

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Ammar TELEDJI Laghouat
Faculté de Génie Civil
Et de Architecture
Département Génie Civil



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عمار تليجي - الأغواط
كلية الهندسة المدنية والهندسة المعمارية
قسم الهندسة المدنية

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER En Ressource Hydraulique**

Spécialité Ressource Hydraulique

Par : Mlle BELKHEIR Mébarka

Sujet

**Evaluation de la qualité physico- chimique des Eaux
Souterraine de la commune d'El Bayadh wilaya d'El Bayadh**

Soutenu publiquement, le 30/09/2020, devant le jury composé de :

Mr. SEKKOUM. M

Université Ammar TELEDJI Laghouat

Président

Mr. HAMLAT. A

Université Ammar TELEDJI Laghouat

Encadreur

Mr. STAMBOUL.M

Université Ammar TELEDJI Laghouat

Examineur

Année universitaire 2019-2020



Dédicace

*À l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin
de ma vie, J'ai pu réaliser ce modeste travail*

Je dédie ce mémoire :

*À la mémoire de mon père Ahmed et mon frère Abdelkader,
que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*À ma très chère mère, Tu représentes pour moi le symbole de la bonté
par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement, qui n'a pas
cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

À ma très chère sœur et mes très chers frères

À Tous mes amis en souvenir de plus beaux instants qu'on a passé ensemble.

*En fin, à toutes les personnes qui comptent pour moi, qui ont intervenu
dans ma vie et qui m'ont accompagné et soutenu.*

À tous qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

À toute la promotion 2019/2020 de département de Génie Civil.

Et à tous ceux qui m'aiment

Mébaraka

Remerciements

Mes remerciements s'adressent premièrement à Allah ﷻ le tout puissant, notre créateur pour m'avoir donné la force d'accomplir ce travail.

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier vivement mon enseignant et Promoteur **D^r HAMLAT Abdelkader**, d'avoir accepté de m'encadrer sur ce thème, pour ses précieux conseils, encouragements et ses orientations tout le long l'élaboration de ce travail.*

*Je tiens également à remercier **M^{me} BELMAY Zadjia**, chef de laboratoire et mon encadreur au sein du laboratoire, de m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein du laboratoire de contrôle de qualité des eaux de l'ADE, et pour m'avoir suivie et conseillés au cour de mon stage.*

*J'adresse aussi mes remerciement, **Mr AMRAOUI Ali**, **Mr IDRISSI Mohamed**, **KHADOUM Okacha** le **Directeur de DRE** et le **Directeur d'ADE** pour m'avoir fourni des données qui mon aidé dans ce travail.*

J'adresse aussi mon sincères remerciements à tous les enseignants du département Génie Civil de faculté génie civil et architecture de l'université Amar TELIDJI de Laghouat, qui ont contribué à ma formation.

*Nos vifs remerciements sont adressés aux membres de jury **Mr. SEKKOUM Mohamed** et **Mr. STAMBOUL Madani** de nous avoir honoré de leur présence et d'avoir voulu évaluer ce travail.*

*Un grand et spécial remerciement à **Mr KAMEL Boualem** pour leur soutien et leur encouragement.*

Enfin, mes reconnaissances iront aussi à toute personne qui, de loin ou de près, a participé à l'achèvement de ce travail ...

RESUME :

L'étude réalisée a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux souterraines de quelques forages dans la commune d'El Bayadh wilaya d'El Bayadh. À travers un ensemble d'analyses en se référant l'étude réalisée a pour aux normes de potabilité (Algérie et OMS). L'ensemble des analyses ont été réalisé au niveau du laboratoire

Nous avons fait une application de l'indicateur de la qualité de l'eau sur une série de données en (2016-2017-2018-2019), dont l'objectif principal est d'évaluer la qualité des eaux souterraines et leur degré de potabilité, ainsi que leur aptitude à l'irrigation.

La pertinence des eaux souterraines à des fins d'irrigation des stations étudiées a été évaluée à partir de sept paramètres de qualité : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

Les résultats montrent que les eaux souterraines est de bonne et excellente qualité caractérisent des forages étudiés.

Mots clefs : Sud-Ouest, Qualité, eaux souterraines, indice, El Bayadh.

ABSTRACT :

The study carried out aims to assess the physico-chemical quality of groundwater from a few boreholes in the municipality of El Bayadh wilaya of El Bayadh in the north-south of the country. through a set of analyzes with reference to the study carried out against drinking water standards (Algerian and WHO). All the analyzes were carried out at the laboratory level

We made an application of the water quality indicator on a series of data in (2016-2017-2018-2019), the main objective of which is to assess the quality of groundwater and its degree of potability, as well as their suitability for irrigation.

The relevance of the groundwater for irrigation purposes at the stations studied was evaluated from seven quality parameters: the sodium adsorption ratio (SAR), the sodium percentage (% Na), the residual alkalinity of the water (RSC), the permeability index (PI), the percentage in magnesium (% Mg), corrosivity ratio index CRI, ratio or Kelly coefficient (RK).

The results show the good and excellent quality groundwater characterizes of the boreholes studied.

Keywords: *South West, Quality, groundwater, index, El Bayadh.*

ملخص:

تهدف الدراسة التي أجريت إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية من عدد قليل من الآبار في بلدية البيض بولاية البيض في شمال جنوب البلاد. من خلال مجموعة من التحليلات بالرجوع إلى الدراسة التي أجريت مقابل معايير مياه الشرب (الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية). تم إجراء جميع التحليلات على مستوى المختبر.

قمنا بتطبيق مؤشر جودة المياه على سلسلة من البيانات في (2016-2017-2018-2019) ،

الهدف الرئيسي منها هو تقييم جودة المياه الجوفية ودرجتها. صلاحيتها للشرب ومدى ملاءمتها للري.

تم تقييم ملاءمة المياه الجوفية لأغراض الري في المحطات المدروسة من خلال سبعة معايير جودة: نسبة امتصاص

الصوديوم (SAR) ، نسبة الصوديوم (% Na) ، القلوية المتبقية من الماء (RSC) ، مؤشر النفاذية (PI) ،

النسبة المئوية في المغنيسيوم (% Mg) ، مؤشر نسبة التآكل CRI ، النسبة أو معامل كيلبي (RK).

أظهرت النتائج جودة المياه الجوفية الجيدة والممتازة التي تميز الآبار المدروسة.

الكلمات المفتاحية: الجنوب الغربي، الجودة ، المياه الجوفية ، المؤشر ، البيض

Table des Matières

Dédicase

Remerciement

Résumé

Introduction Générale :	2
1 Introduction :.....	4
2 Historique des indices de qualité de l'eau :.....	4
3 Sélection d'un indice :	5
2 Situation géo- administrative de la wilaya d'El Bayadh :.....	11
3 Situation topographique :.....	13
5 Situation géologique :	13
6 Sismicité :.....	13
7 Situation Hydrogéologique :.....	13
8 Hydrographie :.....	14
9 Mobilisation des ressources en eau :.....	15
9.1 Mobilisation des eaux de surfaces :.....	15
9.2 Mobilisation des eaux souterraines :	15
a-La Nappe de Chot Chergui (Bajo-Bathonien) :	15
b-La nappe du synclinal d'El Bayadh (Infra- Crétacé) :.....	15
c-La nappe Barrémo-Aptien-Albien :.....	15
d-Nappe Tertiaire continentale :.....	16
10-Hydraulique agricole :	17
10.1 Ressources Mobilisées:.....	17
a-Barrage :	17
b-Les retenues collinaires :.....	18
c-Forages et puits :.....	18
10.2 Les grands périmètres irrigués de Brezina :	18
10.3 Les petits et moyens périmètres irrigués :	19
10.4 Les périmètres proposés :.....	19
1 Introduction :.....	21
2 Méthodologie :.....	21
3 Échantillonnage :.....	21

3.2 Stockage des échantillons :	22
4 Présentation des Forages :	23
4.1 Réseau d'Aep et point de traitement de la ville el Bayadh :	24
5 Méthodes d'analyses physico-chimiques :	25
5.1 Les Paramètres physiques :	25
5.1.1 Mesure du pH :	25
5.1.2 Mesure de la Température T :	26
5.1.3 Mesure de la Turbidité :	26
5.1.4 Mesure de la conductivité :	27
5.1.5 Mesure de la Teneur en Sel Dissous TDS :	28
5.2.6 Mesure de la Salinité:	28
5.2 Les Paramètres Volumétriques :	29
5.2.1 Dosage de Calcium Ca^{2+} :	30
5.2.2 Détermination de la dureté TH :	30
5.2.3 Détermination du Titre Alcalimétrique complet TAC:	31
5.2.4 Dosage de chlorures Cl^{-} :	32
5.2.5 Détermination du Magnésium Mg^{2+} :	33
5.2.6 Détermination du Bicarbonate HCO_3^{-} :	33
5.2.7 Détermination de la matière organique MO :	33
5.2.8. Détermination du résidus sec :	34
5.3 Les Paramètres de Spectrophotométrie :	36
5.3.1 Dosage de Fer :	37
5.3.2 Dosage de Sulfate SO_4^{2-} :	37
5.3.3 Dosage de Nitrate NO_3^{-} :	38
5.4 Les Paramètres Photométrique à Flamme :	40
5.4.1 Dosages de Sodium et Potassium Na, K^{+} :	40
5.5 Les Paramètres de pollution :	40
5.5.1. Dosage de Phosphate.....	41
5.5.2 Dosage de Nitrites NO_2^{-} :	41
5.5.3 Dosage d'Ammonium NH_4^{+} :	42
6 Détermination des principaux facies chimiques :	43
6.1 Représentation graphique des faciès chimiques :	43
6.2 Logiciel Diagrammes :	43
6.2.1 Diagramme de PIPER :	43
7 Indice de la qualité des eaux souterraines (DWQI) :	44

8	Indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation :	45
8.1	Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) :	45
8.2	Pourcentage de sodium (%NA) « Soluble sodium percentage (SSP) » :	46
8.3	Alcalinité résiduelle des eaux (RSC) :	46
8.4	Indice de perméabilité (IP) :	47
8.5	Pourcentage de magnésium (%MG) :	47
8.6	Indice ratio de corrosivité CRI ;	47
8.7	Ratio ou coefficient de Kelly (RK) :	47
1	Introduction :	49
2	Résultats et discussions :	49
3	Résultats de l'indice de la Qualité des eaux souterraines (DWQI)	54
4	Résultats de l'indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation	54
4.1	Le rapport d'adsorption du sodium (SAR)	56
4.2	Pourcentage de Magnésium (%Mg)	56
4.3	Pourcentage de sodium (%Na)	57
4.5	Indice de permeabilite (IP)	60
4.6	Indice ratio de corrosivité (CRI)	61
4.7	Ratio ou coefficient de Kelly (RK)	61
5	Représentation graphique et identification des faciès	61
	Conclusion générale	73
	Bibliographie	75
	Annexes	77

Liste des figures

Fig 2.1: Localisation géographique de la wilaya d'EL BAYADH.....	10
Fig 2.2: les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.....	12
Fig 2.3 Découpage hydrographique de la wilaya d'El-Bayadh (Source DRE El Bayadh).....	14
Fig 2.4 Les nappes et aquifères importants de la wilaya (Source DRE El Bayadh).	16
Fig 2.5 Barrage BREZINA Barrage poids –voute (en 2002).....	18
Fig 2.6 Vue générale de la palmeraie de Brézina.....	13
Fig 3.1 Image de quelque point de prélèvements.....	22
Fig 3.2 Flacons de prélèvement en verre.....	22
Fig 3.3 Stockage des échantillons dans une glacière.....	23
Fig 3.4 pH mètre de mesure.....	25
Fig 3.5 Conductivimètre de mesure.....	26
Fig 3.6 Turbidimètre HACH2100N.....	27
Fig 3.7 Cuve de turbidimètre.....	27
Fig 3.8 Les différentes étapes de mesure de la Turbidité.....	27
Fig 3.9 Le résultat du virage de Ca^{2+}	30
Fig 3.10 Opération de titrage.....	30
Fig 3.11 Le résultat du virage de TH.....	31
Fig 3.12 Le résultat du virage de TAC.....	32
Fig 3.13 Le résultat du virage de Cl^-	32
Fig 3.14 Les étapes de dosage de la matière organique.....	34
Fig 3.15 Dessiccateur.....	35
Fig 3.16 Etuve.....	35
Fig 3.17 Balance.....	35
Fig 3.18 Spectrophotomètre et sa cuve.....	36
Fig 3.19 Dosage de Fer.....	37
Fig 3.20 Dosage Nitrate NO_3^-	38
Fig 3.21 Béchiers mis sous agitation.....	39

Fig 3.22 Formation de floes.....	39
Fig 3.23 Filtration de l'eau.....	39
Fig 3.24 Ajout des billes pour.....	39
Fig 3.25 La mise au chauffage.....	39
Fig 3.26 Compléter au trait de jauge.	39
Fig 3.27 Spectrophotomètre à flamme.	40
Fig 3.28 Dosage de Phosphate.....	41
Fig 3.29 Dosage de Nitrite.....	42
Fig 3.30 Dosage d'Ammonium.	42
Fig 4.1 Diagrammes de Wilcox 2016.	58
Fig 4.2 Diagrammes de Wilcox 2017.	58
Fig 4.3 Diagrammes de Wilcox 2018.	59
Fig 4.4 Diagrammes de Wilcox 2019.	59
Fig 4.5 Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2016.....	62
Fig 4.6 Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2017.....	63
Fig 4.7 Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2018.....	64
Fig 4.8 Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2019.....	65
Fig 4.9 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2016.....	67
Fig4.10 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2017.....	68
Fig 4.11 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2018.....	69
Fig 4.12 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2019.....	70

Liste des tableaux

Tableau 2.1: Présente trois grandes zones distincte.....	11
Tableau.2.2 Ouvrages réalisés pour protection contre les inondations.....	17
Tableau.2.3 Petits et moyens périmètres irrigués.....	19
Tableau 3.1 Coordonnées de réalisation des forages.	23
Tableau 3.2 Matériels utiliser pour l'analyse des paramètres physico-chimiques.....	25
Tableau 3.3 Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres Volumétriques...	29
Tableau 3.4 Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres de spectrophotométrie.	36
Tableau 3.5 Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres de pollution.....	40
Tableau 3.6 Les sources de pollutions.	43
Tableau 3.7 Les poids relatifs des paramètres physico-chimiques.....	45
Tableau 3.8 : Classification de la qualité des eaux souterraines selon DWQI.....	45
Tableau 4.1 Analyse physico-chimiques 2016.....	50
Tableau 4.2 Analyse physico-chimiques 2017.....	51
Tableau 4.3 Analyse physico-chimiques 2018.....	52
Tableau 4.4 Analyse physico-chimiques 2019.....	53
Tableau 4.5 Classification des eaux souterraines du forages d'El Bayadh (2016-2017-2018-2019).	54
Tableau 4.6 Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de 11 forages étudier.....	55
Tableau 4.7 Qualité de l'eau basée sur le rapport d'adsorption du sodium (SAR).....	56
Tableau 4.8 Qualité de l'eau basée sur le pourcentage de magnésium.....	56
Tableau 4.9 Classification des eaux d'irrigation selon les %Na.....	57
Tableau 4.10 Qualité de l'eau souterraine basée sur l'alcalinité résiduelle des eaux.....	60
Tableau 4.11 Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice de perméabilité.....	60
Tableau 4.12 Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice ratio de corrosivité CRI.....	61
Tableau 4.13 : Classification des eaux souterraines basée sur le RK.....	61
Tableau 4.14 Représentation graphique des faciès chimiques selon le diagramme de piper (2016-2017-2018-2019).	66
Tableau 4.15 Représentation graphique des faciès chimiques selon le diagramme de Schoeller Berkaloff (2016-2017-2018-2019).	71

Liste Des Abréviations

Abréviations	Définition
<i>ADE</i> :	<i>Algérienne des eaux.</i>
<i>DRE</i> :	<i>Direction de Ressource en Eau</i>
<i>A.N.R.H</i> :	<i>Agence Nationale de la recherche hydraulique.</i>
<i>A.N.A.T</i> :	<i>Agence Nationale d'aménagement du territoire.</i>
<i>Cond</i> :	<i>Conductivité .</i>
<i>CO2</i> :	<i>Dioxyde de carbone.</i>
<i>EDTA</i> :	<i>Éthylène diamine tétra-acétique .</i>
<i>F</i> :	<i>Facteur .</i>
<i>FD</i> :	<i>Facteur de dilution .</i>
<i>Hcl</i> :	<i>Acide Chlorhydrique .</i>
<i>IC</i> :	<i>Indice de contamination.</i>
<i>K₂CrO₄</i> :	<i>Chromate de Potassium .</i>
<i>KMnO₄</i> :	<i>Permanganate de Potassium .</i>
<i>M₀</i> :	<i>Masse à vide.</i>
<i>M_e</i> :	<i>Masse de l'échantillon.</i>
<i>MES</i> :	<i>Matière en suspension.</i>
<i>NAOH</i> :	<i>L'hydroxyde de sodium .</i>
<i>NTU</i> :	<i>Unité Néphélométrique de turbidité .</i>
<i>ND</i> :	<i>Niveau dynamique.</i>
<i>NS</i> :	<i>Niveau statique .</i>
<i>ORAC</i> :	<i>Organisme Régionale Avicole Centre.</i>
<i>OMS</i> :	<i>Organisation Mondiale de la Santé .</i>
<i>PH</i>	<i>potentiel Hydrogène.</i>
<i>TH</i> :	<i>Titre Hydrométrique.</i>
<i>TA et TAC</i> :	<i>Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet .</i>
<i>T°</i> :	<i>Température .</i>
<i>TDS</i> :	<i>Teneur en sel dissous.</i>
<i>V_{eq}</i>	<i>Volume équivalent .</i>
<i>V_{BL}</i> :	<i>Volume du blanc.</i>
<i>V_T</i> :	<i>Volume utiliser .</i>
<i>NO₃</i> :	<i>Nitrates</i>
<i>SAR</i> :	<i>Le rapport d'adsorption du sodium</i>
<i>RSC</i> :	<i>Alcalinité résiduelle des eaux</i>
<i>IP</i> :	<i>Indice de perméabilité</i>
<i>SSP</i> :	<i>Pourcentage de sodium soluble</i>
<i>MAR</i> :	<i>Rapport d'adsorption de Magnésium</i>
<i>CRI</i> :	<i>Indice de rapport corrosif</i>
<i>KR</i> :	<i>Rapport de Kelly</i>

Introduction
Générale

Introduction générale

Introduction Générale :

Les eaux souterraines représentent un trésor d'une importance capitale car elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable. Bien naturellement caché elles sont souvent considérées comme des eaux de nature pures ce qui est une erreur, cependant l'eau destinée à la consommation humaine doit être potable et de bonne qualité.

L'étude est basée sur le suivi d'un ensemble de paramètres dont certains sont mesurés in situ et d'autres par des analyses physico-chimiques réalisées au laboratoire d'analyse des eaux de l'unité-ADE-EL Bayadh surveillance de la qualité des eaux souterraines réparti sur 11 forage d'eau souterraines qui appartiennent à la commune d'El Bayadh. Ces différents paramètres ont été analysés sur le plan physico-chimique: température, conductivité électrique, pH, TDS, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH⁺ 4.

Après une introduction générale, on a fait un aperçu sur la définition des indices de la qualité dans le premier chapitre, Dans le deuxième chapitre on présenter la région d'étude ainsi les différents forages choisis. on décrit dans la partie matériels et méthodes les méthodes et matériel utilisé dans laboratoire et le mécanisme de fonctionnement de l'indicateurs choisi pour évaluer la qualité des eaux souterraines dans région ainsi les différentes indices pour évaluer l'aptitude de l'eau à l'irrigation que le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

Dans la partie résultats et discussions on donné la résultat des analyses physico-chimique de 11 forages et évaluer la qualité de l'eau sur la lumière de l'application de différents indices ; enfin on a conclu notre travail par une conclusion générale et perspective.

Chapitre

1

Aperçus bibliographie

1 Introduction :

Plusieurs définitions des indicateurs sont disponibles et en voici deux qui caractérisent les indicateurs que:

« Les indicateurs sont des variables qui fournissent des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès. Les indicateurs servent aussi de repère pour prendre une décision ».

« Ils fournissent des informations au sujet d'un système complexe en vue de faciliter sa compréhension aux utilisateurs de sorte qu'ils puissent prendre des décisions appropriées qui mènent à la réalisation d'objectifs ».

Ces deux définitions posent les bases de la construction de l'indicateur. Celui-ci peut résulter d'une mesure, d'une observation, d'une donnée statistique, d'un calcul, d'une sortie de modèle dans le cas d'indicateurs simples ou d'une agrégation de variables pour des indicateurs composites. Deux aspects ressortent en tout cas « fournir un renseignement, une information » au sujet d'une autre grandeur ou d'un système difficile à mesurer ou décrire directement, ceci pour aider à « prendre une décision ». L'indicateur a donc une vocation d'être utilisé par des acteurs et doit donc répondre à des critères de faisabilité, de simplicité et de lisibilité.

