le domaine habituel des eaux souterraines non polluées MatthesetGeol. Mijinbouw (1994).

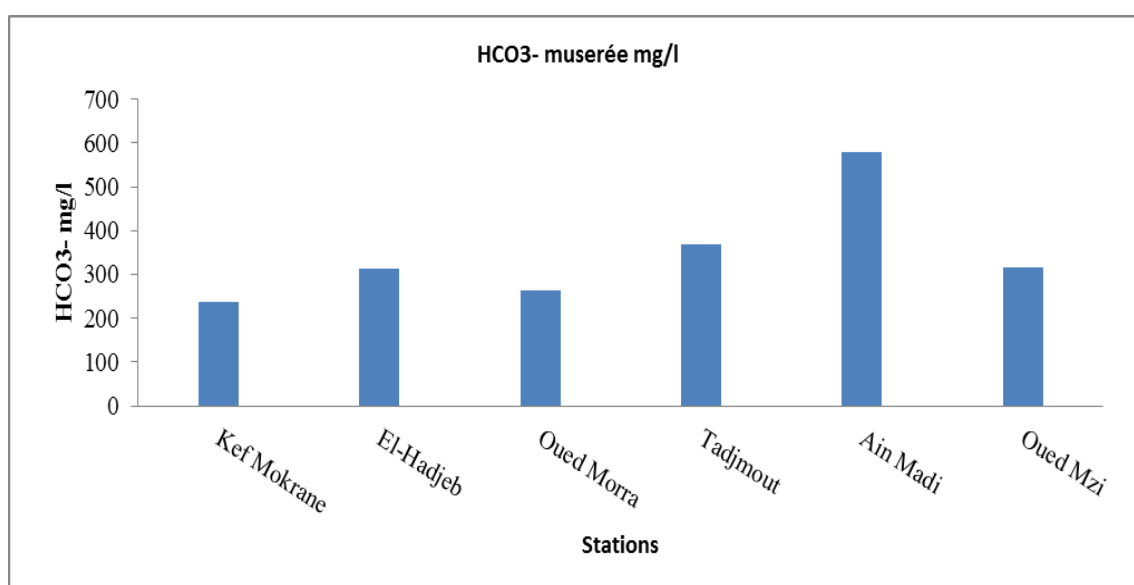


FIG. 15. Les teneurs en bicarbonates des points étudiés

Les teneurs en bicarbonates des points étudiés (fig.15) variaient globalement entre un minimum de 237 mg/L et un maximum de 580 mg/L. Les valeurs élevées sont dues vraisemblablement à la circulation de ces eaux dans le réservoir aquifère de nature calcaro-dolomitique. Ces valeurs sont en concordance avec celles trouvées par Nouayti et al. (2015) dans le bassin versant de Ziz. Ce dernier s'est avéré avoir les mêmes caractéristiques géologiques que notre région d'étude.

Les sulfates (SO_4^{--})

Dans la nature, les sulfates dissous la plus répandue dans les eaux naturelles, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique Deliste et Schmidt (1997). Du fait de la solubilité élevée des sulfates, l'eau souterraine en conditions normales peut en contenir jusqu'à 1,5 g/L MatthesetGeol. Mijinbouw (1994). Son oxydation ainsi que la dégradation de la biomasse dans le sol constituent d'autres sources possibles. Les activités humaines sont également peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau souterraine à savoir l'application d'engrais sulfatés, précipitations chargées en dioxyde de soufre ... etc (Nouayti et al, 2015)

