الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA
-ADRAR-



جامعة أحمد دراية ادرار

Faculté des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en

Physique

Option: Chimie de l'Environnement

Thème

Caractérisation géochimique des eaux minérales de Tazliza

Présenté Par :

M. Tahir HAMMAD

et

Mlle. Mokhtaria HAMAYEM

Devant le jury composé de :

M. Maamar YOUNCI Président MCB Université Ahmed Draia-Adrar

M. Lakhdar LAKHDARI Examinateur MCB Université Ahmed Draia -Adrar

M. Bahous NASRI Promoteur MAA Université Ahmed Draia -Adrar

Année Universitaire 2021/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية People'sDemocraticRepublic of Algeria

Ministry of Higher Education and Scientific Research University Ahmed Draia of Adrar The central library وزارة التعليم العالي و البحث العلمي جامعة أحمد دراية- أدرار المكتبة المركزية مصلحةالبحث الببليوغرافي

شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ: بحوص ناصري المشرف مذكرة الماسترالموسومة.

ARACTERISATION GEOCHIMIQUE DES EAUX
MINERALES DE TAZLIZA

من إنجاز الطالب: حماد طاهر

و الطالب(ة): حميم مختارية

كلية :العلوم والتكنولوجيا

القسم : علوم المادة

التخصص: كيمياء المحيط

تاريخ تقييم / مناقشة: 09_06_2022

أشهد أن الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وأن المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.

وبإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والاليكترونية (PDF).

ادرار في العامي القسم:

مسياعد رئيس القسم:

مساعد رئيس في مطوم المادة مكلف بيما بعد العدم والمتكنولوجيا

امضاء المشرف:

REMERCIEMENTS



Au terme de ce modeste travail, nous voudrions remercier tout d'abord Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force et le courage d'achever ce travail. Nous remercions aussi nos parents pour leur soutien, leur aide et leurs encouragements durant toutes nos années d'études.

Tout d'abord, nous remercions notre promoteur : Dr NASRI Bahous, nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils avisés. Egalement pour nous avoir guidés dans la réalisation de ce travail, en même temps nous remercions les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail, et qui ont pris le temps de rapporter ce mémoire.

Nous remercions également toutes les personnes de l'ANRH d'Adrar notamment les personnes du service laboratoire pour leur soutien et leur aide à l'élaboration de ce travail.

Nous tenons également à remercier tous les professeurs de la Faculté des sciences et technologies et du Département des sciences des matériaux de l'Université d'Adrar.

Enfin, tous ceux qui nous ont apporté leur amitié, leurs conseils ou leur soutien moral, qu'ils trouvent dans ces quelques lignes l'expression de nos remerciements les plus sincères et les plus proches ou lointains, que ce soit par leurs sincères.

Table des matières

	Table (des matières	i
	Liste d	les abréviations et Nomenclature	i
	Listes	des figures	. iii
		les Tableaux	
	Liste d	les annexes	. iii
	ملخص		i
	Abstra	ct	. ii
	Résum	ıé	. 111
	Introdu	action générale	1
C	Chapitre	e I . Présentation de zone d'étude	2
	I.1	Introduction	2
	I.2	Situation géographique	2
	I.2.1	Limite de la zone d'étude	2
	I.3	Aspect socio-économique	3
	I.3.1	La population	3
	I.3.2	Agriculture	3
	I.3.3	L'Elevage	3
	I.3.4	L'Industrie	4
	I.3.5	Tourisme	4
	I.4	Caractéristiques physiques de la région d'étude	4
	I.4.1	Géomorphologie	. 4
	I.4.2	Hamada	. 4
	I.4.3	Reg	4
	I.4.4	Accumulations éoliennes	5
	I.4.5	Nebkas	5
	I.4.6	Cordons dunaires	5
	I.5	Réseau Hydrographique	5
	I.6	Géologie de la région	5
	I.6.1	Quaternaire	. 6
	I.6.2	Complexe terminal	. 6
	I.6.3	Continental intercalaire	7
	I.7	Hydrogéologie de la région	7
C		e II . Généralités sur les eaux minérales	
	II.1	Introduction	9
	II.1.1	Définition des eaux minérales	9
	II.1.2	Caractéristiques de stabilité des eaux minérales	9

II.1.3	Types des eaux minérales	10
II.1.3.1	Eau minérale naturelle naturellement gazeuse	10
II.1.3.2	Eau minérale naturelle non gazeuse	10
II.1.3.3	Eau minérale naturelle dé-gazéifiée	10
II.1.3.4	Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source	10
II.1.3.5	Eau minérale naturelle gazéifiée	10
II.1.4	Caractéristiques générales d'une eau minérale	10
II.1.5	Processus d'embouteillage	11
II.1.6	Les propriétés thérapeutiques de l'eau minérales	12
II.1.6.1	Classification chimiques des eaux minérales	12
II.1.6.2	Classification selon l'application aux malades des eaux minérales	12
II.1.7	Contrôle de la qualité des eaux minérales	13
II.1.7.1	Paramètres physico-chimiques	13
a- La dı	ıreté	13
b- Cond	luctivité électrique	14
c- Le pl	Н	15
d- Acid	ité de l'eau	15
e- Alcal	linité de l'eau	16
II.1.7.2	Paramètres microbiologique	16
Chapitre II	II . Matériel et Méthodes	17
III.1 Int	roduction	17
III.2 Pre	élèvement des échantillons	17
III.2.1	Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau	17
III.2.1.1	Mesure du pH	17
III.2.1.2	Mesure de la conductivité	18
III.2.1.3	Détermination du résidu sec	19
III.2.1.4	Mesure de la dureté de l'eau	19
III.2.1.5	Détermination de l'alcalinité	20
III.2.1.6	Dosage du Sodium et du Potassium par photométrie de flamme	20
III.2.1.7	Dosage des Chlorures	21
III.2.1.8	Dosage des sulfates	22
III.2.1.9	Dosage des carbonates et bicarbonates	23
III.2.1.10	Détermination du Calcium et Magnésium	23
III.2.1.11	Détermination des nitrates	24
III.2.1.12	Détermination des nitrites	26
III.2.1.13	Dosage de l'ammonium	27
III.2.1.14	Dosage de l'orthophosphates	29

	III.3 Conclusion	30
C	hapitre IV . Résultats et Discussions	31
	IV.1 Introduction	31
	IV.2 Résultats et discussions	31
	IV.2.1 Potentiel Hydrogène	31
	IV.2.2 Conductivité electrique	31
	IV.2.3 Résidu Sec	32
	IV.2.4 Dureté totale	32
	IV.2.5 Titre alcalimétrique complet	33
	IV.2.6 Calcium	34
	IV.2.7 Magnésium	34
	IV.2.7.1 Le Sodium	35
	IV.2.7.2 Le Potassium	35
	IV.2.7.3 Les Chlorures	36
	IV.2.7.4 Les Sulfates	37
	IV.2.7.5 Les Carbonates et les bicarbonates et	37
	IV.2.8 Les composés azotés	38
	IV.2.9 Les phosphates	38
	IV.2.10 Le faciès géochimique	38
	IV.2.10.1 Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF	39
	IV.2.11 Caractères de stabilité des eaux de la source	40
	IV.3 Conclusion	40
	Conclusion générale	41
	Références Bibliographiques	42
	Annexes	44

Liste des abréviations et Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
Abs	Absence	
AgNO ₃	Nitrate d'argent	g
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	
Cu	Cuivre	g
Ca	calcium	g
Cl	Chlorure	g
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique	g
° C	Degré Celsius	°C
°f	Degré français	°f
Fe	Fer	g
g	Gramme	
HCO ₃	Bicarbonate	g
HSN	Acide cyanhydrique	g
HCl	Acide chlorhydrique	1
ISO	International standardisation Organisation	
K	Potassium	g
K ₂ CRO ₄	bichromate de potassium	g
Mg/l	Milligramme par litre	
mg/mol	Milligramme par mole	
Ml	Millilitre	
mmol/L	Milli moule par litre	
nm	Nanomètre	
Mg	Magnésium	g
Mn	Manganèse	g
NET	Noir Eriochrome T	g
N	Normalité	
NO ₃	Nitrate	g/l
NO ₂	Nitrite	g/l
NaOH	Hydroxyde de sodium	g
NF	Norme française	
OMS	Organisation Mondiale de la Santé	

PET	Polyéthylène téréphtalate	g
pН	Potentiel Hydrogène	

Listes des figures

Figure I-1 Situation géographique de la région de Timimoun	2
Figure I-2 Situation géographique de la zone d'étude	3
Figure I-3 Les Bassins les plus importants de la plateforme saharienne en Algérie	6
Figure I-4 Carte géologique de la région d'étude [14]	7
Figure III-1 Mesure du pH	18
Figure III-2 Photomètre de flamme de type WTW	21
Figure III-3 Dosage des nitrates	24
Figure III-4 Conservation des flacons à l'obscurité.	25
Figure III-5 Les solutions étalons des nitrites	27
Figure III-6 Dosage de l'ammonium	28
Figure III-7 Dosage des phosphates	30
Figure III-8 UV-Visible pour mesurer la densité optique des éléments,	30
Figure IV-1 Variation du Résidu Sec en fonction du temps	32
Figure IV-2 Variation de la dureté totale en fonction du temps	33
Figure IV-3 Variation de l'alcalinité en fonction du temps	33
Figure IV-4 Variation du calcium en fonction du temps	34
Figure IV-5 Variation de la teneur en magnésium en fonction du temps	35
Figure IV-6 Variation du sodium en fonction du temps	35
Figure IV-7 Variation du potassium en fonction du temps	36
Figure IV-8 Variation de la teneur en chlorures en fonction du temps	36
Figure IV-9 Evolution des sulfates en fonction du temps	37
Figure IV-10 Variation des hydrogénocarbonates en fonction du temps	38
Figure IV-11 Diagramme de Piper des eaux de la source de Tazliza	39
Figure IV-12 Diagramme de Schoeller des eaux de la source de Tazliza	39
Liste des Tableaux	
Tableau 1 Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.	15
Liste des annexes	
Annexe 1 Données des analyses physico-chimiques des eaux	44

ملخص

يهدف هذا العمل إلى التوصيف الجيوكيميائي والفيزيوكيميائي وتصنيف مياه الينابيع المعبأة تازليزة بولاية تيميمون, من خلال تحليل نسب العناصر الرئيسية, العناصر الثانوية, تحليل مخطط بايبر, تحليل مصفوفة الارتباط وتحليل العناصر الرئيسية.