Plusieurs indices de la qualité des eaux ont été développés et, dans certains cas, utilisés, que ce soit au Québec ou ailleurs. Tous ces indices fonctionnent un peu de la même façon : ils requièrent la mesure d'un certain nombre de descripteurs physico-chimiques ou bactériologique bien sélectionnés, puis, pour chacun de ces descripteurs, la conversion de la concentration mesurée en un sous-indice adimensionnel à l'aide d'une courbe d'appréciation de la qualité de l'eau; ces sous-indices sont alors agrégés à l'aide d'une formule mathématique pour produire l'indice final.

2 Historique des indices de qualité de l'eau :

Considérant les origines des indices de qualité des eaux, Ott (1978) relate dans son ouvrage que le besoin de représenter la qualité de l'eau se manifesta déjà vers 1850. C'est en Allemagne que furent réalisés les premiers efforts dans ce domaine. À cette époque, les travaux effectués tentèrent de mettre en relation le niveau de pureté de l'eau et la présence de certains organismes biologiques. Progressivement, plusieurs pays européens emboîtent le pas en créant et en appliquant différents systèmes de classification pour estimer la qualité des eaux présentes sur leur territoire. Ces systèmes se regroupent en deux genres: ceux se rapportant à la quantité de pollution présente et ceux se rapportant aux communautés d'organismes macroscopiques et microscopiques. La fonction de ces

méthodes de classification est de caractériser des milieux aquatiques parmi divers niveaux de pollution.

Par opposition à cette pratique, les indices utilisant une échelle numérique pour représenter le spectre de la qualité de l'eau ne sont apparus que plus récemment. En effet, Clesten 1965 que Horton proposa la transformation des données de la qualité de l'eau en une appréciation globale de celle-ci (Couillard, 1982b). Jusqu'à maintenant, on estime à plus d'une centaine le nombre d'auteurs ayant œuvré dans le champ des indices de qualité de l'eau (Béron et al., 1982). Aujourd'hui, la littérature scientifique renferme plusieurs dizaines d'indices de qualité de l'eau.

3 Sélection d'un indice :

3.1 Critères de sélection des indices :

Fréchette (1978) dans son étude comparative des indices de qualité de l'eau, il affirme que les critères de sélection les plus importants pour choisir un indice sont les objectifs de l'indice et de la nature de l'information utilisée et soutien que plusieurs autres critères d'importance secondaire peuvent influencer le choix d'un éventuel utilisateur, par exemple on retrouve parmi ces critères: le milieu de mesure, la relativité de la valeur finale, l'échelle d'utilisation ou l'aptitude à la vulgarisation.

Tout en considérant les critères de sélection de Fréchette (1978), D'autres critères ont été formulés afin de compléter le profil idéal de l'indice désiré. La somme de ces deux séries de caractéristiques a créé l'ensemble des critères de sélection qui ont été appliqués voici la gamme de critère qui ont été retenus:

1- L'objectif principal d'un indice est le premier facteur discriminant à employer. Grace à la définition du but d'un indice, le champ d'application déterminé, c'est-à-dire que la catégorie d'utilisation visée par l'indice et les usages considérés de la ressource eau sont identifiés.

2- Le second critère de sélection. Les indices de qualité de l'eau emploient différents types de paramètres comme, le type physico-chimique (métaux, nutriments, décompte bactériologique, ... etc.), le type économique et même le type biologique (nombre d'espèce présentes, potentiel de fertilité, chlorophylle A. etc.).

L'indice choisi devra utiliser un type de paramètres apte à représenter le phénomène de la détérioration de la qualité de l'eau, l'indice doit inclure des paramètres caractéristiques d'eau de débordement de réseau unitaire exemple MES, bactéries et virus, nutriments) et leur accorder une pondération significative.

3- L'étape subséquence du processus de sélection cherche à obtenir l'adéquation entre la gamme de paramètres mesurés lors de la campagne d'échantillonnage et la série de paramètres constituant chaque indice, Fréchette (1978) recommande que l'application d'un indice de qualité ne doit s'effectuer que si la correspondance entre les paramètres disponibles et ceux exigés atteignent au moins la somme de 75% de la pondération totale des paramètres.

4- Il y'a une autre considération importante est la relativité du résultat généré par l'indice de qualité de l'eau. L'indice recherché doit donner des valeurs absolues comme résultat du même indice pour d'autres lieux où d'autres moments, sachant que l'élément fondamental de ce travail est la comparaison de différents résultats d'un indice, pour illustrer les différentes variations de la qualité de l'eau, il est essentiel que l'indice sélectionné réponde à ce besoin. Les vecteurs de qualité de l'eau doivent être comparables dans le temps, dans l'espace et pour deux événements hydrologiques (temps sec, crue d'orage).

5- vérifier si le calage de l'indice est approprié aux conditions des eaux par exemple les nutriments sont des paramètres qui ont un impact beaucoup plus important sur la qualité des eaux naturelles que les paramètres de la matière carbonée (Cluis et al 1979) la pondération de l'indice recherché devrait accorder une plus grande importance aux paramètres des nutriments plutôt qu'aux paramètres de la matière carbonée, l'indice devrait avoir subi une étape de validation est avoir subi au moins quelques applications.

Une propriété nécessaire pour remplir le rôle de détection d'une fluctuation de la qualité de l'eau. Une technique de compilation produisant une sévère évaluation de la qualité sera en pratique un about intéressant pour l'indice de qualité désiré.

3.2 Les étapes communes d'IQE :

Les quatre étapes suivantes sont le plus souvent associés avec le développement de toute IQE selon la complexité étant destinée à des mesures supplémentaires peuvent être prises :

1. Sélection des paramètres.
2. Transformation des paramètres de différents unités et dimensions à une échelle commune.
3. Affectation des poids à tous les paramètres.
4. L'affiliation des sous indices.

Parmi ceux-ci, les étapes 1, 2 et 4 sont indispensables pour tous indices. Étape 3 est aussi communément prise par certains indices peuvent être formés sans cette étape.

Indices de la qualité de l'eau, il est très facile pour juger si une source d'eau est utilisable ou pas, et la façon dont une source compare à un autre, mais le développement de l'IQE est nullement une tâche facile. En fait, est heurte à plusieurs complications et incertitudes.

La façon dont différents IQE ont été mis au point pour des besoins différents, il serait clair que beaucoup de subjective opinion et le jugement est associé à chaque étape, en particulier les étapes 1 et 3. Il n'existe pas de technique ou un dispositif de 100% sur l'objectivité ou précision peut être obtenu dans les étapes suivantes. Même sélection des paramètres par l'analyse statistique des données passées, On ne peut que tenter de réduire la subjectivité et écart en impliquant grand nombre d'experts dans la collecte de l'opinion, et de le faire par techniques de collecte de l'opinion bien développés tels que Delphi (Abbasi 1995, Abbasi et Arya 2000).

4 Les avantages d'indice de qualité de l'eau :

La formulation et l'utilisation des indices ont été vivement recommandées par les organismes chargés de l'approvisionnement en eau et le contrôle de la pollution de l'eau. Une fois les données de la qualité de l'eau ont été recueillies par échantillonnage et d'analyse, un besoin de traduire dans une forme facile à comprendre. Ils sont pratiques pour examiner les tendances, à mettre en évidence des conditions environnementales spécifiques, et pour aider les décideurs à évaluer l'efficacité des programmes de réglementation.

Des informations qui sont exercées sur origine hydrique. De nombreux facteurs sont considérés comme les indices et les données de surveillance. En effet, presque toutes les fins pour lesquelles une évaluation de la qualité de l'eau, de l'utilisation, le traitement, l'allocation des ressources, l'information du public, la planification de l'environnement, les indices de qualité des eaux aident à:

- 1. L'allocation des ressources :** Les indices peuvent être pour aider les gestionnaires dans L'allocation et de déterminer les priorités.
- 2. Classement des allocations:** Les indices peuvent être appliqués pour faciliter et comparer la Qualité de l'eau à différents lieux ou zones géographiques.
- 3. Application des normes :** Les indices peuvent être appliqués à des endroits spécifiques afin de Déterminer la mesure et les critères existants sont satisfaits ou dépassé.
- 4. L'analyse des tendances :** Les indices peuvent être appliqués à la qualité de l'eau donnée à différents points dans le temps pour déterminer les changements dans la qualité (dégradation ou amélioration) qui ont eu lieu au cours de la période.

5. L'information du public : Le score de l'indice étant un outil facile les indices peuvent être utilisés pour tenir le public informé de l'ensemble de la qualité de n'importe quelle source.

6. La recherche scientifique : La qualité essentielle d'un indice qui se traduit par une grande quantité de données à un seul score est extrêmement précieux, par exemple, dans la détermination de l'efficacité des différentes mesures ou des stratégies de traitement des eaux avec la référence pour un plan d'eau, l'effet de développement sur la qualité de l'eau (Tansen .A 2012)

5 Mécanisme de fonctionnement d'un indice :

Le processus de fonctionnement d'un indice de la qualité de l'eau est généralement simple. Pour opérer, la majorité des indices utilise des paramètres, des pondérations, des fonctions de transformation de la qualité de l'eau et des techniques d'agglomération. Pour une meilleure compréhension de cette procédure, analysons chaque opération.

La pondération consiste à donner une importance relative qui est différente pour chacun des paramètres inclus dans l'indice. L'importance relative d'un paramètre est habituellement exprimée par un coefficient appelé l'indice de pondération ou poids. Ce facteur établit une hiérarchie entre l'importance d'un paramètre donné et l'ensemble des autres paramètres utilisés. Généralement, la somme des facteurs de pondération sera égale à 1.0. Plus un paramètre sera important, plus son poids relatif sera élevé.

La fonction de transformation de la qualité, dont l'usage est très répandu, fait le lien entre la concentration d'un paramètre et la qualité de l'eau. Pour y parvenir, la procédure nécessite l'utilisation d'un graphique ou d'une fonction mathématique qui transformera chaque valeur d'un paramètre en une valeur estimée ou « cote » de qualité de l'eau. Chacun des paramètres d'indice possède une courbe de qualité et celle-ci est établie selon des critères particuliers à ce paramètre.

Les cotes de qualité varient selon l'amélioration ou la détérioration de la qualité de l'eau. Les valeurs attribuées s'étendent entre zéro et une puissance de dix, pour chacune des fonctions de transformation d'un même indice, les bornes inférieure et supérieure sont identiques. L'avantage principal de la fonction d'appréciation de la qualité réside dans le fait que l'on peut transformer rapidement la concentration d'un paramètre en une cote de qualité, représentant la qualité d'une eau pour un usage donné. Un autre avantage est celui de passer d'un système paramétrique à un système sans dimension, c'est-à-dire d'éliminer les unités de concentration (souvent différentes d'un paramètre à l'autre) et ainsi faciliter le calcul de l'indice global.

Chapitre
2

*Présentation de la zone
d'étude*

1 Introduction :

La Wilaya d'El Bayadh fait partie intégrante de la région des Haute Plaines steppique du Sud-Ouest algérien ; El Bayadh est une agglomération de création coloniale ; A cette époque, elle se nommait GERYVILLE.

Ce territoire de **71 697 Km²** soit **3 %** de la superficie totale du territoire national et Fortement **marqué par l'aridité** qui s'accroît du nord au Sud. Il constitue à ce titre, un milieu Naturel fragile, où la dégradation du couvert végétal du massif de l'Atlas saharien et des sols des plaines steppiques et parcours pré saharien ont atteint des niveaux parfois irréversibles, Par rapport à l'espace de Wilaya, elle se trouve dans la partie Nord dans une position excentrique. Elle est située à l'intersection des deux axes RN 6A et RN 47.

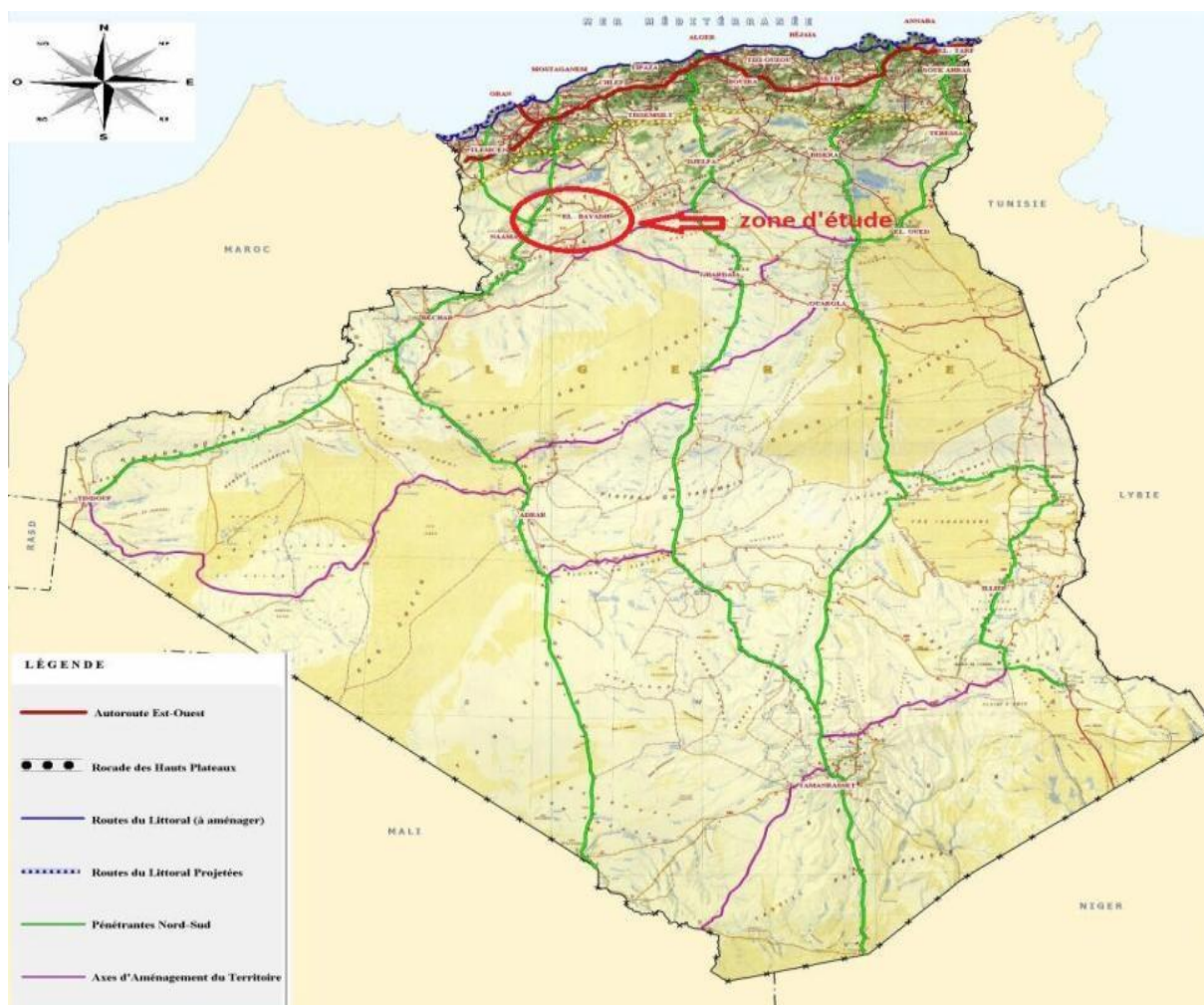


Fig 2.1: Localisation géographique de la wilaya d'EL BAYADH.

2 Situation géo- administrative de la wilaya d'El Bayadh :

La ville d'El Bayadh est située entre les parallèles 30° 42' et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2°16' à l'Est fuseau 31 et d'altitude moyenne de 1341 mètres. Nord : Wilayas : Saida et Tiaret. Est et Sud Est : Wilayas Laghouat, Gardaia et Adrar. Ouest et Sud Ouest : Wilayas : Sidi-Bel-Abbès, Naàma et Béchar.

Elle se compose de Huit dairates et 22 communes :

Les zones	Les communes	Superficie
Au Nord: les hautes plaines	composées de 06 communes: Bougtob, EL Kheiter, Tousmouline, Rogassa, Kef Lahmar et Cheguig	8.778 km ²
Au centre: l'Atlas saharien	composées de 13 communes: El Bayadh, Boualem, Sidi Amar, Sidi Tiffour, Sidi Slimane, Stitten, Ghassoul , Krakda, Arbaouet, Ain El Orak, Chellala, Mehara, et Bousseghoun	11.846 km ²
Au Sud: la pré saharienne	composés de 03 communes: El Abiodh Sid Cheikh, Bnou, et Brézina	51.073 km ²

Tableau 2.1: Présente trois grandes zones distinctes.

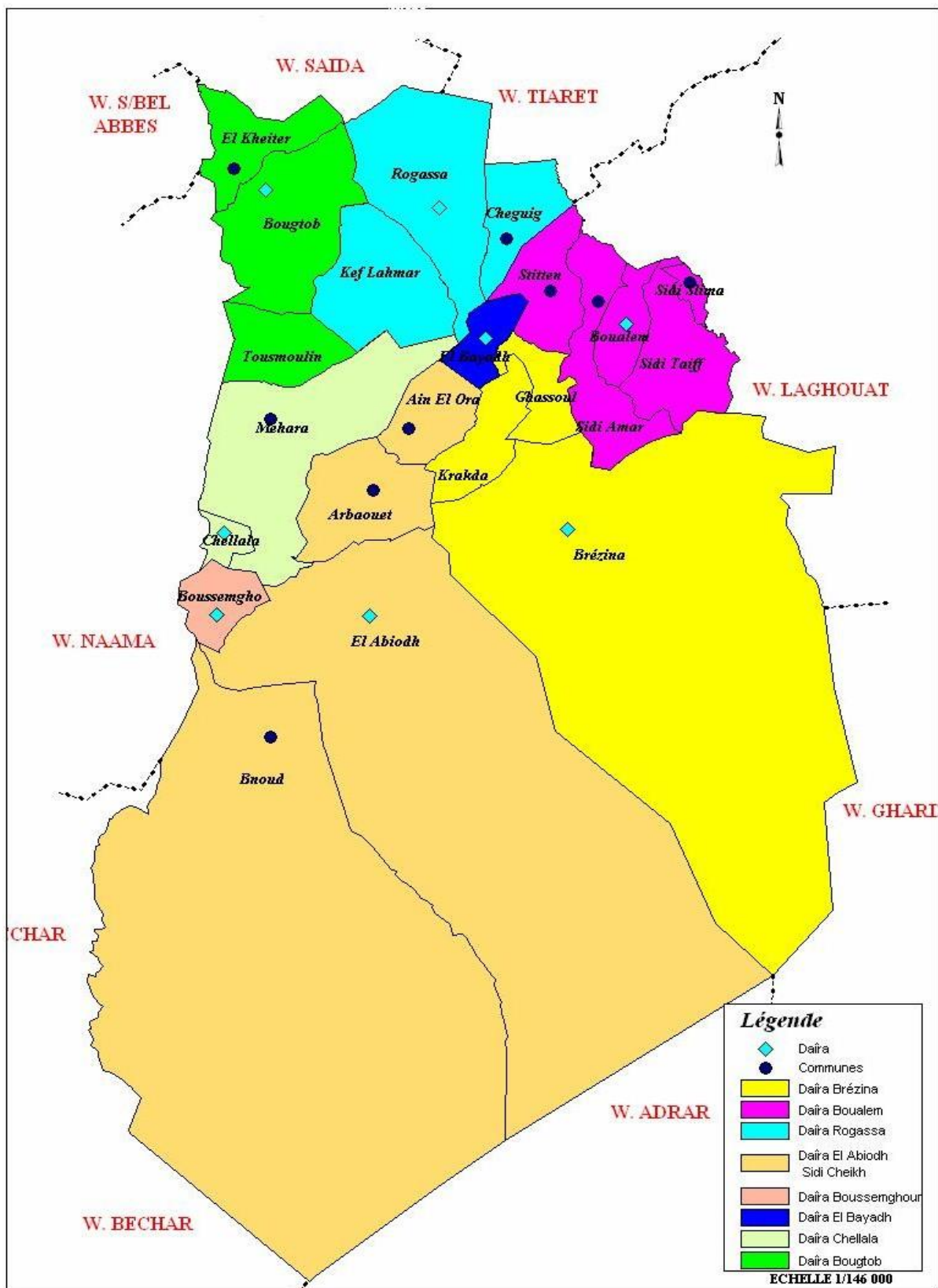


Fig 2.2: les limites géo- administrative de la wilaya d'EL BAYADH.

3 Situation topographique :

Elle s'étend du Chott Echergui à l'Erg Occidental est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres, le grand Ksel avec 2008 mètres, Roundjaia et Arif avec des altitudes variant entre 1430m et 2008m.

Elle se suite dans le bassin versant de L'oued Deffa sur le piémont nord du massif montagneux de l'Atlas Saharien.

Le relief entourant la ville est accidenté hormis les terrains situés au Sud-Est et longeant la route d'Aflou et qui sont à priori retenus pour l'extension future.

4 Situation climatique :

Nous sommes en présence d'un climat à saison thermique froide et chaude, concentrées sur la partie froide de l'année alors que la saison d'été est sèche. La saison froide s'étale du mois d'octobre au mois d'Avril alors que la chaude du mois de Mai au mois septembre.

La zone d'étude a un climat semi-aride ayant une précipitation moyenne annuelle égale à :260.69 mm ; et une température de 15.38 °C.