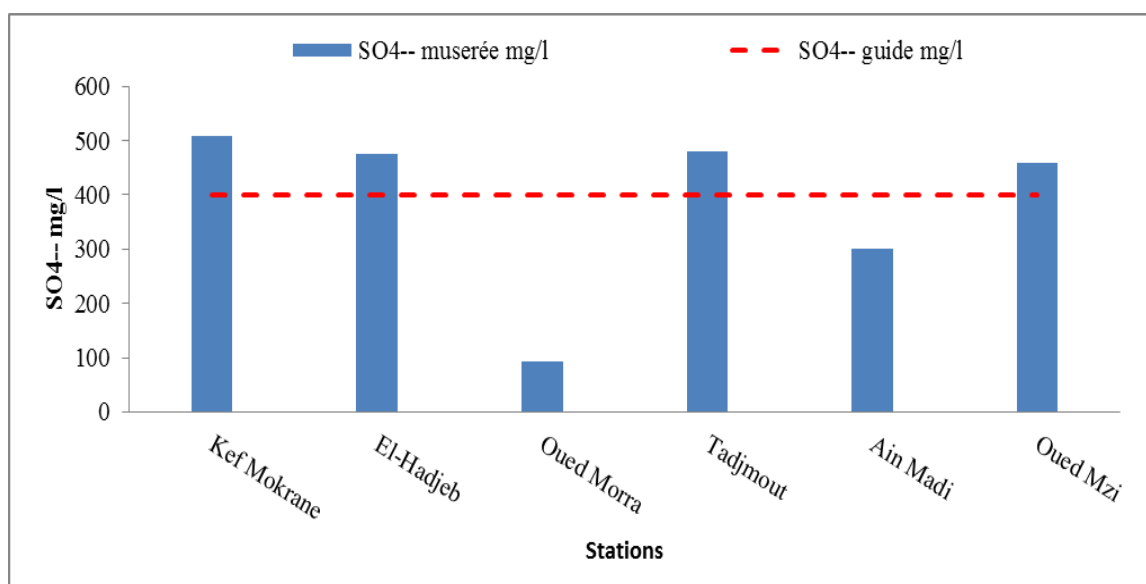


Fig. 16. Les valeurs obtenues des sulfates dans les eaux du bassin versant de l'oued M'zi

Les valeurs obtenues des sulfates dans les eaux du bassin versant de l'oued M'zi sont variables. Elles oscillaient entre 93mg/L au niveau du forage de Kef Mokrane à 509 mg/L au niveau du forage de la commune de l'Oued Morra. Cette valeur n'est pas loin de celles enregistrées dans les forages d'El-Hadjeb (474.5 mg/l), d'Ain Madi (480 mg/l) et de Tadjmout (460 mg/l) (Fig.16). Ces teneurs relativement élevées, par rapport aux normes algériennes recommandées (400 mg/l), semblent être liées à la formation triasique salifère mise en contact avec le réservoir aquifère par le biais d'importantes failles qui dominent la structure du haut bassin versant de l'Oued M'zi (Fig.16). Au contact des roches gypseuses, l'eau se charge en sulfates de calcium et devient dure et impropre à la consommation dans certaines sources d'eau.

Analyse en composantes principales (ACP)

Calcul de la matrice de corrélation

La matrice de corrélation a été calculée pour les éléments physico-chimiques de la nappe phréatique dans le bassin versant de l'Oued M'zi. Cette ACP a été effectuée sur l'ensemble des données pour assurer l'obtention des coefficients de corrélation significatifs. Au total, 6 variables et 9 individus ont été étudiés. Le logiciel statistique XLSTAT 2014 a été utilisé pour le traitement des données (tableau 11).

Tableau 11 : Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées

Variables	Ce	TH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	RS
Ce	1								
TH	0.9753	1							
Ca ⁺⁺	0.8419	0.9366	1						
Mg ⁺⁺	0.8757	0.7874	0.5379	1					
Cl ⁻	-0.2785	-0.1989	-0.1614	-0.1995	1				
SO ₄ ⁻⁻	0.4779	0.5259	0.5188	0.4369	0.2565	1			
HCO ₃ ⁻	0.1656	0.1230	0.1333	0.1482	-0.9306	-0.1238	1		
NO ₃ ⁻	-0.2880	-0.2550	-0.1229	-0.2450	-0.5821	-0.1104	0.8187	1	
RS	0.9871	0.9734	0.8386	0.9036	-0.1701	0.5584	0.1011	-0.2926	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0.05$