نتائج هذه التحاليل التجريبية, الرسوم البيانية والإحصاءات متعددة المتغيرات جعلت من الممكن توصيف مياه الينابيع المعبأة في هذه المنطقة لتحديد العديد من الوجوه الكيميائية والمساهمة في إنشاء تصنيف لمياه الينابيع المعبأة المختلفة.

أتاح استخدام التقنيات متعددة المتغيرات جنبا إلى جنب مع التقنيات التجريبية والرسوم البيانية إلى تصنيف مياه الينابيع المعبأة في الجزائر إلى مجموعتين متجانستين , تتكون مياه المجموعة الاولى من سحنات الكلوريد والكبريتات و المغنيزيوم, بينما تتكون المجموعة الثانية من سحنات البيكربونات والكاسيوم والمغنيزيوم.

Abstract

This work aims at the geochemical and physical-chemical characterization and the classification of bottled spring waters of Tazliza wilaya of Timimoun, by the analysis of the characteristic ratios of the major elements, minor elements, the analysis of the diagram of Piper, and Schoeller. The results of these various empirical and graphic investigations have made it possible to characterize the bottled spring waters of this region, identify the chemical facies and contribute to establishing the classification of these bottled spring waters. The waters of the Tazliza spring are of chloride and sulphated calcium and magnesium facies, they are characterized by a stability of the physicochemical parameters during the periods studied.

Résumé

Ce travail a pour but la caractérisation géochimique et physico-chimique et la classification des eaux de source embouteillées de Tazliza wilaya de Timimoun, par l'analyse des rapports caractéristiques des éléments majeurs, éléments mineurs, l'analyse du diagramme de Piper, et Schoeller. Les résultats de ces différentes investigations empiriques, graphiques ont permis de caractériser les eaux de source embouteillées de cette région, d'identifier le faciès chimique et de contribuer à l'établissement de classification de ces eaux de source embouteillées. Les eaux de la source de Tazliza sont de facies chlorurée et sulfatée calcique et magnésien, elle sont caractérisées par une stabilité des paramètres physico-chimiques durant les périodes étudiées.

Introduction générale

Le marché de l'eau minérale en Algérie est en constante progression. L'Algérie produit chaque année 1,5 milliard de litres d'eau minérale. Cinq marques se partagent 70 % des parts de marché. Plus de 40 marques d'eau minérale sont commercialisées sur le marché algérien [1].

L'eau minérale naturelle est une eau d'origine souterraine, elle est d'autant mieux protégée puisqu'elle provient des nappes très profondes et sa composition est due au milieu d'où elle provient ou avec lequel elle a été en contact. Elle joue un rôle économique et sociale très important et utilisée pour l'embouteillage et/ou le thermalisme. Elle ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage ou son utilisation thermale. Elle possédant des paramètres physico-chimiques et microbiologiques qui la rendent apte à la consommation humaine [2].

Les eaux minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé humaine [3].

L'eau de source et l'eau minérale sont définies par trois critères majeurs : absence de tout traitement ou d'addition de produits chimiques, la pureté naturelle à la source et donc l'absence de tout polluant d'origine humaine et enfin une composition minérale de l'eau minérale définie, parfaitement stable et garantie en toutes les saisons de l'année, et pour l'eau de source ne composition minérale pas nécessairement stable [1].

Ce travail est pour l'objectif d'évaluation les caractéristiques géochimiques et contrôle la qualité par les paramètres physico-chimique et microbiologique de l'eau minérale TAZLIZA au niveau du laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) à wilaya d'Adrar.

Ce travail est constitué principalement de quatre chapitre, précédé par une introduction générale. Le premier chapitre, consiste à la présentation de zone d'étude TAZLIZA a wilaya de Timimoune. Le deuxième chapitre une présentation des généralités sur les eaux minérales et ces caractéristiques. Le troisième chapitre expose le matériel et la méthodologie adoptée durant notre expérimentation. Le quatrième chapitre présente l'interprétation des résultats obtenus à l'issue des expériences.

Enfin une conclusion générale synthétisant les principaux résultats obtenus dans le cadre de ce travail et dégage les perspectives ouvertes par nos résultats.

Chapitre I . Présentation de zone d'étude

I.1 Introduction

Ce première chapitre est dédié à la découverte de la région d'étude : situation géographique, aspect socioéconomique, les caractéristiques physiques, géologiques et hydrogéologiques.

I.2 Situation géographique

La wilaya de Timimoun se trouve au Sud-Ouest de l'Algérie à une distance d'environ 1333 km de la capitale Alger et à l'extrême Nord-Est de la wilaya d'Adrar, entre les parallèles 29°15' de latitude N et 0°13' de longitude E, approximativement au centre du triangle formé par la frange méridionale de l'Erg Occidental, la bordure nord-ouest du Plateau du Tademaït et l'Oued Saoura-Messaoud à l'Ouest. Elle couvre une superficie globale d'environ 85,940 km² (Fig.I.1) [4]. Elle est limitée par :

- Au nord par la wilaya d'El Bayadh;
- À l'est par la wilaya d'El Meniaa et celle d'In Salah;
- À l'ouest par la wilaya de Béni Abbès ;
- Et au sud par la wilaya d'Adrar

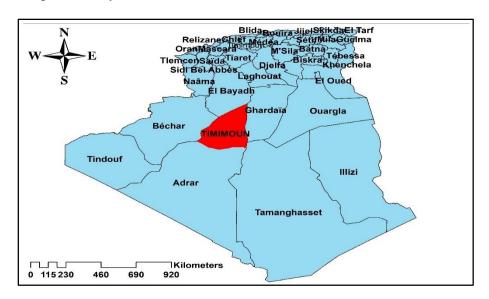


Figure I-1 Situation géographique de la région de Timimoun

I.2.1 Limite de la zone d'étude

La zone d'étude Tazliza fait partie de la wilaya de Timimoun, elle est située à l'extrême Nord de cette localité, entre les latitudes 39°30'N et 29°30'N et les longitudes 0°30'Eet 2'E, elle s'étend 20131 km². Cette zone est limitée (Fig.I.2).

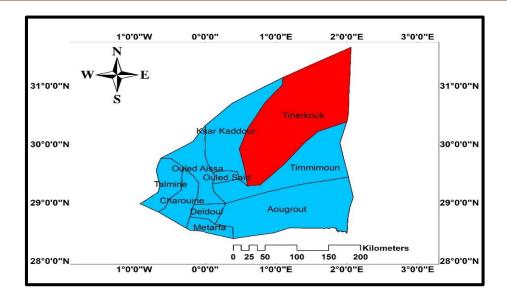


Figure I-2 Situation géographique de la zone d'étude

I.3 Aspect socio-économique

I.3.1 La population

Les transformations socio-économiques des zones arides ont fait l'objet de nombreuses analyses, les quelles font ressortir des mutation profondes caractérisées par le passage d'une utilisation extensive des ressources naturelles ,dans le cadre d'un mode de vie nomade et seminomade, à une occupation et une utilisation relativement intensives de l'espace suite à la sédentarisation des populations locales , la privatisation des terres , le développement de l'arboriculture et une diversification de l'activité économique [5].

I.3.2 Agriculture

L'agriculture des palmeraies dans la région d'étude constitue l'activité la plus répandue, elle est caractérisée par la production des dattes, des céréales, et des cultures maraichères diverses.

I.3.3 L'Elevage

Vu la rareté des précipitations et l'aridité de la région, les pâturages sont inexistants ce qui constitue l'entrave principale qui gêne le développement de l'élevage dans cette région, quelques espèces animales typiques aux régions sahariennes, camelins, caprins, ovins et des centaines de bovins constitue la ressource animale dans la région [6].

I.3.4 L'Industrie

La région de Tinerkouk a connu ces dernières années une dynamique industrielle accélérée avec la découverte des gisements de gaz et pétrole, elle est devenue un pôle industriel avec la réalisation d'une société de production et d'embouteillage d'eau minérale Tazliza, également les usines des gaz au niveau du Tinerkouk, Hassi Tijrane, et Hassi Bahamou.

I.3.5 Tourisme

Le secteur de tourisme est en voie de développement, et peut constituer dans l'avenir un réel axe dans le développement socio-économique de la région, et même à l'échelle nationale. La région regroupe de nombreuses activités culturelles diverses à l'échelle national et international (festivals de la dance folklorique, etc.) et de nombreuses curiosités à vocation touristiques (l'artisanat traditionnel, ruines, architecture des ksours, systèmes traditionnels d'irrigation (foggaras), des grottes, des dunes de sables, des forêts de bois pétrifiés, rose de sable [7].

I.4 Caractéristiques physiques de la région d'étude

I.4.1 Géomorphologie

LELUBRE [8] admet que, s'il y est une région du globe, où les formes de relief sont particulièrement nettes et visibles, c'est bien le Sahara et si les processus morphogénétiques (Vent, eau...etc.) à l'œuvre dans ce milieu sont caractéristiques, rien n'est étonnant à ce que les formes qui en résultent le soient aussi. Les principales formations géomorphologiques de la zone d'étude sont :

I.4.2 Hamada

Les hamadas sont des plateaux rocheux à topographie très monotone, souvent plate à perte de vue. C'est la formation qui couvre les surfaces les plus importantes au Sahara. La surface de ces plateaux est ordinairement très pauvre, sauf dans les dépressions où s'accumulent les apports éoliens et l'eau. Les gorges et les falaises sont par contre relativement riches et hébergent de nombreuses espèces endémiques [9].

I.4.3 Reg

Constitué en surface par un dépôt de cailloutis, au-dessous de cette couche apparaît un substrat généralement sableux ou des alluvions. Le reg est un sol dont le vent a emporté les particules les plus fines, laissant alors une couche de cailloux ou de graviers inaptes à retenir

l'eau. Les regs sont les sols qui portent la végétation la plus pauvre, souvent absolument nulle [10].

I.4.4 Accumulations éoliennes

Le sable est un élément essentiel du paysage saharien. Cependant, les dunes sont loin de couvrir la totalité du Sahara, mais se localisent généralement dans de vastes régions ensablées appelées ergs [11]. Les sols sableux qui renferment les cordons dunaires (Erg) et les autres types des zones ensablées sont les plus représentés dans les régions Saharienne, note que les dunes peuvent avoir des formes différentes en fonctions de la direction dominante du vent [10].