5 Situation géologique :

La nature géologique de l'assiette d'El Bayadh est constituée d'argile, de grès et des dépôts lacustres, avec des séries de base qui sont souvent constituées de gypse. Les sols sont très épais sur croûte calcaire, bas fond de dayas à sol parfois limoneux et alluvionné plus profonds.

6 Sismicité :

D'après le centre Nationale de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS), la commune d'EL BAYADH est classée dans la zone I, (zone de faible sismicité).

7 Situation Hydrogéologique :

Tous les aquifères sont drainés successivement par plusieurs sources qui aboutissent dans l'oued El Deffa.

Les principaux aquifères vont successivement du bord du synclinal vers le centre :

- Le kimméridgien moyen gréseux sus-jacent aux A.L.V .
- Le kimméridgien supérieur gréseux (naissance de l'Ain Mérites inférieure)
- Les terrains sédimentaires ; tertiaire a continental (T.C) et quaternaire (Q).
- Les autres formations comme le kimméridgien moyen marneux à gypse

peuvent contenir des horizons aquifères de très faible puissance.

8 Hydrographie :

Sachant qu'aucun cours d'eau ne coule d'une façon permanente, plusieurs cours d'eau traversent le territoire de la commune. Il s'agit de torrents intermittents qui grossissent avec les crues et qui disparaissent pendant la période sèche. Les principaux Oueds se distinguent comme suit :

- Oued EL Deffa: il prend sa source dans le Djebel Ksel et se jette dans le chott et qui traverse l'agglomération chef-lieu dans sa partie(Graba).

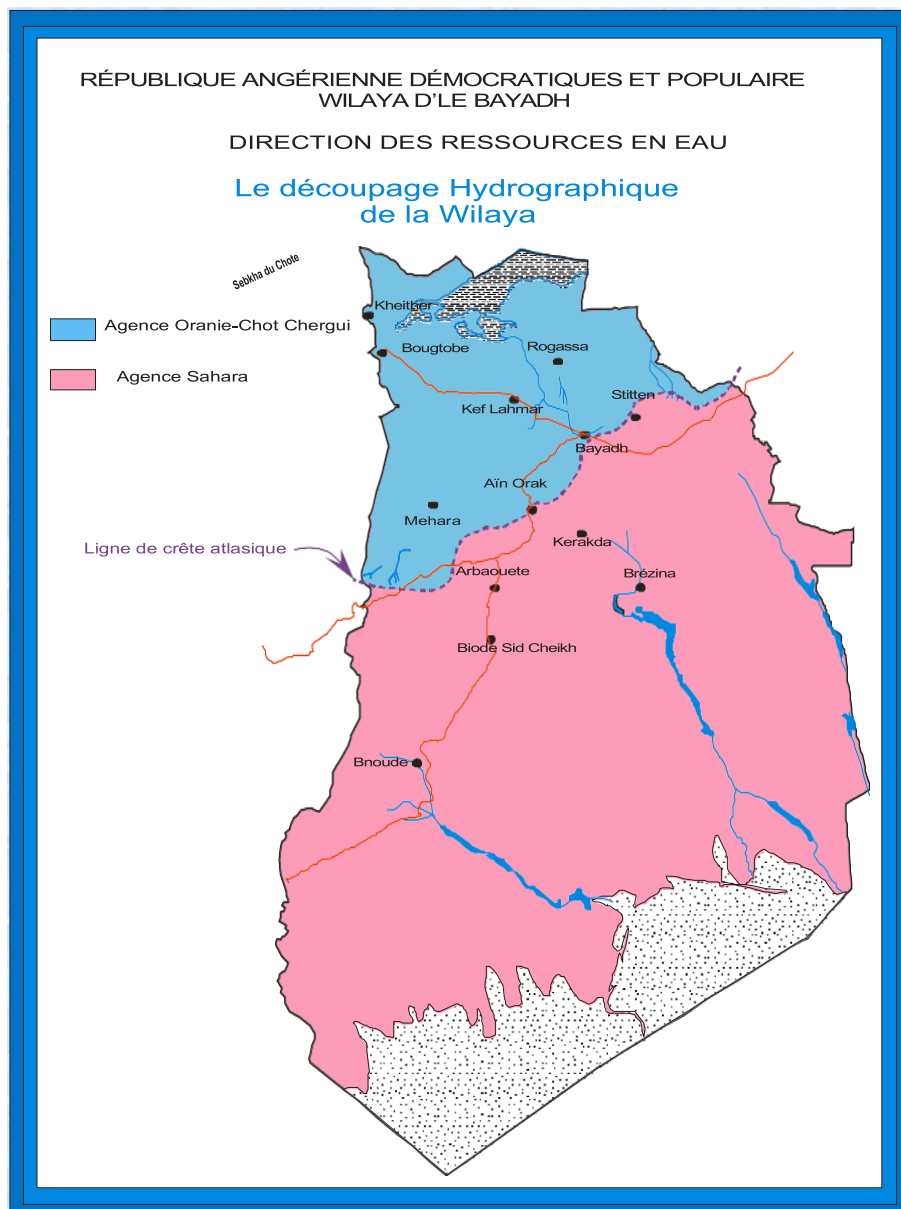


Fig 2.3 Découpage hydrographique de la wilaya d'El-Bayadh

9 Mobilisation des ressources en eau :

Estimé à 349.63 HM³, répartie comme suit

9.1 Mobilisation des eaux de surfaces :

La région de la wilaya se caractérise par une faible pluviométrie, volatile et soudaine ne dépasse pas les 260mm/an. La mobilisation des eaux de surfaces a été faite par l'implantation des petits barrages et des retenues collinaires qui sont aujourd'hui presque totalement envasés à cause de l'érosion hydrique résultant d'une quasi -absence de la couverture végétale.

Le barrage de BREZINA est le plus important ouvrage hydraulique pour la mobilisation des eaux de surfaces d'une capacité de 123 HM³. Ce volume est destiné à l'irrigation (11.5 HM³).

9.2 Mobilisation des eaux souterraines :

En absence des ressources des eaux de surface important, l'exploitation des ressources souterraines devient une nécessité cruciale pour satisfaire les besoins des citoyens de la wilaya. Leur volume est estimé à 226.63 HM³, destiné à l'AEP (14.12 HM³) et à l'irrigation (32.41HM³) La wilaya d'El Bayadh exploite quatre nappes souterraines (Fig 2.2) :

a- La Nappe de Chot Chergui (Bajo-Bathonien) :

D'une superficie de 40000km², comporte cinq wilayas : Saida, Tiaret, Sidi Bel Abbes, Naama et EL Bayadh, d'un débit de 1700 l/s est distribué par le ministère des ressources en eau sur les cinq wilayas ci-indiquées.

b- La nappe du synclinal d'El Bayadh (Infra- Crétacé) :

Englobe-la plupart des terrains de la commune d'El Bayadh, exploitée pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des périmètres agricoles et des exploitations privées. Ces dernières années, un abaissement important de niveau de la nappe et le tarissement de plusieurs sources (Mahboula, Mrires...) sont remarqués, ce qui nécessite de penser à réaliser des transferts hors synclinal pour satisfaire les besoins des habitants de la commune d'El Bayadh (Transfert Hodna, Transfert Ouled Ziad) et prochainement transfert Rehab –El Bayadh.

c- La nappe Barrémo-Aptien-Albien :

Comporte les communes suivantes : Bousseghoun, Chellala, Arbaouet, Brezina, Boualem, Sidi Amar, Sidi Slimane, Sidi Tiffour, Rogassa, Cheguig et Tismouline , couvre une superficie de 20000km²,

d- Nappe Tertiaire continentale :

D'une grande superficie, se situe au sud de la wilaya, comporte le Sud de Brezina, Bnouid et Abiodh Sidi Cheikh.

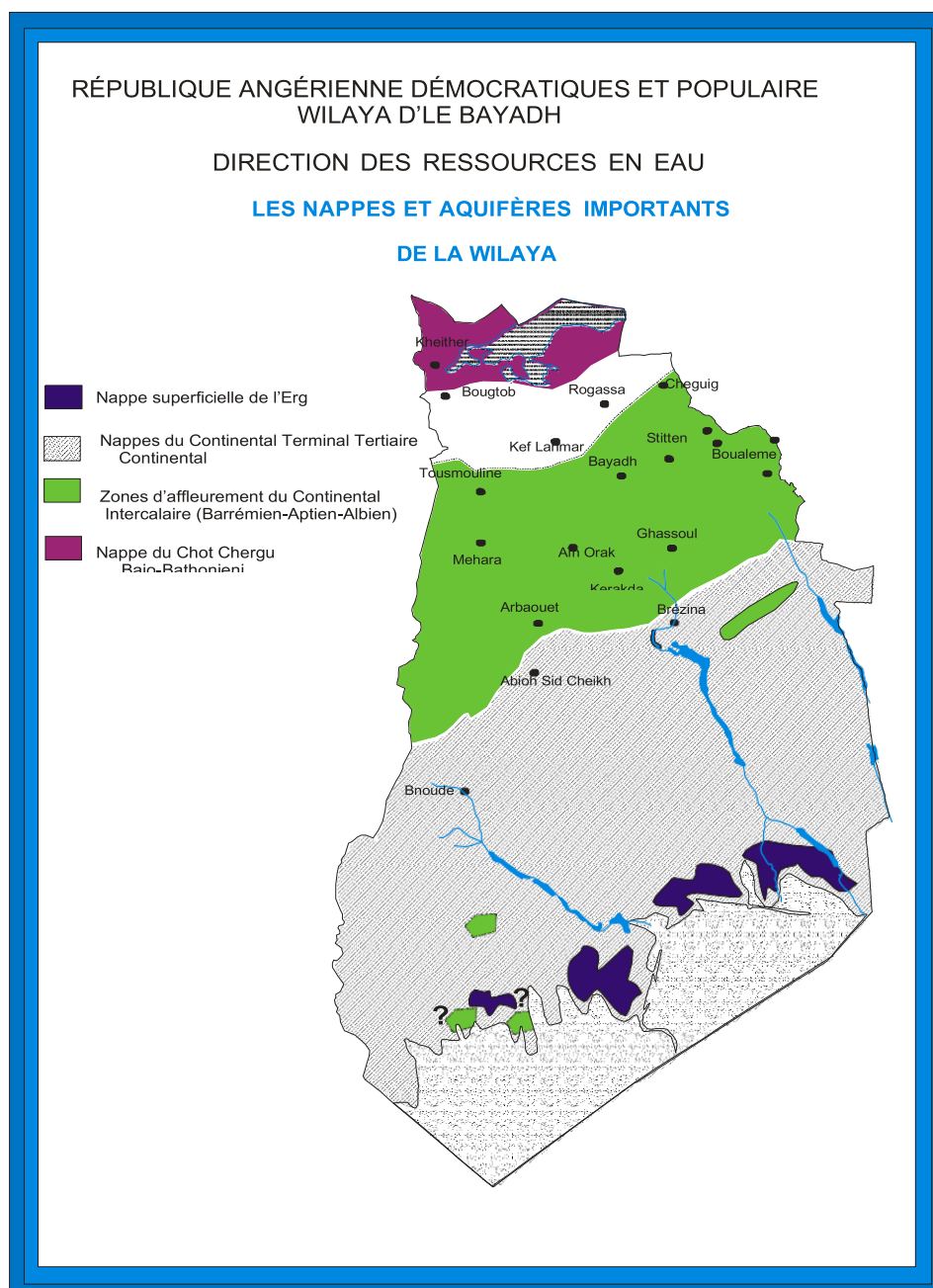


Fig 2.4 Les nappes et aquifères importants de la wilaya .

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

Dans ce qui suit, nous définirons les fonctions de chaque module dans le circuit ainsi que la connectique nécessaire entre les différents modules.

Parmi les ouvrages réalisés on peut citer (le tableau.2.2) :

Ville	Nature d'ouvrage	Quantité réalisée (ML)	
		Béton armé	Gabion
El Bayadh	Mur	5793	150
El Abiodh Sidi Cheikh	Mur	1500	/
Boualem	Canal trapezoidal	1500	/
Bougtob	Canal trapezoidal	1500	/
Kef Lahmar	Mur	2475	/
Sidi Slimane	Canal trapezoidal	1855	/
Sidi Tiffour	Canal trapezoidal	1787	/
Total		16410	150

Tableau 2.2 Ouvrages réalisés pour protection contre les inondations

10 Hydraulique agricole :

10.1 Ressources Mobilisées:

a- Barrage :

L'alimentation en eau des grands périmètres irrigués de Brezina se fait à partir du barrage de Brézina, qui a été réalisé en 2002 avec un taux de stockage évalué à 123 HM³ (Fig 2.5),



Fig 2.5 Barrage BREZINA Barrage poids –voute (en 2002)

b- Les retenues collinaires :

De nombre de 10 et de capacité globale de 9287 Hm³, totalement envasées, suite à la dégradation de la couverture végétale et l'érosion hydrique.

c- Forages et puits :

le volume consacré pour l'irrigation d'une superficie de 68663 ha est de 31.63 Hm³/ an répartie comme suit :

- Un volume de 25.49 hm³ produit de 2425 forages
- Un volume de 6.14 hm³ mobilisé de 1284 puits.

10.2 Les grands périmètres irrigués de Brezina :

D'une superficie de 1180 ha; le volume destiné à l'irrigation est de 11,5 Hm³ dont 7,6 Hm³ pour le périmètre Dhayat El Bagra (946 ha), 3,5 Hm³ pour la palmeraie de Brézina (174ha) et 0,5 HM³ (Fig 2.4) pour périmètre Sabaa (60ha). L'eau est amenée du barrage par une conduite de Ø1200 mm sur une distance de 26km:

- 800 mm passe au périmètre avec un débit de 795 l/s ;
- 700 mm passe à la palmeraie (174 ha) avec un débit de 468 l/s ;



Fig 2.6 Vue générale de la palmeraie de Brézina

10.3 Les petits et moyens périmètres irrigués :

Categories	COMMUNES	Nombre	Superficies (ha)
Perimeters traditional et APFA	El kheiter, Boualem, Sidi Tiffour, Bousseghoun, Ain Orak, Arbaouets, Mehara, El Bayadh	15	1152
GCA	El Bayadh, Tismouline, Mehara, Boualem, Sidi Amar, Arbaouets, Chellala, Bousseghoun, Brezina	12	3355

Tableau 2.3 Petits et moyens périmètres irrigués

10.4 Les périmètres proposés :

- L'ANRH a donné son accord pour réaliser un forage pour chaque 500ha, les périmètres sont proposés au niveau de communes suivantes :
- Brezina de superficie Globale de 114200ha dont 11000ha des eaux sont disponibles pour l'irrigation et en ce qui concerne 103200ha qui reste il faut s'assurer des ressources en eau.

Chapitre
3

Matériels et Méthodes

1 Introduction :

La qualité d'une eau souterraine est définie par certains nombres de paramètres physiques et chimiques, l'analyse de ces caractéristiques présente un rôle très important. Dans ce chapitre nous allons faire la présentation des matériels et méthodes d'analyses utilisées en vue d'examiner la qualité physico-chimique de l'eau des forages de la wilaya d'El Bayadh. Les essais de caractérisations ont été effectués au niveau de laboratoire d'analyse des eaux de l'unité-ADE- d'El Bayadh.

2 Méthodologie :

L'étude expérimentale de la qualité consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau des forages de la wilaya d'El Bayadh. Elles ont été réalisées au sein du laboratoire d'analyse des eaux de l'unité-ADE- d'El Bayadh.

L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

- ✓ Prélèvement (échantillonnage).
- ✓ Analyse.
- ✓ Interprétation.

Les 11 points d'échantillonnages ont été choisis de telle forages. La période de prélèvement était durant des années 2016,2017,2018 et 2019.

3 Échantillonnage :

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. La bonne pratique de cette étape conditionne en très grande partie la fiabilité, la comparabilité des données de mesure et donc l'interprétation que l'on pourra en faire. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur.

✓ Mode de prélèvement :

Pour notre travail, il est nécessaire d'ouvrir le robinet d'eau suffisamment pour renouveler l'eau contenu dans le tubage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de l'eau que l'on veut échantillonner. Le prélèvement des échantillons d'eau a été fait dans des flacons en verre d'un litre préalablement stérilisé rincés avec de l'eau distillée, puis de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser, enfin remplie jusqu'au bord de façon à ne laisser aucun contact avec l'air puis hermétiquement (sans être influencer par l'extérieure) fermés. Les flacons seront numérotés identiquement aux échantillons pour faciliter la tâche pendant l'analyse et éviter les erreurs.



Fig 3.1 Image de quelque point de prélèvements



Fig 3.2 Flacons de prélèvement en verre

3.2 Stockage des échantillons :

Des réactions physiques et chimiques peuvent avoir lieu rapidement dans le flacon d'échantillonnage, durant le temps qui sépare le prélèvement de l'analyse ce qui peut modifier et altérer les caractéristiques des eaux échantillonnées, pour cela il faut apporter les échantillons au laboratoire le plus rapidement possible aussi les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais pour cette conservation, nous avons utilisé une glacière gardant la température à 4 C° et les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans les premières 24 à 48 heures au laboratoire pour les mêmes raisons



Fig 3.3 Stockage des échantillons dans une glacière.

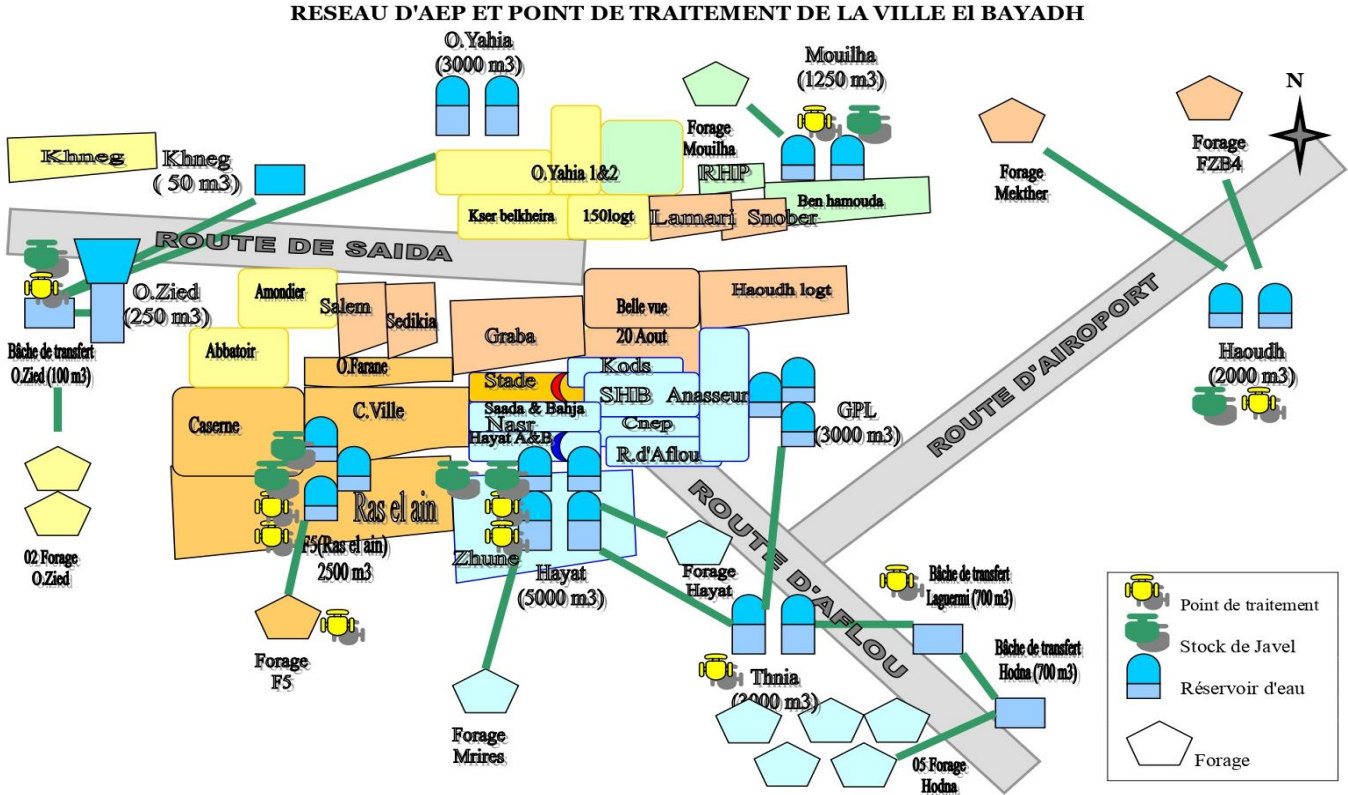
4 Présentation des Forages :

Ces tableaux représentent les différents paramètres concernant les 18 forages étudiés :

Commune	Forage	Cordonnés	
		X	Y
EL Bayadh	F5	314628	3728002
	Mrires	315054	3724528
	Hayat	318809	3726857
	Mouilha2	317207	3732470
	Ozied 2	310173	3730380
	FZB4	323962	3732358
	Hodhna(F3)	337351	3714938
	Mekther	320862	3735601
	Haoudh	327972	3737427
	Ouafeg	312130	3707683
P-Mechria	317948	3714627	

Tableau 3.1 Coordonnées de réalisation des forages. (Source DRE El Bayadh).