La matrice de corrélation montre que la conductivité (Ce) et les résidus secs sont corrélés positivement avec tous les éléments physico-chimiques étudiés sauf pour les bicarbonates, la chlorure, les sulfates et les nitrates (Tab.11)

Diagnostic de la matrice de corrélation

La diagonalisation de la matrice de corrélation a permis de calculer les facteurs de charges. Les deux premiers axes, pris en considération pour décrire la corrélation des variables, détiennent à eux seuls 85.4 % de l'information totale avec, respectivement 63.5 % pour l'axe F1 et 21.9 % pour l'axe F2 (Tab.11).

Tableau 12 : Variance expliquée

	F1	F2
Valeur propre	4.92	2.62
Variabilité (%)	54.72	29.06
% cumulé	54.72	83.78

Cercle des corrélations et projection des individus

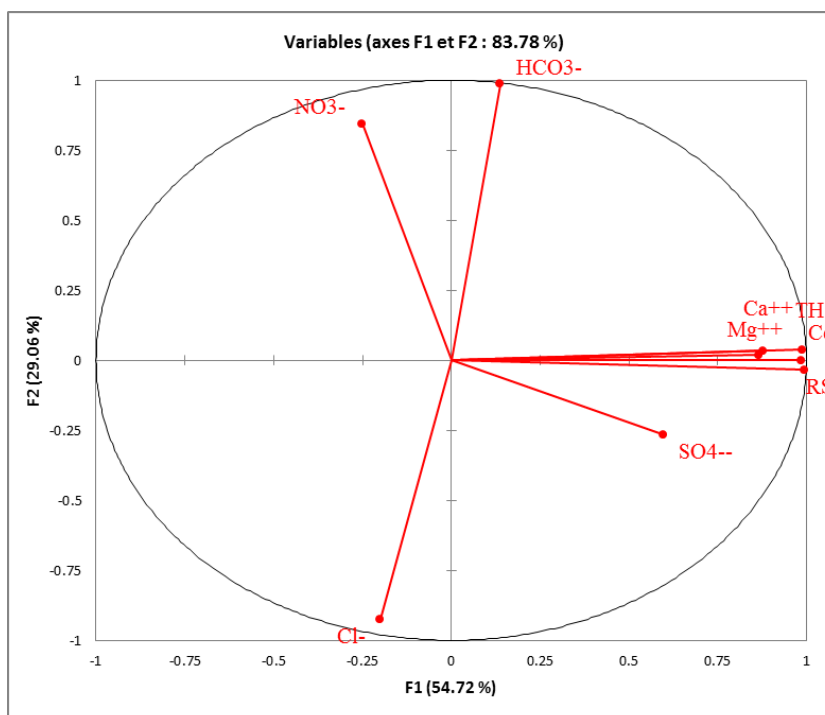


FIG17. Cercles de corrélation sur le plan des facteurs F1-F2 des eaux du bassin versant de l'oued M'zi

Tableau 13. Cosinus carrés des variables

	F1	F2
Ce	0.9736	0.0015
TH	0.9703	0.0000
Ca++	0.7693	0.0011
Mg++	0.7468	0.0003
Cl-	0.0398	0.8534
SO4--	0.3546	0.0699
HCO3-	0.0187	0.9741
NO3-	0.0628	0.7140
RS	0.9889	0.0011

D'après le tableau 14 et la figure 16, on remarque que l'axe F1 est fortement corrélé du côté positif avec respectivement, RS (0,99), Ce (0,97), TH (0,97), Ca++ (0,76) et Mg++ (0,75). Cet axe exprime bien la minéralisation des eaux étudiées. Alors que l'axe F2 est corrélé positivement avec HCO3- (0.97), Cl- (0.85) et NO3- (0.71). Cet axe exprime moins la minéralisation de l'eau comparativement à l'axe F1.

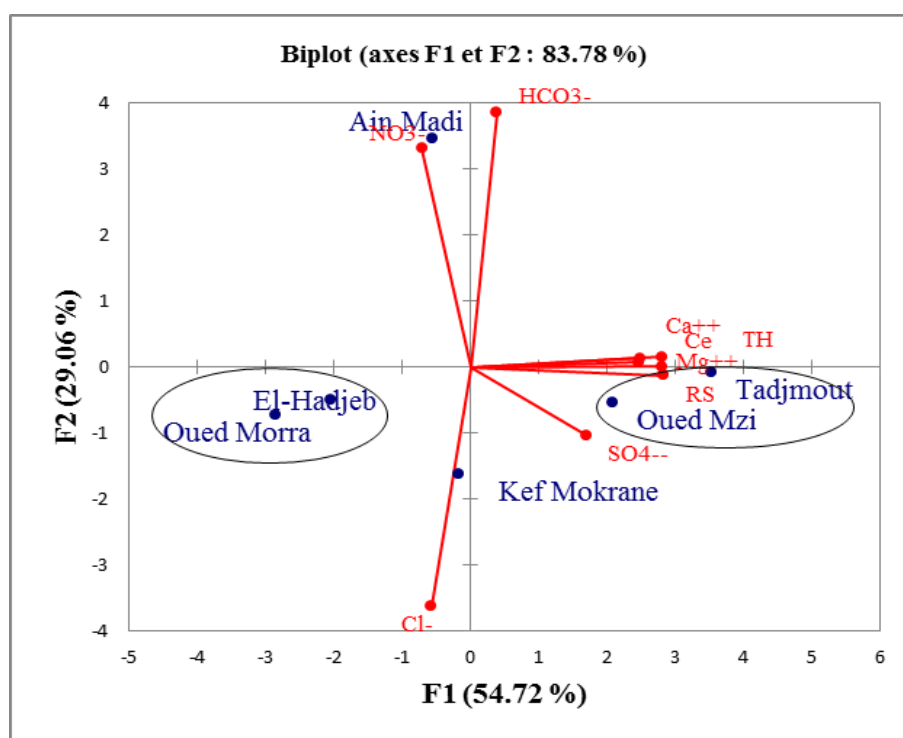


Figure 18. Projection des eaux étudiées sur l'axe factoriel F1 et F2

Selon le schéma de la projection de différentes eaux étudiées sur le plan factoriel F1 et F2 (figure 18), on remarque que les eaux de Tadjmout et Oued M'zi se caractérisent par une forte minéralisation en Ca^{++} et Mg^{++} . Tandis que les eaux d'El-Hadjeb et Oued Morra présentent une faible minéralisation.

Le résidu sec est un autre indicateur de minéralisation. Sa valeur correspond au taux de minéraux recueillis après évaporation d'eau soumise aux chaleurs élevées. En effet, les eaux de Tadjmout et Oued M'zi enregistrent des valeurs importantes par rapports celles des eaux du réseau public d'El-Hadjeb et Oued Morra. C'est pourquoi ce sont qualifiées localement plus agréable à boire que les autres eaux de la région de Laghouat sauf celles du Milok et Djebel Amour.

Conclusion

Dans cette étude, nous avons étudié quelques paramètres physico-chimiques des eaux du robinet de l'ensemble des communes du bassin versant de l'oued M'zi. Les résultats obtenus au moyen de l'ACP mettent en évidence des constations suivantes :

Selon le schéma de la projection de différentes eaux étudiées sur le plan factoriel F1 et F2, on remarque que les eaux de Tadjmout et Oued M'zi se caractérisent par une forte minéralisation en Ca^{++} et Mg^{++} . Tandis que les eaux d'El-Hadjeb et Oued Morra présentent une faible minéralisation.

Le résidu sec est un autre indicateur de minéralisation. Sa valeur correspond au taux de minéraux recueillis après évaporation d'eau soumise aux chaleurs élevées. En effet, les eaux de Tadjmout et Oued M'zi enregistrent des valeurs importantes par rapports celles des eaux du réseau public d'El-Hadjeb et Oued Morra. C'est pourquoi ce sont qualifiées localement plus agréables à boire que les autres eaux de la région de Laghouat sauf celles du Milok et Djebel Amour.

Cette variabilité spatiale de la qualité physico-chimique de quelques paramètres étudiés est due principalement aux facteurs ; de la formation géologique de la région de Laghouat, ses altitudes ainsi que les amplitudes thermiques élevées.

Références bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboelkhair, H., Morsy, M., & El Afandi, G. (2019). Assessment of agroclimatology NASA POWER reanalysis datasets for temperature types and relative humidity at 2 m against ground observations over Egypt. *Advances in Space Research*, 64(1), 129-142.
- Afnor, N. (1997). T 90-105. *Qualité de l'eau-dosage des matières en suspension-méthode par centrifugation*, Association française de normalisation, Paris.
- Anderson T.W., Neri L.C., Schreiber G.B., Talbot F.D.F., Zdrojewski A. (1975). Ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium, *J. Can. Med. Assoc.*, 113, 199.
- Ayari-Guentri, S., Djemouai, N., Gaceb-Terrak, R., & Rahmania, F. (2017). Chemical composition and antioxidant activity of *Hyoscyamus muticus* L. subsp. *falezlez* (Coss.) Maire from Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5), 1370-1379.
- Bartels, J. H., Burlingame, G. A., & Suffet, I. H. (1986). Flavor profile analysis: taste and odor control of the future. *Journal-American Water Works Association*, 78(3), 50-55.
- Benchettouh, A., Jebari, S., Kouri, L., & Kherchi, F. (2021). Mapping of soil erosion using the PAP/RAC directive in the Seklafa catchment, Djebel Amour region (Saharan Atlas-Algeria). *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*
- Benchettouh, A., Kouri, L., & Jebari, S. (2017). Spatial estimation of soil erosion risk using RUSLE/GIS techniques and practices conservation suggested for reducing soil erosion in Wadi Mina watershed (northwest, Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4), 79.
- Bermond R. et Perrdon C. (1979) Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement Paris, 259.
- Bliefert, C., & Perraud, R. (2007). *Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets*. De Boeck Supérieur
- Boughani, A. (2014). *Contribution à l'étude phytogéographique des steppes algériennes (Biodiversité et endémisme)* (Doctoral dissertation).
- Castanier, S., Maurin, A., & Perthuisot, J. P. (1990). A trial to get Dolomite in freshwater. *Geobios*, 23(1), 121-128.
- Cunliffe, W. J., Berth-Jones, J., Claudy, A., Fairiss, G., Goldin, D., Gratton, D., ... & Young, M. (1992). Comparative study of calcipotriol (MC 903) ointment and betamethasone 17-valerate ointment in patients with psoriasis vulgaris. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 26(5), 736-743
- Deliste C.E. et Schmidt J.W. (1977). The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada. Dans: *Sulphur and its inorganic derivatives in the Canadian environment*, NRCC No. 15015, comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa
- Dimitrios, D. A., Diofantos, G.H., Athos, A. (2013). Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of "Yialias" in Cyprus. *J. Atmos. Res.* 131, 108-124.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier*. 7: Pp. 3-43.