I.4.5 Nebkas

Il s'agit d'un abri de forme mineur. Il résulte de l'arrêt du sable par un obstacle à savoir touffe de buisson comme les touffes psammophytes vivaces ou celles du drinn, ou bien des cailloux [12]. C'est une accumulation de sable éolien arrêté par un obstacle de petite dimension (touffes de végétation, bloc rocheux). Le sable s'accumule sous l'action du vent formant un monticule en forme de pointe de flèche dont la hauteur diminue en s'éloignant de l'obstacle.

I.4.6 Cordons dunaires

Définis comme étant de grandes rides, ils atteignent plusieurs dizaines de mètres de haut. Ils sont orientés généralement Nord-Sud dans les deux grands ergs oriental et occidental. Dans les zones marginales et au niveau des dépressions inter dunaires, les dunes relativement moins élevées commencent à être peu à peu colonisées et fixées par une végétation spécialisée de Psammophytes vivaces et de phréatophytes [13].

I.5 Réseau Hydrographique

Dans la région les réseaux hydrographiques s'appartiennent à l'unité du bassin occidental du Sahara septentrional en raison des faibles précipitations, le réseau hydrographique est peu développé il existe un seul Oued qui est Oued Messaoud, il est temporaire [14].

I.6 Géologie de la région

La zone d'étude fait partie de la grande plateforme saharienne, située au Sud de l'Algérie elle appartient au Craton Nord-Africain. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au paléozoïque en plusieurs bassins (Figure I.3), on distingue de l'Ouest à Est [14].

• Le Bassin de Tindouf;

- Les bassins de Boubernous et Ougarta;
- Le bassin de Béchar;
- Le bassin d'Ahnet-Timimoun;
- Les bassins Azzene et Azzel-Matti;
- Le bassin de Sbaâ;
- Le bassin de Reggane;
- Bassins d'Illizi-Ghadamès
- Les bassins du Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya

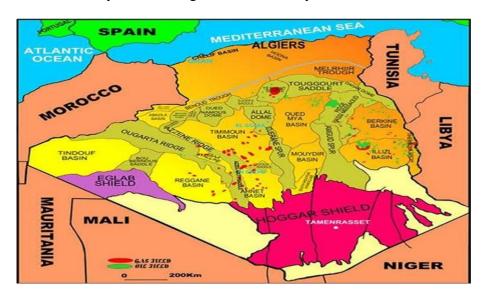


Figure I-3 Les Bassins les plus importants de la plateforme saharienne en Algérie [14]

I.6.1 Quaternaire

Le Quaternaire est constitué de sable éolien et sable argileux, représenté à l'Ouest et au Sud de la région par les dunes de l'Erg Chech et de la Tanezrouft, et au Nord par les dunes du Grand Erg Occidental [14].

I.6.2 Complexe terminal

Dans une grande partie du bassin occidental, à l'exception du sillon Sud atlasique marquant la flexure saharienne, il n'existe pas des formations intermédiaires entre les sables du Continental Intercalaire et les sables du Miopliocène, ce qui rend très difficile de distinguer entre les deux formations ; l'interprétation des coupes lithologiques peut d'ailleurs, selon la source, attribuer indifféremment les sables et sables argileux situés dans cette position à l'une ou l'autre de ces deux formations (Fig.I.4) [15].

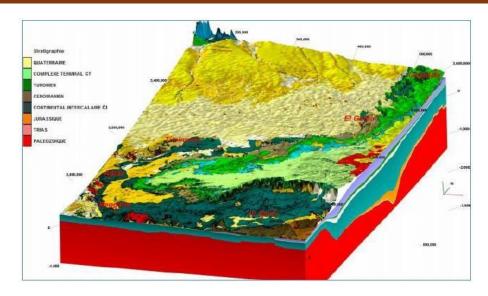


Figure I-4 Carte géologique de la région d'étude [14]

I.6.3 Continental intercalaire

En géologie, le Continental Intercalaire désigne les formations continentales qui se sont déposées entre le cycle marin du Paléozoïque clôt par l'orogenèse hercynienne et la transgression marine du Cénomanien. Elle couvre une large période du Trias à l'Albien [16].

I.7 Hydrogéologie de la région

La prospection pétrolière au XXème siècle est à l'origine de la découverte d'un gigantesque système hydraulique au Sahara qui est le système aquifère du Sahara septentrional (SASS). Ce système aquifère formé par les nappes aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal s'étend dans sa plus grande partie dans le territoire saharien algérien.

Le système aquifère du Sahara septentrional est partagé entre l'Algérie, Tunisie et la Libye. Il est subdivisé en trois sous bassins :

- Le bassin du Grand Erg Occidental à l'Ouest;
- Le bassin du Grand Erg Oriental au centre ;
- Le plateau de la Hamada El Hamra à l'Est.

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » couvre une vaste superficie plus d'un million de km². Il est reparti entre trois pays, à savoir l'Algérie (700 000 km²), la Tunisie (80 000 km²) et la Libye (220 000 km²). Il s'étend du Nord depuis l'Atlas Saharien jusqu'aux affleurements du Tidikelt et le rebord méridional du Tinrhert au Sud, et de l'Ouest depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'au Graben de Hun en Libye à l'Est [15].

Ce bassin renferme une série des couches aquifères qui ont été regroupées en deux grands réservoirs appelés le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI) [17].

I.8 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée de la zone d'étude Tazliza de wilaya de Timimoun qui inclue les activités industrielles et agricultures de cette dernière ainsi que les différents caractéristiques physiques et hydrauliques et les conditions climatiques pour déterminer l'influence de ces conditions sur la qualité et la quantité des eaux de la source de Tazliza.

Chapitre II . Généralités sur les eaux minérales

II.1 Introduction

Toutes les EMN n'ont toutefois pas les mêmes caractéristiques et de grandes différences existent en termes de composition. Afin de donner des repères clairs, plusieurs caractéristiques dédiées encadrent strictement toutes ces spécifications citées à ce chapitre.

II.1.1 Définition des eaux minérales

En Algérie, au sens du décret N°45 correspondant au 18 juillet 2004, il est entendu par EMN : « Une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploitée à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles elle est conditionnée. Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique et hydrogéologique, physique, chimique et physico-chimique, microbiologique et pharmacologique [18].

Une eau minérale naturelle ne peut être que d'origine souterraine, et s'être constituée à l'abri de tout risque de pollution. Microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est perturbée par aucune contamination d'origine humaine. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté originelle. Les eaux minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé humaine [19].

II.1.2 Caractéristiques de stabilité des eaux minérales

Les eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine. » La pureté originelle est due à une protection géologique naturelle la tenant à l'abri de tout risque de pollution naturelle par absence de microorganismes pathogènes et anthropique tels que les pesticides. La stabilité de ses caractéristiques chimiques, et de sa température à l'émergence qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée la différencie même des eaux de source pour lesquelles la composition peut varier en fonction des fluctuations naturelles. Toute variation de la stabilité est considérée comme signe de dégradation de la ressource et un signal d'alerte sanitaire. L'EMN est une eau qui répond naturellement aux critères de potabilité microbiologique, mais pas obligatoirement aux critères physicochimiques, puisqu'elle n'est pas soumise aux mêmes exigences de potabilité que les eaux de sources.

L'EMN peut être utilisée dans le traitement de certaines maladies ou carences vu leur richesse en minéraux qui contribuent aux apports nutritionnels conseillés [20].

II.1.3 Types des eaux minérales

II.1.3.1Eau minérale naturelle naturellement gazeuse

Une eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique est comptée tenu des tolérances techniques usuelles, la même qu'à l'émergence. Il s'agit du gaz carbonique spontanément et visiblement dégagé dans des conditions normales de température et de pression [1].

II.1.3.2Eau minérale naturelle non gazeuse

Une eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui compte tenu des tolérances techniques usuelles, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau [21].

II.1.3.3Eau minérale naturelle dé-gazéifiée

Une eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, n'est pas là même qu'à l'émergence et qui ne dégage pas visiblement et spontanément de gaz carbonique dans des conditions normales de température et de pression [1].

II.1.3.4Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source

Une eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, est supérieure à sa teneur en gaz carbonique à l'émergence [21].

II.1.3.5 Eau minérale naturelle gazéifiée

Une eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, par addition de gaz carbonique d'autre provenance [22].

II.1.4 Caractéristiques générales d'une eau minérale

L'Union Européenne a harmonisé les réglementations sur les eaux minérales naturelles en 1980 par une Directive (Directive européenne 80/777/CEE amendée par la Directive

96/70/CE et la Directive 2003/40 du 16 mai 2003) qui a permis la libre circulation entre les pays membres.

La Directive européenne énonce les caractéristiques que doit posséder une eau pour se prévaloir de l'appellation d'eau minérale naturelle :

- ✓ Pureté originelle (origine souterraine à l'abri de tout risque de pollution) ;
- ✓ Composition caractéristique constante ;
- ✓ Température constante à l'émergence ;
- ✓ Microbiologiquement saine (absence de pathogènes);
- ✓ Naturelle (interdiction de stériliser ou de faire de traitement de potabilisation, autorisation de séparer les éléments instables : fer, manganèse, etc.) ;
- ✓ Reconnue minérale dans son pays d'origine.

La réglementation française conserve quelques spécificités avec notamment la possibilité de reconnaître à l'eau minérale naturelle utilisée à des fins de thermalisme, des propriétés favorables à la santé, dûment constatées par l'Académie Nationale de Médecine19.

Par ailleurs, la France a également défini des critères stricts pour les eaux destinées à l'alimentation du nourrisson, fixant en particulier des limites de composition pour certains minéraux et notamment les nitrates limités à 10 mg/l [23].

II.1.5 Processus d'embouteillage

Le processus d'embouteillage des EMN est totalement sécurisé. Il assure le maintien de la pureté et l'intégrité de l'eau jusqu'au consommateur selon les étapes suivantes [24]:

- ➤ Le captage : en profondeur à partir de nappes souterraines, grâce à des équipements adéquats empêchant tout contact avec l'air ambiant ;
- L'acheminement : vers le site d'embouteillage via des canalisations le plus souvent en acier inoxydable ;
- Le traitement : par des procédés strictement physiques ;
- La mise en bouteille : comprend la production sur place des bouteilles en PET (injection de PET, soufflage, insufflage), rinçage et remplissage en eau ;
- L'emballage : les bouteilles sont étiquetées, empactées et stockées dans un endroit sec et aéré ;
- Le contrôle : le long de la chaine de production

II.1.6 Les propriétés thérapeutiques de l'eau minérales

L'eau est toujours minérale, mais la dénomination d'eau minérale est réservée très souvent aux eaux douées de propriétés thérapeutiques et utilisées conformément à des règles qui garantissent leur pureté bactériologique et la stabilité de leur composition chimique. Le captage et le conditionnement doivent préserver leur caractère naturel. Par exemple, il est interdit de les filtrer et de les stériliser. Les eaux minérales se distinguent des eaux dites potables, des eaux de table, des eaux gazéifiées et des médicaments, car la législation du visa ne les concerne pas.

Les propriétés thérapeutiques de la plupart des eaux minérales diminuent avec le temps, parfois très vite. Il est donc indispensable aux malades de se rendre sur place. C'est la raison d'être des stations et des cures thermales [20].

II.1.6.1 Classification chimiques des eaux minérales

On peut classer les eaux minérales de bien des manières. La classification chimique usuelle distingue plusieurs familles : les eaux bicarbonatées carbo-gazeuses (sodiques, calciques et mixtes) ; les eaux sulfatées calciques et magnésiennes, froides ou chaudes ; les eaux chlorurées sodiques, fortes, moyennes ou faibles, ces dernières pouvant être froides ou chaudes ; les eaux sulfurées, alcalines et instables à des degrés divers ; les eaux à minéralisation faible, mais remarquables par leurs oligo-éléments ou par leurs propriétés physiques (thermalité, radioactivité) ; certaines eaux sont caractérisées de surcroît par un élément rare : arsenic, fer, cuivre, sélénium, vanadium, manganèse, fluor. Ni la radioactivité ni l'arsenic contenus dans certaines eaux minérales ne sont, dans les conditions de leur emploi, un danger pour les malades. On rattache aux stations thermales celles qui mettent en œuvre des boues ou des émanations de gaz thermaux [25].

II.1.6.2 Classification selon l'application aux malades des eaux minérales

On peut encore classer les eaux minérales d'après la façon de les appliquer aux malades. Par exemple, on les amène en contact direct avec les lésions dans les affections dermatologiques, naso-sinusiennes, bronchiques, gynécologiques et intestinales. Dans d'autres cas, on agit sur les organes profonds par l'hydrothérapie externe : en pathologie ostéo-articulaire, neurologique, veineuse, artérielle, cardiaque. En revanche, c'est la cure de boisson qui joue le rôle principal dans les affections de l'appareil digestif, de l'appareil urinaire, dans les maladies de la nutrition, dans certains cas de pédiatrie et de gériatrie. Dans bien des cas enfin,

cures thermales et cures climatiques se complètent, notamment en pathologie respiratoire, cutanée et pédiatrique [20].

Il existe une relation entre la composition des eaux minérales et leurs propriétés thérapeutiques, mais on remarque que des eaux de composition très voisine, par exemple dans le groupe des sulfatées calciques et magnésiennes, soulagent des maladies bien différentes. Réciproquement, des eaux très différentes obtiennent parfois des résultats similaires dans la même maladie. En définitive, c'est l'expérience accumulée de longue date par le corps médical qui gouverne l'orientation des malades vers telle ou telle station.

Fortes de cette expérience, les stations françaises ont atteint, depuis plus d'un siècle, le stade de la spécialisation. Chacune concentre son activité sur tel ou tel type de malades, si bien que ceux-ci bénéficient de la spécialisation du corps médical, des biologistes et des auxiliaires médicaux [25].

II.1.7 Contrôle de la qualité des eaux minérales

II.1.7.1 Paramètres physico-chimiques

a- La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et de l'ion hydrogène H^+ . Ce sont surtout les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et parfois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium qui sont responsables de la dureté.

Elle résulte naturellement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. L'eau peut être classée en fonction de sa dureté en eau douce ou en eau dure :

- ➤ Si le TH est de l'ordre de 5°HF, l'eau est qualifiée de « douce » ;
- ➤ Si le TH est compris entre 5°HF et 25°HF, l'eau est « idéale » ;
- ➤ Si le TH est au-dessus de 25-30°HF, l'eau est qualifiée de « dure »

Une eau dure présente l'avantage de protéger les conduites contre la corrosion par la formation d'une couche de CaCO₃, et peut être responsable d'entartrage si cette dureté est très importante [25].

Egalement appelée consommation de savon, elle est exprimée en milligramme de CaCO3 par litre d'eau ou en degrés français (1°F=1/5 meq=10 mg CaCO3/l =4 mg Ca2+/l). Dans l'eau, on distingue :

- ✓ La dureté calcique : correspond à la somme des concentrations des sels de calcium ;
- ✓ La dureté magnésienne : correspond à la somme des concentrations des sels de magnésium ;
- ✓ La dureté carbonatée : appelée aussi la dureté temporaire, correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} , on parle du TAC ;
- ✓ La dureté non carbonatée : appelée aussi dureté permanente, représente la dureté qui persiste après ébullition de l'eau, elle correspond à la teneur en sulfates et chlorures de Ca^{2+} et de Mg^{2+} , elle est égale à TH-TAC ;
- ✓ La dureté totale : ou titre hydrotimétrique TH, correspond à la somme des concentrations des sels calciques et magnésiens [26].

b- Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau (γ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ) .

$$\gamma = 1/\rho = (1/R). (L/S)$$
 II.1

 γ : conductivité (en Ω -1 .m-1 ou S. m-1).

 ρ : résistivité (en Ω . m).

R : résistance (en Ω).

L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en m²).

Elle correspond à la capacité de l'eau à conduire l'électricité. Elle dépend de la température et de la concentration des ions présents, donc de la minéralisation de l'eau, et elle est à ce titre un bon marqueur de l'origine de cette dernière (Tableau 1). Déterminée en siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 1000 mS/cm, par un conductimètre [26].

Tableau 1 Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE <100 μs /cm	Minéralisation très faible
100 <ce<200 cm<="" td="" μs=""><td>Minéralisation faible</td></ce<200>	Minéralisation faible
200 <ce<333 cm<="" td="" μs=""><td>Minéralisation moyenne</td></ce<333>	Minéralisation moyenne
333 <ce<666 cm<="" td="" μs=""><td>Minéralisation moyenne accentuée</td></ce<666>	Minéralisation moyenne accentuée
666 <ce<1000 cm<="" td="" μs=""><td>Minéralisation importante</td></ce<1000>	Minéralisation importante
CE>1000 µs /cm	Minéralisation élevée

c- Le pH

Le potentiel hydrogène, exprime l'acidité ou l'alcalinité d'une eau selon qu'il se trouve dans le domaine de 0 à 7 ou de 7 à 14, la valeur médiane 7 correspond à la neutralité à 25°C. Le pH reflète la concentration d'une eau en ions H+:

$$PH = -\log [H+]$$
 II.2

Le pH d'une eau naturelle dépend de son origine et de la nature acide ou basique des terrains traversés et de ce fait on rencontre :

- Des eaux alcalines dans les régions calcaires à cause de la teneur élevée en sels de calcium des eaux dures.
- Des eaux acides dans les régions granitiques. Ces pH augmentent le risque de présence des métaux sous forme ionique qui sont plus toxiques ce qui induit la corrosion des conduites.

d- Acidité de l'eau

L'acidité de l'eau est sa capacité quantitative à neutraliser l'ion hydroxyle. Elle résulte de la présence de dioxyde de carbone dissous et/ou d'acides forts libres, il existe :

Acidité forte « titre en acides forts » TAF : due à la présence d'acides forts, elle est rare dans les eaux naturelles, elle concerne surtout les eaux polluées par des rejets industriels.

Acidité carbonique libre : les eaux ayant une activité biologique intense (lacs, étangs) et les eaux souterraines peuvent avoir des teneurs élevées en CO₂ par rapport aux eaux superficielles [27].

Le CO₂ contenu dans l'eau, en fonction de sa teneur, peut avoir soit un caractère agressif soit un caractère entartrant. Sa présence confère à l'eau une saveur agréable et ne présente aucun inconvénient pour la santé.

e- Alcalinité de l'eau

L'alcalinité de l'eau est sa capacité à neutraliser un acide, elle est due principalement à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-) , de carbonates (CO_3^{2-}) et d'ions hydroxydes (OH^-) , on distingue :

Titre alcalimétrique simple (TA) : mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates. Titre alcalimétrique complet (TAC) : mesure la teneur de l'eau en alcalis libres, en carbonates et en bicarbonates [27].

II.1.7.2Paramètres microbiologique

L'objectif de l'analyse microbiologie ou bactériologie d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères. Ces dernières sont dites flore indicatrices d'une contamination fécale.

On peut noter que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène.

On peut citer quelques bactéries qu'on peut analyser dans les eaux minérales : Les coliformes fécaux et totaux, et l'Escherichia. Coli [28].

II.1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé un aperçu complet de l'eau minérale, ses types, ses propriétés, ses paramètres physico-chimiques et microbiologiques afin de connaître le type d'eau et son aptitude à la consommation humaine et la disponibilité des éléments de base qu'elle contient.

Chapitre III. Matériel et Méthodes

III.1 Introduction

Les différents travaux effectués dans le cadre de cette étude ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

III.2 Prélèvement des échantillons

Dans cette étude un nombre de sept échantillons ont été prélevées à partir du forage qui alimente l'unité d'eau de source de TAZLIZA. Les prélèvements ont été effectués manuellement dans des flacons de polyéthylène de 1.5 l de capacité. Il doit toujours être parfaitement identifié et porter le numéro et les coordonnées du point d'eau, la date et la profondeur et le niveau statique du puits. Ces échantillons sont conservés selon les méthodes standards [29], et transportés par la suite dans une glacière à 4 °C au laboratoire de l'ANRH à Adrar.

III.2.1 Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau

III.2.1.1 Mesure du pH

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode préalablement étalonnée avec des solutions tampon pH (4 et 7). La méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher, Après la stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, on lit la valeur du pH directement [30].

4 Mode opératoire

Tout d'abord on rince le bêcher et l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec de l'eau à analyser, ensuite, on remplit le bêcher avec l'échantillon et on immerge l'électrode avec agitation, Nous lisons directement le pH lorsque sa valeur est stabilisée. Le montage est donné par la figure suivante (Fig. III.1).



Figure III-1 Mesure du pH

III.2.1.2 Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine de 1 cm² de surface, séparé par une distance de 1 cm, Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ) [29].

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \times \frac{L}{S}$$
 III. 1

Avec:

 γ : conductivité (en Ω , m⁻¹ou S,m⁻¹)

ρ: résistivité (en Ω, m),

R : résistance (en Ω),

L : distance entre les deux électrodes (en m),

S : surface de chaque électrode (en m²)

Mode opératoire

Premièrement on rince plusieurs fois la cellule de la conductivité avec de l'eau distillée, puis on plonge l'électrode complètement dans un récipient contenant l'eau à analyser. Par la suite on agite l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Enfin on note la valeur finale affichée sur le conductimètre. Le résultat est donné directement en µS/cm [29].

III.2.1.3 Détermination du résidu sec

La détermination des résidus sec permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

Mode opératoire

Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée. On prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et on le verse dans la capsule. Ensuite on porte cette dernière à l'étuve à 110° C, pendant 24 heures, on laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur, en fine on pèse immédiatement et rapidement.

III.2.1.4 Mesure de la dureté de l'eau (TH)

Le titre hydrotimétrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium.

Principe

Les ions des élément alcalino-terreux présente dans l'eau forment un complexe de type chélate avec le sel de l'acide éthylène-diamine-tétracétique. La disparation des dernières traces d'élément libre à doser est décelée par le virage de l'indicateur spécifique. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la participation de magnésium, la méthode de dosage est pour la somme des ions de calcium et de magnésium.

Réactifs

- Solution titrée de l'EDTA N/50 ;
- Solution tampon a pH compris entre 10 et 11;
- Un indicateur noir d'ériochomeT.

Mode opératoire

Prendre 100ml d'eau à l'aide d'une pipette de 50ml et les transférés dans un erlenmeyer de 500 ml. La solution est chauffée à 60 °C, et on ajoute 5ml de la solution tampon et 30mg de

l'indicateur. On titre alors avec la solution titrée de l'EDTA jusqu'au virage du rouge violacé au bleu.

III.2.1.5 Détermination de l'alcalinité (TA-TAC)

Principe

L'alcalinité est la capacité quantitative des milieux aqueux à réagir avec les ions hydrogènes. À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bases et des sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrates. La silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8,5.

4 Réactif

Acide sulfurique 0.2 N, avec une solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0.5 % et une solution de méthylorange 0.5 %.

Mode opératoire

Pour la détermination de TA : prélever 100 ml d'eau à analyse dans un erlenmeyer de 250ml, ensuite ajoute 1 à 2 gouttes phénophtaléine. Une coloration rose doit alors apparaitre, dans le contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le PH<8,3. Verser ensuite doucement à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution soit (V) le nombre de millilitre d'acide versé

Pour la détermination de TAC : utiliser un prélèvement primitif s'il n'y a pas de coloration. Ajoute 2 goutes de méthylorange et titrez de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH=4.3). Soit (V') le nombre de millilitres d'acide versé depuis le début du dosage. Retrancher 0.5ml, quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui est un peu plus faible que le pH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.

III.2.1.6 Dosage du Sodium et du Potassium par photométrie de flamme

4 Principe

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normal (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique

de l'élément. On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendu au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution. On établit donc une gamme d'étalons pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue.

Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution étalon à des sensibilités différentes du photomètre de flamme (Fig.III.2).

Réactifs

- > Solution mère de Sodium et de Potassium ;
- ➤ Solutions étalons en Na⁺ et k⁺;
- > Solution mère de calcium ;
- > Solutions étalons de calcium ;

4 Appareillage

- ➤ Photomètre à flamme ;
- ➤ Bouteille de gaz ;
- Compresseur d'air.



Figure III-2 Photomètre de flamme de type WTW

III.2.1.7 Dosage des Chlorures

Principe

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique [Hg(SCN)₂] et de l'alun ferrique [Fe₂(SO₄)₃,(NH₄)24H₂O] donnent en milieu nitrique et acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm.

Réactifs

- > Solution saturée de thiocyanate mercurique ;
- > Solution d'alun ferrique;
- ➤ Solution mère de chlorures à 10 g/l;
- > Solutions étalons.

Mode opératoire

On place (5 ml) d'échantillon dans des fioles de 50 ml, les PE des solutions étalons, le témoin (H₂O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir, on ajoute dans l'ordre 5ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 3 ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6, on agite vigoureusement les fioles pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant un demie heure. Enfin on effectue la lecture au colorimètre à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

III.2.1.8 Dosage des sulfates SO₄²-

Principe

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495 nm.

Réactifs

- Solution de chlorure de baryum et de gélatine ;
- ➤ Solution mère de sulfate a 10g/l;
- > Solutions étalons.

Mode opératoire

On prend (5ml) d'échantillon dans des fioles de 50ml et les PE des solutions étalons, le témoin (H₂O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir on ajoute à chaque PE, 5 ml de la solution de BaSO₄ et de la gélatine préalablement diluée 1/6. Compléter avec l'eau distillée Q.S.P. 50 ml, on agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures, on effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin.

III.2.1.9 Dosage des carbonates et bicarbonates

Principe

Les carbonates n'existant qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage acidimétrique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon.

Réactifs

- ➤ Solution H₂SO₄ en 0.01N
- > pH-mètre

Mode opératoire

On prendre 40 ml dans le bécher et on dose avec H_2SO_4 jusqu'à le pH = 4.4

III.2.1.10 Détermination du Calcium et Magnésium

Principe

Le sel disodique de l'acide Ethylène Diamine Tétra Acétique cristallisé avec H₂O, appelé aussi complexons ou versante forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

Réactifs

- ➤ Solution EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈) : 40g de EDTA ; ajoutez 5 g Soude caustique (NaOH) et 1 g Chlorure de Magnésium (MgCl₂.6H₂O) ensuite compléter à 1000ml d'eau distillée ;
- ➤ Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) : 67 g de chlorure d'ammonium avec 448 ml d'Ammoniaque NH₃ (25%) et de HCl concentré et compléter à 1000 ml d'eau distillée ;
- Solution d'hydroxyde de sodium : 80g de NaOH avec 1000 ml d'eau distillée
- ➤ Noir ériochomeT :
- ➤ Solution mère de Ca²⁺ à 100 mg/l

Mode opératoire

On prend 10 ml échantillonne et on ajoute 2 ml de NaOH, puis une ajoute de Meruxide, et on titre avec l'EDTA jusqu'au virage au violet, soit V1 de Ca²⁺et Mg²⁺. Pour le volume (V2 pour Mg²⁺) On prend PE de 10 ml et on ajoute 2 ml de solution tampon, puis un ajoute le Noir ériochomeT, et on titre avec l'EDTA jusqu'au virage au bleu.

III.2.1.11 Détermination des nitrates NO₃

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence du sulfate de cuivre comme catalyseur.

Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie, diazotation avec l'acide sulfanilique et copulations avec l' α – Naphthylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm [29].

Réactifs

✓ Solution mère de nitrates à 1000 mg/l :

Dissoudre 1,631g de nitrates de potassium préalablement séchés au dessiccateur et compléter à 1000 ml par de l'eau distillée,

✓ Solutions étalons :

Prendre successivement : 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 15 ml de la solution mère de nitrate et compléter chaque prélèvement à 100 ml par de l'eau distillée, On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 et 150 mg/l de nitrates (Fig. III.3) [29].



Figure III-3 Dosage des nitrates

- ✓ Solution de soude à 0,05 M;
- ✓ Mélange réducteur à préparer au moment de l'emploi :
 - 5 ml de la solution de Sulfate de Cuivre ;
 - 5 ml de la solution d'hydrazine ;
 - Eau distillée Q.S.P 200 ml.

- ✓ Mélange colorant (conserver en flacon brun) :
 - 10 ml d'acétone,
 - 20 ml d'acide sulfanilique,
 - 20 ml d'E.D.T. A;
 - 20 ml d'acétate de sodium,
 - 20 ml d'α-Naphthylamine,
 - Eau distillée Q.S.P 1000 ml,

Ajouter l'α-Naphthylamine en dernier et après une dilution pour éviter la formation d'un précipité blanc laiteux, et compléter avec l'eau distillée à 1000 ml.

Mode opératoire

De préférence, on effectue le dosage dans des flacons bruns et on réalise le mélange suivant en introduisant dans le flacon : 1 ml prise d'essai, 5 ml de solution de soude à 0,05 M, après l'agitation on ajoute, 5 ml de mélange réducteur, encore une fois on agite ce dernier mélange.

Après une heure, on ajoute 40 ml du mélange colorant, et on met à l'obscurité pendant 15 min, finalement on mesure la densité à 520 nm(Fig. III.4) [29].



Figure III-4 Conservation des flacons à l'obscurité.

Expression des résultats

La courbe donne directement les teneurs en azote nitriques des échantillons exprimés en mg/l.

III.2.1.12 Détermination des nitrites (NO_2^-)

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l'α-Naphthylamine, on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520 nm [29].

Réactifs

- > Solution d'acide sulfanilique;
- > Solution d'α –Naphthylamine;
- > Solution tampon d'acétate de sodium ;
- ➤ Solution d'E, D.T.A à 5 g/l;
- ➤ Solution mère étalon des nitrites à 100 mg/l :
 - Eau distillée Q.S.P 1000 ml;
 - 150 mg de nitrite de sodium ; On les conserve en y ajoutant 1ml/l de chloroforme.

4 Titrage de la solution mère de nitrite

Le nitrite est oxydé au moyen d'un excès de permanganate, L'excès d'oxydant est ensuite dosé par iodométrie [29].

$$2 MnO_4^{2-} + 6 H^+ + 5 NO_2^- \rightarrow 2 Mn_2^+ + 3 H_2 O + 5 NO_3^-$$

Tout d'abord on fait le mélange suivant dans un bécher : 10 ml de permanganate de potassium à 0,01N, avec 2 ml d'acide sulfurique dilué au ½, et 20 ml de solution de nitrite. Après l'agitation on ajoute 5 ml d'iodure de potassium à 10%. La concentration de la solution mère de nitrite exprimé en mg/l, est donnée par :

$$[NO_2^-]$$
 en $\frac{mg}{l} = \frac{(T_{\text{thiosulfate de sodium}} \times (V_0 - V) \times 23000)}{PE}$ III. 2

Avec:

V₀: le volume trouvé pour un témoin effectué avec de l'eau distillé (ml).

V : le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour l'échantillon (ml).

T: titre de thiosulfate de sodium (mol/l).

PE: prise d'essai (ml)

A partir de cette solution de nitrites, on prépare une solution fille à 1mg/l de NO₂

> Solutions étalons :

Prendre successivement : 1, 2, 4, 6, 8, 10 ml de la solution à 1 mg/l de NO_2^- et compléter par l'eau distillée à 50 ml. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 0,02;0,04; 0,08; 0,12; 0,16 et 0,20 mg/l de NO_2^- (Fig. III.5).



Figure III-5 Les solutions étalons des nitrites

Mode opératoire

On réalise le mélange en introduisant 50ml de prise d'essai, avec 1ml de solution d'E.D.T.A et 1 ml d'acide sulfanilique, ensuite on gite et on attend 10 minutes, puis on ajoute 1ml d' α -Naphtylamine,1ml de la solution de tampon acétate. Encore une fois on agite et on attend 30 minutes, enfin on effectue la mesure colorimétrique à 520 nm [29].

Expression des résultats

Après le traçage de la courbe d'étalonnage on lit directement les teneurs en azote nitreux des échantillons exprimé en mg/l.

III.2.1.13 Dosage de l'ammonium

L'ammonium, en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite de sodium donne avec le phénol une coloration bleue d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique. On utilise du nitroprussiate de sodium comme catalyseur [29].

Réactifs

Solution mère d'ammonium 1 g/l (NH_4^+) :

Peser 2,972g de chlorure d'ammonium NH_4Cl préalablement séché et refroidi au dessiccateur. Dissoudre cette quantité dans de l'eau distillée et compléter à 1000 ml.

Solution d' ammonium 10 mg/l (NH₄⁺).

Prendre 2 ml de la solution mère à 1g/l et compléter à 200 ml par de l'eau distillée.

- ➤ Solution d'hypochlorite de sodium à 2° chlorométrique
- > Solution étalon :

Prendre successivement : 0,25; 0,5 ; 1,25 ; 2,5 ; 5 ; 7 et 10ml de la solution à 10mg/l et compléter à 50 ml par de l'eau distillée, On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement :0,05 ; 0,1 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 mg/l de (NH₄⁺) [29].

Mélange des réactifs :

On mélange les 3 premiers réactifs dans les proportions suivantes :

- 200 ml de la solution tampon et complexante ;
- 25 ml de la solution de phénate de sodium ;
- 10 ml de la solution de nitroprussiate de sodium ;

Mode opératoire

La mesure colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant : 20 ml PE, 2 ml du réactif mélangé, 0,5 ml d'hypochlorite à 2 °Cl.

La coloration bleue se développe à partir du moment où on les laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie, La coloration reste stable plusieurs heures. Ensuite on effectue la mesure colorimétrique à 625 nm (Fig III.6) [29].



Figure III-6 Dosage de l'ammonium

Expression des résultats

La courbe donne directement la teneur en azote ammoniacal des échantillons exprimés en mg/l.

III.2.1.14 Dosage de l'orthophosphates (PO_4^{3-})

En milieu acide et en présence du molybdate d'ammonium MO₇(NH4)₄H₂O, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique, et développe une coloration bleue pouvant être dosée colorimétriquement à une longueur d'onde de 710 ou 800 nm [29].

Réactifs

- Solution d'acide ascorbique à 10 g/l.
- Solution de molybdate d'ammonium.
- Solution mère de l'ortho-phosphate (PO_4^{3-}) à 1g/l:

Dissoudre 143,2 mg de phosphate Dihydrogénophosphate de potassium (KH_2PO_4) (desséché au préalable à l'étuve à 100° C) dans 1000 ml d'eau distillée.

Solution de (PO_4^{3-}) à 10 mg/l :

Placer dans une fiole jaugée de 200 ml, 2 ml de la solution mère et compléter ensuite par de l'eau distillée jusqu'à atteindre le trait de jauge.

> Solutions étalons :

Prendre successivement les volumes de : 2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10 ; 15 et 20 ml de la solution à 10 mg/l, puis compléter à 50 ml avec de l'eau distillée, On obtient donc des solutions étalons contenant respectivement les concentrations suivantes : 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 3 et 4 mg/l.

Mode opératoire

Dans des tubes à essai on introduit 20 ml prise d'essai, puis on ajoute 5 ml des réactifs mélangés (3 volumes de la solution molybdique, 1 volume de la solution de l'acide ascorbique) (Fig. III.7).



Figure III-7 Dosage des phosphates

On les met à l'étuve durant 20 minutes à 80 °C et on les laissent refroidir puis on mesure l'absorption à une longueur d'onde de 825 nm (Fig. III.8) [29].



Figure III-8 UV-Visible pour mesurer la densité optique des éléments,

Expression des résultats :

La courbe donne directement la teneur en ortho-phosphate des échantillons exprimée en mg/l.

III.3 Conclusion

Dans cette partie les différentes méthodes et matériels utilisés pour la réalisation de cette étude ont été exposé en détails. L'interprétation des résultats obtenus sont donnés dans le chapitre qui suit.

Chapitre IV . Résultats et Discussions

IV.1 Introduction

Après avoir montré les outils méthodologiques nécessaires pour la réalisation de notre travail, dans ce chapitre nous procéderons à l'interprétation des résultats de notre étude à travers les analyses de la qualité de l'eau de source de TAZLIZA. Ce chapitre nous permettra de déterminer la caractérisation géochimique et physico-chimique en comparant nos résultats obtenus avec les normes des eaux minérales.

IV.2 Résultats et discussions

Au cours de cette étude nous avons exploité les données de sept compagnes (données collectées de l'ANRH Adrar), la première campagne a été effectuée en octobre 2009 et la dernière en mars 2022, les autres compagnes ont été effectuées comme suit (septembre 2013, février 2014, mars 2017, janvier 2018 et mai 2018). Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de l'eau de source de TAZLIZA sont illustrés dans le tableau ciaprès.

IV.2.1 Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH d'une eau indique sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de la concentration des ions hydrogènes H⁺ présents dans l'eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels. Selon les normes algériennes, les valeurs du pH des eaux souterraines doivent être situé entre 6,5 et 9.

Les résultats des analyses ont montré que le pH varie entre 7,14 et 7,70 avec un caractère plus ou moins alcalin. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes et celle de l'OMS.

IV.2.2 Conductivité électrique

La conductivité donne une idée sur la minéralisation de l'eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau. La valeur maximale recommandée pour La conductivité électrique par les normes algérienne est de 2800 µS/cm.

Les résultats obtenus de la conductivité montrent que les eaux de source de Tazliza ont une conductivité qui varie entre 650 et 950 μ s/cm. Les résultats montrent que ces valeurs sont conformes à la norme algérienne qui sont inférieur à 2800μ s/cm.

IV.2.3 Résidu Sec

Le résidu sec ou TDS représente la composition totale en minéraux, sels dissous, et de la matière organique, contenus dans l'eau. Ses valeurs peuvent être mesurées à partir de la conductivité soit par dessiccation à 110 – 180 °C pendant 24 h. Pour des raisons de saveur, l'OMS. recommande une valeur limite de 1000 mg/l dans l'eau destinée à la consommation humaine [31]. Le Ministère des ressources en eau prescrit une valeur de 1500 mg/l [32].

Les résultats des analyses effectuées dans cette région ont montré que le TDS des eaux analysées oscille entre 400 et 670 mg/l, (Fig.IV.1). Ils montrent aussi que l'eau de source de Tazliza est une eau faiblement minéralisée, correspondent bien aux normes fixées par la réglementation (Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'élément contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées).

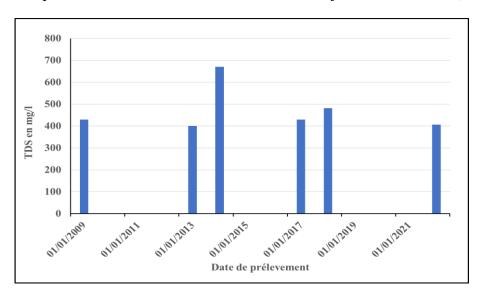


Figure IV-1 Variation du Résidu Sec en fonction du temps

IV.2.4 Dureté totale

La dureté totale d'une eau est un caractère naturel lié à la dissolution des terrains traversés, elle correspond à sa composition en calcium et en magnésium. Elle se compose de la dureté temporaire est liée directement à son alcalinité carbonatée et la dureté permanente est prédominée par la présence des sulfates et des chlorures de calcium et de magnésium. Elle s'exprime en générale soit en meq/1 soit en mg/1 de CaCO₃ soit en °f.

La dureté des eaux de la source de Tazliza se situe entre 20 et 27 °f, avec une valeur moyenne de 21.5 °f, ces teneurs traduisent une eau douce qui inférieur à 30 °f, (Fig.IV.2).

Pour les eaux de consommation, les normes algériennes indiquent comme bonne qualité une eau dont la dureté inférieure à 20 °f[32].

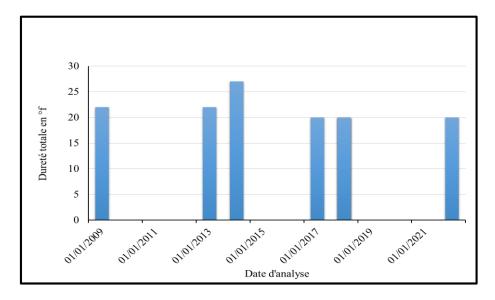


Figure IV-2 Variation de la dureté totale en fonction du temps

IV.2.5 Titre alcalimétrique complet TAC

L'alcalinité de l'eau se définit comme sa capacité à neutraliser un acide. L'alcalinité de l'eau naturelle est principalement associée aux carbonates, aux bicarbonates et aux hydroxydes. Les borates, les silicates, les phosphates et certaines formes de matière organique contribuent légèrement à son alcalinité. La connaissance de cette valeur est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elle dépend de l'équilibre calco-carbonique. D'après la figure 20, les résultats obtenus montrent que le TAC est stable et compris entre 9 et 11°f et pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3 (Fig.IV.3).

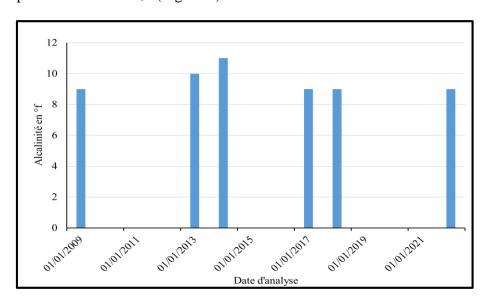


Figure IV-3 Variation de l'alcalinité en fonction du temps

IV.2.6 Calcium

L'existence des ions Ca^{2+} dans l'eau indique, soit une dissolution des formations carbonatées, calcite $(CaCO_3)$, dolomie $[(Ca, Mg)CO_3]$ ou bien la dissolution des formations évaporitiques, gypse $[CaSO_4, 2(H_2O)]$ et anhydrite $(CaSO_4)$. La teneur des eaux de la source de Tazliza en ions calcium varie entre (40-67) mg/l avec une valeur moyenne de 48.42 mg/l, on constate que ces valeurs sont conformes à la norme algérienne qui est limitée à 200 mg/l.

D'après les résultats, on peut classer l'eau de source Tazliza comme une eau calcique car il présente des teneurs importantes en calcium. Ce métal alcalino-terreux est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères qui sont facilement solubles (FigIV.4).

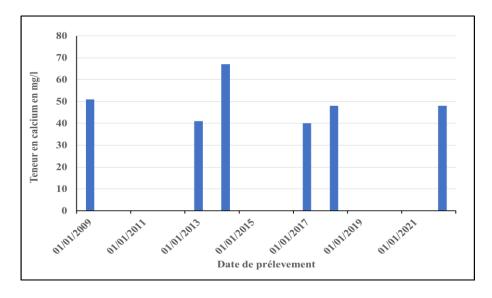


Figure IV-4 Variation du calcium en fonction du temps

IV.2.7 Magnésium Mg^{2+}

Le magnésium est un élément très répondu, Il est toujours présent dans les formations évaporitiques (sel de M_g), la carnallite (KMgCl₃, $6H_2O$), la kiesérite ($MgSO_4, H_2O$), et carbonatés, la dolomie [(Ca, Mg)CO₃], les valeurs du magnésium dans les eaux de la source Tazliza varient de 20 à 31 mg/l, avec une moyenne de 24.14 mg/l (Fig.IV.5). Ces résultats montrent également qu'ils sont conformes aux normes fixées par la réglementation (Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'élément contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées.

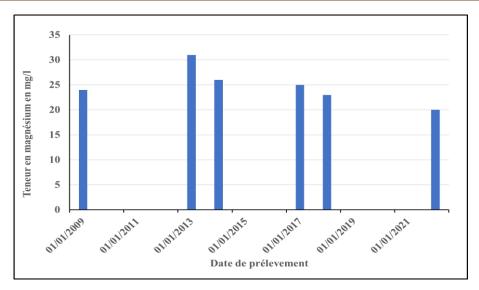


Figure IV-5 Variation de la teneur en magnésium en fonction du temps

IV.2.7.1 Le Sodium Na^+

L'existence du sodium est liée principalement à la dissolution des formations salifères très solubles comme l'halite (NaCl), les teneurs des eaux de la source de Tazliza sont comprises entre 37 et 90 mg/l avec une moyenne de 51.42 mg/l. Ces données indiquent que les eaux de la source de Tazliza sont conformes aux normes algériennes de potabilité et aux normes algériennes des eaux minérales (Fig.IV.6).

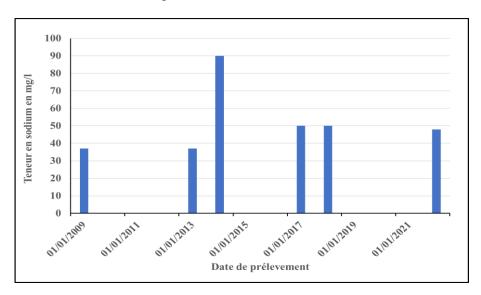


Figure IV-6 Variation du sodium en fonction du temps

IV.2.7.2 Le Potassium K^+

L'élément potassium peut être observé dans les eaux issues des formations argileuses et des eaux issues des formations évaporitiques riches en sylvite (KCl), et carnallite (KCl.MgCl2·6(H2O)), les valeurs enregistrées dans les eaux de la source de Tazliza sont entre

7 et 15 mg/l, avec une valeur moyenne de 8.57 mg/l. Ces résultats indiquent aussi que ces eaux répondent bien aux critères des eaux minérales (Fig.IV.7).

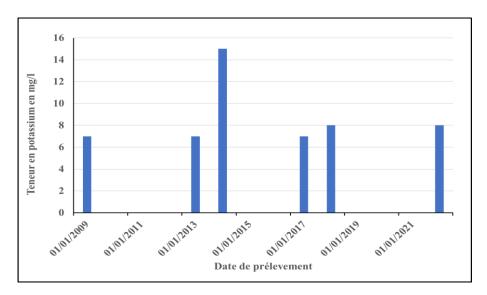


Figure IV-7 Variation du potassium en fonction du temps

IV.2.7.3 Les Chlorures Cl^-

La présence des chlorures dans l'eau souterraine est due de la solubilisation des sels naturels comme la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl). Les valeurs enregistrées des teneurs en chlorures sont varient entre 60 et 160 mg/l, ces données montrent également que les eaux de la source de Tazliza répondent bien aux critères des eaux minérales selon Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'élément contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées (FigIV.8).

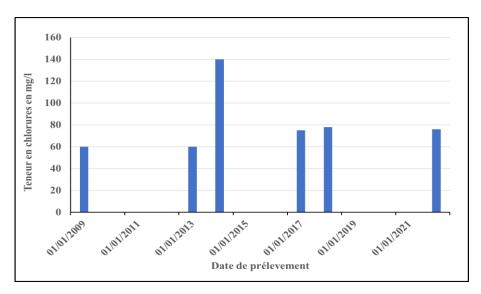


Figure IV-8 Variation de la teneur en chlorures en fonction du temps

IV.2.7.4 Les Sulfates SO_4^{2-}

La présence des sulfates est généralement due au lessivage des formations évaporitiques, telle que le gypse ($CaSO_4, 2(H_2O)$) et l'anhydrite ($CaSO_4$), ils peuvent provenir également de l'oxydation de la pyrite (FeS_2). Les teneurs des sulfates dans les eaux de la source de Tazliza varient de 88 mg/l à 135 mg/l, ces valeurs ont conformé aux normes des eaux minérales (Fig.IV.9).

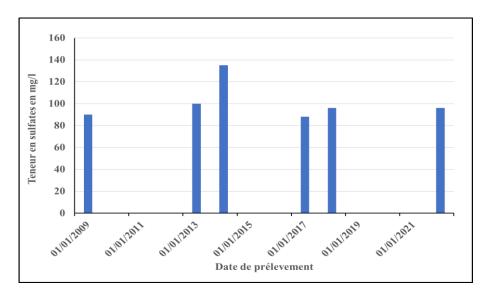


Figure IV-9 Evolution des sulfates en fonction du temps

IV.2.7.5 Les Carbonates et les bicarbonates CO_3^{2-} et HCO_3^{-}

Les Hydrogénocarbonates et les carbonates se forment à partir de la dissolution des formations carbonatés par des eaux chargées en gaz carbonique lors de son l'infiltration dans le sous-sol. Les teneurs en bicarbonates dans les eaux de la source de Tazliza varient de 104 à 134 mg/l, ces résultats montrent aussi que ces eaux sont en bon accord avec les valeurs fixées par la réglementation nationale des eaux minérales (Fig.IV10).

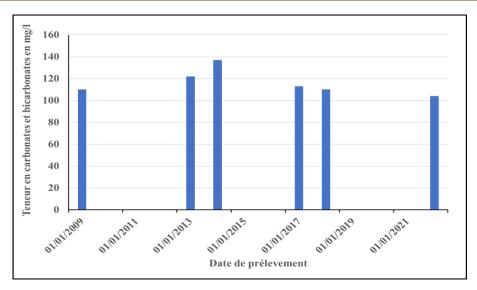


Figure IV-10 Variation des hydrogénocarbonates en fonction du temps

IV.2.8 Les composés azotés

On entend par les composés azotés les différentes formes d'azotes minérales, nitrates, nitrites et azote ammoniacal, sont du généralement à une pollution anthropique, l'origine artificielle de ces pollutions sont les contaminations par des engrais et les rejets domestiques. La teneur en azote ammoniacal est presque nulle, le maximum enregistré est de 0.015 mg/l. on ce qui concerne les nitrites sont aussi faibles et la valeur maximale rencontrée est de 0.145 mg/l.

Pour les nitrates la valeur la plus élevée était de 38 mg/l, ces résultats ne dépassent pas les normes de potabilité des eaux de consommation ni les normes des eaux minérales, donc sont acceptables.

IV.2.9 Les phosphates PO_4^{3+}

Les teneurs en orthophosphates des eaux de la source de Tazliza sont aussi faibles ce qui traduit la bonne qualité de ces eaux de point de vue pollution. Ces valeurs sont toujours dans les normes de qualité des eaux de consommation.

IV.2.10 Le faciès géochimique

Le report des eaux sur le diagramme de Piper nous permet de donner le faciès chimique. On peut déduire de ces résultats que le faciès le plus dominant est chloruré et sulfaté calcique et magnésien (Fig.IV.11).

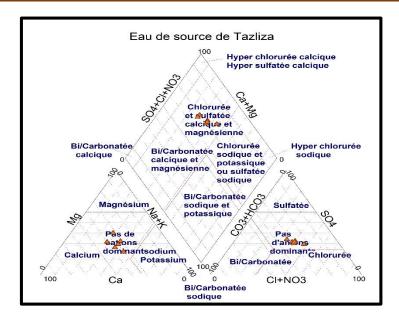


Figure IV-11 Diagramme de Piper des eaux de la source de Tazliza

IV.2.10.1 Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF

Le diagramme de Schöeller Berkaloff permet de représenter les faciès chimiques des eaux à travers la représentation des différents éléments sur un seul graphe. Il nous donne aussi la classification de la qualité de l'eau. A partir de cette figure (Fig.IV.12) on constate une prédominance du faciès chloruré calcique et la bonne qualité de ces eaux.

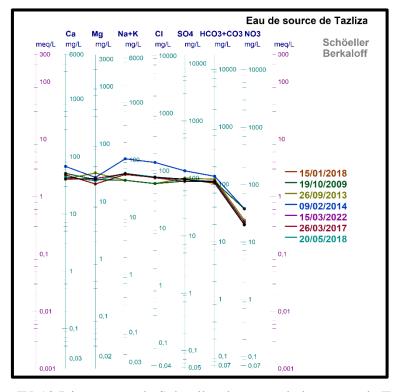


Figure IV-12 Diagramme de Schoeller des eaux de la source de Tazliza

IV.2.11 Caractères de stabilité des eaux de la source

Par définition une eau minérale est une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, elle se distingue des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle est sa pureté originelle. Les eaux minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé humaine [19]. Les résultats des analyses des de source de Tazliza montrent que ces eaux sont caractérisées par une stabilité des paramètres physico-chimiques durant les périodes de prélèvement, ce nous permet de donner le nom des eaux minérales à ces eaux selon la définition des eaux minérales et sous réserve des analyses bactériologiques.

IV.3 Conclusion

Cette étude a montré que :

- ✓ Les résultats ont montré que les éléments fondamentaux d'eau de source Tazliza présentent une conformité aux normes recommandées par l'Organisation mondiale de la santé et aux normes algériennes.
- ✓ Le pourcentage d'éléments indicateurs de pollution dans les échantillons d'eau étudiées n'excédait pas les valeurs maximales fixées par l'Organisation mondiale de la santé et les normes algériennes ; on peut donc dire que ces eaux sont aptes à la consommation sans danger.
- ✓ La stabilité de tous les paramètres physico-chimiques au long de la période de prélèvement, de 2009 à 2022, nous permet de dire que l'eau de source, « Tazliza », a pris le caractère d'eau minérale selon le décret. N°45 correspondant au 18 juillet 2004.
- ✓ A partir de la représentation des différents éléments sur le diagramme de Piper et le diagramme de Schöeller Berkaloff on distingue que l'eau de source Tazliza a un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien et bon qualité.

Conclusion générale

Le travail entrepris, dans le cadre de ce projet est une contribution à l'étude de la caractérisation géochimique et physico-chimique et la classification d'eau de source embouteillée de Tazliza.

Au terme de notre étude, qui a porté sur les différentes analyses au niveau du laboratoire de l'agence national des ressources hydrauliques ANRH au niveau de wilaya d'ADRAR, nous pouvons conclure, d'après les résultats obtenus concernant la qualité physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, RS, dureté, TAC, Calcium, magnésium, Sodium, potassium, Chlorures, Sulfates, les composés azotés et phosphates que la composition de l'eau de source embouteillée de Tazliza est conformes aux normes algériennes en vigueur.

A partir de ces résultats, on considère que l'eau de source embouteillée de Tazliza est une eau faiblement minéralisée. Et c'est une eau calcique, magnésienne, bicarbonaté, ces eaux répondent bien aux critères des eaux minérales pour sodium, potassium, chlorures et sulfates, représentent de très faibles teneurs en nitrates et nitrites, et pauvre en phosphates.

L'eau de source embouteillée de Tazliza est un' eau de très bonne qualité et apte à la consommation humaine, elle est bonne pour les sportifs pour lutter contre l'acidité réduite par le muscle lors de l'effort, elle a une quantité forte en calcium qui joue un rôle essentiel dans la croissance osseuse, la contraction musculaire et la minéralisation des dents, sa très grande pureté fait que cette eau convient parfaitement pour la préparation des biberons ainsi que pour les femmes enceintes .

En fin nous nous rendons compte que l'eau de source Tazliza bien conditionnée a conservé sa caractérisation géochimique et est restée stable et n'a pas changé ou pollué au fil des ans (2009-2022) et sa composition chimique n'a été affectée par aucun polluant artificiel ou naturel.

Références Bibliographiques

- [1] K. Cherad, A. Chermat, Contribution à l'étude de la qualité de l'eau embouteillée commercialisée dans la wilaya de Ghardaïa, Memoire de Master, Univrsite de Ghardaïa, 2021.
- [2] J.-J. Collin, Les eaux souterraines : connaissance et gestion, BRGM, Editions Hermann, France, 2004.
- [3] J. Canellas, Au sujet de la définition et de la réglementation des eaux minérales naturelles, Houille Blanche. (1995) 32–36.
- [4] L. Djakam, K. Kebize, Contribution à l'étude de la faune des palmeraies de trois régions du Sud-Ouest Algérien (Timimoun, Adrar et Beni-Abbes), (1993).
- [5] K. Benabdeli, Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique. Commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes-Algérie), Options Méditerranéennes. 39 (2000) 129–41.
- [6] A. Ghoulam, H. Ouled Brahim, B. Nasri, Détermination de l'origine des nitrates dans la nappe du continental intercalaire région Adrar, PhD Thesis, universite Ahmed Draia-ADRAR, 2020.
- [7] A.E. Zaghtou, Etude hydrogéologique et hydrochimique des eaux de la nappe du continental intercalaire dans la région d'Adrar (Touat), PhD Thesis, Alger, 2011.
- [8] M. Lelubre, Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental: Sahara central, Gouvernement Général de l'Algérie, 1952.
- [9] P. Ozenda, Flore du Sahara. Deuxième edition du CNRS, CNRS EDITIONS, 1983.
- [10] A. Chehma, Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien cas des régions de Ouargla et Ghardaïa, These de doctorat, Université Badji Mokhtar. Annaba., 2005.
- [11] M. Lelubre, Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara, Inst Rech Saha Alger. 8 (1952) 189–190.
- [12] P. Ozenda, La cartographie écologique et ses applications, Masson, 1986.
- [13] M. Pouget, Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises, 1980.
- [14] M. Benhamza, Aperçu hydrogéologique et hydrochimique sur le système de captage traditionnel des eaux souterraines «foggara» dans la région d''Adrar, PhD Thesis, Université Badji Mokhtar de Annaba, 2013.
- [15] B. Nasri, Étude Expérimentale et Optimisation d'un Système de Dessalement Solaire En Milieu Saharien, These de doctorat, Université Ahmed Draïa-Adrar, 2019.
- [16] S. Ouali, M.M. Hadjiat, A. Ait-Ouali, K. Salhi, A. Malek, Cartographie et caractérisation des ressources géothermiques de l'Algérie, Rev. Energ. Renouvelables. 21 (2018) 54–61.
- [17] OSS, Système Aquifère Du Sahara Septentrional (Algérie, Tunisie, Lybie): Gestion Commune d'un Bassin Transfrontalier, Observatoire du Sahel et Sahara (OSS), Observatoire du Sahel et Sahara, Tunisie, 2008.
- [18] Ministre des Ressources en Eau MRE, Décret exécutif n° 04-196 du 27 Journada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'éxploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source, 2004.
- [19] N. Nouaty, D. Khattach, M. Hilali, Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas 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 (2015) 1068–1081.
- [20] B. Amira, C. Karima, C. Ikram, Les eaux minérales naturelles embouteillées et commercialisées en Algérie : Qualité et vertus thérapeutiques, Memoire de Master, Université 8 mai 1945 GUELMA, 2020.
- [21] A. Hazzab, Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie, Comptes Rendus Geosci. 343 (2011) 20–31.
- [22] E. Nona, Qualité physico-chimique et microbiologique des eaux embouteillées., Mémoire de Master, Universite Pedagogique Nationale, 2018.
- [23] Conseil de l'union européenne, Directive n° 2009/54/CE du 18/06/09 relative à l'exploitation et à la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles | AIDA, 2009.
- [24] M. Ibri, Y. Taleb, Caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghni. suivi d'une étude comparative avec une eau minérale Lalla Khedidja, PhD Thesis, Université Mouloud Mammeri, 2017.
- [25] R. Medfouni, Analyse et classification Hydro chimique et statistique multi variables des eaux embouteillées en Algérie, Memoire de Master, Université elouad, 2019.
- [26] M.L. Belghiti, A. Chahlaoui, D. Bengoumi, R. El Moustaine, Etude de la qualité physico-Chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc), LARHYSS J. P-ISSN 1112-3680E-ISSN 2521-9782. (2013).
- [27] B. Nasri, A. Benatiallah, S. Kalloum, M. Benhamza, Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la région de kenadsa et Galbelaouda (sud-ouest de l'Algérie), Algerian J. Environ. Sci. Technol. 4 (2018).
- [28] J.-C. Bligny, P. Hartemann, Les eaux minérales naturelles et les eaux de source: cadre réglementaire et technique, Comptes Rendus Geosci. 337 (2005) 279–284. https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.09.019.
- [29] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, R. Brunet, L'analyse de l'eau 9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Dunod, France, 2009.
- [30] F. Rejsek, Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 2002.
- [31] World Health Organisation (WHO), Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed, World Health Organization, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland, 2011.
- [32] Ministre des Ressources en Eau MRE, Décret exécutif N° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine, 2011.

Annexes

A- Données des analyses physico-chimiques des eaux

Annexe 1 Données des analyses physico-chimiques des eaux

N°	рН	Cd en ms/cm	RS en mg/l	en <i>Ca</i> ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ en mg/l	Na ⁺ en mg/l	en K ⁺ mg/l	CL ⁻ en mg/l	en SO_4^{2-} mg/l	NO ₃ en mg/l	HCO ₃ en mg/l	TH en °f	TAC en °f	NH ₄ - en mg/l	NO ₂ en mg/l	PO ₄ ³⁻ en mg/l	MO en mg/l	SIO ₂ en mg/l	Miné en mg/l	SI en mg/I	Date d'analyse
1	7,7	0,65	430	51	24	37	7	60	90	38	110	22	9	0	0	0	1,2	12	402	417	19/10/2009
2	7,14	0,65	400	41	31	37	7	60	100	24	122	22	10	0	0	0	0,1	10,2	403	421	26/09/2013
3	7,4	0,98	670	67	26	90	15	140	135	38	137	27	11	0,015	0,145	0,18	3,5	8	608	649	09/02/2014
4	7,62	0,67	430	40	25	50	7	75	88	22	113	20	9	0,001	0,017	0	1,4	8,1	415	420	26/03/2017
5	7,32	0,66	407	48	20	48	8	76	96	19,97	104	20	9	0	0,02	0	0,3	8,2	406	420	15/01/2018
6	7,31	0,78	482	44	23	50	8	78	96	20,24	110	20	9	0	0,035	0	3,5		484	428	20/05/208
7	7,2	0,66	407	48	20	48	8	76	96	19,97	104	20	9	0	0,01	0	0,3	8,2	400	416	15/03/2022