4.1 Réseau d'Aep et point de traitement de la ville el Bayadh :



5 Méthodes d'analyses physico-chimiques :

5.1 Les Paramètres physiques :

✓ Matériels utilisé :

Paramètre	Matériels	Unité
pH	pH mètre de mesure	-
Température T	Conductivimètre de mesure	°c
Turbidité	Turbidimètre HACH2100N	NTU
Conductivité	Conductivimètre de mesure	µs/cm
TDS	Conductivimètre de mesure	mg/l
Salinité	Conductivimètre de mesure	%

Tableau 3.2 Matériels utiliser pour l'analyse des paramètres physico-chimiques.

5.1.1 Mesure du pH :

La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH mètre au niveau du laboratoire, tout d'abord il faut l'allumer et rincer l'électrode avec de l'eau distillée, ensuite on verse environ 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher (stérilisé), puis on trempe l'électrode du pH mètre dans le bécher de façon à être bien immerger, enfin on lance la lecture une fois stabiliser il ne reste qu'à noter la valeur du pH affiché sur l'écran.



Fig 3.4 pH mètre de mesure.

5.1.2 Mesure de la Température T :

A défaut de moyens, les températures des échantillons prélevés ont été mesurées seulement après leur arrivés au laboratoire d'analyse, cette détermination est relevée à l'aide d'un conductivimètre possédant un thermomètre digital intégré, donc elle suit le même protocole de mesure que celui de la conductivité qui est comme suite : tout d'abord il faut allumer le conductivimètre et rincer la sonde avec de l'eau distillée, ensuite on verse environ 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher (stérilisé), puis on trempe la sonde dans le bécher de façon à être bien immergée, enfin on lance la lecture. Une fois stabilisée il ne reste qu'à noter la valeur de la température affichée sur l'écran, qui est exprimée en °C.



Fig 3.5: Conductivimètre de mesure.

5.1.3 Mesure de la Turbidité :

La mesure de la Turbidité s'effectue à l'aide d'un turbidimètre HACH2100N, tout d'abord avant de remplir la cuve de l'appareil il faut bien agiter l'échantillon pour pouvoir avoir toutes les MES présentes, ensuite on remplit la cuvette en verre incolore de 50mm de diamètre avec l'eau à analyser en la fermant bien, ensuite on l'essuie avec du papier absorbant tout en s'assurant de ne pas laisser de bulles d'air, car sa méthode fait partie de la photométrie, qui est la propriété optique de la lumière quand un faisceau lumineux est dévié par les MES qui se trouvent dans cette eau, on vérifie que la flèche de la cuvette est au bon endroit, enfin on lance la lecture et on note la valeur qui est exprimée en NTU.



Fig 3.6 : Turbidimètre HACH2100N.



Fig 3.7: Cuve de turbidimètre.



1) On remplit la cuve.

2) On l'essuie avec
Du papier absorbant.

3) La flèche au bon endroit
Enfin on lance la lecture.

Fig 3.8 Les différentes étapes de mesure de la Turbidité.

5.1.4 Mesure de la conductivité :

La mesure de la conductivité s'effectue à l'aide d'un Conductivimètre de mesure (Fig 3.5), tout d'abord il faut l'allumer et rincer la sonde avec de l'eau distillée, ensuite on verse environ 100ml de l'eau à analyser dans un bécher (stérilisé), puis on trempe la sonde dans le bécher de façon à être bien immerger, enfin on lance la lecture. Une fois stabilisée il ne reste qu'à noter la valeur de la conductivité affichée sur l'écran, qui est exprimé en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

5.1.5 Mesure de la Teneur en Sel Dissous TDS :

La TDS est mesuré avec le conductivimètre (**Fig 3.5**), donc elle suit le même mode opératoire que celui de mesure de la conductivité, mais pour afficher sa valeur il suffit de régler l'appareil sur sa mesure et cela en cliquant sur le bouton TDS et elle s'affiche directement sur l'écran exprimé par mg/l.

5.2.6 Mesure de la Salinité:

La salinité de même que la TDS est mesuré avec le conductivimètre (**Fig 3.5**), de la même façon on clique sur le bouton Sal, et la valeur en %. s'affiche.

5.2 Les Paramètres Volumétriques :

✓ **Matériels utilisé :**

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Calcium Ca ²⁺	Burette graduée	Solution E.D.T.A. Solution NaOH. Murexide.	mg/l
TH	Burette graduée	Solution E.D.T.A. Solution tampon. Noir Ériochrome.	mg/l
TAC	Burette graduée	Solution acide HCl. Méthyle orange.	mg/l
Chlorures Cl ⁻	Burette graduée	Nitrate d'argent (AgNO ₃). Solution chromate de potassium (K ₂ CrO ₄).	mg/l
Magnésium Mg ²⁺	-	-	mg/l
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	-	-	mg/l
MO	Barreau aimant. Plaque chauffante.	Acide sulfurique(H ₂ SO ₄). Solution Oxalate de sodium. Solution Permanganate de potassium(KMnO ₄)	mg/l
Résidus Sec	Capsule en verre. Etuve. Balance. Dessiccateur	-	mg/l

Tableau 3.3 Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres Volumétriques

5.2.1 Dosage de Calcium Ca^{2+} :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on introduit 25ml de l'échantillon et 25ml d'eau distillée donc un totale de 50ml dans un erlenmeyer de 250ml, on ajoute à l'aide d'une pipette graduée 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH, puis une pincer de Murexide on obtient une coloration rose, on commence a titré avec l'E.D.T.A jusqu'au virage violet, la couleur ne doit plus changer en ajoutant une goutte supplémentaire d'E.D.T.A.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[Ca^{2+}] = F \times FD \times V_{eq} \longrightarrow [Ca^{2+}] = 8 \times 2 \times V_{eq}$$



Fig 3.9 : Le résultat du virage de Ca^{2+} .



Fig 3.10: Opération de titrage.

5.2.2 Détermination de la dureté TH :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on introduit 25ml de l'échantillon d'eau a analysé et 25ml d'eau distillée donc un totale de 50ml dans un erlenmeyer de 250ml, on ajoute à l'aide d'une pipette graduée 4ml de la solution tampon puis une pincer de Noir Ériochrome on obtient une coloration rouge foncé violet, on commence a titré avec l'E.D.T.A jusqu'au virage bleu, la couleur ne doit plus changer en ajoutant une goutte supplémentaire d'E.D.T.A.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[\text{TH}] = F \times \text{FD} \times V_{\text{eq}} \quad \longrightarrow \quad [\text{TH}] = 20 \times 2 \times V_{\text{eq}}$$



Fig 3.11 Le résultat du virage de TH.

5.2.3 Détermination du Titre Alcalimétrique complet TAC:

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on introduit 50ml de l'échantillon d'eau à analyser et 50ml d'eau distillée donc un totale de 100ml dans un erlenmeyer de 250ml, on ajoute 2 goutte de la solution de méthylorange on obtient une coloration jaune, on commence à titrer avec la solution HCl jusqu'au virage jaune orangé.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[\text{TAC}] = F \times [(\text{FD} \times V_{\text{eq}}) - 0.5] \quad \longrightarrow \quad [\text{TAC}] = 10 \times [(2 \times V_{\text{eq}}) - 0.5]$$



Fig 3.12 Le résultat du virage de TAC.

5.2.4 Dosage de chlorures Cl⁻ :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on introduit 50ml de l'échantillon et 50ml d'eau distillée donc un totale de 100ml dans un erlenmeyer de 250ml ,on prépare aussi un essai à blanc composé de 100ml d'eau distillée dans un erlenmeyer de 250ml car on a besoin comme référence et pour le calcul de la concentration de Cl⁻ ,on ajoute à l'aide d'une pipette graduée pour chaque un 1ml de la Solution chromate de potassium (K₂CrO₄) on obtient une coloration jaunâtre, on commence a titré avec la solution de Nitrate d'Argent(AgNO₃) jusqu'au virage brun-rougeâtre.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[Cl^-] = F \times [(FD \times V_{eq}) - V_{BL}] \rightarrow [Cl^-] = 7.1 \times [(2 \times V_{eq}) - V_{BL}]$$



Fig 3.13 Le résultat du virage de Cl⁻.

5.2.5 Détermination du Magnésium Mg^{2+} :

La concentration de magnésium Mg^{2+} est directement déduite.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[Mg^{2+}] = F \times [FD \times (V_{TH} - V_{C_{2+}})] \quad \longrightarrow \quad [Mg^{2+}] = 4.8 \times [2 \times (V_{TH} - V_{C_{2+}})]$$

5.2.6 Détermination du Bicarbonate HCO_3^- :

La concentration de bicarbonate HCO_3^- est directement déduite.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[HCO_3^-] = F \times [TAC] \quad \longrightarrow \quad [HCO_3^-] = 1.22 \times [TAC]$$

5.2.7 Détermination de la matière organique MO :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on introduit 25ml de l'échantillon dans un flacon de 250ml, on ajoute 5ml d'Acide Sulfurique (H_2SO_4), puis on place le flacon en bain-marie pendant 10min à 12min, on ajoute à l'aide d'une pipette graduée 5ml de la solution de $KMnO_4$ tout en notant l'heure on note une apparition de coloration rose, après 10min on ajoute 5ml de la solution d'Oxalate de sodium pour la décoloration de la solution, une fois décolorer on commence le titrage de la solution encore à chaud avec la solution de $KMnO_4$ jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle qui persiste environ 30s, on note le volume de l'échantillon V_{eq} , puis on procède avec les mêmes conditions à un essai à blanc sur 25ml d'eau distillée soit VBL.

Pour la vérification du titre de la solution de $KMnO_4$, on ajoute à l'aide d'une pipette graduée 5ml de la solution d'Oxalate de sodium à l'essai à blanc, puis on titre avec la solution de $KMnO_4$ jusqu'à l'apparition d'une coloration rose soit le VT volume utiliser.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[MO] = F \times \left[\frac{V_{eq} - V_B}{V_T} \right] \quad \longrightarrow \quad [MO] = 16 \times \left[\frac{V_{eq} - V_B}{V_T} \right]$$

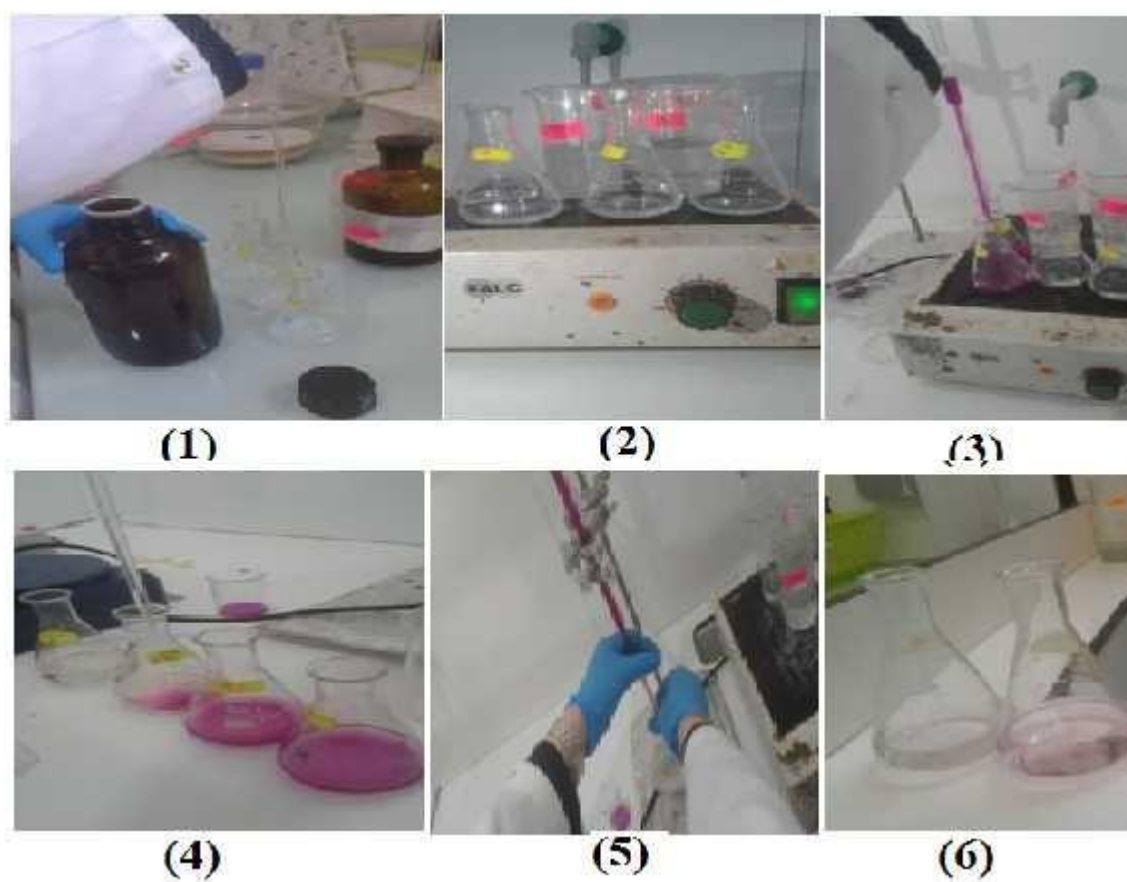


Fig 3.14 Les étapes de dosage de la matière organique.

5.2.8. Détermination du résidu sec :

✓ Mode opératoire :

Tout d'abord il faut commencer par le nettoyage et le séchage d'une capsule tarée, puis on la pèse à vide M_0 , on verse un volume de 10ml de l'échantillon et on met la capsule dans l'étuve à 150°C , une fois l'eau totalement évaporée on laisse refroidir la capsule puis on la met dans un dessiccateur pour une durée de 15min, enfin on la pèse et on note M_1 .

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l ils sont calculés avec la formule suivante :

$$\boxed{[\text{Résidu}] = F \times (M_e - M_0)} \quad \rightarrow \quad \boxed{[\text{Résidu}] = 10000 \times (M_e - M_0)}$$



Fig 3.15 Dessiccateur.



Fig 3.16 Etuve.



Fig 3.17 Balance

5.3 Les Paramètres de Spectrophotométrie :

✓ Matériels et Réactifs utilisé :

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Fer Fe	Spectrophotomètre.	<ul style="list-style-type: none"> • Acide sulfurique(H₂SO₄). • Solution Tampon Acétate. • Solution chlorhydrate d'hydroxylamine. • Solution de phénantroline. 	mg/l
Sulfate SO ₄ ²⁻	Spectrophotomètre.	<ul style="list-style-type: none"> • Acide chlorhydrique HCl. • Solution de polyvinyl- pyrrolidone. • Solution de Chlorure de baryum(BaCl₂). 	mg/l
Nitrate NO ₃ ⁻	Spectrophotomètre.	<ul style="list-style-type: none"> • Solution Hydroxyde de sodium(NaOH). • Solution Azoture de sodium(NaN₃). • Acide acétique. • Solution Salicylate de sodium. • Acide sulfurique(H₂SO₄). 	mg/l
Manganès Mn ²⁺	Spectrophotomètre.	<ul style="list-style-type: none"> • Solution Acide phosphorique. • Solution de Nitrate mercurique. • Solution sulfate d'argent. • Persulfate d'ammonium. 	mg/l

Tableau 3.4 Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres de spectrophotométrie.



Fig 3.18 Spectrophotomètre et sa cuve.

5.3.1 Dosage de Fer :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette graduée on prend 50ml de l'échantillon qu'on met dans une capsule en verre, on ajoute 1ml d'acide sulfurique(H_2SO_4), puis on ajoute 1ml de chlorhydrate d'hydroxylamine et on verse dans une fiole jaugée 100ml, ensuite on mélange bien la solution

, on ajoute 2ml de solution tampon acétate et 2ml de la solution phénantroline, après on conserve à l'obscurité pendant 15min et de même pour l'essai à blanc, enfin on effectue la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc pour le prendre comme référence.

✓ Expression des résultats :

Les résultats s'affichent sur l'écran du spectrophotomètre, ils sont exprimés en mg/l.



Fig 3.19 Dosage de Fer.

5.3.2 Dosage de Sulfate SO_4^{2-} :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette graduée on prend 50ml de l'échantillon qu'on verse dans une fiole jaugée de 100ml, à l'aide d'une pipette, on ajoute 1ml acide chlorhydrique d' HCl et 5ml de la solution chlorure de baryum($BaCl_2$), puis on agite énergiquement deux à trois fois et on laisse reposer pendant 15min, ensuite on agite à nouveau et de même pour l'essai à blanc, enfin on effectue la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc.

✓ Expression des résultats :

Les résultats s'affichent sur l'écran du spectrophotomètre, ils sont exprimés en mg/l.

5.3.3 Dosage de Nitrate NO_3^- :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette graduée on prend 10ml de l'échantillon qu'on verse dans un bécher de 200ml alcaliniser faiblement avec la solution de hydroxyde de sodium NaOH , on ajoute 0.5ml de la solution azoture de sodium (NaN_3) et 0.2ml d'acide acétique, on attend 5min puis on met à évaporation sur bain-marie, il ne faut pas laisser surchauffer, ensuite on ajoute 1ml de la solution Salicylate de sodium on mélange encore une fois on met à évaporation, puis on laisse refroidir, on ajoute au résidu 1ml Acide sulfurique (H_2SO_4) tout en l'humectant (Rendre humide) complètement et on attend 10min, après on ajoute 15ml d'eau distillée et 10ml de solution hydroxyde de sodium (NaOH) pour donner la couleur jaune, de même pour l'essai à blanc, enfin on effectue la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc.

✓ Expression des résultats :

Les résultats s'affichent sur l'écran du spectrophotomètre, ils sont exprimés en mg/l.



Fig 3.20 Dosage Nitrate NO_3^- .

5.3.4 Dosage de Manganèse Mn^{2+} :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette graduée on prend 100ml de l'échantillon qu'on verse dans un bécher de 200ml, on ajoute 1ml de sulfate d'argent, on met sous agitation avec un barreau magnétique, après formation de flocculation on filtre à l'aide de papier filtre et un entonnoir dans un bécher, puis on ajoute 10ml d'acide sulfurique dilué et des billes pour homogénéiser la température et on met à chauffer, puis on ajoute 25 à 30ml d'eau distillée et 10ml d'acide nitrique et 5ml d'acide phosphorique et on met encore à chauffer, après une petite ébullition on ajoute 0.3g periodate et on verse dans un erlenmeyer de 100ml, ensuite on complète jusqu'au trait de jauge, de même pour l'essai à blanc, enfin on effectue la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc.

✓ Expression des résultats :

Les résultats s'afficher sur l'écran du spectrophotomètre, ils sont exprimés en mg/l.



Fig 3.21 Béchers mis sous agitation.



Fig 3.22 Formation de floes.



Fig 3.23 Filtration de l'eau



Fig 3.24: Ajout des billes pour homogénéiser la Température.



Fig 3.25 La mise au chauffage.



Fig 3.26 : Compléter au trait de jauge.

5.4 Les Paramètres Photométrique à Flamme :

5.4.1 Dosages de Sodium et Potassium Na, K+

✓ **Mode opératoire :**

On verse une certaine quantité d'eau de l'échantillon dans un bécher, on fait rentrer la sonde du Spectrophotomètre à flamme à l'intérieure et on fait la lecture grâce à une gamme étalon établie par le laboratoire pour chaque élément dosé, on peut s'y réfère pour déterminer la concentration inconnue.

✓ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en mg/l, avec la méthode citée dans le mode opératoire.



Fig 3.27 Spectrophotomètre à flamme.

5.5 Les Paramètres de pollution :

✓ **Matériels et Réactifs utilisé :**

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Phosphate PO_4^{3-}	Spectrophotomètre. Fiole jaugée. Pipette	Réactif molybdate. Acide ascorbique.	mg/l
Nitrites NO_2^-	Spectrophotomètre. Fiole jaugée Pipette	Réactif coloré d' NO_2^- .	mg/l
Ammonium NH_4^+	Spectrophotomètre. Fiole jaugée Pipette	Réactif coloré d' NH_4^+ . ❖ Solution de Dichloroisocyanurate de sodium.	mg/l

Tableau 3.5: Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres de pollution.

5.5.1. Dosage de Phosphate

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette on verse 40ml d'eau à analyser dans une Fiole jaugée de 50ml, puis on ajoute 1ml de l'acide ascorbique on agite, ensuite on ajoute 2ml du Réactif molybdate et on complète jusqu'à 50ml, on attend 20 à 30min s'il y'a apparition de couleur bleu, alors on effectue la lecture au spectrophotomètre de même pour l'essai à blanc pour le prendre comme référence.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.



Fig 3.28 Dosage de Phosphate.