Références bibliographique

- Figarella, K., Uzcategui, N. L., Zhou, Y. AFNOR, N. (1997). T 90-105. *Qualité de l'eau-dosage des matières en suspension-méthode par centrifugation*, Association française de normalisation, Paris.
- Garrison, V. (1977). Part three: Doctor, espiritista or psychiatrist?: Health-seeking behavior in a Puerto Rican neighborhood of New York City. *Medical Anthropology*, 1(2), 65-191.
- Hamon, J. L. (1982). New European Standards Concerning the Quality of Drinking Water. *TECH. & SCI. MUNICIPALES.*, (6), 301-310.
- Harrat, N., & Achour, S. (2010). Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (8).
- Hoffman, W. M., Frederick, R. E., & Schwartz, M. S. (Eds.). (2014). *Business ethics: Readings and cases in corporate morality*. John Wiley & Sons
- Hudson H.E. Jr., Gilcreas F.W. (1976). Health and economic aspects of water hardness and corrosiveness, *J. Am. Water Works Assoc.*, 68, 201.
- Jora (2011). Décret exécutif n° 11-219, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.
- Kadi, A. (1997). Water management in Algeria.
- Kahoul, M., & Touhami, M. (2014). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (19).
- Kettab, A., Mitiche, R., & Bennaçar, N. De l'eau pour un développement durable: enjeux et stratégies Water for a sustainable development: challenges and strategies.
- L'hirondel J. (1993). Les méthémoglobulinémies du nourrisson, Données nouvelles, *Cah. Nutri. Diet.*, 28, 341-9
- Larpent, C., Bernard, E., Richard, J., & Vaslin, S. (1997). Polymerization in microemulsions with polymerizable cosurfactants: a route to highly functionalized nanoparticles. *Macromolecules*, 30(3), 354-362.
- LeFurgey, A., Ouellette, M., Bhattacharjee, H., & Mukhopadhyay, R. (2007). Biochemical characterization of Leishmania major aquaglyceroporin LmAQP1: possible role in volume regulation and osmotaxis. *Molecular microbiology*, 65(4), 1006-1017.
- Matthess G. Geol. (1994) Mijnbouw, 53, 194. -In Forstner U ET Wittmann GTW Metal pollution in *the Aquatic Environment*, 355-359.
- Neri L.C., Hewitt D., Mandel J.S. (1972). Relation between mortality and water hardness in Canada, *Lancet*, (i) : 931.
- Normes Algériennes (N.A). (1992). Norm. Al. 6360, Ed. Ianor.
- Normes Européennes. (1998). Directives du conseil 98/ 83 / EC sur la qualité de l'eau. OMS, (1994). Directives de qualité pour l'eau de boisson, 1, 9-187.
- Nouayti, N., Khattach, D., & Hilali, M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas

Références bibliographique

- central, Maroc)[Assessment of physico-chemical quality of groundwater of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco)]. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(4), 1068-1081.
- Rainwater, F. H., & Thatcher, L. L. (1960). *Methods for collection and analysis of water samples* (No. 1454-1458). US Government Printing Office.
- Rieu, M., & Sposito, G. (1991). Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. *Soil Science Society of America Journal*, 55(5), 1231-1238.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). *L'analyse de l'eau*, Ed. Dunod, 78- 1368.
- Rodier, J. (2009). *L'analyse de l'eau*.
- Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1984). *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie* (p. 1365). Paris: Dunod.
- Rodier, P. M., Ingram, J. L., Tisdale, B., Nelson, S., & Romano, J. (1996). Embryological origin for autism: developmental anomalies of the cranial nerve motor nuclei. *Journal of Comparative Neurology*, 370(2), 247-261.
- Schultz S.G. (1984). A cellular model for active sodium absorption by mammalian colon, *Annu. Rev. Physiol.*, 46, 435.
- Shackleton, M. (2004). Monique Mojica's Princess Pocahontas and the Blue Spots and Thomas King's Green Grass, Running Water. *Towards a Transcultural Future: Literature and Human Rights in a 'Post'-Colonial World*, 8, 257.
- Siggaard-Anderson O. (1976). Blood gases and electrolytes, Dans : *Fundamentals of clinical chemistry*, N.W. Tietz (dir. de publ.), W.B.Saunders Co., Philadelphie, PA
- Stitt F.W., Crawford M.D., Clayton D.G., Morris J.N. (1973). Clinical and biochemical indicators among men living in hard and soft water areas, *Lancet*, (i) : 122.
- Theodore, S., Cass, W. A., & Maragos, W. F. (2006). Methamphetamine and human immunodeficiency virus protein Tat synergize to destroy dopaminergic terminals in the rat striatum. *Neuroscience*, 137(3), 925-935.
- Tortora G.J., Anagnostakos N.P. (1984). *Principles of anatomy and physiology*, 4e édition, Harper & Row, New York, NY
- Touhari, F., Meddi, M., Mehaiguen, M., & Razack, M. (2015). Hydrogeochemical assessment of the upper cheliff groundwater (North West Algeria). *Environmental Earth Sciences*, 73(7), 3043-3061.
- Weinberg, J.M. (1986). Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases, Dans : *Fluids and electrolytes*, J.P. Kokko et R.L. Tanner (dir. Depubl.), W.B. Saunders Co., Toronto.

Résumé :

La région d'étude, d'une superficie d'environ 4378 Km, appartient au bassin versant de l'oued M'zi. Dans cette région, un nombre important de puits sollicite la nappe superficielle contenue dans les formations du crétacé inférieur et du jurassique, et ce pour l'alimentation humaine et animale en eau potable ainsi que pour l'irrigation des cultures. En plus de la sécheresse qui est un facteur aggravant, on enregistre un accroissement important des besoins en eau dans la région, dû principalement, à l'accroissement de la population, l'augmentation du cheptel ovin, à l'extension des cultures et à la semi-sédentarisation. Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation dans les communes qui constituent ce bassin versant, notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité physicochimique des eaux de consommation de cette région. Pour apprécier la qualité de ces eaux, nous avons mesuré la conductivité, la dureté, les résidus secs et déterminé les teneurs en nitrates, en chlorures, en calcium, en sulfate, en bicarbonates, en magnésium et en calcium sur plusieurs échantillons prélevés dans différentes communes. Il en ressort selon les résultats obtenus, que la plupart des paramètres physico-chimiques sont dans les normes admises et par conséquent la qualité des eaux contrôlées est relativement bonne.

Mots clés : Bassin versant de l'oued M'zi, qualité physicochimique, eau potable

المخلص :

منطقة الدراسة تتربع على مساحة 4378 كم² تنتمي الى الحوض المائي واد مزي في هذه المنطقة التي انشأ بها عدد مهم من الابار التي تتغذى بالطبقة الجوفية التي تتكون في تركيبها الجيولوجية من cretace inferieur et jurassique و هذا لتزويد السكان و الماشية بالمياه الشروب و النشاط الزراعي. إضافة الى الجفاف الذي يعد عامل حاد، نسجل زيادة معتبرة في احتياجات الماء بهذه المنطقة وهذا راجع اساسا الى زيادة في عدد السكان و الماشية بالمناطق الريفية. من اجل مراقبة نوعية المياه المعالجة المستهلكة في بلديات المنطقة، دراستنا اعتمدت على الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه المستهلكة لهذه المنطقة. من اجل تفحص نوعية المياه قمنا بقياس الناقلية، العسورة،النترات، كلورير كالسيوم، سلفات، بيكاربونات ، المغنزيوم ، كالسيوم في العديد من العينات الماخودة من عدة بلديات حيث ان النتائج اثبتت ان المياه ذات نوعية فيزيو كيميائية جيدة .

الكلمات المفتاحية. الحوض المائي لواد مزي، الجودة الكيميائية والفيزيائية، مياه الشرب

Abstract:

The study region, covering an area of approximately 4,378 km, belongs to the Oued M'zi watershed. In this region, a large number of wells use the surface water contained in the formations of the Lower Cretaceous and Jurassic, and this for human and animal consumption in drinking water as well as for the irrigation of crops. In addition to the drought which is an aggravating factor, there is a significant increase in water needs in the region, mainly due to the increase in the population, the increase in the sheep herd, the extension of crops and semi-sedentarization. In order to help control the quality of drinking water in the municipalities that make up this watershed, our study focused on the assessment of the physicochemical quality of drinking water in this region. To assess the quality of these waters, we measured the conductivity, the hardness, the dry residues and determined the contents of nitrates, chlorides, calcium, sulphate, bicarbonates, magnesium and calcium on several samples taken in different communes. According to the results obtained, it emerges that most of the physicochemical parameters are within the accepted standards and consequently the quality of the controlled water is relatively good.

Key Words : Wadi M'zi catchment, physicochemical quality, drinking water