5.5.2 Dosage de Nitrites NO₂⁻ :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette on verse 40ml d'eau à analyser dans une Fiole jaugée de 50ml, puis on ajoute 1ml de réactif coloré d'NO₂⁻ on agite, ensuite on complète jusqu'à 50ml, on attend 15 à 20min s'il y'a apparition d'une couleur rose foncé, alors on effectue la lecture au spectrophotomètre de même pour l'essai à blanc.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

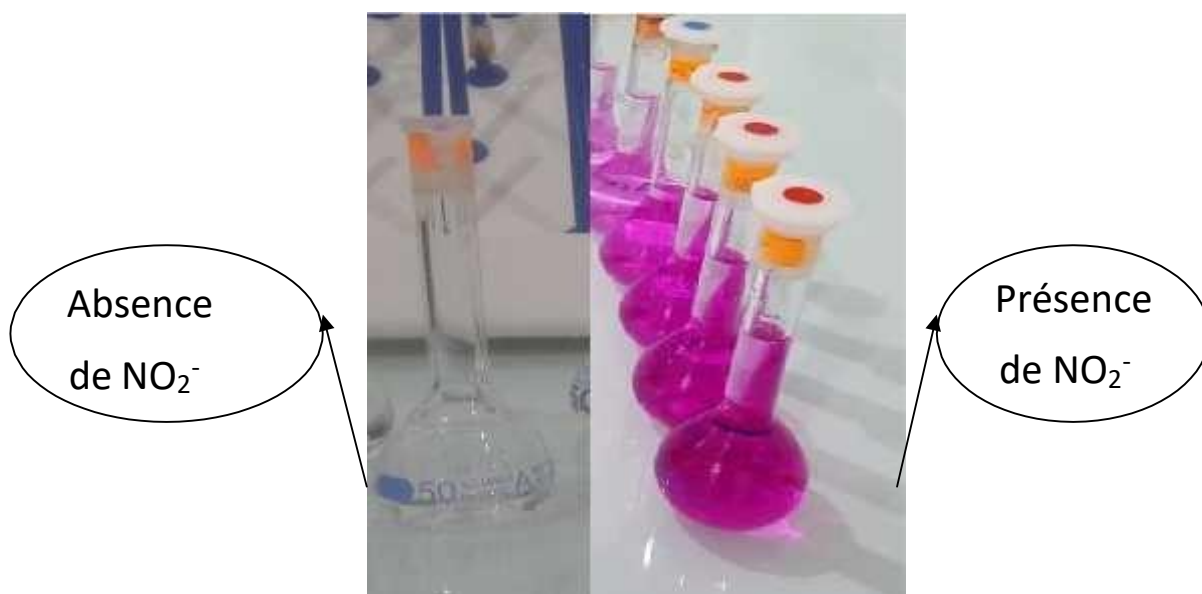


Fig 3.29 Dosage de Nitrite.

5.5.3 Dosage d'Ammonium NH_4^+ :

✓ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette on verse 40ml d'eau à analyser dans une Fiole jaugée de 50ml, puis on ajoute 4ml de réactif coloré d' NH_4^+ on agite, on remarque l'apparition d'une couleur jaune, ensuite on ajoute 4ml de la Solution de Dichloroisocyanurate de sodium et on complète jusqu'à 50ml, on attend 40min à 1H si il y'a apparition d'une couleur verte, alors on effectue la lecture au spectrophomètre de même pour l'essai à blanc.

✓ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

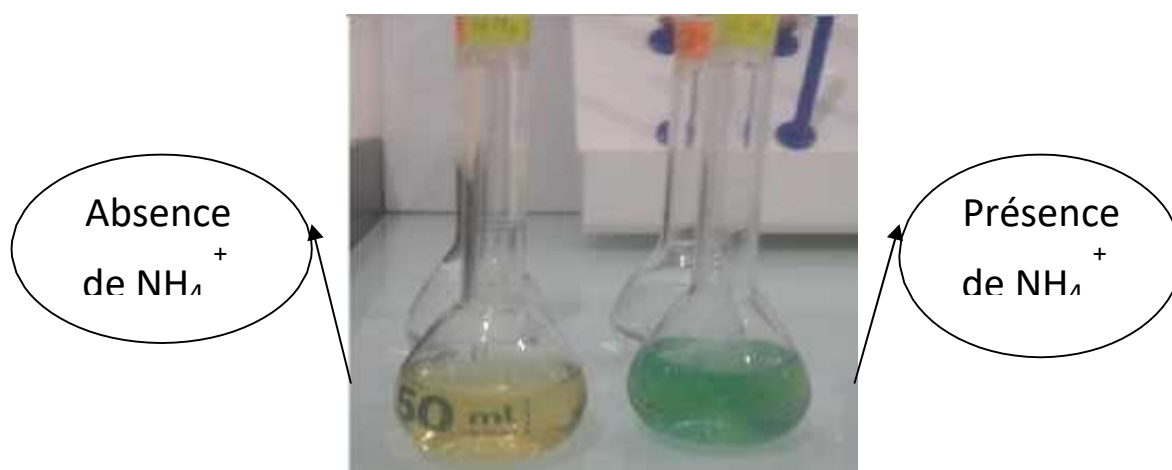


Fig 3.30 Dosage d'Ammonium.

✓ Les différentes sources de pollution :

La présence d'un de ces trois paramètres dans l'eau souterraine, est due à une source de pollution, voici quelques-unes dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Sources de pollution
Phosphate PO_4^{3-}	Pollution par détergent, engrais.
Nitrites NO_2^-	Pollution par engrais, métabolisme des organismes vivants.
Ammonium NH_4^+	Pollution par eau usée, engrais.

Tableau 3.6 Les sources de pollutions.

6 Détermination des principaux faciès chimiques :

Les faciès chimiques (compositions chimiques distinctes) sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles.

On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en (Még/L) et en tenant compte de la classification des ions.

6.1 Représentation graphique des faciès chimiques :

La représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil inévitable pour bien identifier les faciès chimiques, pour atteindre cet objectif on a eu recours au diagramme de PIPER. La réalisation de ce diagramme a été faite en utilisant le logiciel Diagrammes.

6.2 Logiciel Diagrammes :

On a utilisé le logiciel d'hydrochimie d'Avignon, qui permet de classer les eaux en faciès chimique et en classe d'eau potable et d'irrigation, et de construire en particulier les diagrammes de Piper.

6.2.1 Diagramme de PIPER :

Le diagramme de Piper permet de représenter simultanément le faciès chimique de plusieurs échantillons, il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global (répartition synthétique des ions majeurs). Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff est un diagramme semi logarithmique, il permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique, la ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant des différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

7 Indice de la qualité des eaux souterraines (DWQI) :

Trois étapes sont suivies pour calculer l'indice de la qualité des eaux souterraines « DWQI ». Dans la première étape chacun des paramètres a été attribué par un poids (w_i) en fonction de son rapport d'importance dans la qualité globale de l'eau destinée en AEP. Un poids maximum de 5 a été attribué au paramètre nitrate en raison de son importance dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Dans la deuxième étape, le poids relatif est calculé à partir de l'équation suivante :

$$W_i = W_i / \sum_{i=1}^n w_i$$

Où W_i est le poids relatif, w_i est le poids de chaque paramètre et n est le nombre de paramètres. Les valeurs calculées de W_i sont données dans le **tableau 3.7**.

Dans la troisième étape, une échelle de notation (cote) de la qualité (q_i) pour chaque paramètre est assignée en divisant sa concentration par sa concentration standard respective fixée selon les lignes directrices énoncées dans la norme Algérienne 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 (voir l'annexe). Et le résultat est multiplié par 100.

$$q_i = \left(C_i / S_i \right) * 100$$

où C_i est la concentration de chaque paramètre chimique dans l'échantillon d'eau en mg/L, et S_i est la norme de l'eau potable Algérienne pour chaque paramètre chimique en mg/L selon les lignes directrices de la norme algérienne fixée dans le décret.

Pour le calcul de l'DWQI, le S_i est le premier déterminé pour chaque paramètre. La somme des valeurs S_i donne l'indice de qualité de l'eau pour chaque échantillon.

$$S_i = W_i * q_i$$

$$WQI = \sum S_i$$

No.	Paramètere	Wi	Si	Ci	Practical Wi	Dynamic Relative-Wi	qi = (Ci / Si) x 100	SIi = Wi . qi
1	pH	4	8,00	7,38	4	0,111	92,250	10,25
2	Calcium	2	75,00	80,16	2	0,056	106,880	5,94
3	Magnesium	1	50,00	63,18	1	0,028	126,360	3,51
4	Chloride	3	250,00	57,32	3	0,083	22,928	1,91
5	Total dissolved solide	5	500,00	349,5	5	0,139	69,900	9,71
6	Nitrate	5	50,00	5,8	5	0,139	11,600	1,61
7	conductivité	4	1500,00	699	4	0,111	46,600	5,18
8	Bicarbonate	3	120,00	349,4	3	0,083	291,173	24,26
9	Potassium	2	12,00	5,87	2	0,056	48,917	2,72
10	Phosphore	1	5,00	5	1	0,028	100,000	2,78
11	Sodium	2	200,00	49,53	2	0,056	24,765	1,38
12	Sulfate	4	250,00	101,2	4	0,111	40,480	4,50
SUM		36			36	1	WQI	73,74

Tableau 3.7 Les poids relatifs des paramètres physico-chimiques

L'indice de qualité de l'eau souterraine a été classé dans le tableau suivant :

WQI	Qualité de l'eau
<50	Excellente
50-100	Bonne
100-200	Mauvaise
200-300	Très mauvaise
>300	inapproprié

Tableau 3.8 : Classification de la qualité des eaux souterraines selon DWQI

8 Indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation :

Dans notre cas un système de classification pour évaluer l'aptitude de l'eau à usage d'irrigation a été déterminé à travers six indices qui sont : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

8.1 Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) :

Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) est un paramètre important pour déterminer l'aptitude des eaux souterraines à des fins d'irrigation car il mesure le danger de l'alcali-sodium pour les cultures. Le sodium pénètre dans l'aquifère par la pluie et par la dissolution des roches. En raison de ses effets sur les sols et les plantes, il est considéré parmi les principaux facteurs régissant l'eau d'irrigation.

Ce rapport est déterminé en utilisant la formule suivante:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

Où les concentrations de tous les ions sont indiquées en milliéquivalent par litre.

Le SAR donne des indications sur le risque d'alcalisation du milieu. Les risques sont faibles si $SAR < 10$, moyen si SAR est compris entre 10 et 18, élevés si $SAR > 18$ et très élevés si $SAR > 26$.

8.2 Pourcentage de sodium (%NA) « Soluble sodium percentage (SSP) » :

Le Na^+ est un cation important qui se détériore au-delà de la structure du sol et réduit le rendement des cultures.

Lorsque la concentration de Na^+ est élevée dans l'eau d'irrigation, Na^+ tend à être absorbé par les particules d'argile et sera remplacé par les ions de Mg^{2+} et Ca^{2+} . Ce processus d'échange de Na^+ dans de l'eau par Ca^{2+} et Mg^{2+} dans le sol réduit la perméabilité. C'est pour cela que le pourcentage en Sodium est considéré comme un indice important pour l'évaluation de l'eau destinée à l'irrigation. Le %Na est calculé selon la formule ci-dessous [10]:

$$SP = \left(\frac{Na * 100}{Ca + Mg + Na} \right)$$

Où les concentrations de tous les ions sont indiquées en milliéquivalent par litre.

8.3 Alcalinité résiduelle des eaux (RSC) :

En plus de la SAR et %Na, l'excès de la somme de carbonate et de bicarbonate dans l'eau souterraine au profit de la somme de calcium et le magnésium influe également sur l'inadaptation des eaux souterraines pour l'irrigation. Cela s'appelle l'Alcalinité résiduelle des eaux (RSC). Le RSC est calculé en utilisant la formule donnée ci-dessous:

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

Où les concentrations sont indiquées en milliéquivalent par litre.

8.4 Indice de perméabilité (IP) :

La perméabilité du sol est affectée par l'utilisation à long terme de l'eau d'irrigation et est influencée par le contenu de sodium, de calcium, de magnésium et de bicarbonate dans le sol. L'indice de perméabilité est déterminé par l'équation suivante :

$$IP = \frac{Na + \sqrt{HCO_3}}{Ca + Mg + Na} * 100$$

8.5 Pourcentage de magnésium (%MG) :

Le pourcentage de magnésium ou danger de magnésium exprime la mesure de l'effet du magnésium dans l'eau d'irrigation. L'excès de magnésium affecte la qualité des sols qui peut se traduire en faible rendement des cultures. Le %Mg est calculé comme suit [10]:

$$\%Mg = \frac{Mg^{+2} * 100}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$$

Où toutes les concentrations sont indiquées milliéquivalent par litre.

8.6 Indice ratio de corrosivité CRI ;

L'ampleur de la corrosivité de l'eau peut être évaluée à l'aide d'un périmètre connu comme indice rapport Corrosivité (CRI), qui peut être déterminé en utilisant la formule suivante [11]:

$$CR = \frac{\frac{CL}{25.5+2SO_4}}{2 \left(CO_3 + \frac{HCO_3}{100} \right)}$$

8.7 Ratio ou coefficient de Kelly (RK) :

Le coefficient de Kelly est donné par l'expression suivante [11]:

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$$

Na+, Ca+2, Mg+2 sont exprimées en méq/L. La qualité de l'eau est bonne pour l'irrigation, lorsque le ratio de Kelly est inférieur à 1.

Chapitre

4

Résultat et Discussion

1 Introduction :

Ce chapitre est consacré aux résultats et à la discussion des analyses effectuées sur les eaux souterraines du forage de la commune d'El Bayadh pour évaluer leur qualité physico-chimique.

ce travail a été effectué sur 11 forages pendant l'année 2016,2017,2018,2019.

2 Résultats et discussions :

Chapitre 4 : Résultat et discussion

Résultat des Analyses physico-chimique laboratoire ADE El Bayadh																			
Commune	Forages	X	Y	Cond (μ S/cm)	NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NO ₃ ⁻¹ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Mn ⁺² (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	TDS	TAC (mg/l)
El Bayadh	F5	314628	3728002	699	0,031	80,16	57,32	101,2	5,8	49,53	5,87	63,18	0,03	0,0033	0,006	0,079	349,408	349,5	286,4
	Mrires	315054	3724528	561	0,004	80,16	35,5	162	0,36	25,14	2,52	31,59	0,018	0,00634	0,152	0,122	265,472	280,5	217,6
	Hayat	318809	3726857	910	0,006	100,2	88,75	172	0,21	25,14	2,52	19,44	0,021	0,00634	0,076	0,119	254,5164	455	208,62
	Mouilha 2	317207	3732470	1030	0,019	80,16	53,25	192	15,2	31,7	3,74	36,45	0,029	0,002	0,011	0,211	431,636	515	353,8
	Hodhna(F3)	310173	3730380	598	0,008	44,08	39,05	89	9,1	11,56	2,2	26,73	0,001	0,002	0,002	0,111	281,3076	299	230,58
	Ozied 2	323962	3732358	745	0,01	84,16	102,95	74,8	22,6	22,23	3,46	29,16	0,004	0,002	0,009	0,01	256,0048	372,5	209,84
	FZB4	337351	3714938	817	0,009	40,08	39,05	103	7,38	23,78	1,99	85,05	0,002	0,002	0,009	0,383	297,68	408,5	244
	Mekther	320862	3735601	503	0,136	48,09	67,45	118	1,2	34,52	2,21	43,74	0,001	0,002	0,014	0,004	281,2466	251,5	230,53
	Haoudh	327972	3737427	655	0,009	100,2	56,8	122	15,3	25,82	2,4	70,47	0,001	0,00629	0,006	0,031	282,796	327,5	231,8
	Ouafeg	312130	3707683	313	0,012	88,16	76,12	73	7,82	5,53	1,52	19,44	0,003	0,002	0,003	0,013	267,912	156,5	219,6
	P-Mechria	315846	3716973	769	0,022	100,2	42,6	90,6	1,25	26,25	5,49	60,75	0,033	0,002	120	0,02	253,028	384,5	207,4

Tableau 4.1 Analyse physico-chimiques 2016

Chapitre 4 : Résultat et discussion

Résultat des Analyses physico-chimique laboratoire ADE El Bayadh																			
Commune	Forages	X	Y	Cond (µS/cm)	Cl ⁻¹ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	NH ₄ ⁻¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	NO ₃ ⁻¹ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	Mn ⁺² (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	TDS	TAC (°F)
El Bayadh	F5	314628	3728002	723	60,35	40,08	0,031	112	0,005	11,4	0,079	0,03	0,0033	49,53	5,87	63,18	361,6812	361,5	296,46
	Mrires	315054	3724528	588	85,2	116,23	0,004	81,08	0,019	19,3	0,122	0,018	0,00634	25,14	2,52	31,59	290,238	294	237,9
	Hayat	318809	3726857	658	74,55	96,16	0,006	76,13	0,009	21,1	0,119	0,021	0,00634	25,14	2,52	19,44	275,354	329	225,7
	Mouilha 2	317207	3732470	697	46,15	60,12	0,019	81,1	0,016	11,73	0,211	0,029	0,002	31,7	3,74	36,45	535,824	348,5	439,2
	Ozied 2	310173	3730380	610	60,35	104,2	0,008	98	0,069	5,4	0,111	0,001	0,002	11,56	2,2	26,73	297,68	305	244
	FZB4	323962	3732358	786	71	40,08	0,01	110	0,001	10,2	0,01	0,004	0,002	22,23	3,46	29,16	364,658	393	298,9
	Hodhna(F3)	337351	3714938	313	88,75	60,12	0,009	91	0,024	5,6	0,383	0,002	0,002	23,78	1,99	85,05	208,376	156,5	170,8
	Mekther	320862	3735601	750	56,8	44,08	0,136	88,6	0,002	6,8	0,004	0,001	0,002	34,52	2,21	43,74	349,774	375	286,7
	Haoudh	327972	3737427	834	74,55	76,15	0,009	88,1	0,002	7,8	0,031	0,001	0,00629	25,82	2,4	70,47	330,4248	417	270,84
	Ouafeg	312130	3707683	701	35,5	104,2	0,012	78,1	0,004	5,4	0,013	0,003	0,002	5,53	1,52	19,44	183,0732	350,5	150,06
P-Mechria	315846	3716973	812	28,4	80,16	0,009	90,6	0,005	8,1	0,02	0,033	0,002	26,25	5,49	60,75	282,796	406	231,8	

Tableau 4.2 Analyse physico-chimiques 2017

Chapitre 4 : Résultat et discussion

Résultat des Analyses physico-chimique laboratoire ADE El Bayadh																			
Commune	Forages	X	Y	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	NO ₃ ⁻¹ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	Mn ⁺² (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	NA ⁺ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	TDS	TAC (mg/l)
El Bayadh	F5	314628	3728002	643	76,15	31,59	99,4	0,02	116,24	0,006	6,45	0,079	0,03	0,0033	5,87	49,53	357,216	321,5	292,8
	Mrires	315054	3724528	679	80,16	48,6	71	0,06	111,4	0,152	3,13	0,122	0,018	0,00634	2,52	25,14	312,564	339,5	256,2
	Hayat	318809	3726857	696	60,12	51,03	53,25	0,016	200,1	0,076	11,4	0,119	0,021	0,00634	2,52	25,14	267,912	348	219,6
	Mouilha 2	317207	3730380	597	112,22	48,6	110,05	0,029	209,4	0,011	6,41	0,211	0,029	0,002	3,74	31,7	386,984	298,5	317,2
	Ozied 2	310173	3730380	631	32,064	34,02	21,3	0,014	126	0,002	10,2	0,111	0,001	0,002	2,2	11,56	290,238	315,5	237,9
	FZB4	323962	3732358	688	60,12	60,75	21,3	0,112	95,97	0,009	7,01	0,01	0,004	0,002	3,46	22,23	364,658	344	298,9
	Hodhna(F3)	337351	3714938	545	80,16	34,02	17,75	0,025	149,7	0,009	10,41	0,383	0,002	0,002	1,99	23,78	245,586	272,5	201,3
	Mekther	320862	3735601	739	84,16	46,17	102,95	0,004	68,81	0,014	8	0,004	0,001	0,002	2,21	34,52	392,937 6	369,5	322,08
	Haoudh	327972	3737427	710	80,16	48,6	14,2	0,097	107,62	0,006	8,1	0,031	0,001	0,00629	2,4	25,82	337,866 8	355	276,94
	Ouafeg	312130	3707683	359	68,136	19,44	24,85	0,094	83,5	0,003	5,42	0,013	0,003	0,002	1,52	5,53	212,841 2	179,5	174,46

Tableau 4.3 Analyse physico-chimiques 2018

Chapitre 4 : Résultat et discussion

Résultat des Analyses physico-chimique laboratoire ADE El Bayadh																			
Commune	Forages	X	Y	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	Mn ⁺² (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	NO ₃ ⁻¹ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	Hco ₃ ⁻³ (mg/l)	TDS	TAC (mg/l)
El Bayadh	F5	314628	3728002	663	0,03	0,0033	49,53	5,87	64,128	43,74	60,35	0,079	177,36	0,008	2,01	0,183	369,1232	331,5	302,56
	Mrires	315054	3724528	737	0,018	0,00634	25,14	2,52	140,28	19,44	106,5	0,152	101,71	0,006	2,11	0,673	241,1208	368,5	197,64
	Hayat	318809	3726857	659	0,021	0,00634	25,14	2,52	52,1	46,16	142	0,027	221,7	0,015	5,96	0,122	400,3796	329,5	328,18
	Mouilha 2	317207	3730380	606	0,029	0,002	31,7	3,74	72,14	48,6	53,25	0,027	156,25	0,066	12,32	0,122	285,7728	303	234,24
	Hodhna(F3)	310173	310173	523	0,001	0,002	11,56	2,2	64,128	53,46	49,7	0,029	122,1	0,004	4,61	0,122	297,68	261,5	244
	Ozied 2	323962	3732358	692	0,004	0,002	22,23	3,46	52,104	65,61	60,35	0,1	130,83	0,008	15,65	0,03	280,356	346	229,8
	FZB4	337351	3714938	464	0,002	0,002	23,78	1,99	72,144	17,01	67,45	0,033	123,89	0,016	14,08	0,03	311,0756	232	254,98
	Mekther	320862	3735601	699	0,001	0,002	34,52	2,21	80,16	48,6	49,7	0,025	173,11	0,001	4,77	0,004	461,404	349,5	378,2
	Haoudh	327972	3737427	685	0,001	0,00629	25,82	2,4	100,2	53,46	88,75	0,017	214,83	0,027	24,68	0,031	275,354	342,5	225,7
	Ouafeg	312130	3707683	701	0,003	0,002	5,53	1,52	84,16	31,59	92,3	0,049	169,11	0,018	8,91	0,013	386,984	350,5	317,2

Tableau 4.4 Analyse physico-chimiques 2019

3 Résultats de l'indice de la Qualité des eaux souterraines (DWQI)

La classification de la qualité de l'eau basée sur les valeurs de l'indicateur de la qualité de l'eau est présentée dans le tableaux 4.5

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les eaux souterraines de bonne qualité caractérisent les forages étudiés, la répartition de l'indice est caractérisée par bonne qualité.

Commune	Forage	DWQI 2016	Qualité	DWQI 2017	Qualité	DWQI 2018	Qualité	DWQI 2019	Qualité
El Bayadh	F5	73.74	Bonne	74.94	Bonne	73.51	Bonne	74.33	Bonne
	Mrires	61.29	Bonne	70.92	Bonne	68.68	Bonne	67.34	Bonne
	Hayat	71.15	Bonne	69.00	Bonne	70.14	Bonne	79.40	Bonne
	Mouilha2	83.54	Bonne	82.88	Bonne	81.66	Bonne	68.59	Bonne
	Ozied 2	59.52	Bonne	65.96	Bonne	61.94	Bonne	61.36	Bonne
	FZB4	69.97	Bonne	72.50	Bonne	70.96	Bonne	69.17	Bonne
	Hodhna(F3)	68.58	Bonne	56.18	Bonne	61.57	Bonne	63.55	Bonne
	Mekther	59.54	Bonne	69.16	Bonne	75.34	Bonne	81.33	Bonne
	Haoudh	70.36	Bonne	74.09	Bonne	69.46	Bonne	78.82	Bonne
	Ouafeg	55.03	Bonne	55.14	Bonne	48.66	Excellent	73.98	Bonne
P-Mechria	68.07	Bonne	66.90	Bonne	/	/	/	/	

Tableau 4.5 Classification des eaux souterraines du forages d'El Bayadh (2016-2017-2018-2019).

4 Résultats de l'indice de la qualité de l'eau en vue d'irrigation

Le système de classification pour évaluer l'aptitude de l'eau à usage d'irrigation peut être déterminée à travers des paramètres indice de qualité tels que le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

Chapitre 4 : Résultat et discussion

Commune	Forage	SAR	SSP	RSC	IP	Mg%	CRI	KR
El Bayadh	2016							
	F5	5,85	25,68	206,07	31,36	44,08	0,04	0,35
	Mrires	3,36	18,37	153,72	26,37	28,27	0,02	0,22
	Hayat	3,25	17,36	134,88	24,93	16,25	0,05	0,21
	Mouilha2	4,15	21,37	315,03	28,76	31,26	0,02	0,27
	Ozied 2	1,94	14,03	210,50	27,33	37,75	0,03	0,16
	FZB4	2,95	16,40	142,68	24,48	25,73	0,11	0,20
	Hodhna(F3)	3,01	15,97	172,55	23,33	67,97	0,03	0,19
	Mekther	5,09	27,32	189,42	35,99	47,63	0,05	0,38
	Haoudh	2,80	13,14	112,13	18,72	41,29	0,04	0,15
	Ouafeg	0,75	4,89	160,31	14,57	18,07	0,08	0,05
	P-Mechria	2,93	14,02	92,08	19,87	37,74	0,04	0,16
	2017							
	F5	6,89	32,42	258,42	39,59	61,19	0,03	0,48
	Mrires	2,92	14,54	142,42	20,87	21,37	0,08	0,17
	Hayat	3,31	17,86	159,75	25,65	16,82	0,08	0,22
	Mouilha2	4,56	24,71	439,25	33,25	37,74	0,02	0,33
	Ozied 2	1,43	8,11	166,75	15,80	20,42	0,05	0,09
	FZB4	3,78	24,30	295,42	36,28	42,11	0,04	0,32
	Hodhna(F3)	2,79	14,08	63,21	20,56	58,59	0,10	0,16
	Mekther	5,21	28,22	261,95	37,17	49,81	0,04	0,39
	Haoudh	3,02	14,97	183,80	21,33	48,06	0,06	0,18
	Ouafeg	0,78	5,26	83,47	15,68	19,52	0,05	0,06
	P-Mechria	3,13	15,70	141,89	22,26	43,11	0,02	0,19
	2018							
	F5	6,75	31,49	249,48	38,46	29,32	0,05	0,46
	Mrires	3,13	16,34	183,80	23,45	37,74	0,05	0,20
	Hayat	3,37	18,45	156,76	26,48	45,91	0,02	0,23
	Mouilha2	3,54	16,47	226,16	22,16	30,22	0,03	0,20
	Ozied 2	2,01	14,89	224,15	29,00	51,48	0,01	0,17
	FZB4	2,86	15,53	243,79	23,19	50,26	0,01	0,18
	Hodhna(F3)	3,15	17,24	131,41	25,18	29,80	0,01	0,21
	Mekther	4,28	20,94	262,61	27,59	35,43	0,08	0,26
	Haoudh	3,22	16,70	209,11	23,79	37,74	0,01	0,20
	Ouafeg	0,84	5,94	125,27	17,71	22,20	0,03	0,06
	2019							
	F5	40,55	0,02	0,46	40,55	0,02	0,46	40,55
	Mrires	12,17	0,10	0,16	12,17	0,10	0,16	12,17
	Hayat	46,98	0,04	0,26	46,98	0,04	0,26	46,98
	Mouilha2	40,25	0,03	0,26	40,25	0,03	0,26	40,25
	Ozied 2	45,46	0,03	0,10	45,46	0,03	0,10	45,46
	FZB4	55,74	0,04	0,19	55,74	0,04	0,19	55,74
Hodhna(F3)	19,08	0,04	0,27	19,08	0,04	0,27	19,08	
Mekther	37,74	0,01	0,27	37,74	0,01	0,27	37,74	
Haoudh	34,79	0,04	0,17	34,79	0,04	0,17	34,79	
Ouafeg	27,29	0,03	0,05	27,29	0,03	0,05	27,29	

Tableau 4.6 : Résultats des différents paramètres de qualité de l'eau pour l'usage agricole de 11 forages étudiés

4.1 Le rapport d'adsorption du sodium (SAR)

Les valeurs de SAR sont comprises entre (0-10) dans tous les forages en 2016-2017-2018 sauf les valeurs de SAR de forage Mrires est situé entre (10-18), SAR des forages F5, Hayat, Mouilha2, Ozeid2, FZB4, Mekther, Haoudh et Ouafeg sont >26 et SAR de forage Hodhna(F3) classé entre (18-26) en 2019.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
SAR	0-10	Pour tous types de sols	Tous les forages en 2016-2017-2018.
	10-18	De préférence pour les sols à texture grossière	Forage Mrires en 2019
	18-26	pouvant avoir une influence néfaste. good soil managemet is required	Forage Hodhna (F3)en 2019
	>26	Inadequate	F5, Hayat, Mouilha2, Ozeid2, FZB4, Mekther, Haoudh et Ouafeg en 2019

Tableau 4.7 : Qualité de l'eau basée sur le rapport d'adsorption du sodium (SAR)

4.2 Pourcentage de Magnésium (%Mg)

Les valeurs de %Mg calculées à partir des eaux souterraines des forages étudiée se situent entre 61.97-16. En 2016, 61.19 -16.82 en 2017, 51.48 et 22.20 en 2018 et 55.74-12.17 en 2019. Si %Mg > 50% l'eau n'est pas appropriée et nuisible pour l'irrigation et il affecte négativement la croissance des cultures. Si %Mg < 50% indique que l'eau est appropriée pour l'irrigation.

Environ 65% des échantillons d'eau des forages étudiée montrent des valeurs de %Mg dépasse 50%, donc ils ne sont pas appropriés pour l'irrigation. Le reste des eaux souterraines 35% sont sans danger pour l'irrigation, comme la valeur du risque de magnésium dans les moins de 50.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
MAR (%Mg)	<50%	Bonne	Hayat, Mouilha2, Mekther, Haoudh, Ouafeg et P-Mechria en (2016-2017-2018-2019).
	>50%	Mauvaise	FZB4 en 2016, F5 et FZB4 en 2017, Ozeid2, Haoudh en 2018 et Ozied 2 en 2019

Tableau 4.8: Qualité de l'eau basée sur le pourcentage de magnésium

4.3 Pourcentage de sodium (%Na)

Le calcul de %Na dans les échantillons d'eau souterraine dans les forages étudiés nous montre que les eaux de ces forages appartiennent aux quatre classes : 20% des stations ont des pourcentages de Na% de l'ordre inférieur à 20, les qualifiant de très bonnes pour l'irrigation. 48% des stations ont des pourcentages de Na% se situent entre 20-40 %, les qualifiant de bonnes pour l'irrigation, 26% des stations ont des pourcentages de Na% se situent entre 40-60 %, les qualifiant médiocres pour l'irrigation et Le reste des points d'eau, font partie de la classe médiocre.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
SSP (% Na)	<20	Excellente	Mrires, Hayat, Ozied2, FZB4, Hodhna(F3), Haoudh, Ouafeg et P.Mechria en 2016. Mrires, Hayat, Ozied2, Hodhna(F3), Haoudh, Ouafeg et P.Mechria en 2017. Mrires, Hayat, Ozied2, FZB4, Hodhna(F3), Haoudh, Ouafeg et P.Mechria en 2018. Tous les forages en 2019
	20-40	Bonne	F5, Mouilha2 et Mekther en 2016. F5, Mouilha2, FZB4 et Mekther en 2017. F5 et Mekther en 2018
	40-60	admissible	/
	60-80	Médiocre	/
	>80	Mauvaise	/

Tableau 4.9: Classification des eaux d'irrigation selon les %Na.

Les **figures 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4** montre la classification de l'eau d'irrigation selon le diagramme de WILCOX, cas des forages de la commune d'El Bayadh, de cette classification définie cinq classes d'eau, 1: excellente, 2: bonne, 3: admissible, 4 :médiocre, 5: mauvaise. On ce qui concerne les nappes Monts de Tlemcen, les diagrammes de Wilcox donne deux classes: bonne et excellente.

Chapitre 4 : Résultat et discussion

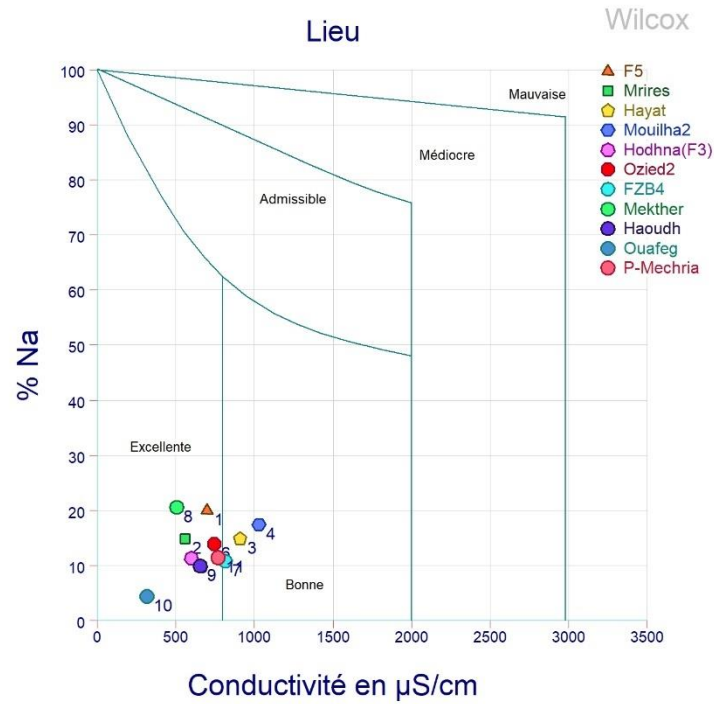


Figure 4.1: Diagrammes de Wilcox 2016.

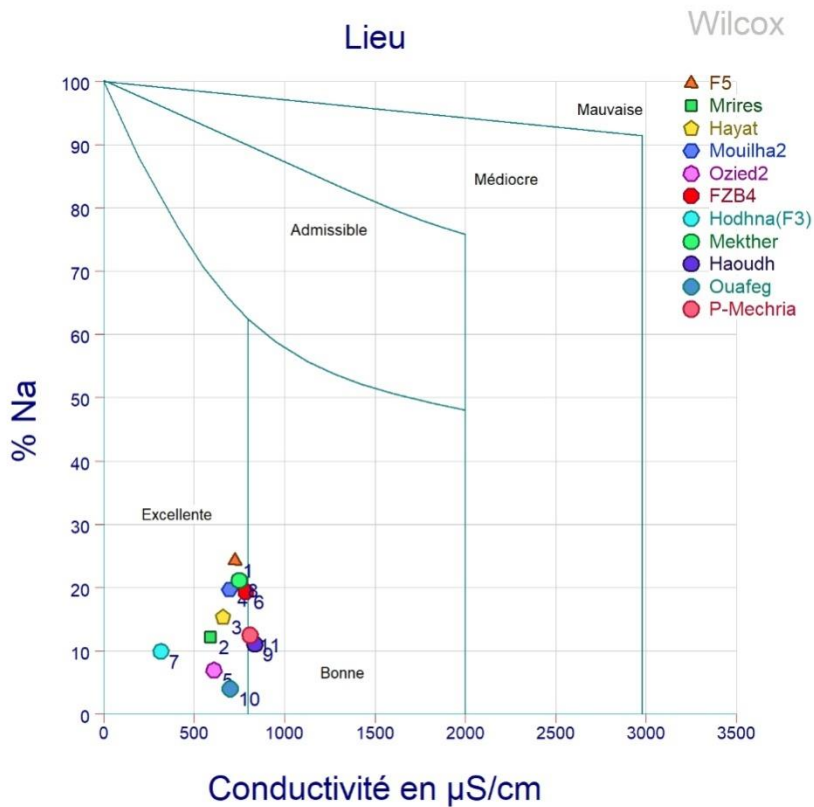


Figure 4.2: Diagrammes de Wilcox 2017.

Chapitre 4 : Résultat et discussion

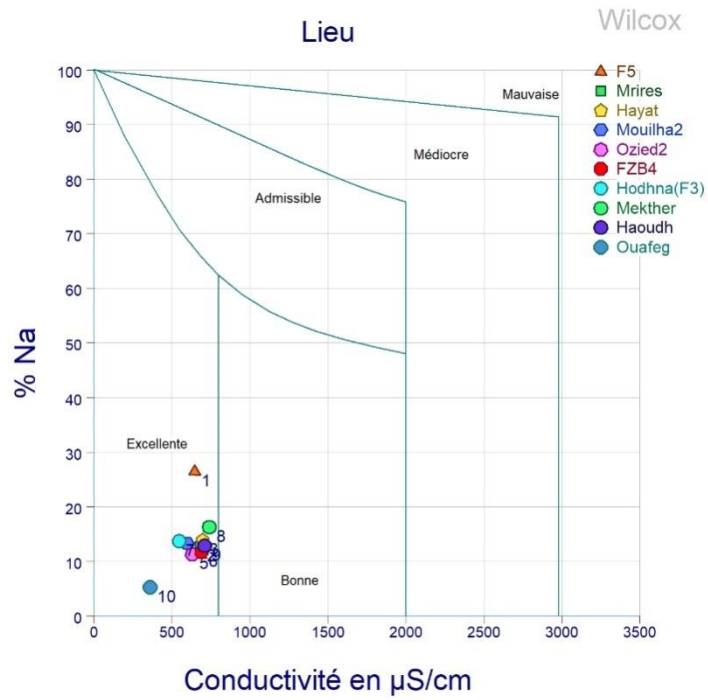


Figure 4.3: Diagrammes de Wilcox 2018.

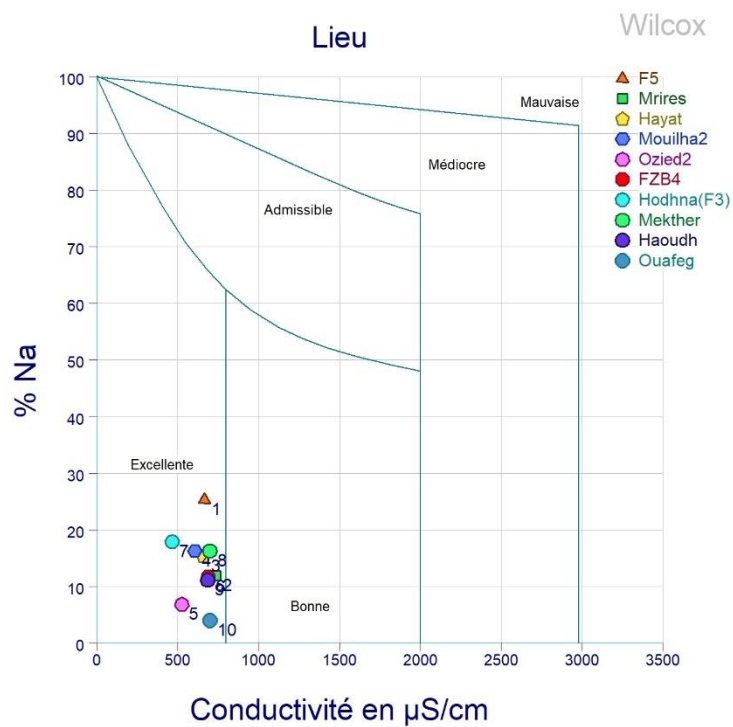


Figure 4.4: Diagrammes de Wilcox 2019.

4.4 Alcalinité résiduelle des eaux (RSC)

Les valeurs de RSC calculées dans les échantillons d'eau souterraine de la zone d'étude sont inférieures à 1.25 meq/L, ce qui révèle que tout le site d'échantillonnage est bon à des fins d'irrigation.

On note que RSC négatif indique que l'accumulation de sodium est peu probable puisque le calcium et le magnésium sont au-delà de ce qui peut être précipité sous forme de carbonates.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
RSC	<1.25	Bonne	Tous les forages en 2019
	1.25-2.5	Médiocre	/
	>2.5	Mauvaise	Tous les forages en 2016-2017-2018.

Tableau 4.10 : Qualité de l'eau souterraine basée sur l'alcalinité résiduelle des eaux

4.5 Indice de perméabilité (IP)

L'indice de perméabilité calculé pour les échantillons d'eaux dans notre étude se trouve entre 25 et 75%. Si la valeur de IP est inférieure à 25, l'échantillon relève la classe médiocre qui indique que l'eau souterraine n'est pas adaptée pour l'irrigation. Les eaux de la classe bonnes, IP est entre 25 et 75. Les échantillons avec IP supérieur à 75 sont classés comme excellente pour l'irrigation. Le calcul de ce paramètre montre clairement que 100% des échantillons d'eaux sont bons pour l'irrigation.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
IP	<25	Médiocre	Hayat, FZB4, Hodhna(F3), Haoudh, Ouafeg et P.Mechria en 2016. Mrises, Hayat, Ozied2, Hodhna(F3), Haoudh, Ouafeg et P.Mechria en 2017. Mrises, Mouilha2, FZB4, Haoudh, Ouafeg en 2018.
	25-75	Bonne	F5, Mrises, Mouilha2, Ozied2, Mekther en 2016. F5, Mouilha2, FZB4, Mekther en 2017. F5, Hodhna(F3), Ozied2, Mekther en 2018. F5, Hayat, Mouilha2, FZB4, Mekther, Haoudh et en 2019.
	>75	Excellente	/

Tableau 4.11 Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice de perméabilité

4.6 Indice ratio de corrosivité (CRI)

Les résultats montrent que la qualité des eaux de 100 % des stations est sécuritaire et non-corrosive.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
CRI	<1	sécuritaire et non-corrosive « safe and non-corrosive »	Tous les forages en (2016-2017-2018-2019).
	>1	risque de corrosion« suggestive of corrosiveness »	/

Tableau 4.12 Qualité de l'eau souterraine basée sur l'indice ratio de corrosivité CRI

4.7 Ratio ou coefficient de Kelly (RK)

Les valeurs de RK obtenues sont inférieures à 1, sauf les forages en 2019, par conséquent les forages qui ont des valeurs de RK inférieure à 1 appartiennent à la classe des eaux de bonnes qualités pour l'irrigation.

Paramètre	Range	Classe d'eau	Echantillons
RK	<1	Bonne qualité	Tous les forages en (2016-2017-2018).
	>1	unsuitability	Tous les forages en 2019.

Tableau 4.13 : Classification des eaux souterraines basée sur le RK

5.Représentation graphique et identification des faciès

Pour une meilleure vision et une meilleure identification des faciès et de l'aspect qualitatif des eaux souterraines, ainsi que son évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse, reste un outil incontournable.

Dans ce but, nous avons entrepris, dans notre cas cette démarche et choisi des diagrammes de représentation tels que celui de Schoeller-Berkaloff et Piper, afin de mieux cerner les particularités des eaux étudiées. La réalisation de ces diagrammes a été faite en utilisant le logiciel **Diagrammes**, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

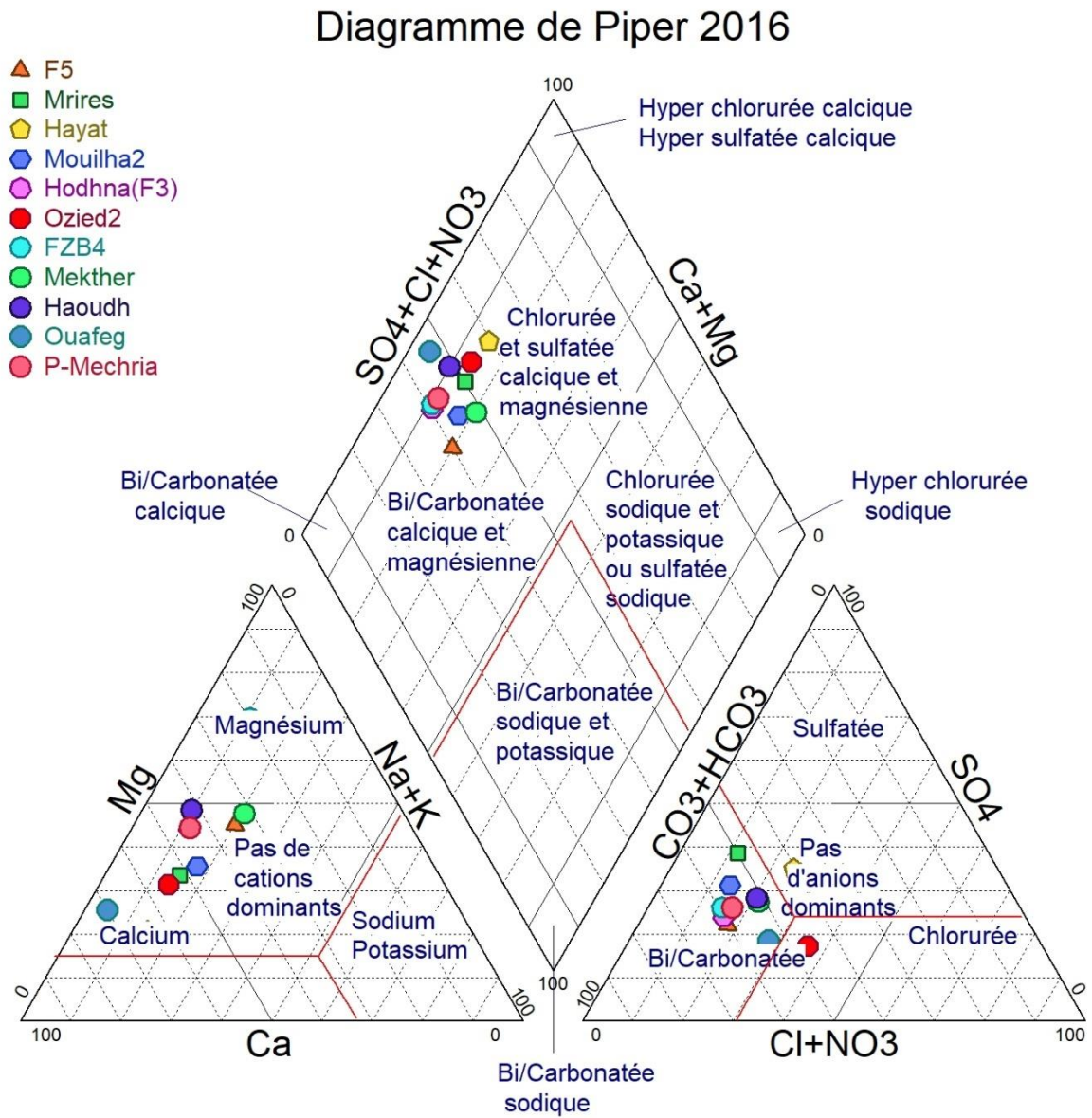


Figure 4.5: Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2016

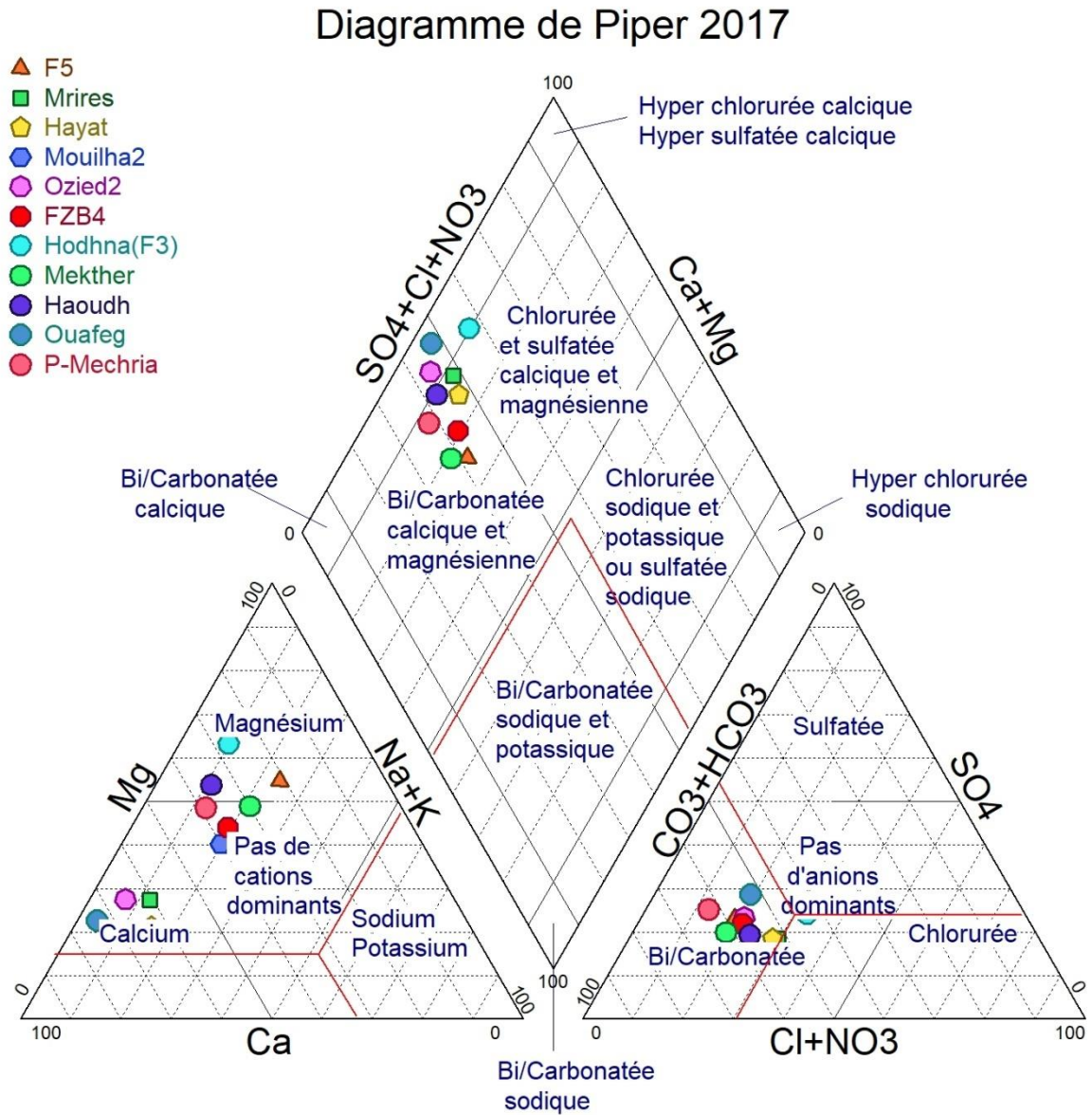


Figure 4.6 : Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2017

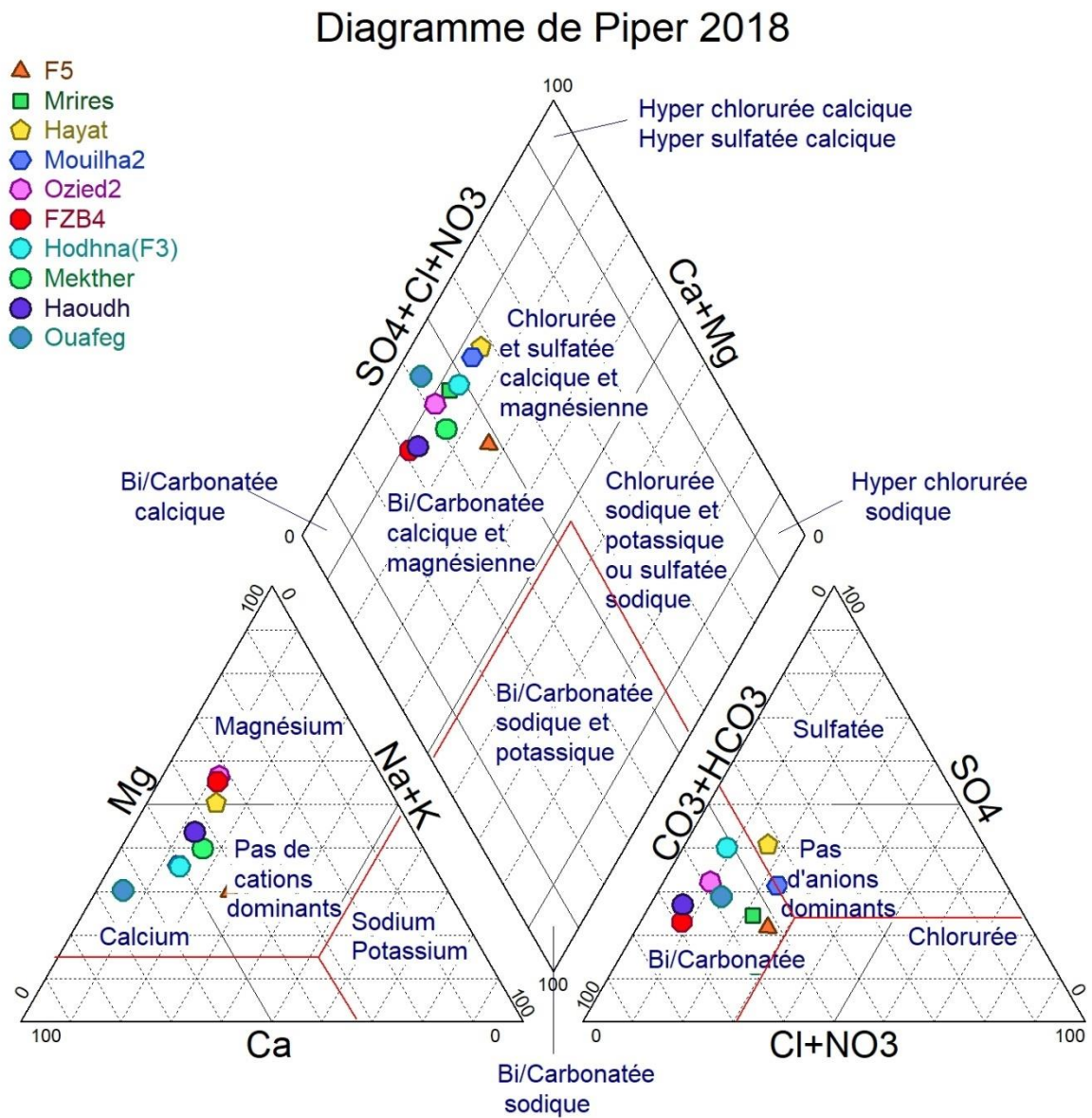


Figure 4.7 : Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2018

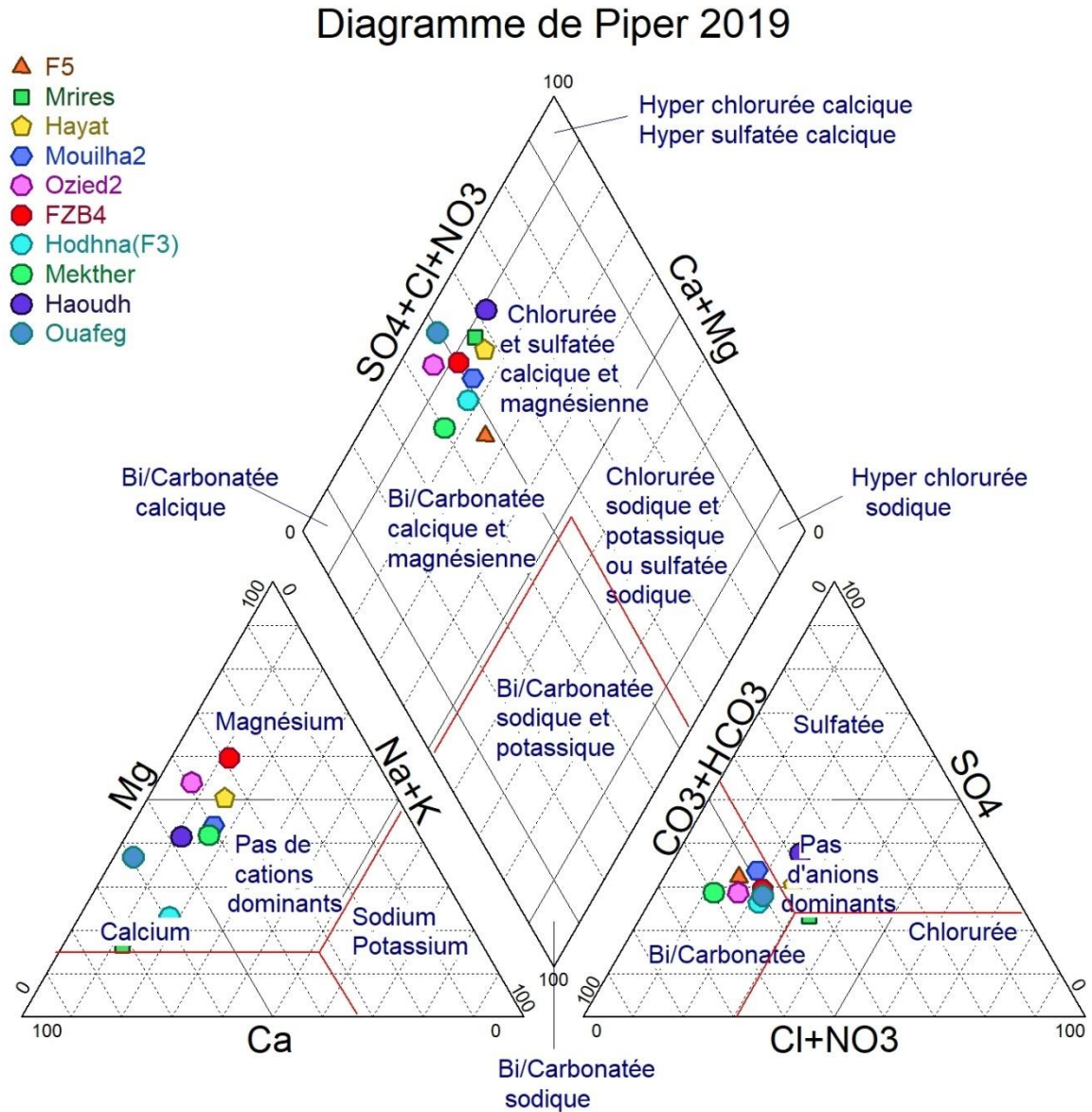


Figure 4.8 : Projection des échantillons sur le diagramme de Piper 2019

Chapitre 4 : Résultat et discussion

A partir du diagramme de piper on peut remarqué que pour les eaux des 11 forages de Commune El Bayadh, le nuage des points montre une dominance cationique du Calcium et du Magnésium, ainsi qu'une dominance anionique Bicarbonatée . Le diagramme global met en relief le faciès dans le tableau suivant :

Années	Echantillons
2016	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2017	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2018	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2019	Bicarbonatée calcique et magnésienne

Tableau 4.14 Représentation graphique des faciès chimiques selon le diagramme de piper (2016-2017-2018-2019).

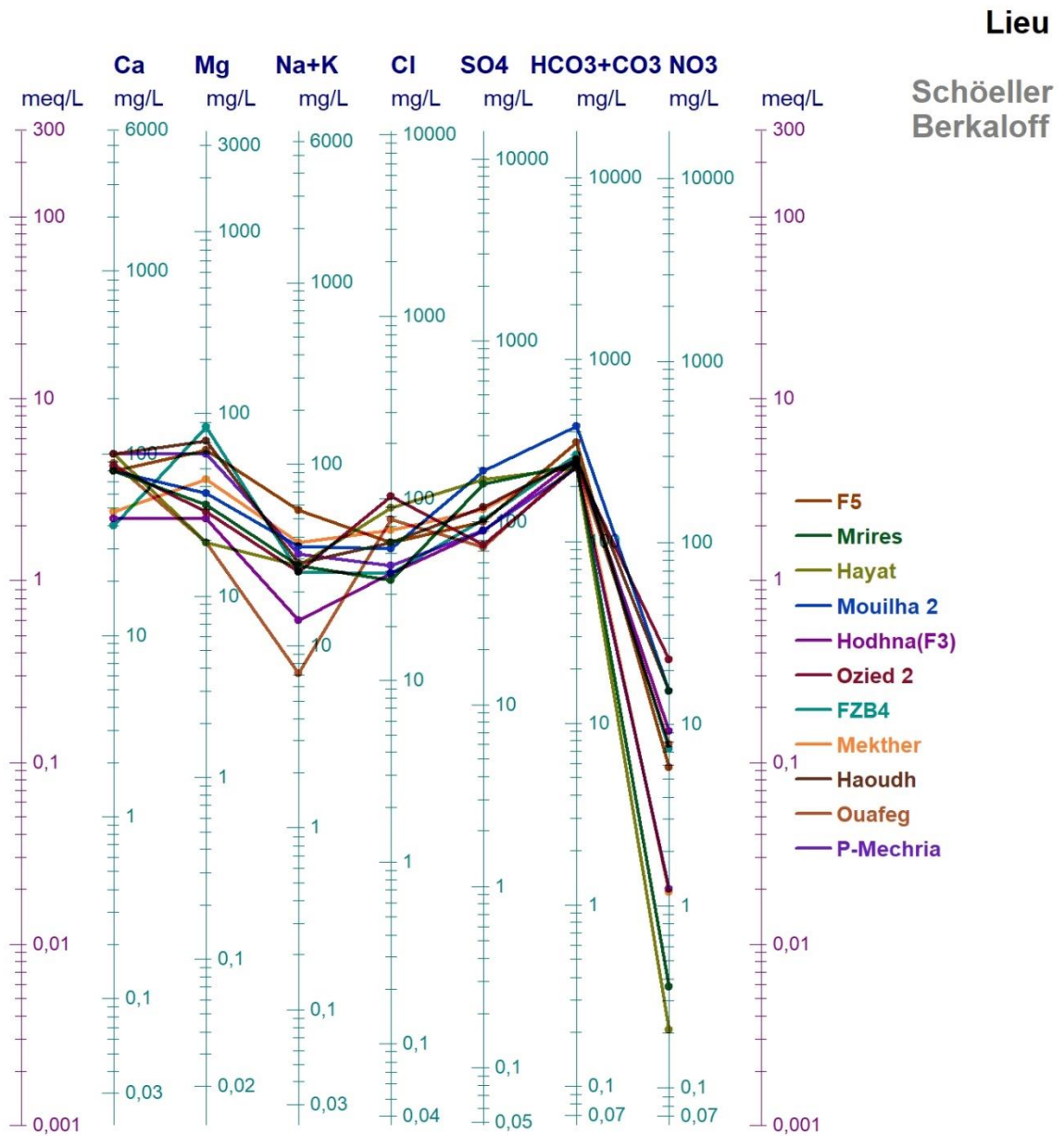


Figure 4.9 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2016

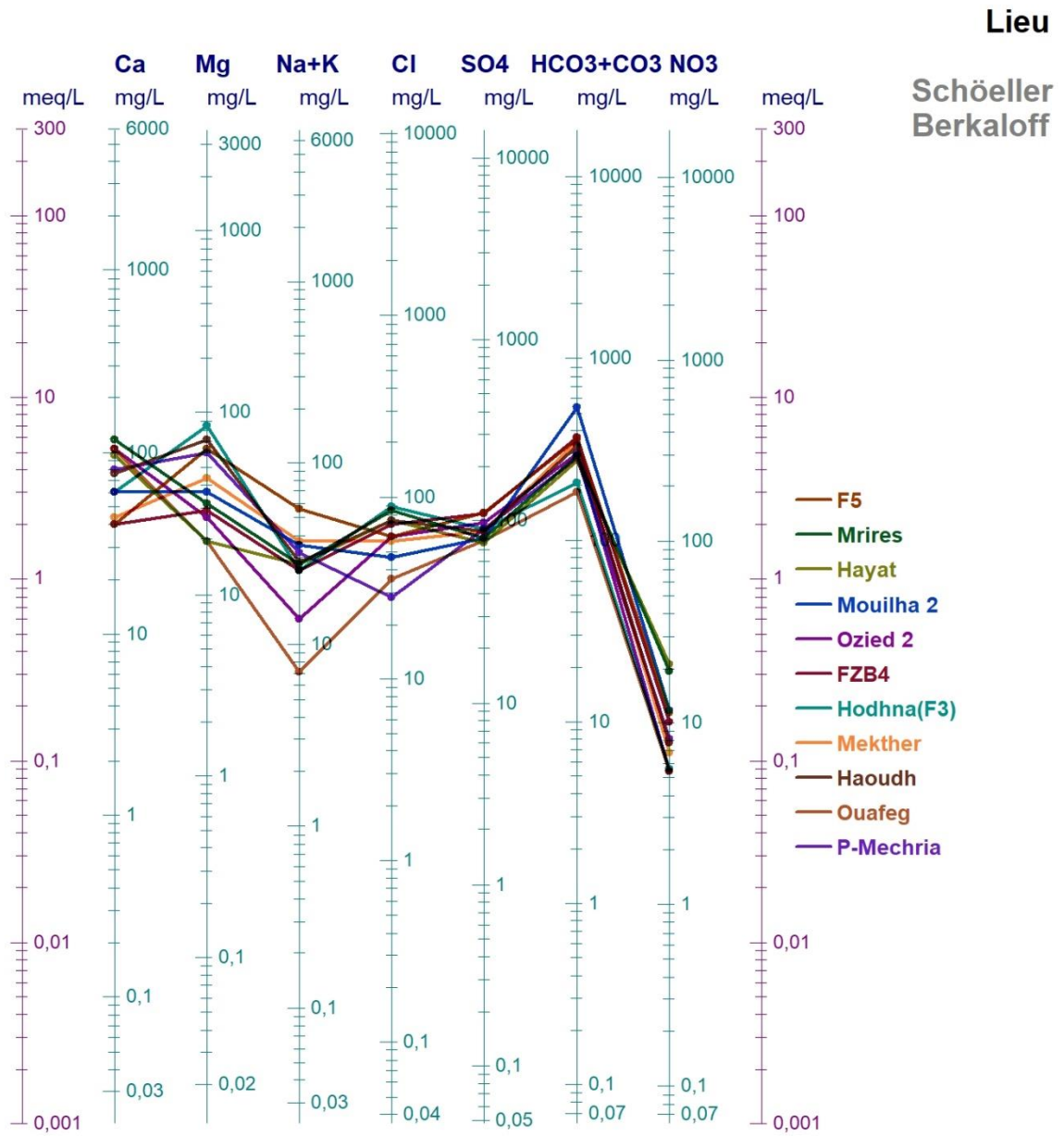


Figure 4.10 Représentation des résultats d’analyses selon le diagramme de Schoeller 2017

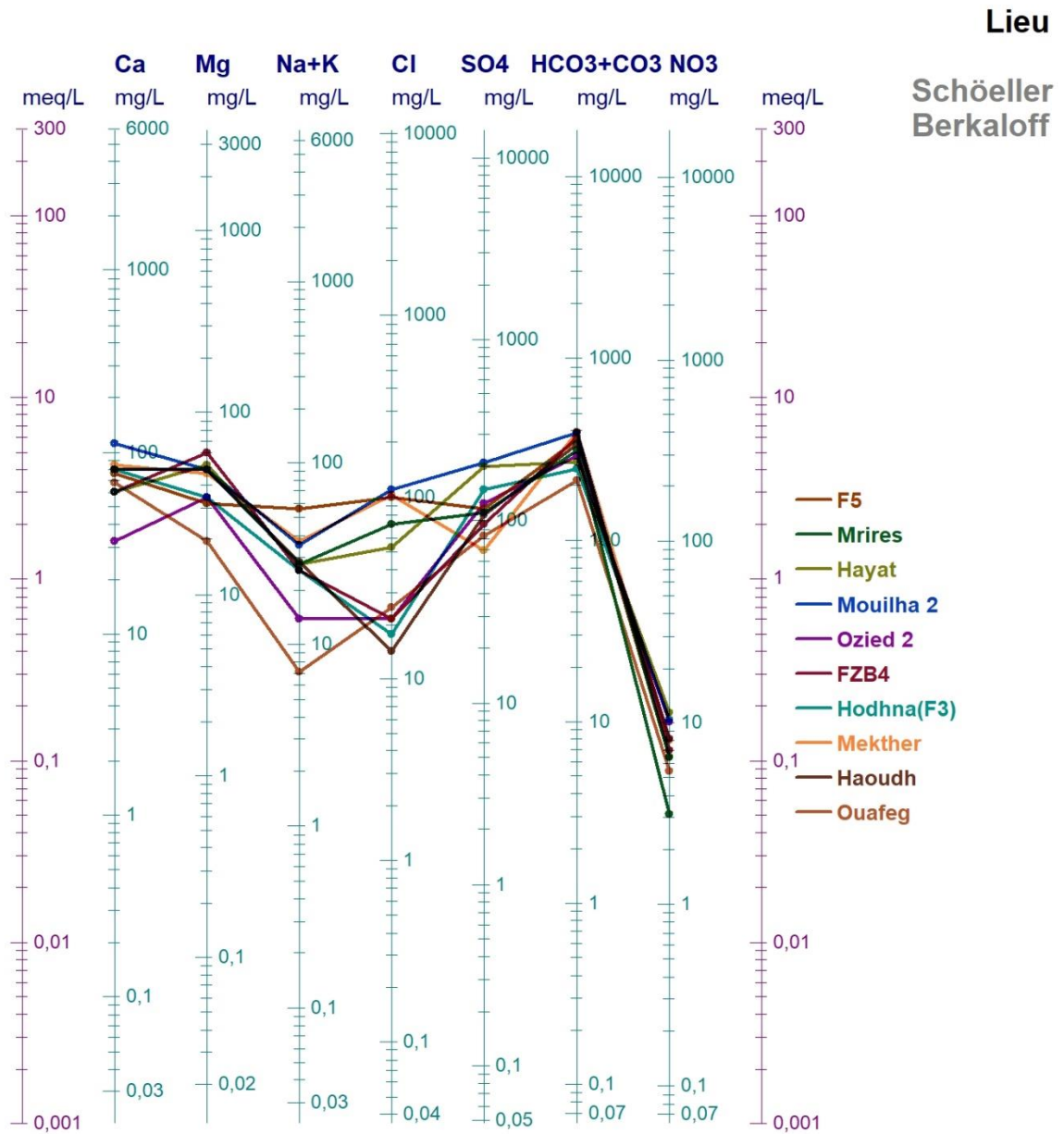


Figure 4.11 Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller 2018

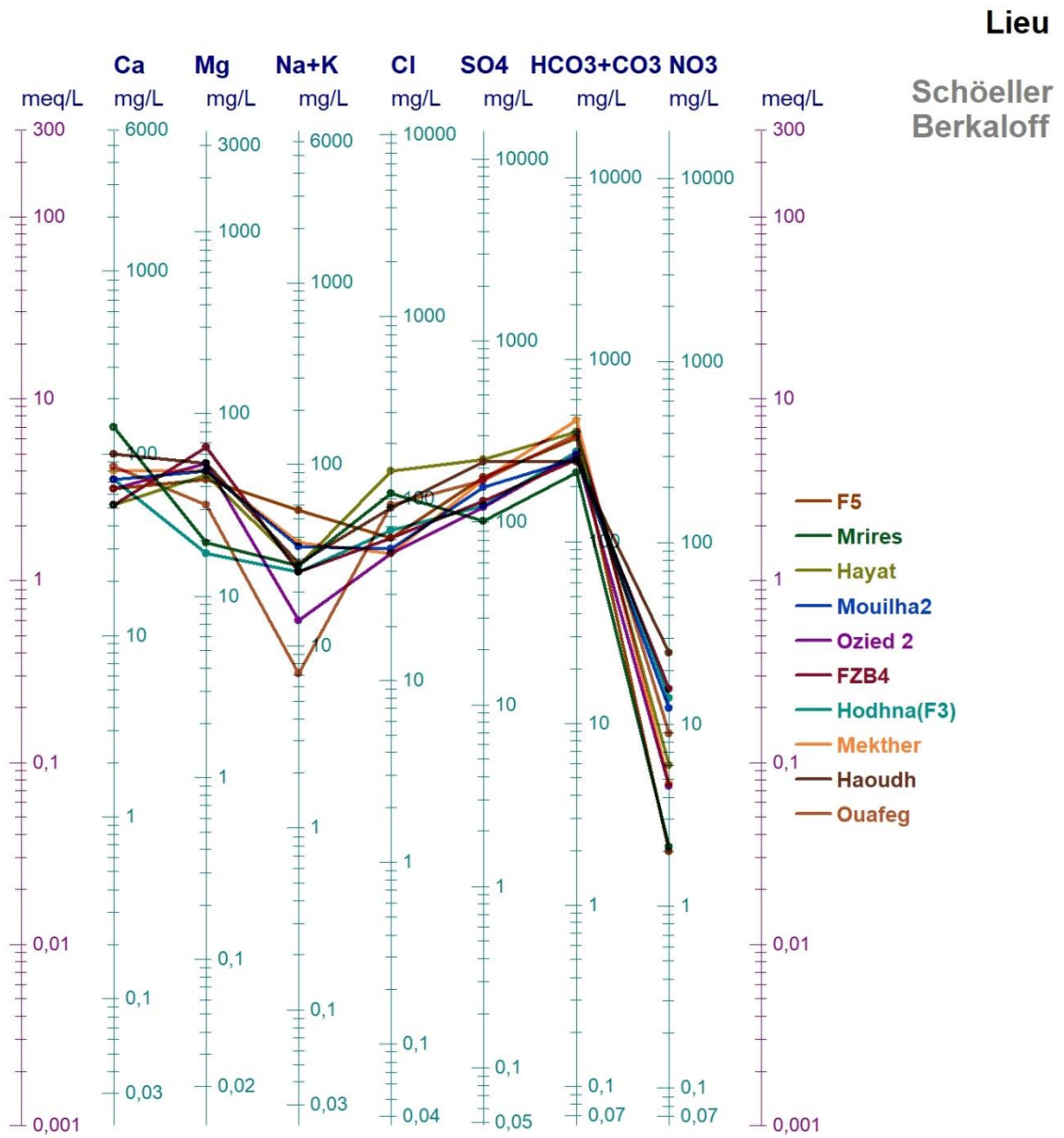


Figure 4.12 Représentation des résultats d’analyses selon le diagramme de Schoeller 2019

Chapitre 4 : Résultat et discussion

La représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller Berkaloff, confirme la domination du faciès qui est :

Années	Echantillons
2016	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2017	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2018	Bicarbonatée calcique et magnésienne
2019	Bicarbonatée calcique et magnésienne

Tableau 4.15 Représentation graphique des faciès chimiques selon le diagramme de Schoeller Berkaloff (2016-2017-2018-2019).

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le domaine de l'eau souterraine, un indicateur d'état ou d'évolution de la qualité de l'eau peut être défini comme le résultat d'une ou plusieurs données brutes d'un ou plusieurs paramètres de la qualité de l'eau, traitées et représentées de façon à indiquer l'état qualitatif ou l'évolution temporelle de la qualité de la ressource étudiée. Dans cette étude, nous avons évalué la qualité des eaux souterraines en vue de la consommation humaine et l'aptitude de ces eaux pour l'irrigation. L'étude est basée sur le suivi d'un ensemble de paramètres dont certains sont mesurés in situ et d'autres par des analyses physico-chimiques réalisées au laboratoire de d'analyse des eaux de l'unité-ADE-El Bayadh de 11 forages.

Les eaux souterraines constituent une ressource de première importance pour l'organisme humain et sa consommation. Toutefois, elles s'épuisent et leur qualité se dégrade sous l'effet de la nature des terrains et des différentes activités humaines, par ailleurs, la demande en eau est à satisfaire non seulement de points de vu quantité mais doivent répondre surtout aux exigences de qualité ce qui implique une surveillance sur le plant physico-chimique.

La pertinence des eaux souterraines à des fins d'irrigation des forages étudiées a été évaluée à partir de sept paramètres de qualité : le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage en sodium (% Na), l'alcalinité résiduelle des eaux (RSC), l'indice de perméabilité (IP), le pourcentage en magnésium (% Mg), indice ratio de corrosivité CRI, ratio ou coefficient de Kelly (RK).

Nous souhaitons que ce type de travail doive être poursuivi par d'autres travaux afin de cerner le problème de la pollution des nappes dans la région. Nous souhaitons aussi que cette recherche constitue un pas en avant pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines et le diagnostic de la pollution.

Bibliographie

Bibliographie

- ❖ Gourrat, M. (2012). Valorisation des enquêtes agronomiques du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols 1ère campagne. <http://prodinra.inra.fr/record/344874>
- ❖ Yves lefebvre (1983) : impact de la pollution diffuse urbaine sur la qualité de l'eau de la rivière Saint Charls a l'aide d'indice de qualité ; mémoire de magister université de Québec.
- ❖ Alinsan wa elmadjal: revue scientifique internationale academique institut s.h.s-cu Nour Bachir el-bayadh (algerie) N°3 avril 2016 (numero special).
- ❖ Direction de ressource en eau (DRE) El Bayadh.
- ❖ Algérienne des eaux : Laboratoire d'analyse des eaux de l'unité-ADE-EL Bayadhya
- ❖ (BOUDIA, A., & BOUAMEUR, A. (2016). Caracterisation hydrochimique et qualite des eaux souterraines de la nappe karstique de saida. Saïda: universite dr. Moulay tahar de saïda.
- ❖ Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Ganthi, R. R.
- ❖ Chidambaram, S., Anandhan, P., ... & Vasudevan, S. (2010). Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. Environmental monitoring and assessment, 171(1-4), 595-609.
- ❖ Ncibi, K., Gaaloul, N., & Gasmi, A. (2016). Contribution de l'analyse multivariée et des SIG pour la caractérisation hydrochimique de la nappe phréatique de la plaine de Sidi Bouzid (Tunisie centrale)/[Contribution of the multivariate analysis and the GIS for Hydrochemical characterization of phreatic aquifer to the plain of Sidi Bouzid (Central Tunisia)]. International Journal of Innovation and Applied Studies, 15(3), 667.
- ❖ Orou, R. K., Soro, G., Soro, D. T., Traoré, A., Fossou, R. M. N. G., & Soro, N. (2016). Aptitudes À L'agriculture Des Eaux Souterraines Du Departement d'Agboville (Sud-Est De La Côte d'Ivoire). European Scientific Journal,12(21).

Annexes

Annexes

I. Comparaison entre des eaux de surfaces et eaux souterraines:

La comparaison est sous forme de tableau ci dessous :

Tableau A-1 : Caractéristiques comparées des eaux de surfaces et eaux souterraines.
(Dégréement, 2005)

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
NH ₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisés	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	Bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout

D E C R E T S

Décret présidentiel n° 11-222 du 14 Rajab 1432 correspondant au 16 juin 2011 modifiant le décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010 portant réglementation des marchés publics.

Le Président de la République,

Sur le rapport conjoint du ministre des finances et du ministre de l'habitat et de l'urbanisme,

Vu la Constitution, notamment ses articles 77-8° et 125 (alinéa 1er) ;

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010, modifié et complété, portant réglementation des marchés publics ;

Décrète :

Article 1er. — Les dispositions de l'article 69 du décret présidentiel n° 10-236 du 28 Chaoual 1431 correspondant au 7 octobre 2010, susvisé, sont modifiées comme suit :

« Art. 69. — Dans les formules de révision des prix, les indices de prix pris en considération sont ceux qui sont publiés au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire, au bulletin officiel des marchés de l'opérateur public (BOMOP) et dans toute autre publication habilitée à recevoir les annonces légales et officielles. Ces indices sont applicables par les services concernés à compter de la date de leur homologation et approbation par arrêté du ministre chargé de l'habitat.

.....(le reste sans changement)..... ».

Art. 2. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 14 Rajab 1432 correspondant au 16 juin 2011.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.

-----★-----

Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

Le Premier ministre.

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

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

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, modifiée, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ;

Vu le décret exécutif n° 07-69 du Aouel Safar 1428 correspondant au 19 février 2007 fixant les conditions et modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales ;

Vu le décret exécutif n° 10-26 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les méthodes et les produits chimiques utilisés pour le traitement et la correction des eaux de consommation humaine ;

Après approbation du Président de la République ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 50 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les objectifs de qualité auxquels doivent répondre les eaux souterraines ainsi que les écoulements et les retenues d'eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau des populations.

Art. 2. — Les eaux minérales naturelles, les eaux de source et les eaux thermales régies par des dispositions spécifiques sont exclues du champ d'application du présent décret.

Art. 3. — Les objectifs de qualité prévus à l'article 1er ci-dessus correspondent à des valeurs maximales fixées dans l'annexe du présent décret pour les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, chimiques et microbiologiques.

Art. 4. — Le contrôle de la conformité aux valeurs maximales est effectué, par l'administration chargée des ressources en eau, au niveau des ouvrages et installations de mobilisation d'eau suivants :

— puits, forages et autres ouvrages de captage d'eaux souterraines ;

17 Rajab 1432 19 juin 2011	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 34	5																																																												
<p>— ouvrages de dérivation des écoulements de surface ;</p> <p>— retenues d'eaux superficielles.</p> <p>Art. 5. — Les prélèvements d'échantillons aux fins de contrôle de conformité sont effectués selon les périodicités minimales suivantes :</p> <p>— pour les eaux souterraines : deux (2) prélèvements échantillons par an pour chaque point de prélèvement, à raison d'au moins un (1) échantillon par semestre.</p> <p>— pour les eaux superficielles : quatre (4) échantillons par an pour chaque point de prélèvement, à raison d'au moins un (1) échantillon par trimestre.</p> <p>Ces périodicités peuvent être augmentées pour tout ou partie des paramètres faisant l'objet d'analyses et, ce, en fonction de la qualité des ressources en eau.</p> <p>Art. 6. — La liste des points de prélèvement et les modalités de prélèvement d'échantillons sont fixées par arrêté du ministre chargé des ressources en eau.</p>	<p>Art. 7. — Lorsqu' il est constaté un dépassement des valeurs maximales pour tout ou partie des paramètres, l'administration chargée des ressources en eau avise les organismes exploitants concernés aux fins de prendre les mesures adéquates permettant d'assurer la continuité de l'alimentation en eau des populations sans risque pour la santé.</p> <p>Les modalités d'application du présent article sont fixées par arrêté du ministre chargé des ressources en eau.</p> <p>Art. 8. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011.</p> <p style="text-align: right;">Ahmed OUYAHIA.</p>																																																													
<p>-----</p> <p>ANNEXE</p> <p>Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations</p>																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 25%;">Groupes de paramètres</th> <th rowspan="2" style="width: 25%;">Paramètres</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Unité</th> <th colspan="2" style="width: 40%;">Valeur maximale</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">Eaux superficielles</th> <th style="width: 20%;">Eaux souterraines</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">Paramètres organoleptiques</td> <td>Couleur</td> <td>mg/l Echelle Pt</td> <td style="text-align: center;">200</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>Odeur (taux dilution à 25°)</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td rowspan="9" style="text-align: center;">Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux</td> <td>Chlorures</td> <td>mg/l Ci</td> <td style="text-align: center;">600</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Concentration en ions hydrogène (pH)</td> <td>Unité pH</td> <td style="text-align: center;">≥ 6,5 et ≤ 9</td> <td style="text-align: center;">≥ 6,5 et ≤ 9</td> </tr> <tr> <td>Conductivité</td> <td>µS/cm à 20°C</td> <td style="text-align: center;">2800</td> <td style="text-align: center;">2800</td> </tr> <tr> <td>Demande biochimique en oxygène (DBO 5)</td> <td>mg/l O2</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">< 3</td> </tr> <tr> <td>Demande chimique en oxygène (DCO)</td> <td>mg/l O2</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>Matières en suspension</td> <td>mg/l</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td>Sulfates</td> <td>mg/l SO4</td> <td style="text-align: center;">400</td> <td style="text-align: center;">400</td> </tr> <tr> <td>Taux de saturation en oxygène dissous</td> <td>% O2</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">> 70</td> </tr> <tr> <td>Température</td> <td>°C</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ammonium</td> <td>mg/l</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> </tr> </tbody> </table>					Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale		Eaux superficielles	Eaux souterraines	Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3	Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9	Conductivité	µS/cm à 20°C	2800	2800	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—	Matières en suspension	mg/l	25	25	Sulfates	mg/l SO4	400	400	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70	Température	°C	25	25		Ammonium	mg/l	4	0,5
Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale																																																											
			Eaux superficielles	Eaux souterraines																																																										
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20																																																										
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3																																																										
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500																																																										
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9																																																										
	Conductivité	µS/cm à 20°C	2800	2800																																																										
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3																																																										
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—																																																										
	Matières en suspension	mg/l	25	25																																																										
	Sulfates	mg/l SO4	400	400																																																										
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70																																																										
	Température	°C	25	25																																																										
	Ammonium	mg/l	4	0,5																																																										

6	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 34	17 Rajab 1432 19 juin 2011		
ANNEXE (suite)				
Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO ₃	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	Chrome	µg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	µg/l	100	50
	Mercure	µg/l	10	6
	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
Azote Kjeldhal	mg/l	3	1	
Pesticides	µg/l	1	0,5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml