



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

de Licence professionnalisant en :

Génie de l'EAU

Thème :

**Etude de la qualité physico-chimique
des eaux souterraines du sous bassin de SIDI ZIANE
(Wilaya de Bouira)**

Réalisée par :

) HARMOUNE Lisa

Encadrée par :

) M^{me} REZIG Amina

Tuteur de l'entreprise :

) M^{er} SAIKI Ahcen

Devant le jury composé de :

) Président : M^r H.DJAFER KHODJA
) Examinatrice : M^{em} D.Baloul

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 enseignante et Promotrice M^{me} REZIG Amina , 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.

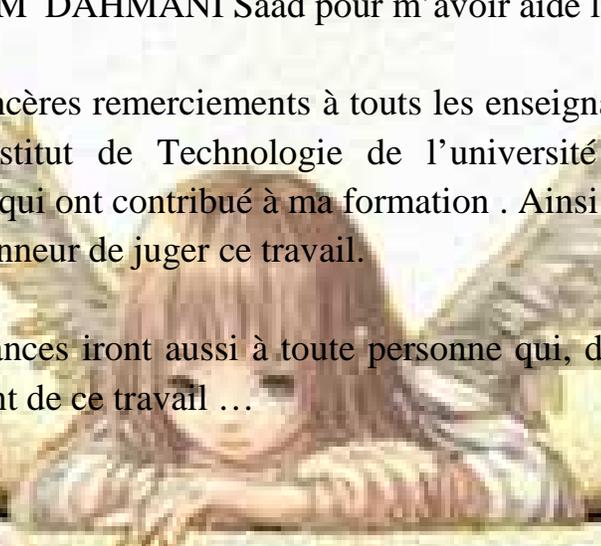
Je tiens également à remercier M^r SAIKI Ahcen, chef de laboratoire et mon encadreur au sein du laboratoire, de m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein du laboratoire centrale de l'ADE, et pour m'avoir suivie et conseillés au cour de mon stage .

J'adresse aussi mes remerciement, M^{me} MEZRAG et M^{me} AIT KACI Lila pour m'avoir fourni des données qui mon aidé dans ce travail , ainsi que M^r MOHAND AMER Kocaeli, M^{me} DEBBOUZ Yasmine et M^{me} MECHOUB Lydia et M^{me} LALEG Nedjma, pour leurs aide au laboratoire , ainsi que tout les employés du laboratoire centrale de l'ADE.

Je remercie également M^r DAHMANI Saad pour m'avoir aidé lors de se travail.

J'adresse aussi mon sincères remerciements à tous les enseignants du département d'hydraulique de l'Institut de Technologie de l'université AKLI MOHAND OULHADJ de Bouira ,qui ont contribué à ma formation . Ainsi qu'aux membres de jury qui me ferons l'honneur de juger ce travail.

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



Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

A la mémoire de ma grand-mère maternelle et de mon grand père paternel Qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur.

A 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 .

A mon très chère Papa ,Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Je vous doit ce que je suis ! Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur .

A ma très chère sœur Yasmine qui a toujours été à mes côtés et ma toujours soutenue, avec ses encouragements et son amour.

A mes oncles et tantes et mes cousins et cousines surtout la petite Anel .

A Bentaleb Slimane , pour son soutien et son encouragement et présence dans la vie de tout les jours.

A mon frère et ma sœur , Chouaib et Safa avec les quelles j'ai passé 3ans de folie , de bon moment de fous rires et de complicité , que Dieu les garde pour moi.

A toute la promotion 2018/2019 de l'Institut de Technologie .

Et à tous ceux qui m'aiment..

Liste des figures :

Figure I-1: Unité de Bouira.....	4
Figure I-2: Localisation du laboratoire centrale de l'ADE, Bouira.....	4
Figure I-3: Organigramme d'Organisation de l'ADE.....	5
Figure I-4 : Salle Bactériologie.....	6
Figure I-5 : Salle de Lavage.....	6
Figure I-6 : Organigramme du laboratoire centrale de l'ADE, Bouira.	7
Figure III-1: Carte de situation géographique de la Wilaya de BOUIRA	18
Figure III-2 : Carte de localisation du sous bassin de SIDI ZIANE, Bouira.....	19
Figure III-3: Carte pluviométrique du sous bassin de SIDI ZIANE, Bouira.....	20
Figure III-4 : Carte Bioclimatique du Nord Algerien.....	21
Figure III-5 : Carte géologique du sous Bassin.	23
Figure III-6 : Carte hydrographique du sous bassin de SIDI ZIANE, Bouira.....	25
Figure IV-1: Image de quelque points de prélèvements.(F Nessisse, F19, F16,F13).....	28
Figure IV-2: Flacons de prélèvement en verre	28
Figure IV-3: Stockage des échantillons dans une glacière..	29
Figure IV-4: pH mètre de mesure..	30
Figure IV-5: Conductivimètre de mesure..	31
Figure IV-6 : Turbidimètre HACH2100N.	32
Figure IV-7: Cuve de turbidimètre	32
Figure IV-8: Les différentes étapes de mesure de la Turbidité.....	32
Figure IV-9 : Le résultat du virage de Ca^{2+}	35
Figure IV-10: Opération de titrage	35
Figure IV-11: Le résultat du virage de TH.	36
Figure IV-12: Le résultat du virage de TAC.....	36
Figure IV-13: Le résultat du virage de Cl^-	37
Figure IV-14: Les étapes de dosage de la matière organique.	39
Figure IV-15: Dessiccateur	40
Figure IV-16: Etuve	40
Figure IV-17: Balance.....	40
Figure IV-18: Spectrophotomètre et sa cuve	42
Figure IV-19: Dosage de Fer	42
Figure IV-20: Dosage Nitrate NO_3^-	43
Figure IV-21: Béchers mis sous agitation.....	44
Figure IV-22 : Formation de floccs	44
Figure IV-23: Filtration de l'eau.....	44
Figure IV-24: Ajout des billes pour homogénéis de la Température.....	44
Figure IV-25: La mise au chauffage.....	45
Figure IV-26 : Compléter au trait de jauge.....	45
Figure IV-27: Spectrophotomètre à flamme.....	45

Figure IV-28: Dosage de Phosphate.	46
Figure IV-29: Dosage de Nitrite.	47
Figure IV-30: Dosage d' Ammonium.	48
Figure IV-31: Interface du logiciel QGIS.	49
Figure IV-32: Diagramme de Piper	50
Figure IV-33: Diagrammes de Schoeller Berkaloff.	51
Figure V-1: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de pH.	53
Figure V-2: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Turbidité	54
Figure V-3: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Conductivité.	55
Figure V-4: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TDS	56
Figure V-5: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Salinité.	56
Figure V-6: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Calcium.	57
Figure V-7: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TH.	58
Figure V-8: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TAC.	59
Figure V-9: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Chlorures.	60
Figure V-10: Carte des différentes concentrations des Chlorures Cl^-	60
Figure V-11: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Magnésium	61
Figure V-12: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Bicarbonate.	62
Figure V-13: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètres de la Matière organique.	63
Figure V-14: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Résidus Sec.	64
Figure V-15: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Fer.	64
Figure V-16: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Sulfate.	65
Figure V-17: Carte des différentes concentrations de Sulfate SO_4^{2-}	66
Figure V-18: Diagramme représentatif des résultats du paramètre de Nitrate.	67
Figure V-19 : Carte des différentes concentrations de Nitrate NO_3^-	67
Figure V-20: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètres de Manganèse.	68
Figure V-21: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Phosphate.	69
Figure V-22: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre des Nitrites.	70
Figure V-23: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre d'Ammonium.	70
Figure V-24: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Sodium.	71
Figure V-25: Carte des différentes concentration de Sodium Na^+	71
Figure V-26: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Potassium.	72
Figure V-27: Carte des différentes concentration de Potassium K^+	73
Figure V-28: Projection des échantillons sur le diagramme de Piper.	74
Figure V-29: Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller Berkaloff.	75
Figure V-30: Carte des indice de contamination IC.	76

Liste des Tableaux:

Tableau IV- 1 : Coordonnées et dates de réalisation des forages.	29
Tableau IV-2 : Fiche technique des différents forages.	30
Tableau IV-3 : Matériels utiliser pour l’analyse des paramètres physico-chimiques	30
Tableau IV-4: Matériels et Réactifs utiliser pour l’analyse des paramètres Volumétriques.	34
Tableau IV-5 : Matériels et Réactifs utiliser pour l’analyse des paramètres de spectrophotométrie.	41
Tableau IV-6: Matériels et Réactifs utiliser pour l’analyse des paramètres de pollution.....	46
Tableau IV-7: Les sources de pollutions.	48
Tableau IV-8: Classement en vue de la détermination de l’indice de contamination.....	51
Tableau V-1: Résultats d'analyses du paramètre de pH.....	53
Tableau V-2: Résultats d'analyses du paramètre de Turbidité.....	54
Tableau V-3: Résultats d'analyses du paramètre de Conductivité.....	54
Tableau V-4: Résultats d'analyses du paramètres de TDS.....	55
Tableau V-5: Résultats d'analyses du paramètre de Salinité.	56
Tableau V-6: Résultats d'analyses du paramètre de Calcium	57
Tableau V-7: Résultats d'analyses du paramètres de TH.....	58
Tableau V-8: Résultats d'analyses du paramètre de TAC.....	59
Tableau V-9: Résultats d'analyses du paramètres de Cl-.....	59
Tableau V-10: Résultat d'analyses du paramètre de Magnésium.	61
Tableau V-11: Résultats d'analyses du paramètres de Bicarbonate.....	61
Tableau V-12: Résultats d'analyses du paramètre de la Matière organique.	62
Tableau V-13: Résultats d'analyses du paramètre de Résidus Sec.	63
Tableau V-14: Résultats d'analyses du paramètre de Fer.	64
Tableau V-15: Résultats d'analyses du paramètre de Sulfate.	65
Tableau V-16: Résultats d'analyses du paramètre de Nitrate.....	66
Tableau V-17: Résultats d'analyses du paramètre de Manganèse.	68
Tableau V-18: Résultats d'analyses du paramètre de Phosphate.	69
Tableau V-19: Résultats d'analyses du paramètre des Nitrites.	69
Tableau V-20: Résultats d'analyses du paramètre d'Ammonium.	70
Tableau V-21: Résultats d'analyses du paramètre de Sodium.	71
Tableau V-22: Résultats des analyses du paramètre de Potassium.....	72
Tableau V-23: Détermination de l'indice de contamination et de la vulnérabilité.	76

Liste des Abréviations

- **ADE** : Algérienne des eaux .
- **A.N.R.H** : Agence Nationale de la recherche hydraulique.
- **A.N.A.T** : Agence Nationale d'aménagement du territoire .
- **Cond** : Conductivité .
- **CO₂** : Dioxyde de carbone.
- **EDTA** : Éthylène diamine tétra-acétique .
- **F** : Facteur .
- **FD** : Facteur de dilution .
- **Hcl** : Acide Chlorhydrique .
- **IC** : Indice de contamination.
- **K₂CrO₄** : Chromate de Potassium .
- **KMnO₄** : Permanganate de Potassium .
- **M₀** : Masse à vide.
- **M_e** : Masse de l'échantillon.
- **MES** : Matière en suspension.
- **NaOH** : L'hydroxyde de sodium .
- **NTU** : Unité Néphélométrique de turbidité .
- **ND** : Niveau dynamique.
- **NS** : Niveau statique .
- **ORAC** : Organisme Régionale Avicole Centre.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé .
- **pH** : potentiel Hydrogène.
- **TH** : Titre Hydrométrique.
- **TA et TAC** : Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet .
- **T°** : Température .
- **TDS** : Teneur en sel dissous.
- **V_{eq}** : Volume équivalent .
- **V_{BL}** : Volume du blanc.
- **V_T** : Volume utiliser .
- **μ.m** : Micromètre .
- **μs** : Micro siemens .
- **μs/cm** : Micro siemens par centimètre.
- **S/m** : Seconde par mètre .
- **mg/l** : Milligramme par litre .
- **km²** : Kilomètre carré .
- **°C** : Degré Celsius.
- **mm** : Millimètre .

Sommaire

REMERCIEMENTS

Dédicace

Liste des figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

RESUME

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil.

I.1.Introduction	2
I.2. Historique de l'organisme	2
I.3.Objectifs de l'ADE	2
I.4.Missions principales de l'ADE	3
I.5.Unité de Bouira	3
I.6.Présentation du laboratoire centrale	3
I.6.1.Les différentes structures du laboratoire	6
❖ L'organigramme du laboratoire	7
I.7.Conclusion	8

Chapitre II : Caractéristiques et Potabilité de l'eau.

II.1.Introduction	9
II.2.Caractéristiques organoleptiques	9
II.2.1.Couleur	9
II.2.2.L'Odeur	10
II.2.3.Le Gout	10
II.3.Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	10
II.3.1.Paramètres physiques	10
II.3.1.1.La Température T	10
II.3.1.2.La Conductivité	11
II.3.1.3.La Salinité	11
II.3.1.4. La Teneur en Sel Dissous TDS	11
II.3.1.5. La Turbidité	11
II.3.1.6. Résidu sec	12
II.3.2.Paramètres chimiques	12
II.3.2.1. Le pH	12
II.3.2.2. Le Titre Hydrométrique TH (Dureté).....	12
II.3.2.3. Le Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet (TA et TAC)	13

II.3.2.4. Elément minéraux	13
II.3.2.5. Les matières organiques MO	15
II.3.2.6. Paramètres Indésirable	15
II.3.2.7. Paramètres de pollution	16
II.4. Norme de potabilité	17
II.5. Conclusion	17

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

III.1. Introduction	18
III.2. Situation Géographique	19
III.3. Climat	20
III.4. Etat Bioclimatique	21
III.5. Géologie	21
III.5.1. Description des terrains sédimentaires	22
❖ A Alluvions actuelles	22
❖ a3 zone marécageuses	22
❖ a2 alluvions récentes.....	22
❖ q ¹ alluvions anciennes des vallées.....	22
❖ q alluvions anciennes de la plaine du hamza.....	22
❖ q alluvions anciennes des plateaux et cône de déjection.....	22
❖ m conglomérats et argiles (aquitanien)	22
III.5.2. Aperçu stratigraphique et tectonique	22
III.5.3. Coupe lithologique :	23
III.5.3.1. Le F Nessisse.....	23
III.5.3.2. Le F O. Bellil.....	24
III.5.3.3. Le F11.....	24
III.6. Hydrogéologie.....	24
III.7. Végétation et cultures	26
III.8. Conclusion	26

Chapitre IV : Matériels et Méthdes

IV.1. Introduction	27
IV.2. Méthodologie	27
IV.3. Échantillonnage	27
IV.3.1. Mode de prélèvement	28
IV.3.2. Stockage des échantillons	29
IV.4. Présentation des Forages	29
IV.5. Méthodes d'analyses physico-chimiques	30
IV.5.1. Les Paramètres physiques	30

❖ Matériels utilisé	30
IV.5.1.1.Mesure du pH	30
IV.5.1.2.Mesure de la Température T	31
IV.5.1.3.Mesure de la Turbidité	32
IV.5.1.4.Mesure de la conductivité	33
IV.5.1.5.Mesure de la Teneur en Sel Dissous TDS	33
IV.5.1.6.Mesure de la Salinité	33
IV.5.2.Les Paramètres Volumétriques	34
❖ Matériels utilisé	34
IV.5.2.1.Dosage de Calcium Ca^{2+}	34
IV.5.2.2.Détermination de la dureté TH	35
IV.5.2.3.Détermination du Titre Alcalimétrique Complet TAC	36
IV.5.2.4.Dosage de chlorures Cl^-	37
IV.5.2.5.Détermination du Magnésium Mg^{2+}	37
IV.5.2.6.Détermination du Bicarbonate HCO_3^-	38
IV.5.2.7.Détermination de la matière organique MO	38
IV.5.2.7.Détermination du résidus sec	39
IV.5.3.Les Paramètres de Spectrophotométrie	41
❖ Matériels et Réactifs utilisé	41
IV.5.3.1.Dosage de Fer	42
IV.5.3.2.Dosage de Sulfate SO_4^{2-}	43
IV.5.3.3.Dosage de Nitrate NO_3^-	43
IV.5.3.4.Dosage de Manganèse Mn^{2+}	44
IV.5.4.Les Paramètres Photométrique à Flamme	45
IV.5.4.1.Dosages de Sodium et Potassium Na^+ , K^+	45
IV.5.5.Les Paramètres de pollution	46
❖ Matériels et Réactifs utilisé	46
IV.5.5.1.Dosage de Phosphate PO_4^{3-}	46
IV.5.5.2.Dosage de Nitrites NO_2^-	47
IV.5.3.Dosage d'Ammonium NH_4^+	47
IV.6.Définition de QGIS	48
IV.7.Détermination des principaux facies chimiques	49
IV.7.1.Représentation graphique des faciès chimiques	49
IV.7.1.1.Logiciel Diagrammes	49

IV.7.1.2.Diagramme de PIPER	50
IV.7.1.3.Diagramme de Schoeller-Berkaloff	50
IV.8.Calcul de l'indice de contamination	51
IV.9.Conclusion	52

Chapitre V : Résultats et Discussions

V.1.Introduction	53
V.2.Résultats et discussions	53
V.2.1.Les Paramètres physique et chimiques	53
V.2.1.1. Le pH	53
V.2.1.3.La Turbidité	54
V.2.1.4.La Conductivité	54
V.2.1.5.La Teneur en Sel Dissous TDS	55
V.2.1.6.La Salinité	56
V.2.2.Les Paramètres Volumétriques	57
V.2.2.1.Le Calcium Ca^{2+}	57
V.2.2.2. Le Titre Hydrométrique TH	58
V.2.2.3.Le Titre Alcalimétrique Complet TAC	59
V.2.2.4.Les Chlorures Cl^-	59
V.2.2.5. Le Magnésium Mg^{2+}	61
V.2.2.6.Le Bicarbonate HCO_3^-	61
V.2.2.7. La Matière organique MO	62
V.2.2.8.Le Résidu Sec	63
V.2.3.Les Paramètres de spectrophotométrie	64
V.2.3.1. Le fer Fe	64
V.2.3.2.Le Sulfate SO_4^{2-}	65
V.2.3.3.Le Nitrate NO_3^-	66
V.2.3.4.Le Manganèse Mn^{2+}	68
V.2.4.Les Paramètres de pollution	69
V.2.4.1.Le Phosphate PO_4^{3-}	69
V.2.4.2.Les Nitrites NO_2^-	69
V.2.4.3. L'Ammonium NH_4^+	70
V.2.5.Les Paramètres Photométrique à Flamme	71
V.2.5.1. Le Sodium Na^+	71
V.2.5.2.Le Potassium K^+	72
V.3.Détermination des principaux facies chimiques	74
V.3.1.Représentation graphique des faciès chimiques	74

V.3.1.1.Diagramme de PIPER	74
V.3.1.2.Diagramme de Schoeller-Berkaloff	74
V.4.Calcul de l'indice de contamination	75
V.4.Conclusion	77
Conclusion Générale	78
Références Bibliographiques	
Annexe	

RESUME :

L'étude réalisée a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique ainsi que la vulnérabilité à la pollution des eaux du sous bassin de Sidi Ziane (wilaya de Bouira) à travers un ensemble d'analyses et de calculs d'indices de contamination en se référant aux normes de potabilité (algérienne et OMS). L'ensemble des analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire centrale de l'Algérienne des eaux ADE de Bouira sur huit 8 forages durant la période des hautes eaux (Avril 2019) , les résultats obtenue montrent que la majorité des paramètres étudiés répondent aux normes de potabilité admissibles sauf pour la dureté TH du F13 et la matière organique MO pour les trois forages suivant : F O.Bellil, F Nessisse et le F11.

Au terme de cette étude on peut déduire que la majorité des forages présentent des eaux d'une bonne qualité du point de vue physico-chimique pour la potabilité et sont faiblement sensible à la pollution.

Mots clés : Qualité physico-chimique, potabilité, vulnérabilité à la pollution, sous bassin de Sidi Ziane.

ABSTRACT :

The objective of this study is to evaluate the physicochemical quality as well as the vulnerability to water pollution of the sub-basin of Sidi Ziane (wilaya of Bouira) , using a set of analyzes and the calculation of contamination indices by reference to standards of potability (Algerian and WHO).All analyzes were carried out at the Algerian water laboratory ADE Bouira on eight 8 boreholes, the results obtained shows that the majority of the parameters studied comply with acceptable drinking standards with the exception of the hardness TH of F13 and the organic matter MO of the following three holes: F O. Bellil , F Nessisse and F11.

At the end of this study, it can be deduced that the majority of the boreholes have water of good physicochemical quality for drinking water and are slightly sensitive to pollution

Key words: Physicochemical quality, potability, vulnerability to water pollution, sub-basin of Sidi Ziane.

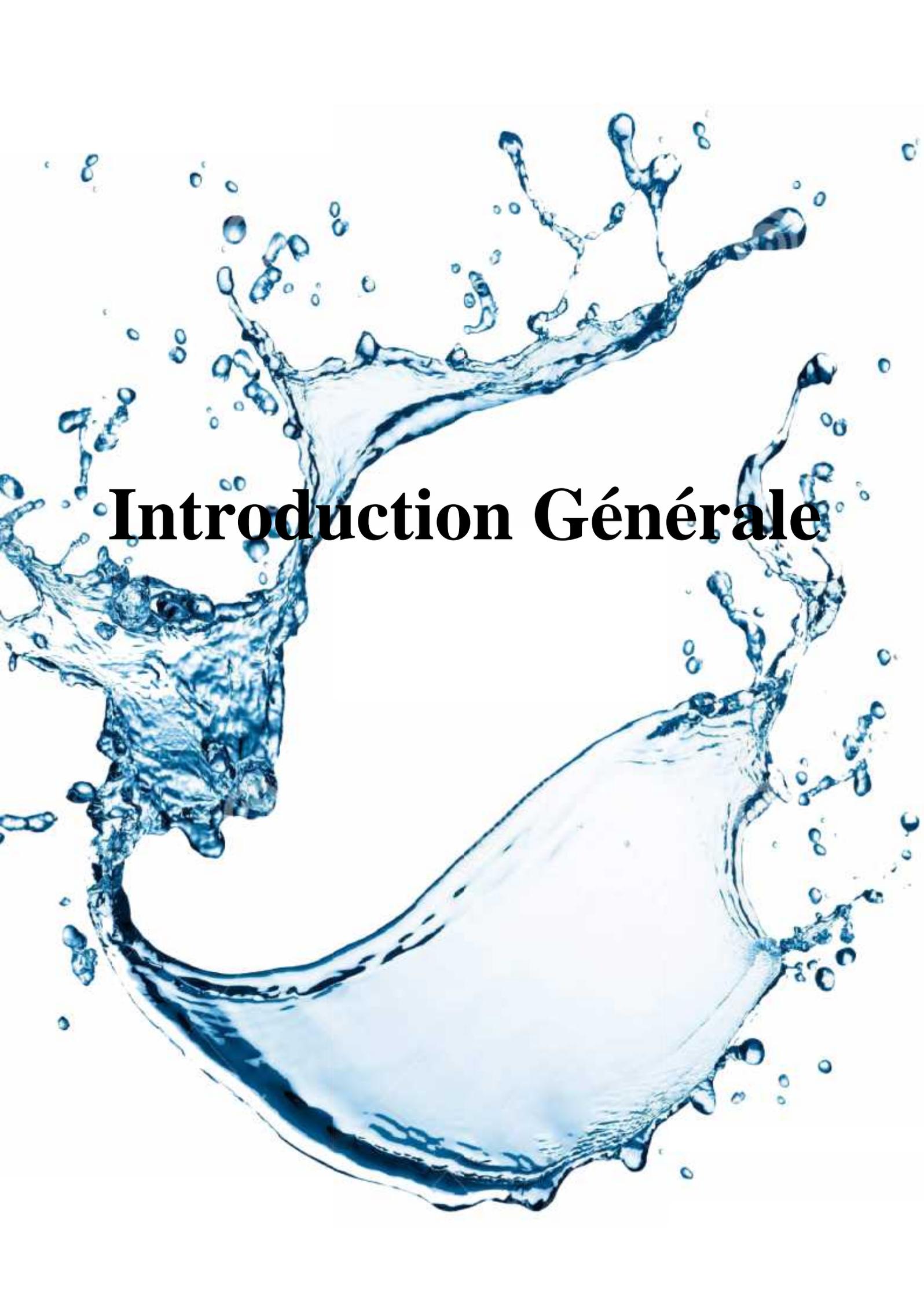
_____:

الهدف هذه هو تقييم الفيزيو-كيميائية لمياه بسيدي زيان (ولاية البويرة) قابليتها التحاليل العالمية
التحاليل العالمية

ي جميع التحاليل للجزائرية للمياه لولاية البويرة على ثمانية ارتوازية.اظهرت عليها اغلبية الفيزيو-كيميائية دراستها تستجيب لمعايير صلاحية الشرب المؤهلة العضوية 13
رتوازية الاتية : بليل نسيس .11

نهاية هذه اغلبية الارتوازية مياه نوعية جيدة الناحية الفيزيو-كيميائية لصلاحية استجابتها ضعيفة.

الكلمات المفتاحية : الجودة الفيزيو-كيميائية ، قابلية التلوث ، صلاحية الشرب ، الحوض الفرعي بسيدي زيان.



Introduction Générale

Introduction Générale

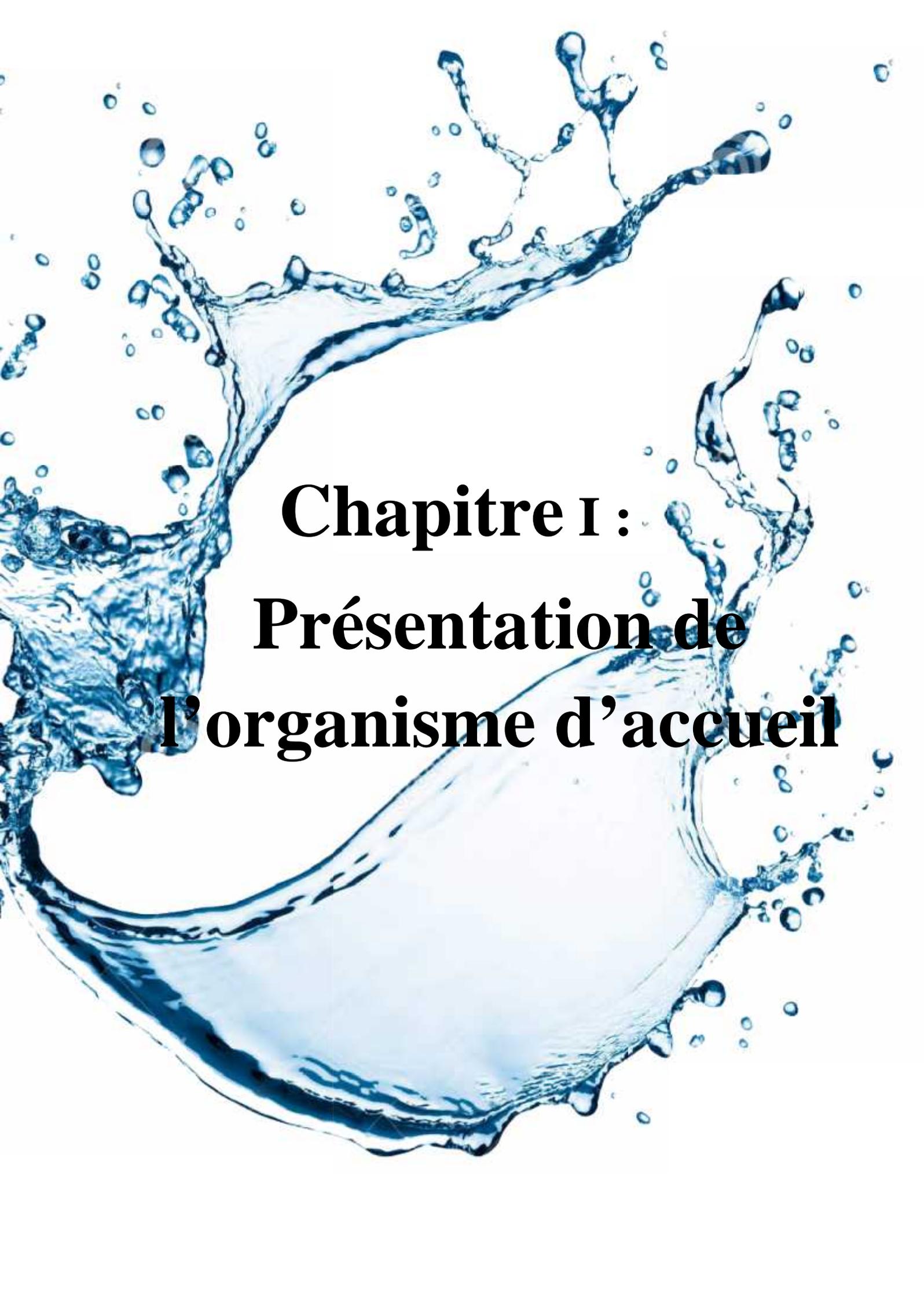
Introduction Générale :

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.

Dans ce sens, nous allons faire l'étude de la qualité physico-chimique du sous bassin de Sidi Ziane (wilaya de Bouira) ainsi que sa vulnérabilité à la pollution , à travers un ensemble d'analyses et de calculs d'indice de contamination tout en se référant aux normes de potabilité (OMS et Algérienne) , cette étude a été effectuée durant mon stage de 3 mois à l'Algérienne des Eaux–Bouira et les analyses des échantillons ont été faites durant la période des hautes eaux (Avril 2019) au niveau du laboratoire centrale du même organisme.

Cinq chapitres ont structurés ce travail à savoir :

- ✓ Le premier 1 chapitre présentera : l'organisme d'accueil de l'Algérienne des Eaux ADE de Bouira.
- ✓ Le deuxième 2 chapitre sera réservé aux : Caractéristiques et potabilité de l'eau.
- ✓ Le troisième 3 chapitre sera consacré à la : Présentation de la zone d'étude.
- ✓ Le quatrième 4 chapitre traitera les : Matériels et Méthodes.
- ✓ Le cinquième 5 chapitre portera sur les : Résultats et Discussions.



Chapitre I :
Présentation de
l'organisme d'accueil

I.1.Introduction :

Ce premier chapitre fait l'objet de la présentation de l'organisme d'accueil qui est l'Algérienne des Eaux de Bouira ou j'ai effectué mon stage .

I.2. Historique de l'organisme :

L'Algérienne des Eaux par abréviation « ADE » Est un établissement public national à caractère industriel et commercial . Elle a été créée par le décret exécutif n° 01-101 du 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger. (**Ministère des Ressources en Eau , 2018**). Elle est régie en tant qu'administration vis-à-vis de l'état et en tant qu'entreprise vis-à-vis des tiers. (**ALGÉRIENNE DES EAUX**)

Dès sa création, l'ADE s'est appliquée à la mise en place de ses structures, à donner une impulsion à la gestion et à lever les préalables du transfert des établissements en charge de la distribution de l'eau (régionaux et de wilaya). (**ALGÉRIENNE DES EAUX**)

I.3.Objectifs de l'ADE :

L'ADE est chargé d'assurer sur tout le territoire national La gestion des opérations :

- ✓ De production.
- ✓ De transport.
- ✓ De traitement.
- ✓ De stockage.
- ✓ D'adduction.
- ✓ De distribution.
- ✓ De l'approvisionnement en eau potable et industrielle.
- ✓ Du renouvellement des infrastructures . (**ALGÉRIENNE DES EAUX**)

I.4.Missions principales de l'ADE:

L'établissement ADE est chargé :

-) D'assurer la disponibilité de l'eau aux citoyens avec des conditions universellement admises, en favorisant l'accès au maximum d'utilisateur aux réseaux publics.
-) De la gestion et la maintenance (exploitation) des systèmes et installations permettant la production, le traitement, le transfert, le stockage et la distribution de l'eau potable et industrielle.
-) De la normalisation et de la surveillance de la qualité de l'eau distribuée.
-) De la protection des eaux, par des agents assermentés de la police des eaux.
-) Du développement, renouvellement et de la modernisation du réseau national d'eau potable et industrielle, pour le compte de l'état, des collectivités, ou pour son propre compte.
-) D'économie de l'eau par plusieurs actions comme l'introduction de toute technique de préservation de l'eau et la lutte contre le gaspillage par l'action d'information, d'éducation, de formation et sensibilisation des usagers.
-) Développer des sources non conventionnelles de l'eau (un besoin) .
-) De gérer la concession du service public de l'eau à des personnes morales publiques ou privées pour agir dans ce domaine. (ALGÉRIENNE DES EAUX)

I.5.Unité de Bouira :

L'unité de Bouira est rattachée structurellement à la zone de TIZI-OUZOU lié directement à l'agence régionale d'ALGER. Elle intervient sur tout le territoire de la wilaya de Bouira par six (6) centres qui sont :BOUIRA centre, LAKHDARIA., SOUR-EL-GHOZLANE, BORDJ AKHRIS, AIN BESSAM., M'CHEDALLAH. Ayant la tâche de suivi de qualité et de contrôle des eaux de distribution. Ci-dessous le schéma d'organisation. (ALGÉRIENNE DES EAUX) (Figure I-3)

I.6.Présentation du laboratoire centrale :

L'unité de Bouira est équipée d'un laboratoire d'analyse qui contrôle la qualité de l'eau distribuée aux abonnés , afin de se rendre facilement au niveau du laboratoire centrale de l'ADE de BOUIRA, il faut prendre la direction de lieu dit DRAA-EL-BORDJ. Le laboratoire est situé juste au grand château d'eau à côté du fort turque . (ALGÉRIENNE DES EAUX) (Figure I-2)

Des échantillons sont collectés tous les matins pour l'ensemble des centres relevant de l'ADE de Bouira. Une fois les échantillons arrivés les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont effectuées. En cas d'une anomalie une équipe d'intervention est mise en place pour établir un diagnostic, de la situation et y apporter les solutions adéquates.



Figure I-1: Unité de Bouira .



Figure I-2: Localisation du laboratoire centrale de l'ADE ,Bouira.

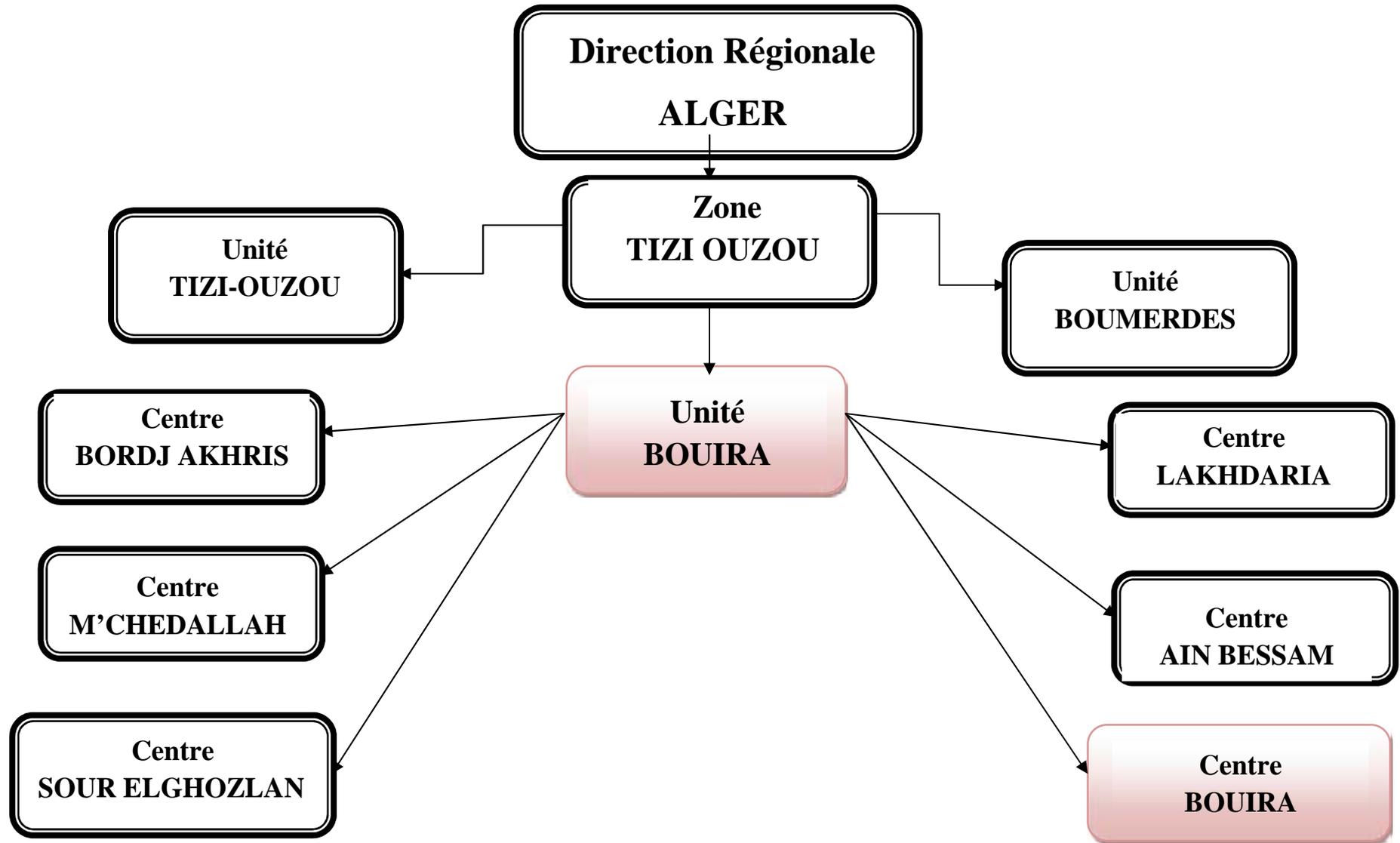


Figure I-3: Organigramme de Organisation de l'ADE (ALGÉRIENNE DES EAUX)

I.6.1. Les différentes structures du laboratoire :

) Le laboratoire comprend cinq (5) salles :

- ✓ Salle des analyses physico-chimique .
- ✓ Salle des analyses bactériologique .
- ✓ Salle de lavage et stérilisation.
- ✓ Salle de stockage (réactifs, milieux de culture...).
- ✓ Salle de préparation et pesées de réactifs. (ALGÉRIENNE DES EAUX)



Figure I-4: Salle Bactériologie .

) Et quatre (4) bureaux :

- ✓ Bureau du chef de laboratoire .
 - ✓ Bureau du chef de service physico-chimique.
 - ✓ Bureau du chef de service bactériologique.
 - ✓ Bureau du chef de service qualité .
- (ALGÉRIENNE DES EAUX)



Figure I-5: Salle de Lavage.

❖ L'organigramme du laboratoire :

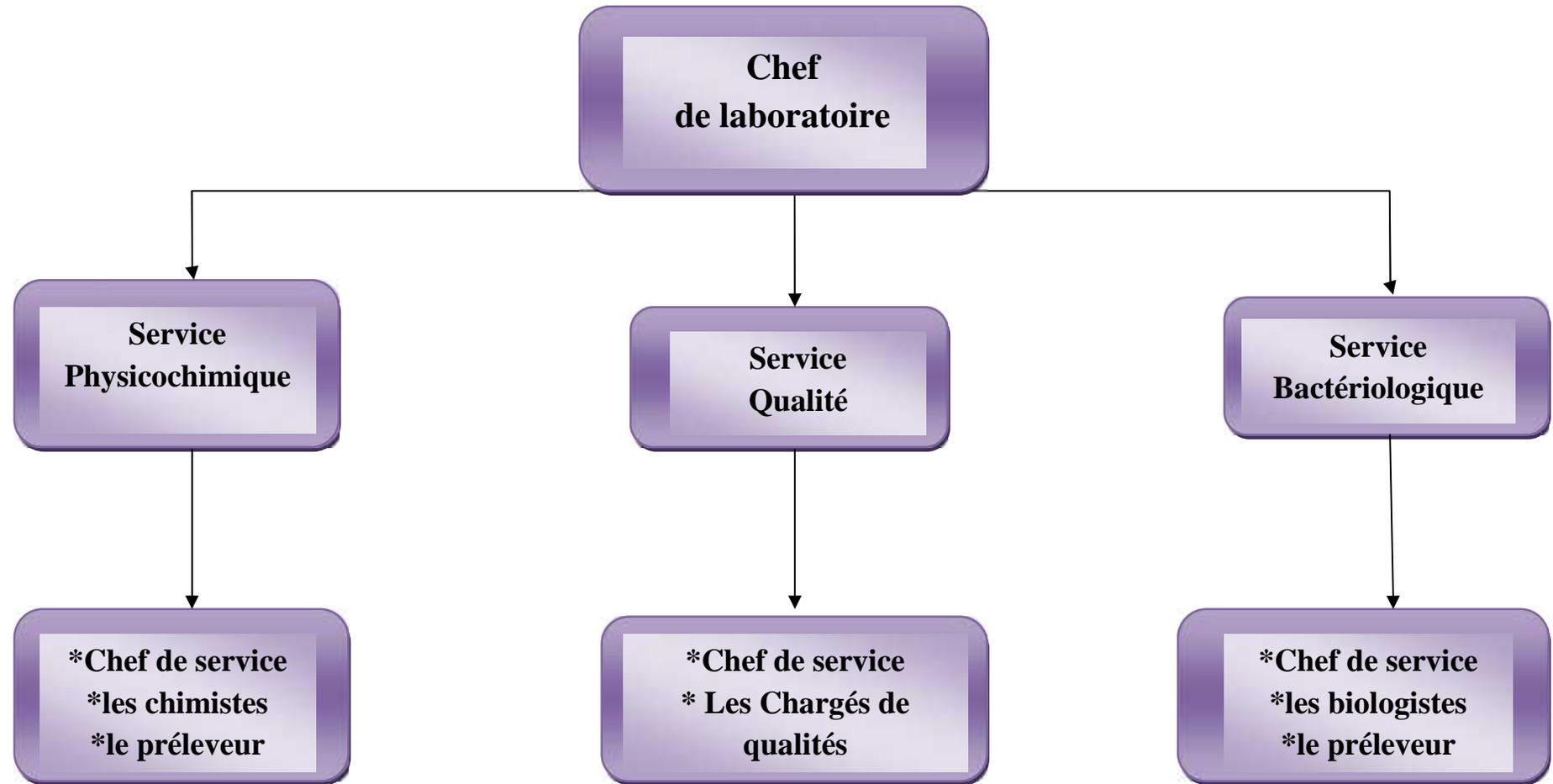
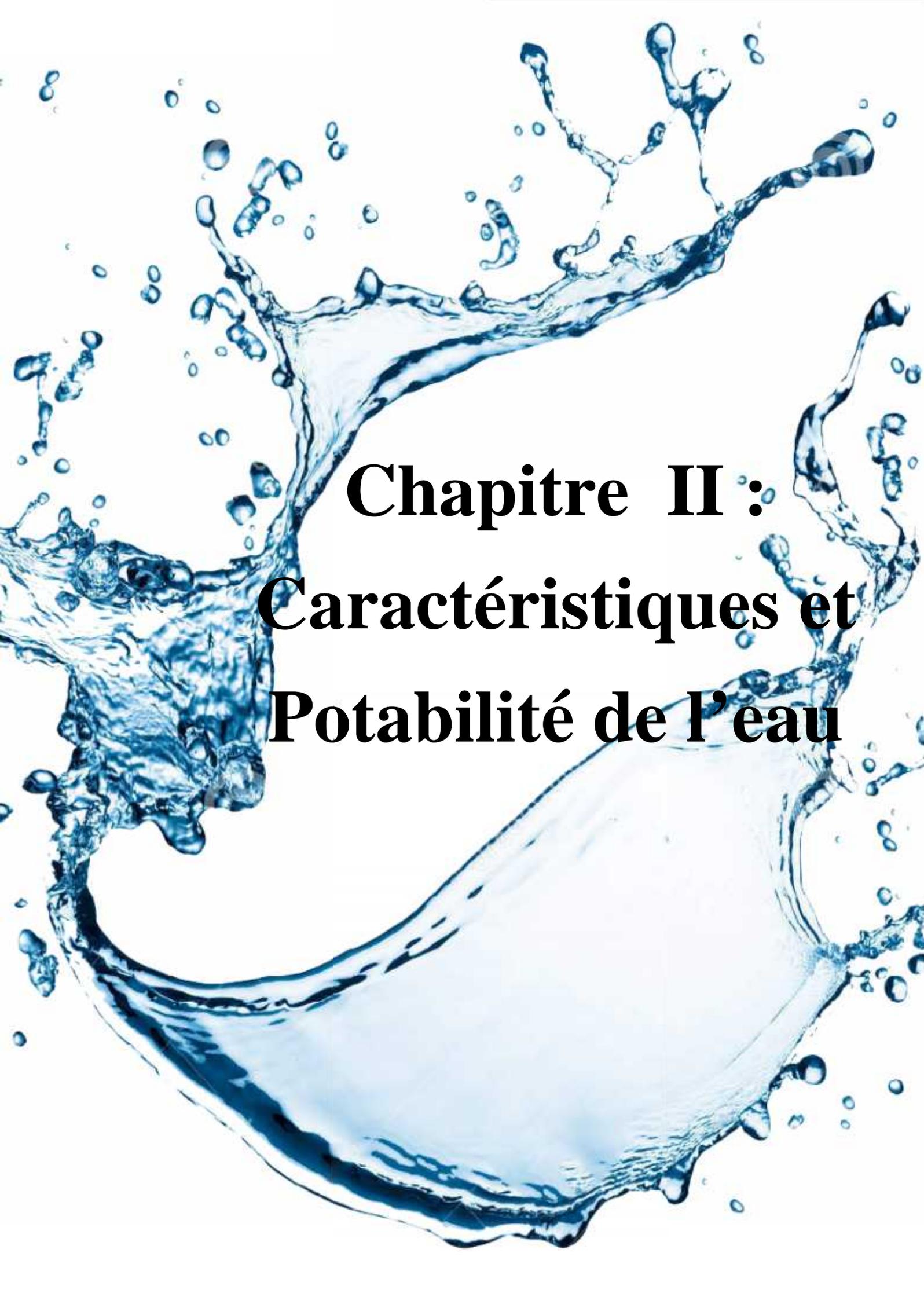


Figure I-6 : Organigramme du laboratoire centrale de l'ADE , Bouira. (ALGÉRIENNE DES EAUX)

I.7.Conclusion :

A la fin de ce chapitre ,on a pu voir les différentes missions et objectifs de l'Algérienne des Eaux ADE , ainsi nous avons pu nous intéressé de plus près à l'unité d'ADE de Bouira et son laboratoire principale.



**Chapitre II :
Caractéristiques et
Potabilité de l'eau**

II.1.Introduction :

Pendant que l'eau souterraine suit son cycle, elle amasse naturellement beaucoup de choses sur son chemin. La qualité de l'eau diffère naturellement selon le lieu, la saison, et les divers types de roches et sols dans lesquels elle se déplace, elle peut être polluée naturellement ou par les activités humaines comme un traitement incorrect des eaux usées, de mauvaises pratiques agricoles

Même si l'eau est claire, elle n'est pas forcément sans risque pour la santé. Il est important d'évaluer la salubrité de l'eau en prenant en compte les trois types de paramètres suivants :

-) Organoleptique : aspect visuelle , odeur
-) Physico- Chimique : minéraux, température , turbidité (CAWST, 2013)

Sur cette démarche dans ce chapitre , on va donner des définitions de ces caractéristiques .

II.2.Caractéristiques organoleptiques :

Les propriétés organoleptiques sont toutes ces descriptions des caractéristiques physiques de l'eau en général, telles qu'elles sont perçues par les sens, telles que son goût, son odeur, sa couleur .

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement car certaines odeurs, par exemples peuvent, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.). (Fall, 2007)

II.2.1.Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes (RODIER, et al., 2009), elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (Henry, 1991). Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, et al., 2009). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire .

II.2.2.L'Odeur :

L'odeur est définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (RODIER, et al., 2009), l'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui renferme une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs (Fall, 2007).

II.2.3.Le Gout :

Le goût est définie comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (RODIER, et al., 2009), Il n'existe aucune méthode qui permette de mesurer le goût, la tolérance varie d'ailleurs, d'un consommateur à l'autre.

II.3.Caractéristiques physico-chimiques de l'eau :

Dans son parcours, l'eau se condense dans l'atmosphère et se charge en gaz (azote, oxygène, dioxyde de carbone...), puis en impuretés de l'air (poussières, gaz de combustion...). Lorsque l'eau ruisselle à la surface du sol, elle se charge par effet d'érosion (roches, végétaux...) et quand elle s'infiltre, elle traverse plusieurs types de sols, de nature géologique différente, et se charge naturellement en sels minéraux et en oligo-éléments (petit nutriment minéral nécessaire à l'organisme). Ainsi, par exemple, du calcium et du carbonate sont présents. Donc ces caractéristiques de l'eau dépendent de la nature géologique des sols qu'elle a traversés, elles varient donc selon la région d'où provient l'eau. (Etudier, 2014)

II.3.1.Paramètres physiques :

II.3.1.1.La Température T :

La température est un paramètre clé du comportement et de la qualité des eaux souterraines. Elle constitue non seulement un indicateur des conditions de recharge des eaux souterraines, mais elle contrôle aussi l'activité bactérienne et les équilibres hydro-chimiques dans le sous-sol. De ce fait, une augmentation de la température de l'eau peut, par exemple, entraîner une diminution de la concentration en oxygène dissous, favorisant la présence de bactéries pathogènes et provoquant ainsi la diminution des microorganismes indicateurs de la bonne qualité de la ressource. (Garnier, 2012)

En fin, la température représente un critère de qualité intrinsèque (propre à), notamment pour ce qui est de la ressource en eau potable (Garnier, 2012) , aussi elle permet d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau .

II.3.1.2.La Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Tous les ions dans l'eau y participent : calcium, magnésium, mais aussi l'aluminium, fer, manganèse, mercure, etc...

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductivimètre avec lequel on obtiendra une valeur en micro-siemens par centimètre $\mu\text{s}/\text{cm}$, elle permet d'évaluer la quantité de sels minéraux dans l'eau. (Etudier, 2014)

II.3.1.3.La Salinité :

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) elle correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée au travers de la conductivité électrique de cette eau. (Salinité) Cette salinité est exprimé en unité de % .

II.3.1.4. La Teneur en Sel Dissous TDS :

Elle est la somme de tous les éléments contenus dans l'eau. Elle serait globalement équivalente à la somme des concentrations du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium, du fer, du zinc, du cuivre , de l'aluminium. du manganèse pour les cations, additionnée à la somme des carbonates, des hydrogénocarbonates. des silicates. des sulfates. des chlorures, des nitrates, des phosphates et des fluorures pour les anions. La minéralisation totale ou TDS est donc exprimé en mg/l . (RODIER J.)

II.3.1.5. La Turbidité :

La turbidité est l'inverse de la transparence elle désigne la teneur d'une eau en particules suspendues (Gestion des ressources hydriques Manitoba, 2011) (MES) très fines (sable, argile, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) . En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux (Commission de protection des eaux, 2017). On la mesure avec un turbidimètre avec l'unité NTU .La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels . (Gestion des ressources hydriques Manitoba, 2011)

II.3.1.6. Résidu sec :

Les Résidus secs obtenus par évaporation, nous permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspensions d'une eau . (Dégrément, 1952)

II.3.2. Paramètres chimiques :

II.3.2.1. Le pH :

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 Il représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH. Son influence se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les équilibres ioniques des autres éléments en augmentant ou diminuant leur toxicité . (GIRGENTI Patrick) Pour la consommation humaine le pH est compris entre 6.5 et 8.5 (d'après Tableau B-1 de l'annexe).

II.3.2.2. Le Titre Hydrométrique TH (Dureté):

Une eau est dite dure quand elle contient une forte proportion d'ions calcium et magnésium; cela se traduit par une eau qui mousse difficilement en présence de savon, d'autre façon c'est la teneur de l'eau en sels qui détermine sa dureté ou sa douceur. La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Un degré hydrotimétrique correspond à un degré français (1°F) (BOUGHERIRA, 2008) .

- On distingue :
- ✓ **TH total** : Totalité des sels de calcium et magnésium, c'est cette valeur qui est utilisée lorsque l'on parle couramment du TH ou de la dureté de l'eau.
- ✓ **TH calcique** : Totalité des sels de calcium.
- ✓ **TH magnésien** : Totalité des sels de magnésium.
- ✓ **TH permanent** : Ou dureté non carbonaté correspond au sulfate et au chlorure de calcium stables, il est égal à la différence entre le TH et le TAC. (BOUGHERIRA, 2008)

II.3.2.3. Le Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet (TA et TAC) :

Les valeurs de TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes (OH), carbonates (CO_3^{2-}) et hydrogencarbonates (HCO_3^-) contenu dans l'eau.

Le TA permet de déterminer, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate pour un pH <8.3 , la TAC assure la détermination de la teneur en hydrogencarbonates pour un pH= 4.4 . (BOUGHERIRA, 2008)

II.3.2.4. Élément minéraux :

❖ Le Magnésium Mg^{2+} :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. Le magnésium constitue un élément majeur dans la dureté de l'eau, il est présent sous forme de carbonates ou de bicarbonates, et c'est un élément indispensable pour la croissance, il intervient comme un élément plastique dans l'os. A partir d'une concentration de 150 mg/l (d'après Tableau B-1 de l'annexe). et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. Sa teneur dans l'eau souterraine dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées . (RODIER J. , L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.8 édition., 1996)

❖ Le Calcium Ca^{2+} :

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature ,il s'introduit dans le système d'eau souterraine sous l'action de l'infiltration, particulièrement quand c'est des roches calcaires, la concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium (Day, 1963). Le calcium est l'un des principaux cations qui soient associés à la dureté de l'eau potable, il peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau potable ,ces effets sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique . (Association, 1990)

❖ Les Chlorures Cl^- :

Les teneurs en chlorures (Cl^-) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé assez amère. (Dégrément, 1952) Un important indicateur d'arrivée de pollution. Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. (Commission de protection des eaux, 2017)

❖ Les Sulfates SO_4^{2-} :

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux (**Bremond & Vuichard, 1973**) (**Rodier, 1976**), comme l'eau souterraine se déplace à travers le sols, certains sulfates sont dissous dans l'eau. Des concentrations importantes peuvent avoir un effet laxatif (combattre la constipation) important combiné avec le calcium et le magnésium, les deux composés majeurs de la dureté de l'eau. Le sulfate donne un goût amer, un goût médical à l'eau si il dépasse la concentration de 250 mg/L. Cela rend désagréable la consommation de l'eau (**Les Sulfates**).

❖ Les Nitrates NO_3^- :

Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (**Bremond & Vuichard, 1973**). Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes (**Villers, Squilbin, & yourassowsky, 2005**) :

- ✓ principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés.
- ✓ en second lieu des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates).

Bien que les nitrates soient énormément moins toxiques nocifs que les nitrites, il ne doit pas y en avoir plus de 50 mg/l dans l'eau du robinet. En effet une fois consommés, il peuvent évoluer en nitrites dans l'estomac puis se transformer en nitrosamines toxiques et réputées cancérigènes. (**Commission de protection des eaux, 2017**)

❖ Le Sodium Na^+ :

Le sodium est un métal abondant, toujours associé à d'autres éléments chimiques. Il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surface. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sable, argile, évaporite). Des teneurs anormalement élevées peuvent provenir d'apports industriels ou domestiques. La concentration dans l'eau de boisson est normalement inférieure à 50 mg/l, mais elle peut augmenter au cours des traitements d'adoucissement (par échange d'ions) des eaux calcaires. (**Rodier, 1976**)

❖ Le Potassium K^+ :

Le potassium est un métal alcalin mou, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté, que l'on trouve naturellement lié à d'autres éléments. (Potassium, 2019)

Le potassium est un élément naturel des eaux, où sa concentration à peu près constante, ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/l, sauf dans certains contextes géologiques particuliers où elle atteint 20 à 25 mg/l. (Rodier, 1976)

II.3.2.5. Les matières organiques MO :

Les matières organiques dérivent du lessivage des sols, des métabolismes des organismes vivants (végétaux, animaux, microorganismes) et des activités humaines (rejets agricoles, urbains et industriels). Au delà d'une certaine concentration, elles confèrent à l'eau un goût désagréable. Leur dégradation se traduit généralement par la formation d'éléments tout aussi recherchés et surveillés selon le cycle d'oxydation suivant : M.O azote ammoniacal nitrite nitrate Les eaux souterraines sont généralement très faiblement chargées, de l'ordre du mg/l d'oxygène. (Rodier, 1976)

II.3.2.6. Paramètres Indésirable :

❖ Le Fer Fe :

La présence du fer dans des sources naturelles d'approvisionnement en eau est attribuable à la décomposition de la roche et des minéraux, aux eaux acides de drainage des mines, aux eaux de lessivage, aux effluents d'égouts ainsi qu'aux rejets des secteurs industriels qui traitent le fer, on le retrouve dans certaines eaux souterraines, certains réservoirs, et en l'absence de sulfure et de carbonate, on peut trouver du Fe(II) soluble en concentration élevée. (Etudier, 2014)

A des teneurs très importantes il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (couleur, mauvais goût).

❖ Les Manganèse Mn^{2+} :

Le manganèse est un élément très souvent présent dans les sols, dans les eaux il provient du sous-sol ou il est mis en solution par le CO_2 des eaux d'infiltration. Il peut aussi provenir de dépôts de déchets industriels. Sur les parois des rivières souterraines, des dépôts noirâtres de manganèse sont souvent visibles. (Commission de protection des eaux, 2017) Le manganèse est souvent présent dans les eaux naturelles en association avec le fer et l'ammonium. Mais il existe aussi des cas où le manganèse est présent seul (élimination du

manganèse) . Maximum à ne pas dépasser dans l'eau du potable est de 0.5 mg/l (Tableau B-1 Annexe). En plus grande quantité il peut être indésirable car il donne à l'eau une couleur noirâtre de l'eau. (Commission de protection des eaux, 2017)

II.3.2.7. Paramètres de pollution :

❖ Les Nitrites NO_2^- :

La présence des nitrites est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. (Villers, Squilbin, & yourassowsky, 2005)

Chez les mammifères, la consommation d'eau chargée de nitrites perturbe la fixation de l'oxygène par l'hémoglobine du sang. (D'où la « maladie bleue du nourrisson »). Il ne doit donc pas avoir de nitrites dans l'eau et très peu de nitrates, car ils peuvent une fois bus se transformer en nitrites. Dans l'estomac, les nitrites, peuvent se transformer nitrosamines réputées cancérigènes. (Commission de protection des eaux, 2017)

❖ L'Ammonium NH_4^+ :

L'ammonium est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée.

Les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. Mais des eaux issues de sols riches en substances humiques (mélange de la matière organique) ou riches en fer peuvent présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l. La présence d'azote ammoniacal en quantités relativement importantes peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle. (Rodier, 1976)

❖ Le Phosphate PO_4^{3-} :

Le phosphore existe sous forme minérale ou organique. Les formes chimiques sous lesquelles se rencontre le phosphore dépendent de l'acidité du milieu. Dans les eaux naturelles, de pH compris entre 5 et 8, seules les formes H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} existent en quantités appréciables dans les eaux de surface. La teneur naturelle en phosphate ou ortho phosphate est de l'ordre de 0,1 à 0,3 mg/l. La présence de phosphate dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution. (Rodier, 1976)

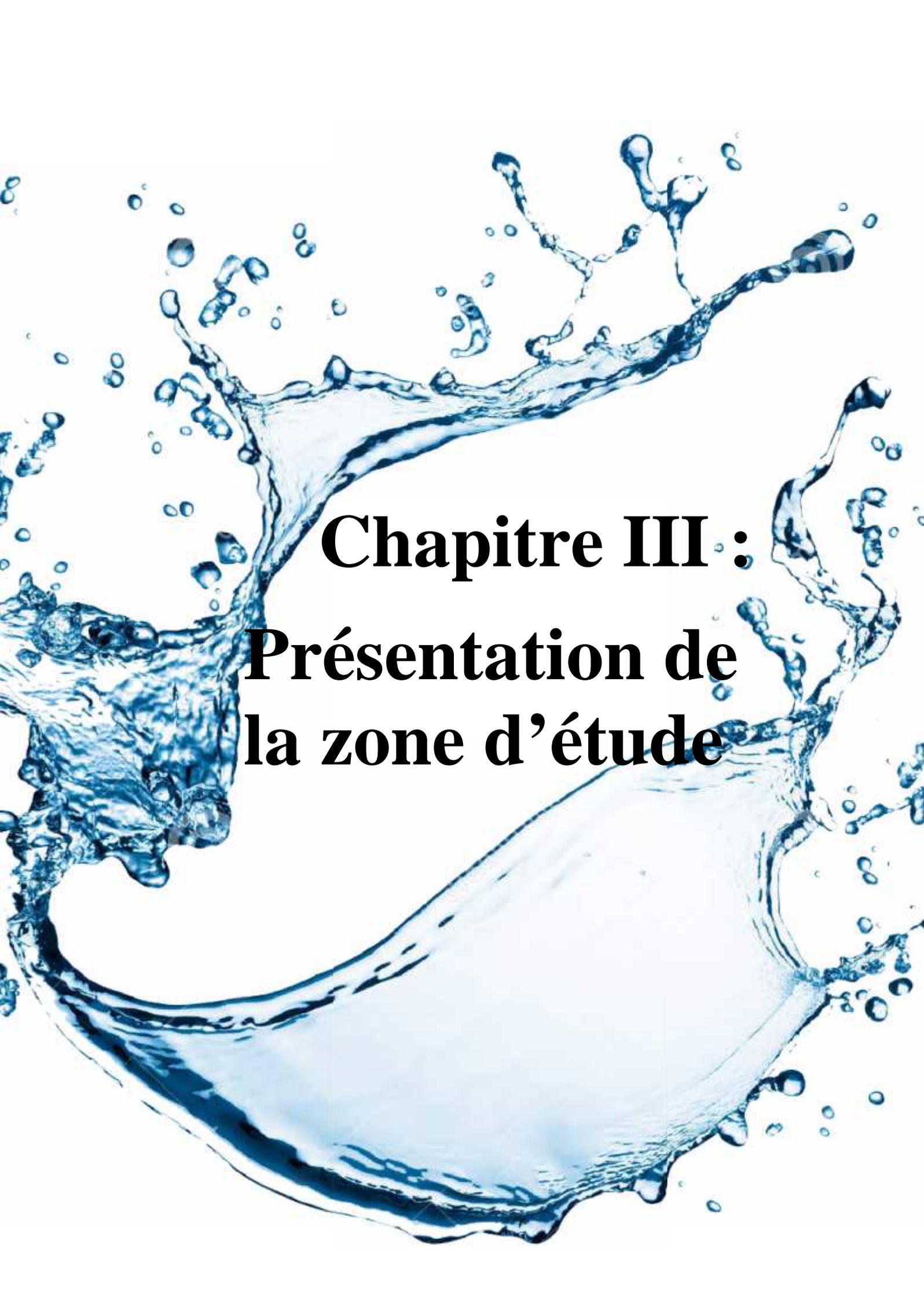
II.4. Norme de potabilité :

Des normes sont imposées pour une eau de bonne qualité. Selon l'OMS , les normes pour une eau potable sont d'assez large gamme, afin de s'adapter aux nombreux pays sous développés, qui ont une eau de très mauvaise qualité et qui n'ont pas de moyens technologiques afin de suivre les traitements conformes et nécessaires pour rendre une eau potable. (Rodier, 1976)

II.5. Conclusion :

Les eaux naturelles constituent un milieu complexe. La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur leurs compositions ,à tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule ,alors il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau , cependant leurs qualités est largement affectée par le couvert végétal, les différentes activités humaine comme les pratiques agricoles.

L'Organisation mondiale de la santé OMS et la norme Algérienne ont établie des normes indiquant les taux acceptables d'une eau potable, les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité, elles sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles, néanmoins elles peuvent contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité .Ceci peut être dû à la composition du terrain de stockage et pour certains de ces éléments au des déchets humains ou animaux, du ruissellement d'origine agricole ou même de polluants naturels,.



Chapitre III :
Présentation de
la zone d'étude

III.1.Introduction :

Dans ce chapitre, Nous donnons la situation géographique du sous bassin de SIDI ZIANE de la wilaya de Bouira, ainsi que ses caractéristiques générales, l'aspect climatologique de la région, et un aperçu sur la géologie et l'hydrogéologie.

III.2.Situation Géographique :

Le sous bassin de SIDI ZIANE fait partie la wilaya de **Bouira** ,cette dernière ce situe dans la région Centre Nord du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² représentant 0,19% du territoire national. Le chef lieu de wilaya est situé à près de 120 km de la capitale Alger. (ANDI, 2015)

La grande chaîne du Djurdjura d'une part et les monts de Dirah d'autre part, encadrent la Wilaya qui s'ouvre de l'Ouest vers l'Est sur la vallée de la Soummam.

- ✓ La wilaya de Bouira est délimitée :
- ✓ au nord par la wilaya de Tizi-Ouzou.
- ✓ à l'est par la wilaya de Bordj Bou Arreridj.
- ✓ au sud par la wilaya de M'Sila.
- ✓ à l'ouest par les wilayas de Médéa et de Blida

(ANDI, 2015)

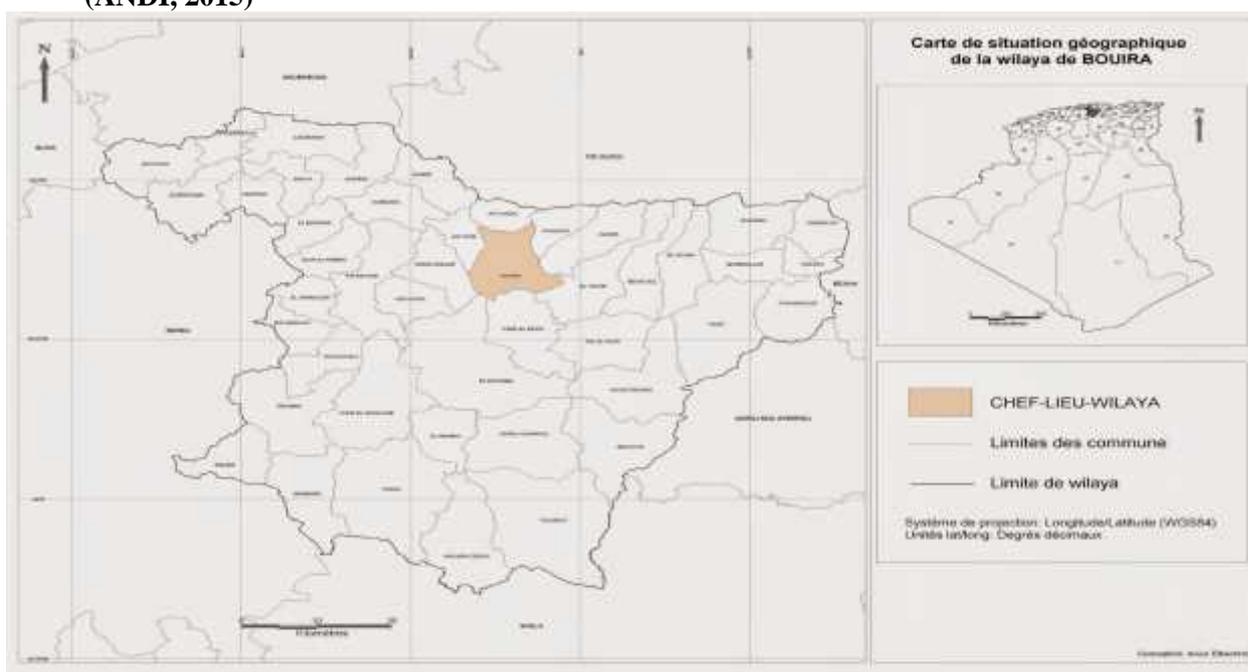


Figure III-1: Carte de situation géographique de la Wilaya de BOUIRA (Arour).

Le sous bassin de **SIDI ZIANE** se situe dans la commune de **BOUIRA** et s'étend jusqu'à la partie sud de la commune de **Aïn El Turk** , il fait partie de la grande plaine de **HAMZA**.

Il est délimité :

1. Au Nord par Ait Laaziz.
2. Au Nord-ouest Ain Turk.
3. A l'Ouest Ain El Hadjar.
4. Au Sud-ouest El Hachimia.
5. Au Sud Oued El Berdi.
6. Au Sud-est El Asnam.
7. A l'Est Haizer.
8. Au Nord-est Taghzout.

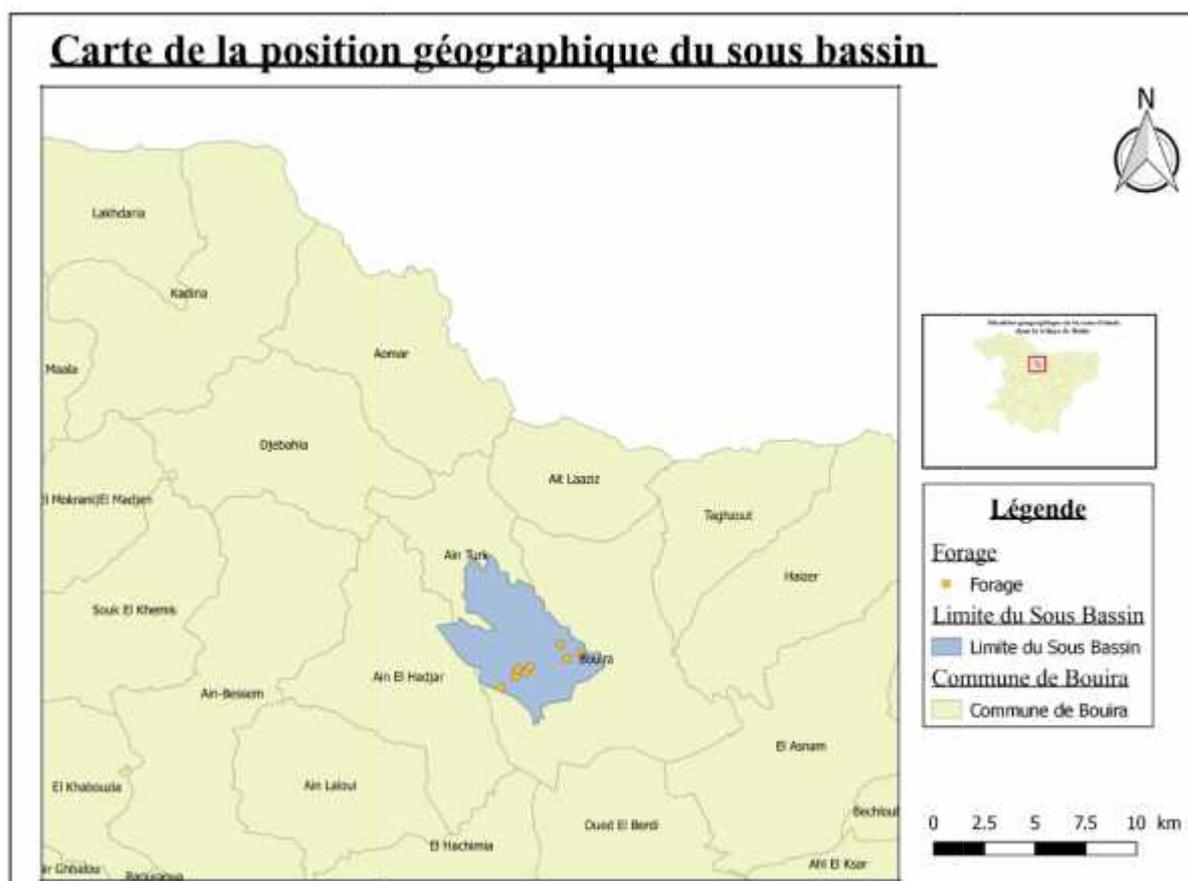


Figure III-2 : Carte de localisation du sous bassin de SIDI ZIANE ,Bouira.

III.3.Climat :

Le climat est chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver, les températures varient entre [20 - 40]°C de mai à septembre et de [2 - 12]°C de janvier à mars dans la wilaya . (ANDI, 2015)

La Précipitation selon la carte pluviométrique (**Figure III-3**)de wilaya de Bouira a une lame d'eau qui diminue du Nord vers le Sud . En ce qui concerne le sous bassin de SIDI ZIANE on remarque une graduation d'isohyète de 600 (mm) , avec une plage de pluviométrie de 500 à 600 (mm).

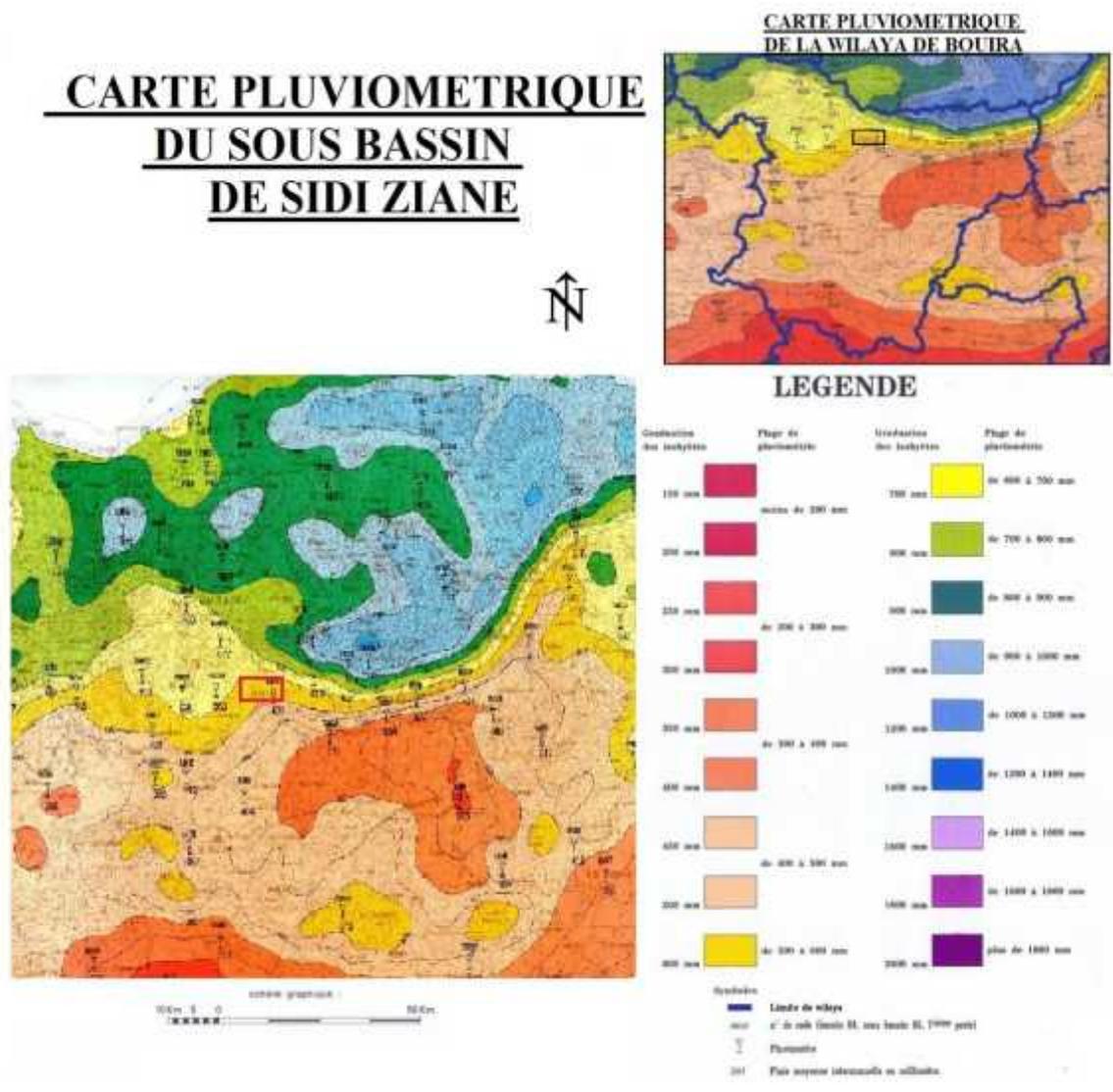


Figure III-3 : Carte Pluviométrique du sous bassin de SIDI ZIANE, Bouira.

III.4. Etat Bioclimatique :

A partir de la Carte Bioclimatique (**Figure III-4**) on peut déduire que la wilaya de Bouira et une région subhumide et avec de petites zones humide au nord et semi aride au sud. En ce qui concerne Le sous bassin de SIDI ZIANE on remarque que c'est une zone subhumide (climat situé entre le type aride et humide).

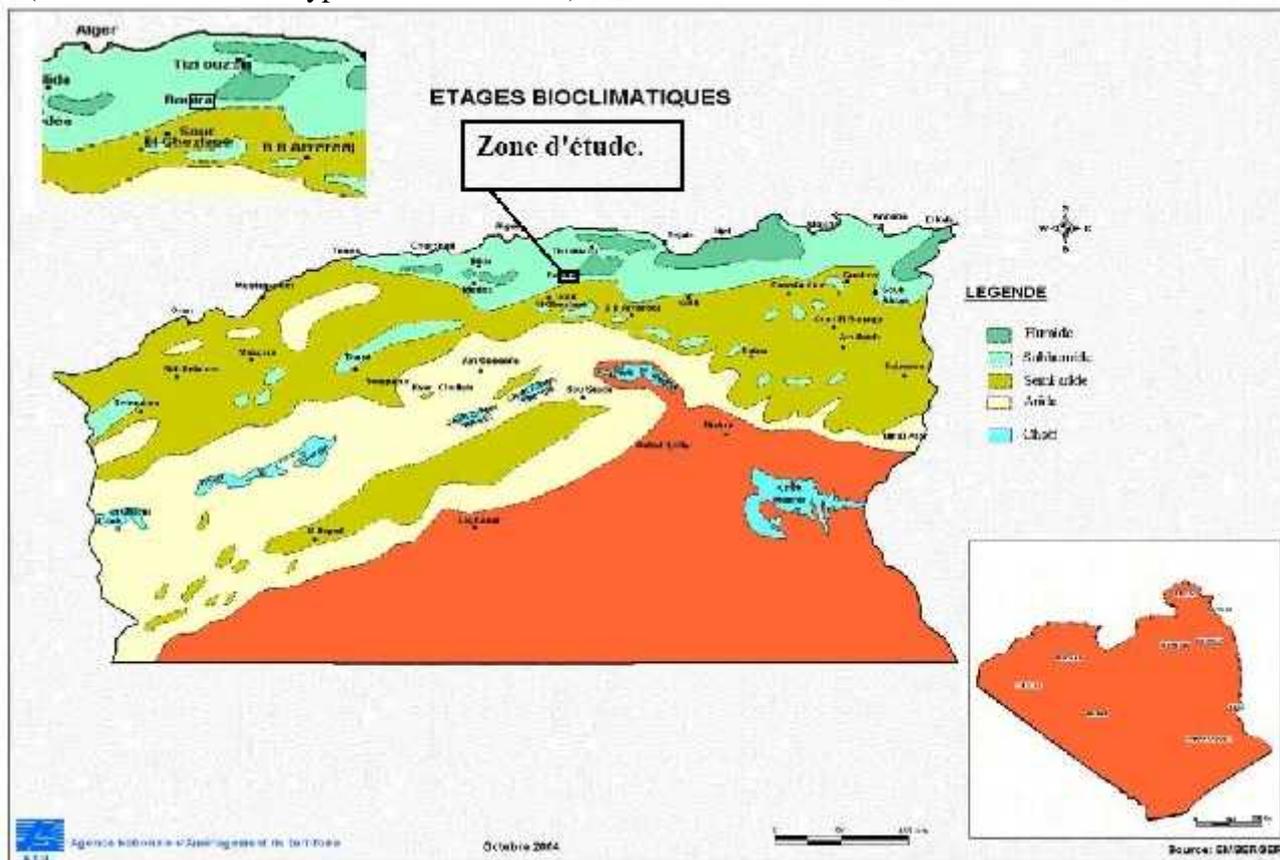


Figure III-4 : Carte Bioclimatique du Nord Algérien (A.N.A.T, 2004)

III.5. Géologie :

La ville de Bouira comprend la partie occidentale de la chaîne de Djurdjura ainsi que son prolongement vers l'ouest, la lisière (une limite entre deux milieux, dont l'un est généralement forestier) de la dépression (un creux) de dra-el-mizan au nord et, au sud la plaine de Hamza et ses alentours.

La plaine de Bouira se relève à l'ouest en pente douce vers les hauteurs de tekouka (769 m) qui font face au nord-ouest à la petite coupe qui porte la forêt babor (729 m). (**Jacob & Ficheur, 1901**)

La plaine de hamza correspond à une large dépression (un creux) alluvionnaire (dépôt de débris, tels du sable..) (altitude 500 à 600 m), creusée au pied des contreforts (chaîne de montagne moins élevée qui borde une chaîne principale) du Djurdjura, dans les collines rougeâtres, en grande partie boisées, qui occupent la rive gauche de l'oued ed dous principale banche de l'oued sahel. (Jacob & Ficheur, 1901)

III.5.1. Description des terrains sédimentaires :

- ❖ **A. Alluvions actuelles :** Limons sablonneux de l'oued-ed-dous résultant des crues, dépôts caillouteux de débordement de l'oued-djemaà.
- ❖ **a3 zone marécageuses :** Quelques bas-fonds argileux conservent l'eau en hiver sur le plateau de Hamza.
- ❖ **a2 alluvions récentes :** Dépôt limoneux des petites plaines qui bordent les vallées de l'oued-ed-dous et de l'oued-djemaà.
- ❖ **q¹ alluvions anciennes des vallées :** Terrasses caillouteuses et limoneuses dominant de 10 à 15 mètre les berges des cours d'eau, principalement dans les nombreux ravins qui découpent la plaine de hamza.
- ❖ **q₁ alluvions anciennes de la plaine du hamza :** Vaste nappe d'alluvions caillouteuses qui a nivelé la grande plaine, inclinée du nord-ouest vers l'est. Puissant cône de déjection qui porte la forêt de tineri au nord, etc...
- ❖ **q₂ alluvions anciennes des plateaux et cône de déjection :** Dépôt caillouteux antérieurs à la phase q₁, résultant d'anciennes actions torrentielles, qui ont précédé le creusement des vallées et dépressions actuelles.
- ❖ **m. conglomérats et argiles (aquitainien) :** Terrain détritique (composés de roches sédimentaires composée d'au moins 50 % de débris) d'origine alluvionnaire, composé de conglomérats de grés grossiers d'argiles sableuses d'une coloration rouge plus ou moins accentuée, très puissants dans la zone des hauteurs broussailleuses et boisées qui forment les premiers contreforts du Djurdjura, jusqu'à l'altitude de 800 mètres ces dépôts sont plissés avec inclinaison générale vers le nord.

(Jacob & Ficheur, 1901)

III.5.2. Aperçu stratigraphique et tectonique :

La plaine du hamza de formation quaternaire (l'époque la plus récente de l'histoire de la terre, caractérisée les cycles de période glaciaire/interglaciaire répétées, qui ont fortement influencé les montagnes et leur environnement). Elle est due aux cônes de déjection

(Évacuation) des torrents (Écoulement rapide et brutal) descendant du Djurjura qui ont remanié une partie des alluvions oligocènes (aquitanien, époque géologique) dont les dépôts puissants occupent les hauteurs boisées de tekouka à l'ouest et toute la zone des collines rouges entaillées par l'oued ed dous et ses affluents du nord . (Jacob & Ficheur, 1901)

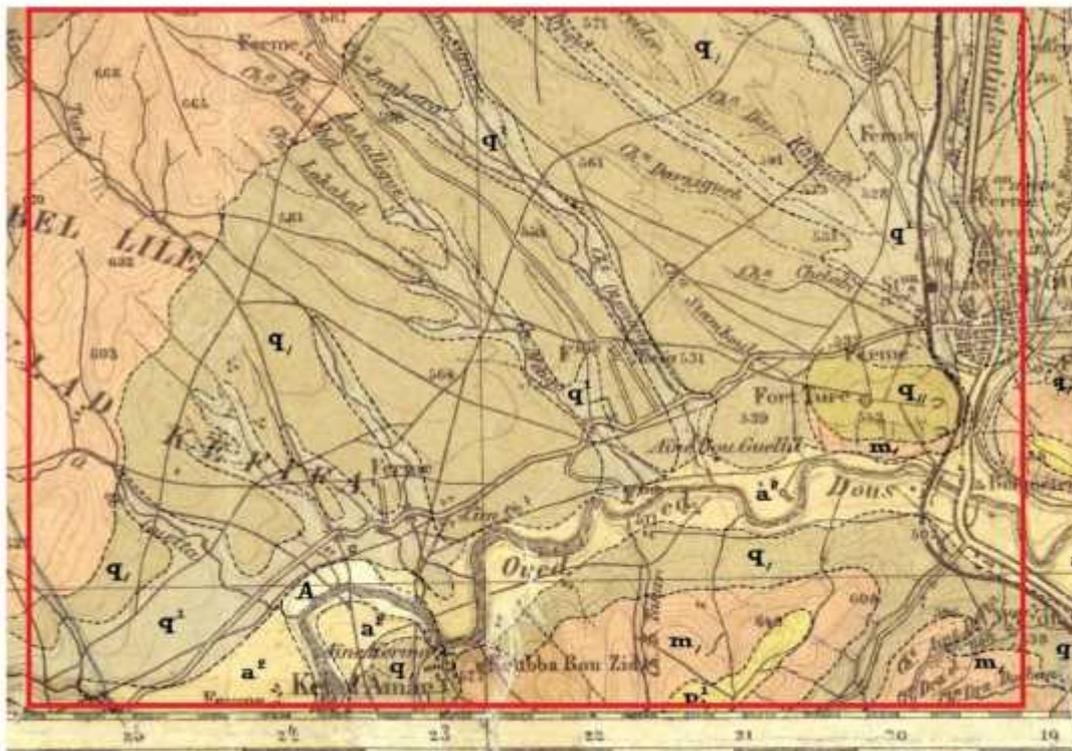


Figure III-5 : Carte géologique du sous Bassin .

III.5.3.Coupe lithologique :

Dans cette partie a défaut d'information, on vas présenter la coupe lithologique de 3 forages du sous bassin :

III.5.3.1.Le F Nessisse :

La coupe lithologique du forage F Nessisse montre que la répartition géologique est constituée en alternance par :

- ✓ Argile limoneuse.
- ✓ Gravier à grains moyens .
- ✓ Sable à grains fin à moyens , légèrement graveleux au sommet et argileux vers la base.
- ✓ Argile légèrement sableuse.

- ✓ Sable graveleux, légèrement argileux par endroit.
- ✓ Gravier à grains moyens, sableux au sommet et légèrement argileux à la base. ces graviers présentent des passés localisés d'argiles et/ou de sable d'épaisseur très réduites (50cm à 1 mètre environ).
- ✓ Argile plastique légèrement graveleuse au sommet.
(Jacob & Ficheur, 1901)

III.5.3.2. Le F O. Bellil :

La coupe lithologique du forage F O. Bellil montre que la répartition géologique est constituée en alternance par :

- ✓ Alluvions récentes (sables, graviers...) ,et argile limoneuse pâteuse conglomérat (Roche formée par des fragments agglomérés).
- ✓ Argile marneuse pâteuse avec un rares passées conglomératique.
(Jacob & Ficheur, 1901)

III.5.3.3. Le F11 :

La coupe lithologique du forage F11 montre que la répartition géologique est constituée en alternance par :

- ✓ Des couches de calcaires.
- ✓ Argile et gros galet.
- ✓ Argile.
- ✓ Gravier
- ✓ Argile.

(Jacob & Ficheur, 1901)

III.6. Hydrogéologie:

Dans le Djurjura les calcaires liasiques constituent de puissants réservoirs d'où s'écoulent de nombreuses sources parfois considérables , des eaux vives et abondantes en toute saison qui alimentent les rivières torrentielles . (Jacob & Ficheur, 1901)

La structure spéciale des diverses régions comprises sur la ville de Bouira donne lieu à une très grande variété de conditions hydrologiques, elle renferme d'importantes ressources

en eau et elle est traversée par des sous bassins et des bassins versants importants. (ANDI, 2015)

✓ voici quelque Bassins versants :

- Bassin versant d'Isser .
- Bassin versant Sahel Soummam.
- Bassin versant du Hodna .
- Bassin versant Humus .

(ANDI, 2015)

Dans notre cas on s'intéressé au sous bassin de Sidi Ziane, qui fait partie du bassin versant de Sahel Soummam, les alluvions quaternaires du plateau de hamza renferment à différents niveaux des nappes aquifères qui s'écoulent par de petites sources assez nombreuses, par ce sous bassin passe aussi l'oued ed Dous. (Jacob & Ficheur, 1901)



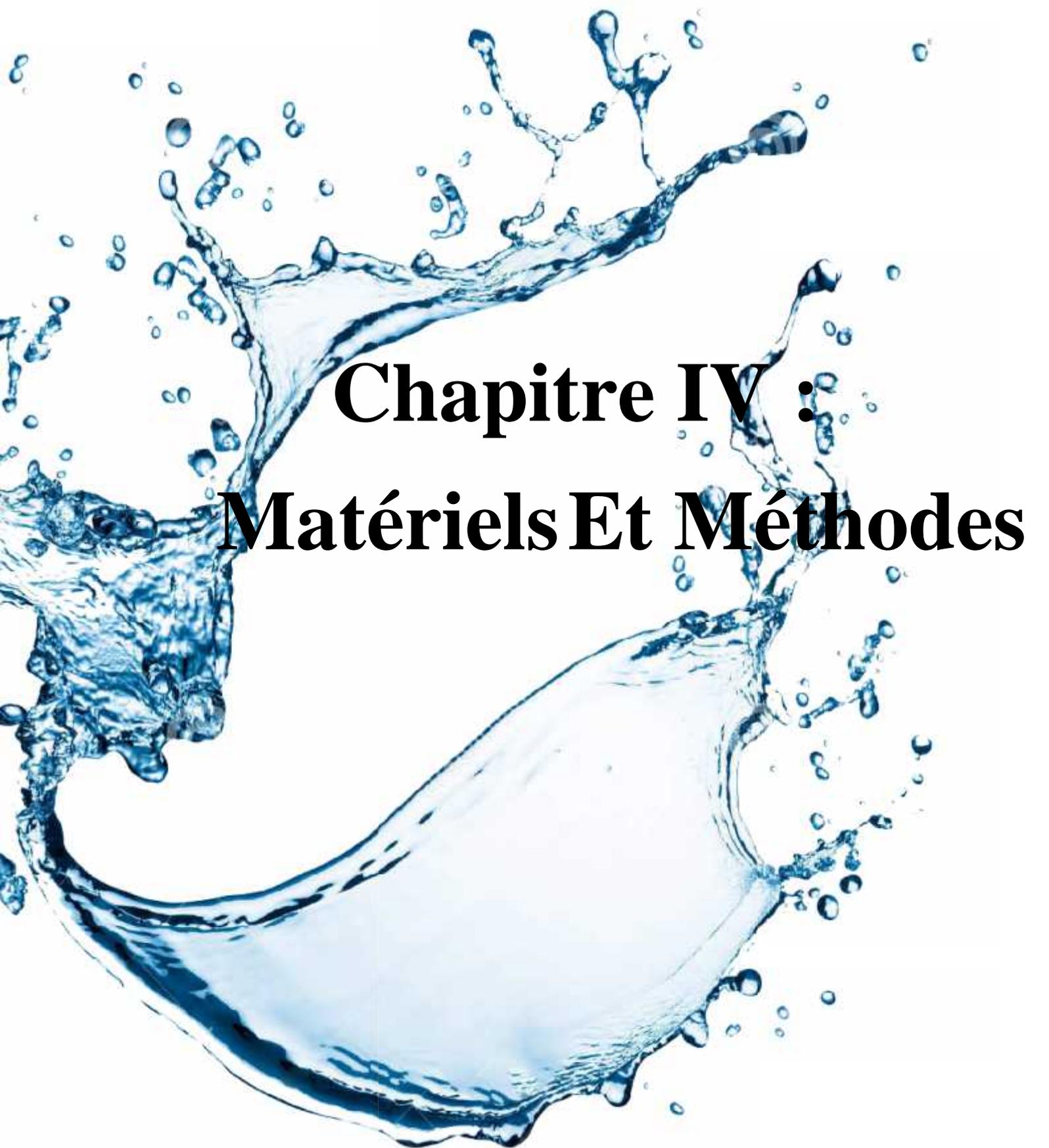
Figure III-6: Carte hydrographique du sous bassin de SIDI ZIANE, BOUIRA .

III.7.Végétation et cultures :

La plaine de Hamza ou se situe notre sous bassin , est un milieu plein de végétation , elle est occupée par la broussaille et boisement de chênes-liège , elle peut devenir une terre d'agriculture productive une fois défricher à titre d'exemple des terres à céréales et à vigne .
(Jacob & Ficheur, 1901)

III.8.Conclusion :

Le sous bassin de SIDI ZIANE fait partie de la plaine de Hamza , c'est une région subhumide avec un climat sec et chaud en été , froid et pluvieux en hiver avec une plage de précipitation de 500 à 600(mm), il est caractérisée par hétérogénéité de ses formations géologiques et des divers terre agricole comme les céréales.



Chapitre IV : **Matériels Et Méthodes**

IV.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 du sous bassin de Sidi Ziane. Les essais de caractérisations ont été effectués au niveau du laboratoire central de l'ADE de Bouira.

IV.2.Méthodologie :

L'étude expérimentale de la qualité consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau du sous bassin de Sidi Ziane. Elles ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE de Bouira L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

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

Les huit 8 points d'échantillonnages ont été choisis de telle manière à couvrir la plus grande surface possible du sous bassin pour avoir une image d'ensemble de la qualité de l'eau de la zone. La période de prélèvement était durant la période des hautes eaux (mois d'Avril) de l'année 2019.

IV.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.

IV.3.1. 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 influencé par l'extérieure) fermés. Les flacons seront numérotés identiquement aux échantillons pour faciliter la tâche pendant l'analyse et éviter les erreurs.



Figure IV-1: Image de quelques points de prélèvements (F Nessisse, F19, F16, F13)

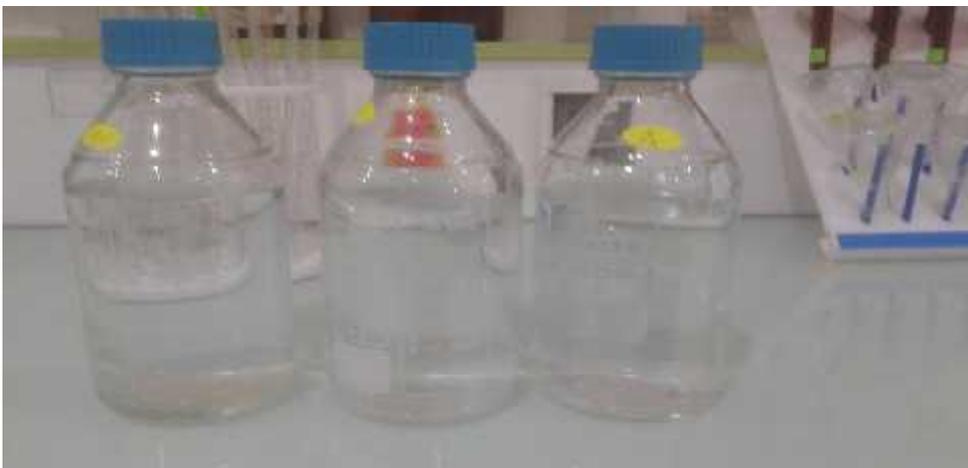


Figure IV-2: Flacons de prélèvement en verre.

IV.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.



Figure IV-3: Stockage des échantillons dans une glacière.

IV.4. Présentation des Forages :

Ces tableaux représentent les différents paramètres concernant les 8 forages étudiés :

Tableau IV-1 : Coordonnées et dates de réalisation des forages.

Nom du forage	Coordonnées		Date des travaux	
	X	Y	Début	Fin
F19	3°51'25.40"	36°21'41.01"	03.1996	07.1996
F16	3°51'32.08"	36°21'48.57"	09.1998	10.1998
F13	3°51'03.83"	36°21'33.38"	10.1988	11.1988
F Nessisse	3°51'08.54"	36°21'44.19"	07.2003	09.2003
F S.Abid	3°50'35.02"	36°21'16.69"	03.2003	05.2003
F8	3°53'12.66"	36°22'09.20"	02.1981	05.1981
F O.Bellil	3°52'45.69"	36°22'01.31"	06.1990	01.1992
F11	3°52'33.33"	36°22' 23.70"	07.1986	09.1986

Tableau IV-2 : Fiche technique des différents forages.

Nom du forage	Profondeur (m)	Débit (l/s)	N.S (m)	N.D (m)	HMT (m)	Alimentation
F19	162	12.10	16.55	112.65	160	Ville de Bouira
F16	147	15	24.30	50.45	105	Ville de Bouira
F13	146	15	13	79.70	121	Ville de Bouira
F Nessisse	180	10	18.70	42.20	-	Nessisse
F S.Abid	180	12	14	55	96	Said Abide
F8	91	36.66	5.40	32.88	175	Ville de Bouira
F O.Bellil	132	20	20.80	64.65	272	Ouled Bellil
F11	70	36	18.85	23.81	139	Ville de Bouira

IV.5.Méthodes d'analyses physico-chimiques :

IV.5.1.Les Paramètres physiques:

❖ Matériels utilisé :

Tableau IV-3 : Matériels utiliser pour l'analyse des paramètres physico-chimiques.

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	%

IV.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.



Figure IV-4: pH mètre de mesure.

IV.5.1.2.Mesure de la Température T :

A défaut de moyens, les températures des échantillons prélevés ont été mesurées seulement après leur arrivé au laboratoire d'analyse ,ca 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 a être bien immerger, enfin on lance la lecture .Une foi stabiliser il ne reste qu'a noté la valeur de la température affiché sur l'écran, qui est exprimer en °C .



Figure IV-5: Conductivimètre de mesure.

IV.5.1.3. Mesure de la Turbidité :

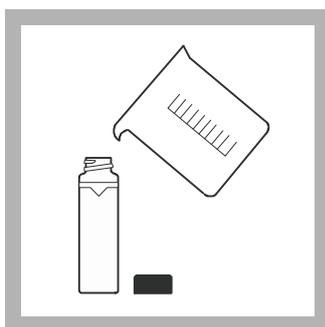
La mesure de la Turbidité s'effectue à l'aide d'un turbidimètre HACH2100N, tout d'abord avant de remplir la cuve de l'appareil il faut bien agiter l'échantillon pour pouvoir avoir toutes les MES présente, ensuite on remplit la cuvette en verre incolore de 50mm de diamètre avec l'eau à analyser en la ferme 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 quant un faisceau lumineux est dévier par les MES qui se trouve dans cette eau, on vérifie que la flèche de la cuvette est au bonne endroit, enfin on lance la lecture et on note la valeur qui est exprimer en NTU.



Figure IV-6 : Turbidimètre HACH2100N.



Figure IV-7: Cuve de turbidimètre.



1) On remplit la cuve.



2) On l'essuie avec
Du papier absorbant.



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

Figure IV-8: Les différentes étapes de mesure de la Turbidité.

IV.5.1.4.Mesure de la conductivité :

La mesure de la conductivité s'effectue à l'aide d'un Conductivimètre de mesure (**Figure IV-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 stabilisé il ne reste qu'à noter la valeur de la conductivité affichée sur l'écran, qui est exprimé en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

IV.5.1.5.Mesure de la Teneur en Sel Dissous TDS :

La TDS est mesuré avec le conductivimètre (**Figure IV-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.

IV.5.1.6.Mesure de la Salinité :

La salinité de même que la TDS est mesuré avec le conductivimètre (**Figure IV-5**), de la même façon on clique sur le bouton Sal, et la valeur en % s'affiche.

IV.5.2. Les Paramètres Volumétriques :

❖ Matériels utilisé :

Tableau IV-4: Matériels et Réactifs utiliser pour l'analyse des paramètres Volumétriques.

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Calcium Ca^{2+}	Burette graduée	<ul style="list-style-type: none">) Solution E.D.T.A.) Solution NaOH.) Murexide. 	mg/l
TH	Burette graduée	<ul style="list-style-type: none">) Solution E.D.T.A.) Solution tampon.) Noir Ériochrome. 	mg/l
TAC	Burette graduée	<ul style="list-style-type: none">) Solution acide HCl.) Méthyle orange. 	mg/l
Chlorures Cl^-	Burette graduée	<ul style="list-style-type: none">) Nitrate d'argent (AgNO_3).) Solution chromate de potassium (K_2CrO_4). 	mg/l
Magnésium Mg^{2+}	-	-	mg/l
Bicarbonate HCO_3^-	-	-	mg/l
MO	<ul style="list-style-type: none">) Barreau aimant.) Plaque chauffante. 	<ul style="list-style-type: none">) Acide sulfurique (H_2SO_4).) Solution Oxalate de sodium.) Solution Permanganate de potassium (KMnO_4) 	mg/l
Résidus Sec	<ul style="list-style-type: none">) Capsule en verre.) Etuve.) Balance.) Dessiccateur 	-	mg/l

IV.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 :

$$\bullet \text{Ca}^{2+}' = F \times FD \times V_{\text{eq}} \quad \longrightarrow \quad \bullet \text{Ca}^{2+}' = 8 \times 2 \times V_{\text{eq}}$$



Figure IV-9 : Le résultat du virage de Ca^{2+} .



Figure IV-10: Opération de titrage.

IV.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 :

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



Figure IV-11: Le résultat du virage de TH.

IV.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 gouttes 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 :

$$\bullet TAC' = F \times \bullet (FD \times V_{eq}) - 0.5' \quad \longrightarrow \quad \bullet TAC' = 10 \times \bullet (2 \times V_{eq}) - 0.5'$$



Figure IV-12: Le résultat du virage de TAC.

IV.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 (K_2CrO_4) on obtient une coloration jaunâtre, on commence a titré avec la solution de Nitrate d'Argent(AgNO_3) jusqu'au virage brun-rougeâtre.

➤ Expression des résultats :

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

$$\bullet \text{Cl}' = F \times \bullet (\text{FD} \times V_{\text{eq}}) - V_{\text{BL}}' \quad \rightarrow \quad \bullet \text{Cl}' = 7.1 \times \bullet (2 \times V_{\text{eq}} - V_{\text{BL}}')$$



Figure IV-13: Le résultat du virage de Cl^- .

IV.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 :

$$\bullet \text{Mg}^{2+'} = F \times \bullet \text{FD} \times (V_{\text{TH}} - V_{\text{C}}^{\text{2+'}})' \quad \rightarrow \quad \bullet \text{Mg}^{2+'} = 4.8 \times \bullet 2 \times (V_{\text{TH}} - V_{\text{C}}^{\text{2+'}})'$$

IV.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 :

$$\bullet\text{HCO}_3^- = F \times \bullet\text{TAC}' \quad \longrightarrow \quad \bullet\text{HCO}_3^- = 1.22 \times \bullet\text{TAC}'$$

IV.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 V_{BL} .

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 V_T volume utiliser.

➤ Expression des résultats :

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

$$\bullet\text{MO}' = F \times \frac{V_{\text{e}} - V_{\text{B}}}{V_T} \quad \longrightarrow \quad \bullet\text{MO}' = 16 \times \frac{V_{\text{e}} - V_{\text{B}}}{V_T}$$

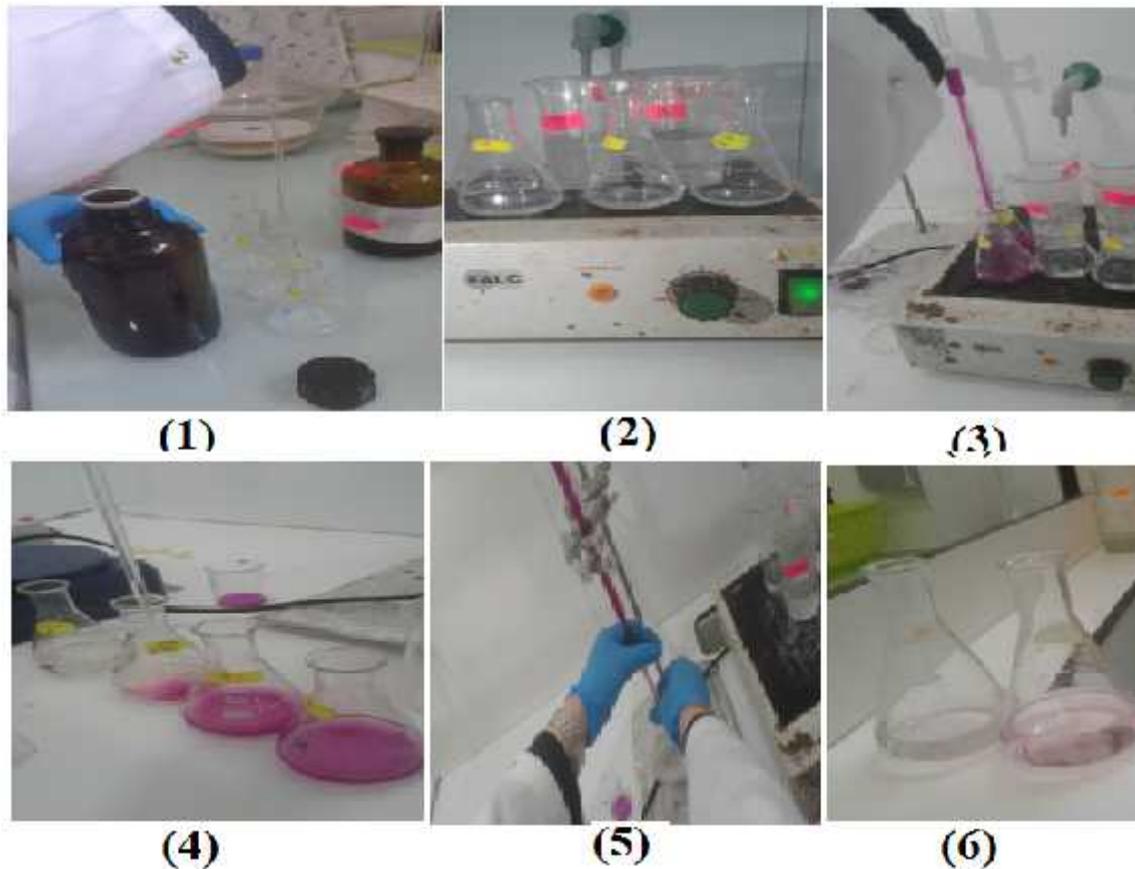


Figure IV-14: Les étapes de dosage de la matière organique.

IV.5.2.7. 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 :

$$\bullet \text{Résidu}' = F \times (M_e - M_0) \quad \longrightarrow \quad \bullet \text{Résidu}' = 10000 \times (M_e - M_0)$$



Figure IV-15: Dessiccateur.



Figure IV-16: Etuve.



Figure IV-17: Balance.

IV.5.3. Les Paramètres de Spectrophotométrie :

❖ Matériels et Réactifs utilisés :

Tableau IV-5: Matériels et Réactifs utilisés pour l'analyse des paramètres de spectrophotométrie.

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Fer Fe	Spectrophotomètre.) Acide sulfurique (H_2SO_4).) Solution Tampon Acétate.) Solution chlorhydrate d'hydroxylamine.) Solution de phénantroline.	mg/l
Sulfate SO_4^{2-}	Spectrophotomètre.) Acide chlorhydrique HCl.) Solution de polyvinyl-pyrrolidone.) Solution de Chlorure de baryum ($BaCl_2$).	mg/l
Nitrate NO_3^-	Spectrophotomètre.) Solution Hydroxyde de sodium (NaOH).) Solution Azoture de sodium (NaN_3).) Acide acétique.) Solution Salicylate de sodium.) Acide sulfurique (H_2SO_4).	mg/l
Manganèse Mn^{2+}	Spectrophotomètre.) Solution Acide phosphorique.) Solution de Nitrate mercurique.) Solution sulfate d'argent.) Persulfate d'ammonium.	mg/l



Figure IV-18: Spectrophotomètre et sa cuve.

IV.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.

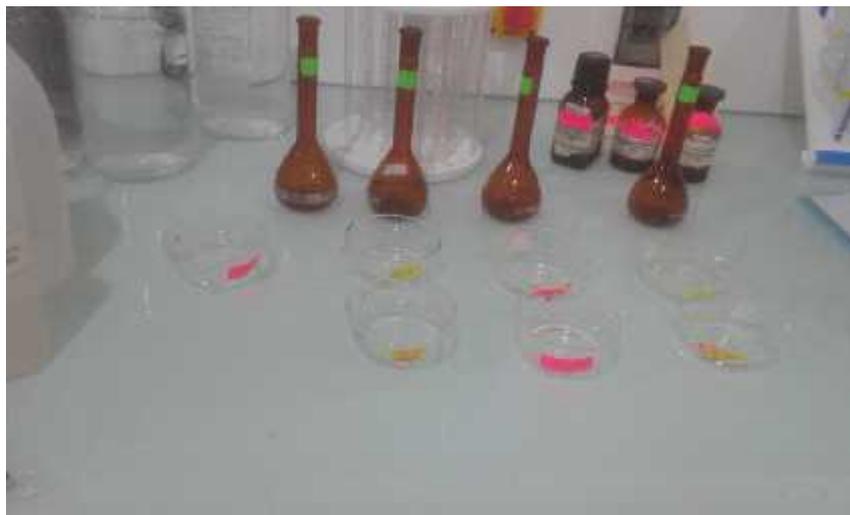


Figure IV-19: Dosage de Fer.

IV.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.

IV.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.



Figure IV-20: Dosage Nitrate NO_3^- .

IV.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 floc 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 distillé 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'affichent sur l'écran du spectrophotomètre, ils sont exprimés en mg/l.



Figure IV-21 : Béchers mis sous agitation.



Figure IV-22 : Formation de floccs.



Figure IV-23: Filtration de l'eau.



Figure IV-24: Ajout des billes pour homogénéiser la Température.



Figure IV-25: La mise au chauffage.



Figure IV-26 : Compléter au trait de jauge.

IV.5.4. Les Paramètres Photométrique à Flamme :

IV.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.



Figure IV-27: Spectrophotomètre à flamme.

IV.5.5. Les Paramètres de pollution :

❖ Matériels et Réactifs utilisés :

Tableau IV-6 : Matériels et Réactifs utilisés pour l'analyse des paramètres de pollution.

Paramètre	Matériels	Réactifs	Unité
Phosphate PO_4^{3-}	<ul style="list-style-type: none">) Spectrophotomètre.) Fiole jaugée.) Pipette 	<ul style="list-style-type: none">) Réactif molybdate.) Acide ascorbique. 	mg/l
Nitrites NO_2^-	<ul style="list-style-type: none">) Spectrophotomètre.) Fiole jaugée) Pipette 	<ul style="list-style-type: none">) Réactif coloré d'NO_2^-. 	mg/l
Ammonium NH_4^+	<ul style="list-style-type: none">) Spectrophotomètre.) Fiole jaugée) Pipette 	<ul style="list-style-type: none"> Réactif coloré d'NH_4^+. ❖ Solution de Dichloroisocyanurate de sodium. 	mg/l

IV.5.5.1. Dosage de Phosphate po_4^{3-} :

➤ 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 si il y'a apparition de couleur bleu, alors on effectue la lecture au spectrophomètre de même pour l'essai à blanc pour le prendre comme référence.

➤ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

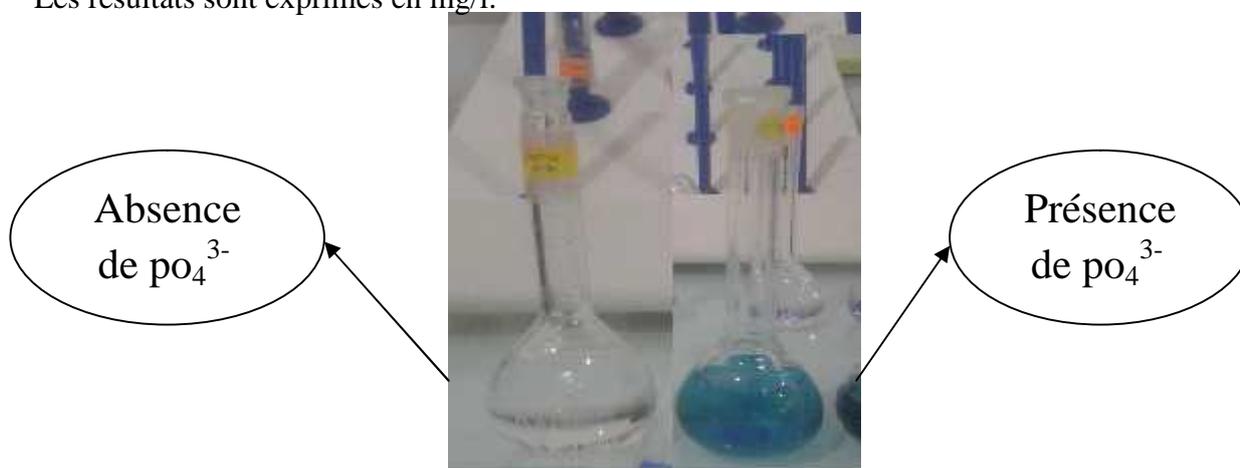


Figure IV-28: Dosage de Phosphate.

IV.5.5.2. Dosage de Nitrites NO_2^- :

➤ 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' NO_2^- on agite, ensuite on complète jusqu'à 50ml, on attend 15 à 20min si il y'a apparition d'une couleur rose foncé, alors on effectue la lecture au spectrophomètre de même pour l'essai à blanc.

➤ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

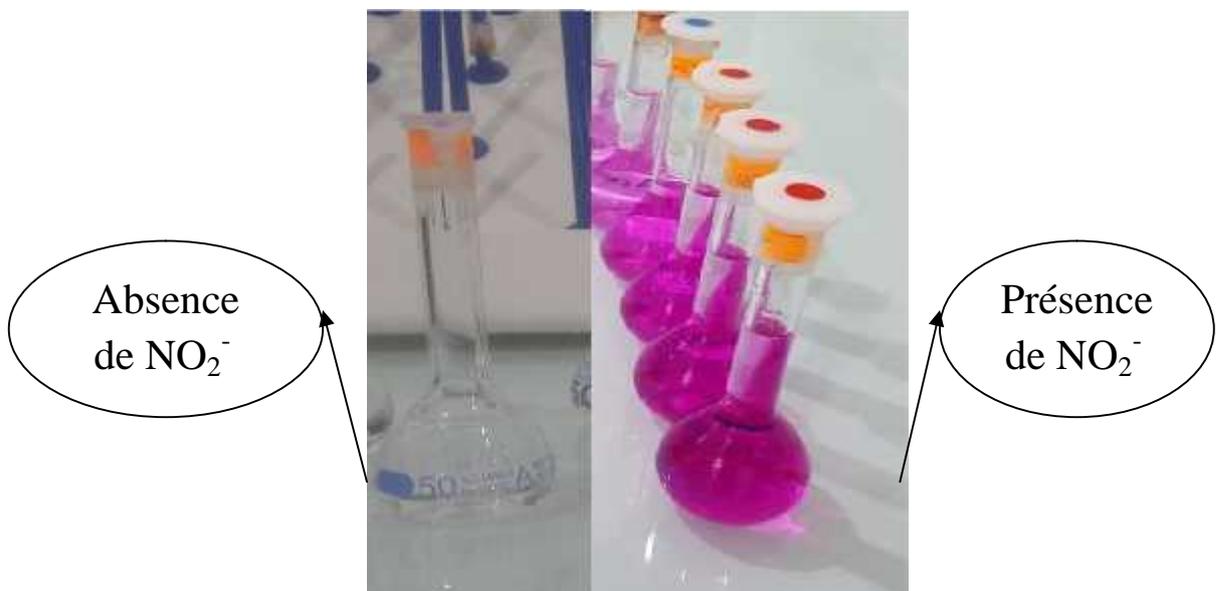


Figure IV-29 : Dosage de Nitrite.

IV.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.



Figure IV-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 :

Tableau IV-7: Les sources de pollutions.

Paramètre	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.

IV.6. Définition de QGIS :

QGIS est une solution SIG de bureau gratuite et en Open Source similaire à un logiciel SIG propriétaire tel qu'ArcGIS, cette solution a débuté en mai 2002. Il présente l'avantage de pouvoir fonctionner sur différentes plates-formes (Systèmes d'exploitation Linux, Unix, Mac OSX, Windows et Android). Il supporte les traitements rasters et vectoriels et peut accéder et utiliser des outils disponibles dans d'autres logiciels SIG Open Source. (**QGIS User Guide Version 2.18, 2019**)

QGIS peut aussi :

-) Visualiser l'Information Géographique.
-) Editer l'Information Géographique.
-) Présenter l'Information Géographique (créer des cartes et figures).
-) Analyser l'Information Géographique.

) Etre complété (grâce à des extensions et des scripts). (QGIS User Guide Version 2.18, 2019)

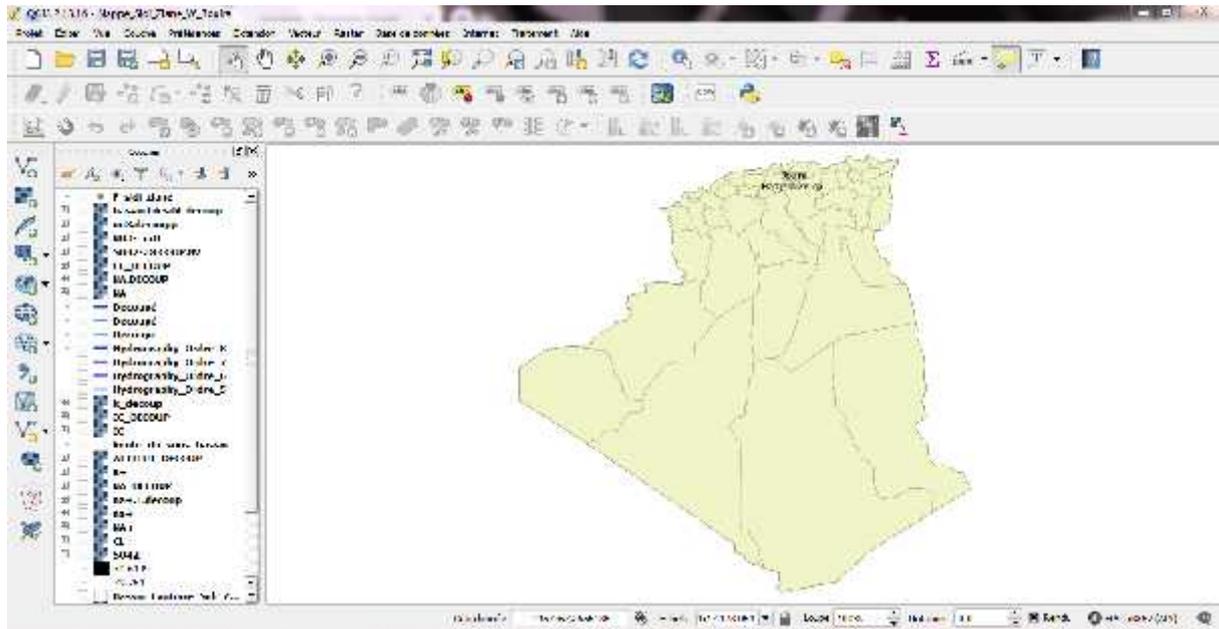


Figure IV-31: Interface du logiciel QGIS.

IV.7. Détermination des principaux faciès chimiques :

Les faciès chimique (compositions chimiques distinctes) sont fréquemment utilisés en hydrogéologique 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. (BOUDIA & BOUAMEUR, 2016)

IV.7.1. 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 et à celui de SCHOELLER-BERKALOFF. La réalisation de ces diagrammes a été faite en utilisant le logiciel Diagrammes. (BOUDIA & BOUAMEUR, 2016)

IV.7.1.1. 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, de Schoeller-Berkaloff. (BOUDIA & BOUAMEUR, 2016)

IV.7.1.2. 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. (BOUDIA & BOUAMEUR, 2016)

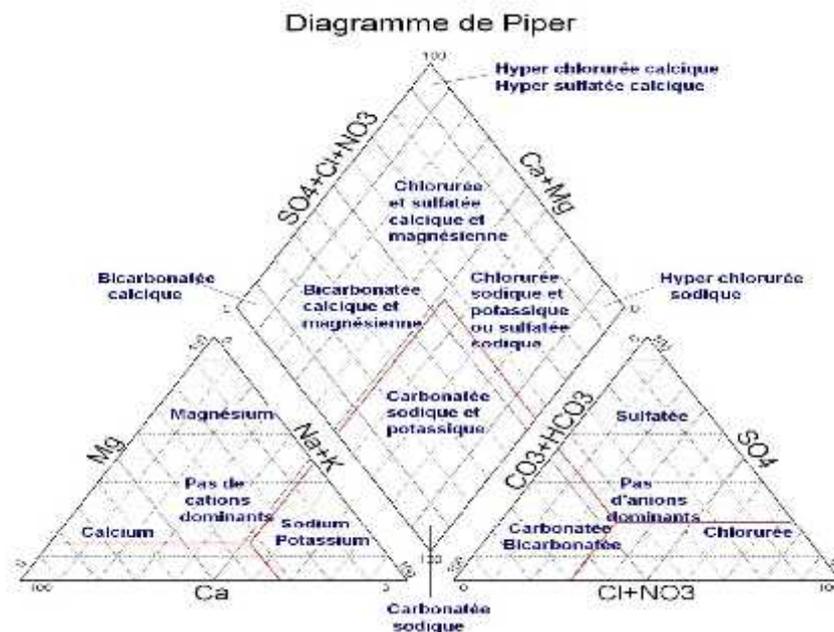


Figure IV-32: Diagramme de Piper.

IV.7.1.3. 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. (BOUDIA & BOUAMEUR, 2016)

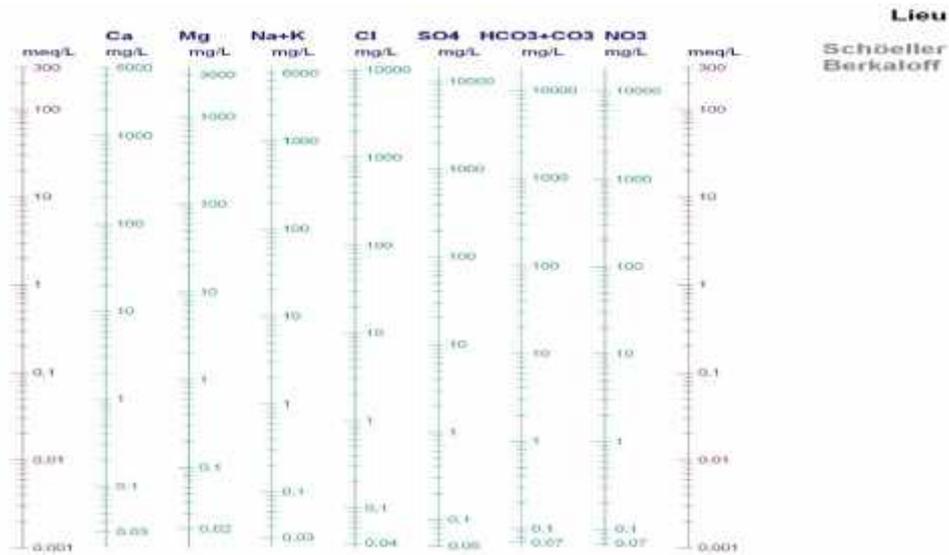


Figure IV-33: Diagrammes de Schoeller Berkaloff.

IV.8. Calcule de l'indice de contamination :

Une fois l'indice de contamination calculé à partir des concentrations des ions : K^+ ; Na^+ , SO_4 , NO_3 , Cl^- , il permet de classer l'eau analysée sur une échelle de trois niveaux de pollution. (BOUGUETIT & BENHAMIDA, 2015)

L'indice de contamination correspond à la somme des numéro de classe déterminé en fonction de la teneur des ions déjà cité , montrés au tableau ci-dessous. (BOUGUETIT & BENHAMIDA, 2015)

- ✓ Si $IC < 12$ l'eau est faiblement sensible a la pollution.
- ✓ Si $13 < IC < 15$ l'eau est moyennement sensible a la pollution.
- ✓ Si $IC > 15$ l'eau est fortement sensible a la pollution.

Tableau IV-8: Classement en vue de la détermination de l'indice de contamination.

Classe \ Ions	1	2	3	4	5
NO_3^-	< 13	3-18	18-23	23-30	> 30
SO_4^{2-}	< 25	25-50	50-100	100-120	>120
Cl^-	< 120	120-240	240-400	400-600	> 600
Na^+, K^+	< 80	80-160	80-160	200-300	> 300

(BOUGUETIT & BENHAMIDA, 2015)

IV.9. Conclusion :

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une évaluation Préliminaire de la qualité et le degré de la pollution d'une eau.

Pour conduire cette étude, on a effectué les différentes analyses sur les eaux du sous bassin de SIDI ZIANE de Bouira, qui portent sur les étapes suivantes :

1. Echantillonnage des eaux du sous bassin à partir de 8 forages.
2. Analyse des paramètres physique et chimiques ainsi que Volumétriques, ensuite les paramètres de Spectrophotométrie et Photométrie à Flamme.
3. Traitement des paramètres de pollution, et enfin on finie par les faciès chimiques et le calcule des l'indices de contaminations.

Les analyses de ces paramètres ont été déterminées par des méthodes standard selon le guide général du laboratoire centrale de l'ADE de Bouira et ont été effectué au niveau de ce dernier.



Chapitre V :
Résultats et Discussions

V.1.Introduction :

Ce chapitre est consacré aux résultats et à la discussion des analyses effectuées sur les eaux souterraines du sous bassin de Sidi Ziane, pour évaluer leur qualité physico-chimique. ce travail a été effectué sur 8 forages pendant le mois d'AVRIL 2019 .

V.2.Résultats et discussions :

V.2.1.Les Paramètres physique et chimiques :

V.2.1.1. Le pH :

Tableau V-1 : Résultats d'analyses du paramètre de pH.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
pH	7,1	7,01	6,99	7,02	7,03	6,93	6,96	7,31

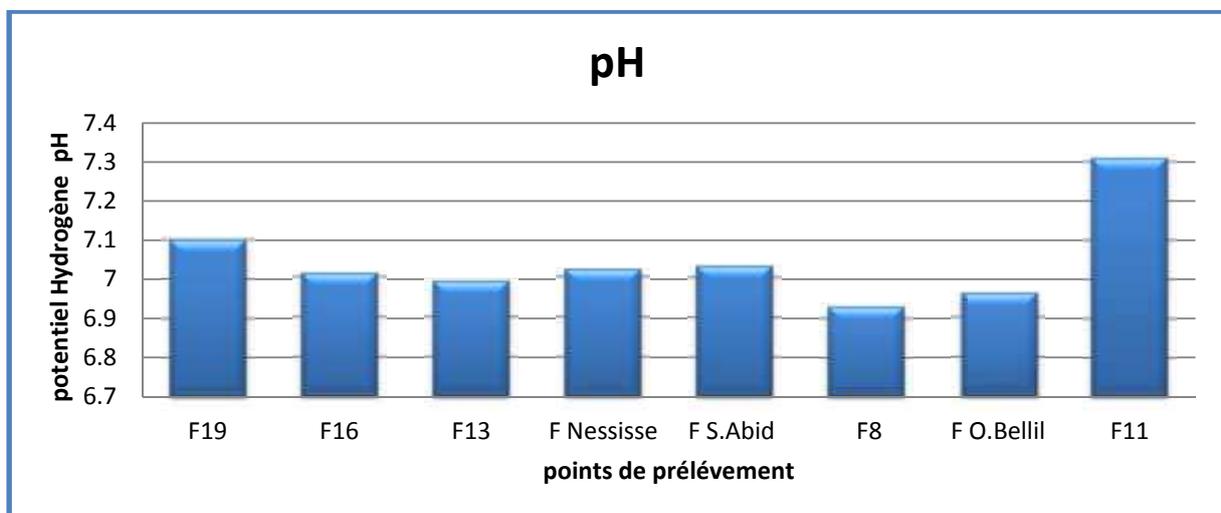


Figure V-1: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de pH.

Les valeurs de pH obtenues lors des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude varient entre 6.93 et 7,31. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F11(7.31) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F8(6.93). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**)

Cette variation peut être expliquée par la nature géochimique des roches affleurant car le pH dépend en grande partie de l'effet tampon des terrains traversés qui sont en majorité des terrains calcaire et dépend également de la nature des rejets qui y sont déversés.

V.2.1.3.La Turbidité :

Tableau V-2: Résultats d'analyses du paramètre de Turbidité.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Turbidité (NTU)	0,31	0,57	0,56	0,33	0,44	0,15	2,17	0,28

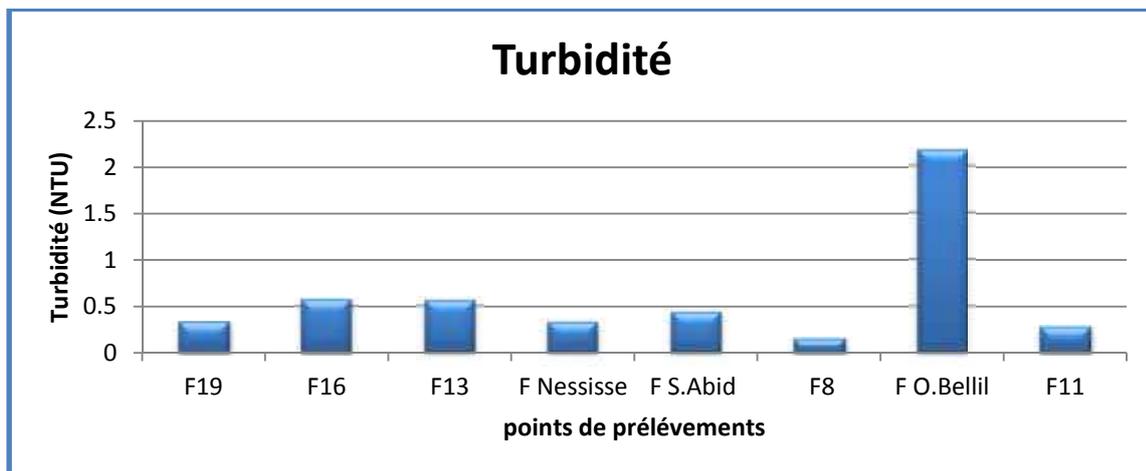


Figure V-2: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Turbidité .

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une Turbidité variant entre 0.15 NTU et 2.17 NTU. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F O.Bellil (2.17 NTU) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F8(0.15 NTU). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (Tableau B-1 Annexe).

Cette variation peut être expliquée par la différence de concentration des particules fines en suspension (MES) soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels , a titre d'exemple le F O.Bellil ,qui ne possède pas une margelle (rebord) imperméable et isolante ce qui laisse pénétrer les substances minérales (sable, argiles ou limons) et les matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition) par l'apport des eaux Pluviales.

V.2.1.4.La Conductivité :

Tableau V-3 : Résultats d'analyses du paramètre de Conductivité .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Conductivité (µs/cm)	1165	1167	1480	1181	891	1074	1020	1102

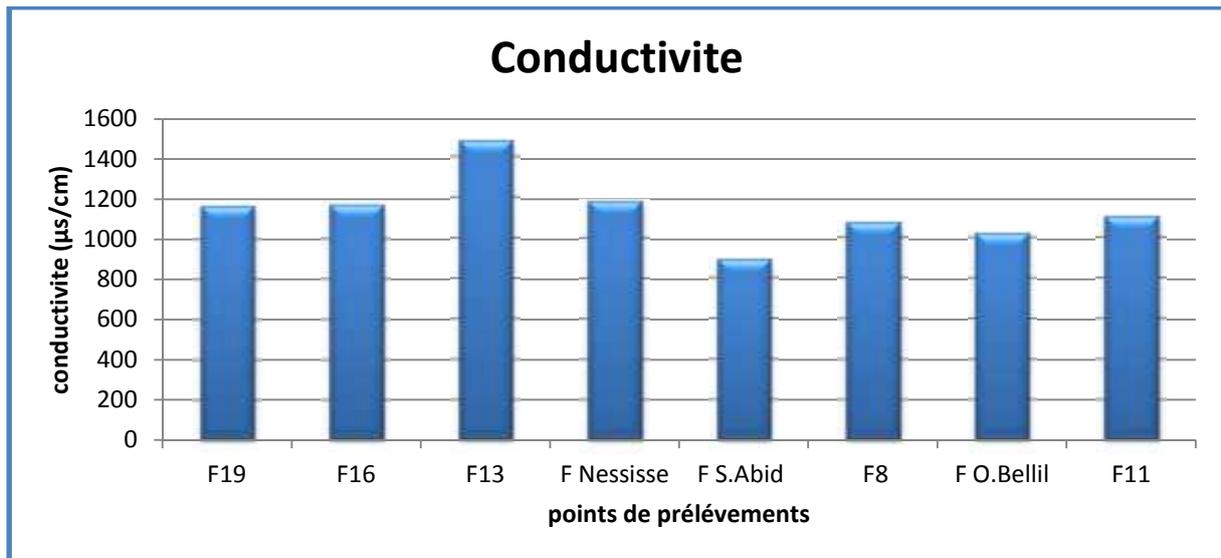


Figure V-3: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de Conductivité.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent une Conductivité qui varie entre 891µs/cm et 1480µs/cm. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13 (1480µs/cm) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (891µs/cm). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme Algérienne de potabilité (Tableau B-1 Annexe).

Cette variation de la conductivité indique qu’il y a une différence de minéralisation importante entre les forages , ceci peut être expliqué par la nature géochimique des roches traversées par les eaux dans cette région.

V.2.1.5.La Teneur en Sel Dissous TDS :

Tableau V-4: Résultats d’analyses du paramètre de TDS .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
TDS (mg/l)	573	575	734	582	436	528	501	553

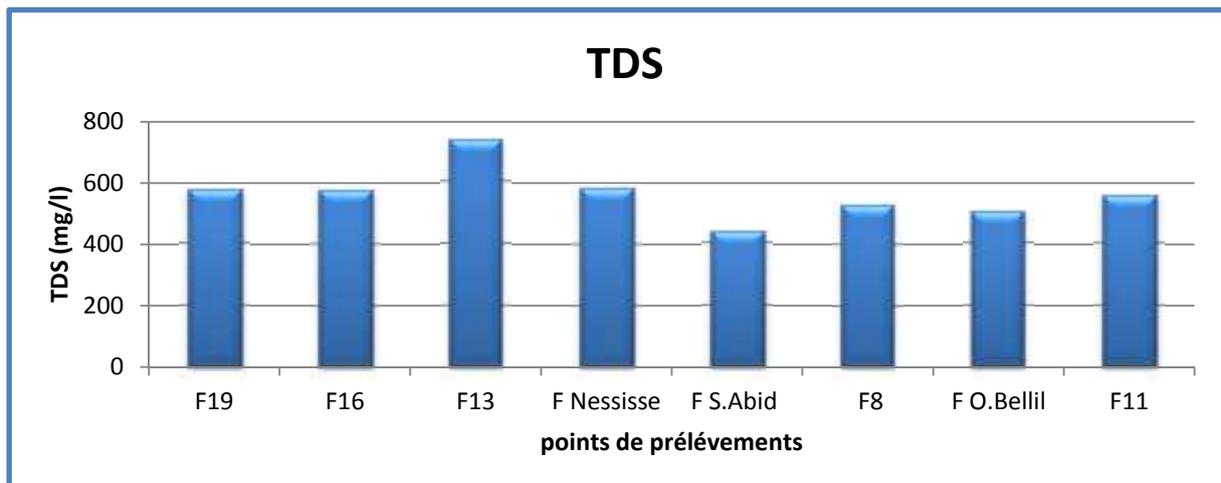


Figure V-4: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TDS .

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une TDS qui varie entre 436 mg/l et 734 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13 (734mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (436mg/l), il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**Tableau B-1 Annexe**).

V.2.1.6.La Salinité :

Tableau V-5: Résultats d'analyses du paramètre de Salinité .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Salinité (%)	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6

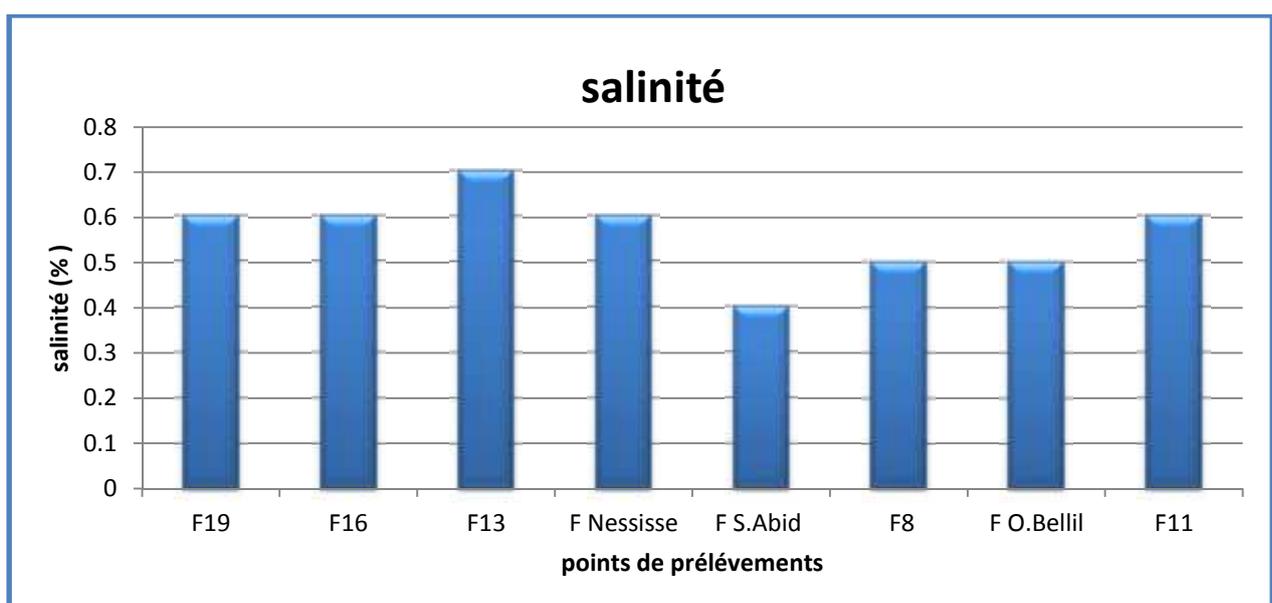


Figure V-5: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Salinité.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une Salinité qui varie entre 0.4% et 0.7% .La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13 (0.7%) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (0.4%), il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**Tableau B-1 Annexe**).

L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorures (Cl^-)... après dissociation des sels, elle est en fonction de la géologie des terrains traversés , cette variation peut être expliquée aussi par des rejets domestiques.

V.2.2.Les Paramètres Volumétriques :

V.2.2.1.Le Calcium Ca^{2+} :

Tableau V-6: Résultats d'analyses du paramètre de Calcium.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	108,8	116,8	120	128	112	107,2	108,8	116,8

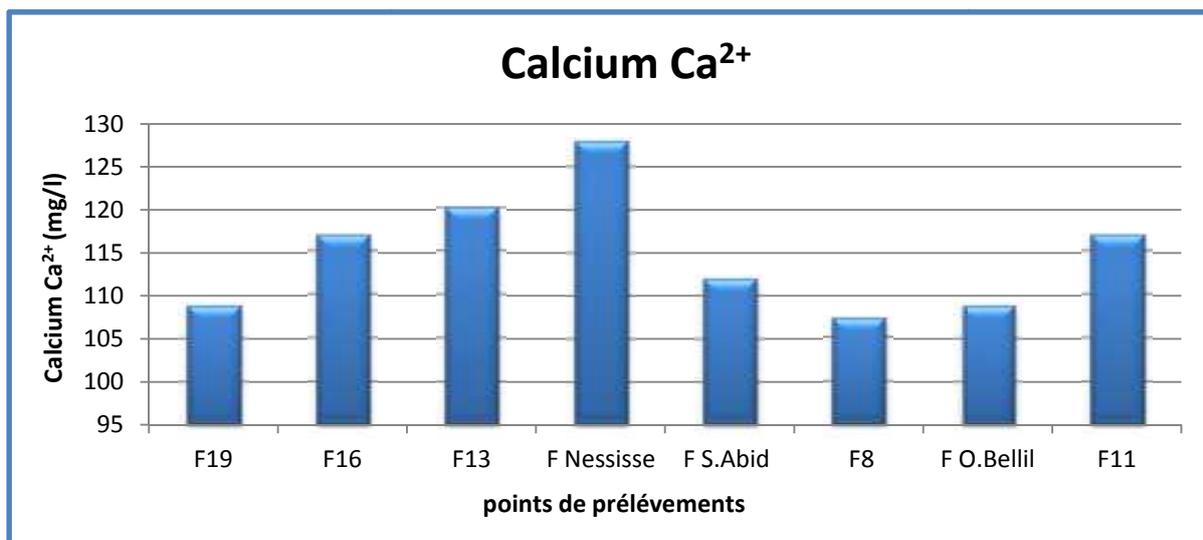


Figure V-6: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Calcium.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Calcium variant entre 107.2 mg/l et 128 mg/l .La valeur maximale est enregistrée au niveau du F Nessisse (128mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F8 (107.2mg/l) Toutes les valeurs sont conformes à la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**)

Généralement sa teneur varie suivant la nature des terrains traversés, cette variation peut être expliquée essentiellement par la dissolution des formations carbonatées, ainsi que les formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

V.2.2.2. Le Titre Hydrométrique TH :

Tableau V-7: Résultats d'analyses du paramètre de TH.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	380	376	504	432	348	408	388	404

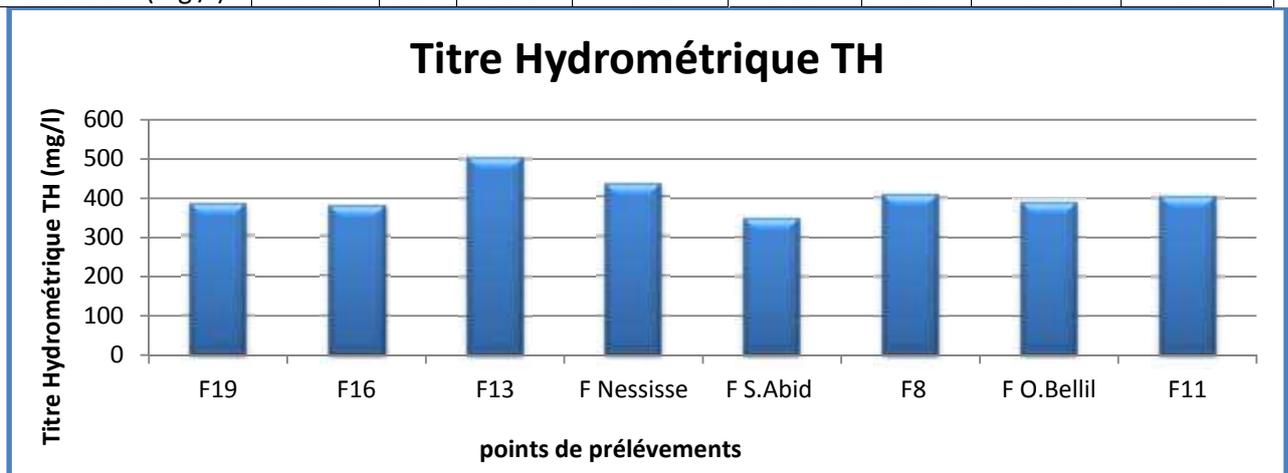


Figure V-7: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TH.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un TH qui varie entre 348 mg/l et 504 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau de F13 (504mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (348mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité, sauf la valeur de TH du F13 elle dépasse la norme qui est de 500 (mg/l) elle peut donc être considérée comme une eau très dure. (Tableau B-1 Annexe).

Cette variation peut être expliquée dans la plupart des cas par la mobilisation des sels solubles présents dans l'horizon superficiel du sol du sous bassin, elle est aussi due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Elle correspond globalement aussi au lessivage des terrains traversés. Une eau dure apporte une plus grande quantité de sels minéraux à l'organisme, ce qui aurait un effet protecteur vis-à-vis de certaines maladies cardiovasculaires, mais peut cependant être irritante pour la peau, notamment pour les peaux sensibles, aussi elle peut provoquer un dépôt de tartre donc une réduction du rendement de tous les appareils qui produisent de la chaleur et donc une consommation accrue d'énergie.

V.2.2.3. Le Titre Alcalimétrique Complet TAC :

Tableau V-8: Résultats d'analyses du paramètre de TAC.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	281	277	359	345	275	269	283	251

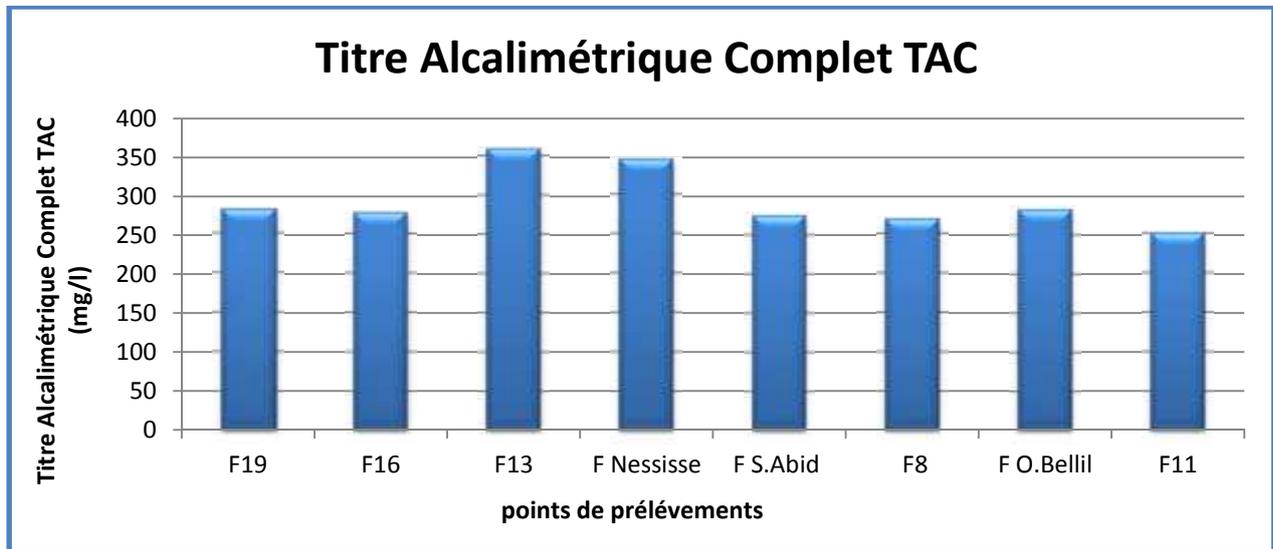


Figure V-8 : Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de TAC.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un TAC qui varie entre 251 mg/l et 359 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F8(359mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F11(251mg/l), il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée par l'augmentation de la minéralisation suite aux apports riches en cations et en anions.

V.2.2.4. Les Chlorures Cl⁻ :

Tableau V-9 : Résultats d'analyses du paramètre de Cl⁻.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	116,44	120,7	142	127,09	97,98	113,6	100,11	166,14

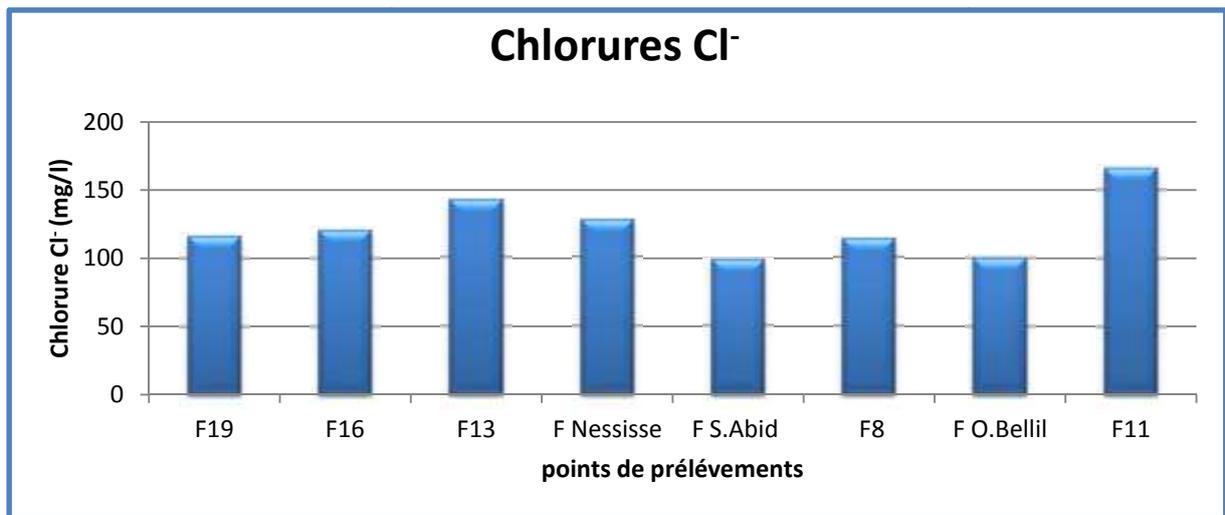


Figure V-9: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de Chlorures.

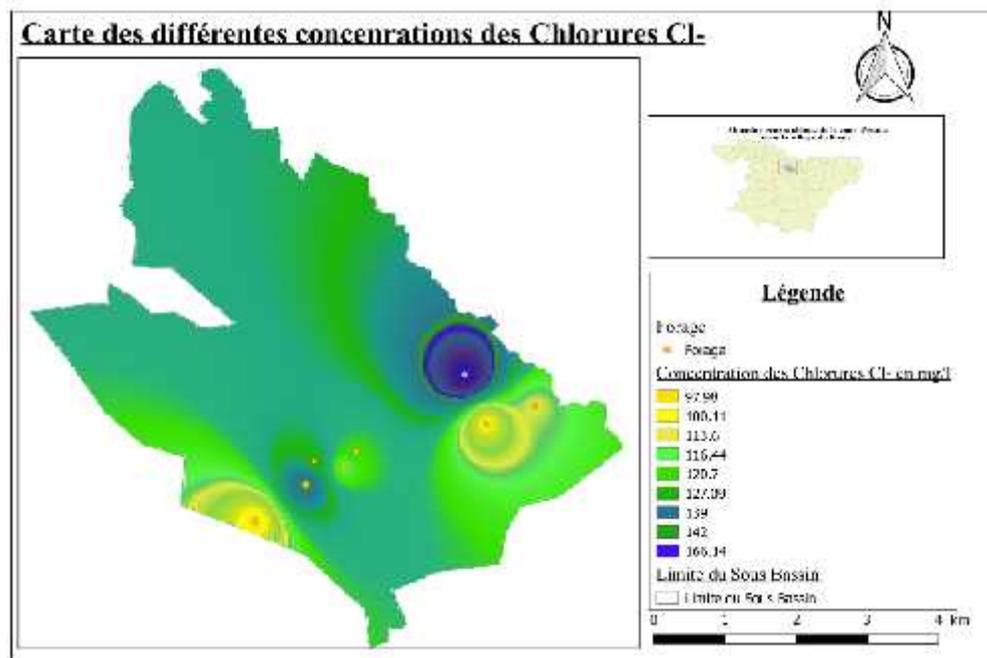


Figure V-10: Carte des différentes concentrations des Chlorures Cl⁻.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent un taux de Chlorure qui varie entre 97.98 mg/l et 166.14 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F11(166.14mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (97.98mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée par la multitude d’origines qu’ils peuvent avoir, d’abord leur présence en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses ce qui facilite la dissolution des terrains salifères.

V.2.2.5. Le Magnésium Mg^{2+} :

Tableau V-10: Résultats d'analyses du paramètre de Magnésium .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	26,24	20,41	49,57	26,88	16,32	33,6	27,84	26,88

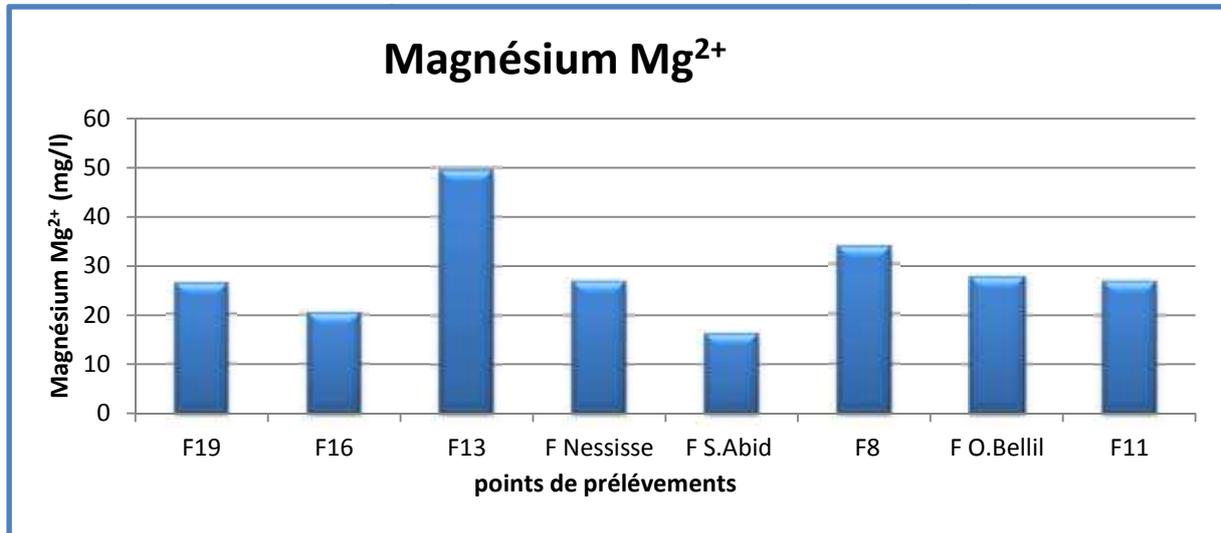


Figure V-11 : Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Magnésium .

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Magnésium qui varie entre 16.32 mg/l et 49.57 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13 (49.57mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (16.32mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée par la dissolution des formations riches en magnésium, et par la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques : roche sédimentaire formée de carbonate de magnésium et de calcium ...).

V.2.2.6.Le Bicarbonate HCO_3^- :

Tableau V-11 : Résultats d'analyses du paramètre de Bicarbonate .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	342,82	337,94	437,98	420,9	335,5	328,18	345,26	306,22

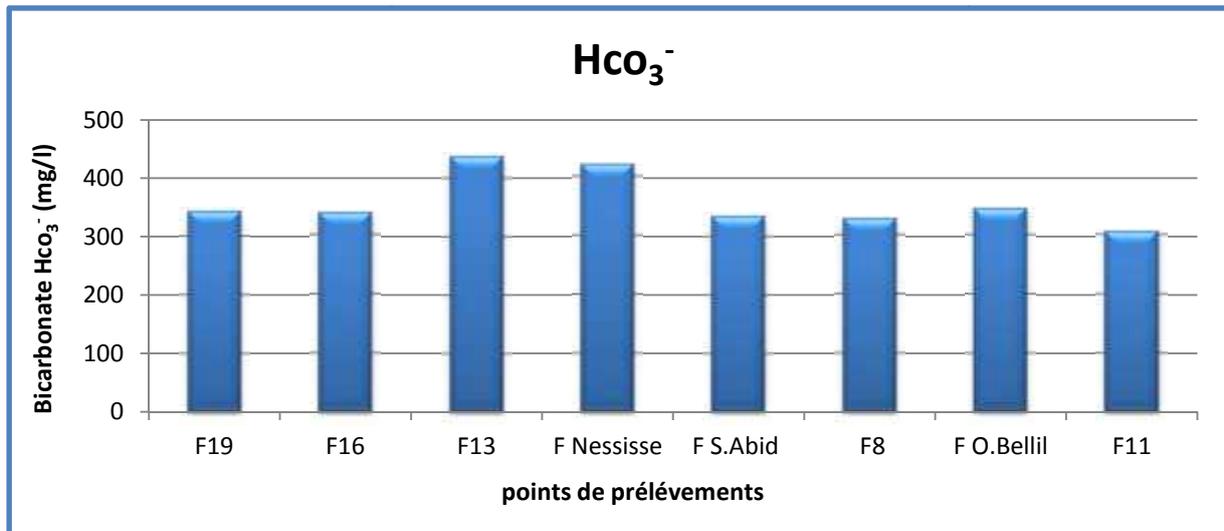


Figure V-12: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Bicarbonate.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Bicarbonate qui varie entre 306.22 mg/l et 437,98 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13 (437.98mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F11 (306.22mg/l). Concernant les ions bicarbonates, il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée essentiellement par la dissolution des formations carbonatées affleurant.

V.2.2.7. La Matière organique MO :

Tableau V-12 : Résultats d'analyses du paramètre de la Matière organique .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	1,73	2,78	2,08	4,34	1,36	1,90	3,53	4,47

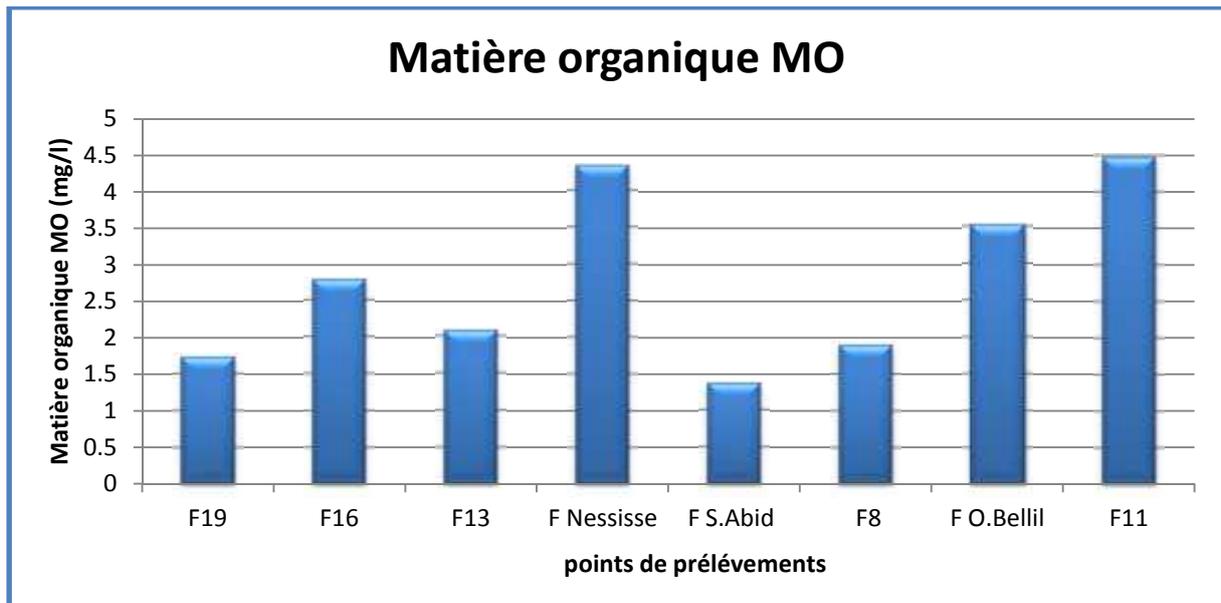


Figure V-13: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de la Matière organique .

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent une Matière Organique variant entre 1.36 mg/l et 4.47 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F11 (4.47(mg/l)) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid (1.36mg/l). Trois forages dépasse la Norme Algérienne de potabilité qui sont : le F O.Bellil (3.53mg/l), le F Nessisse (4.34mg/l) , le F11 (4.47mg/l) (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette forte concentration en matières organiques peut donné un goût désagréable à l’eau. Qui dérivent du lessivage des sols, des métabolismes des organismes vivants (végétaux, animaux, microorganismes) et des activités humaines (rejets agricoles, urbains et industriels) qui sont présent dans la zone d’étude , tel que les fausses septiques et l’ORAC ainsi que l’oued ed dous et les terres agricoles (le F O.Bellil se trouve à proximité de oued ed dous, le F Nessisse se situe prêt de l’ORAC ainsi que les fausses septiques, pour ce qui est du F11 il est à coté de terres agricoles).

V.2.2.8.Le Résidu Sec :

Tableau V-13: Résultats d’analyses du paramètre de Résidu Sec .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	388	527	779	429	319	483	398	570

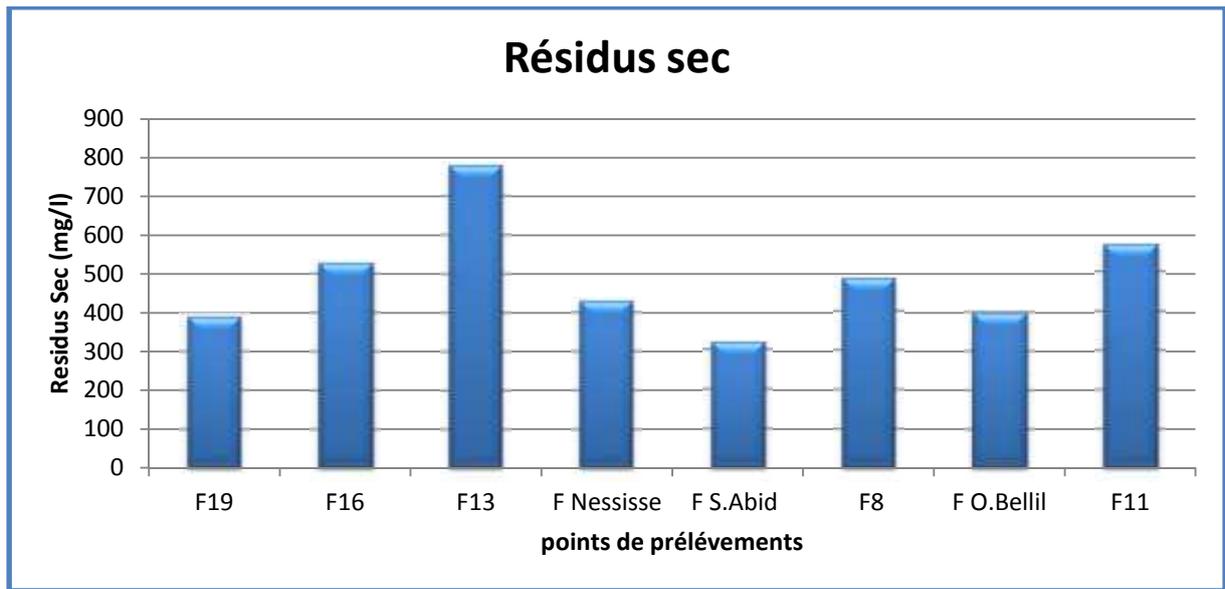


Figure V-14: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de Résidus Sec.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent un taux de Résidu sec qui varie entre 319 mg/l et 779 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13(779mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid(319mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (Tableau B-1 Annexe).

V.2.3.Les Paramètres de spectrophotométrie :

V.2.3.1. Le fer Fe :

Tableau V-14 : Résultats d’analyses du paramètre de Fer .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,03	0

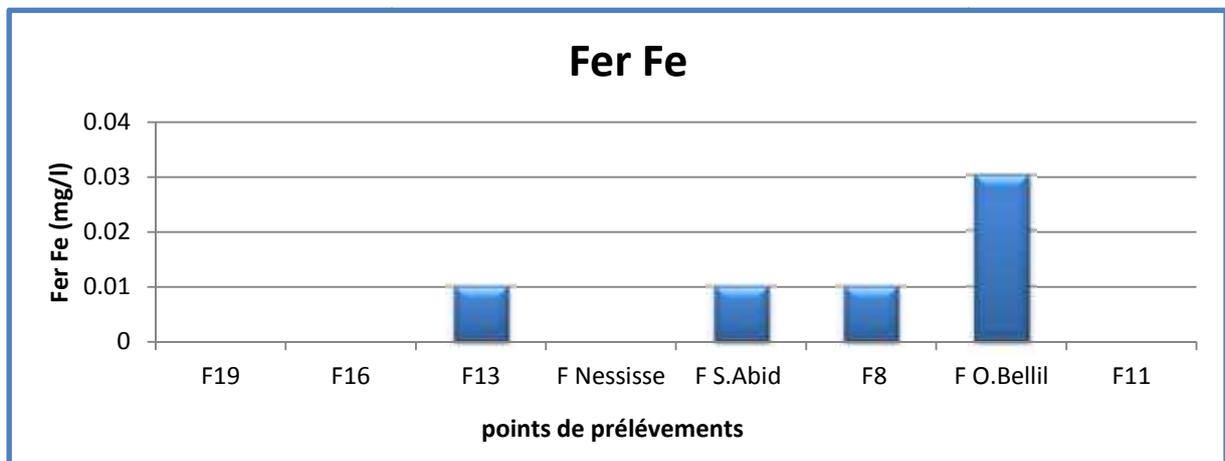


Figure V-15: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de Fer.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un Fer variant entre 0 mg/l et 0.03 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F O.Bellil (0.03mg/l) et une absence au niveau des forages suivants : le F19, le F16, le F Nessisse et le F11. Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (Tableau B-1 Annexe).

Cette présence de fer peut être attribuable à la décomposition de la roche et des minéraux, provenant des terrains traversés, d'un lessivage des sols, aux effluents d'égouts ainsi qu'aux rejets industriels.

V.2.3.2. Le Sulfate SO_4^{2-} :

Tableau V-15 : Résultats d'analyses du paramètre de Sulfate .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	41,93	42,48	57,88	109,07	68,47	104,66	90,29	2,83

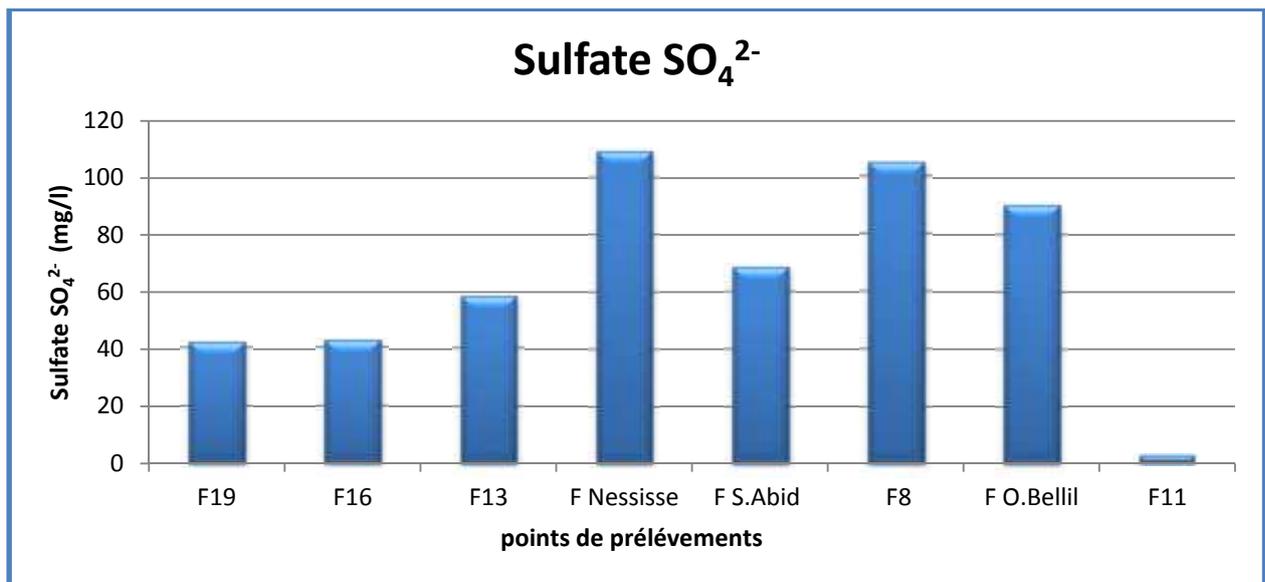


Figure V-16: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Sulfate .

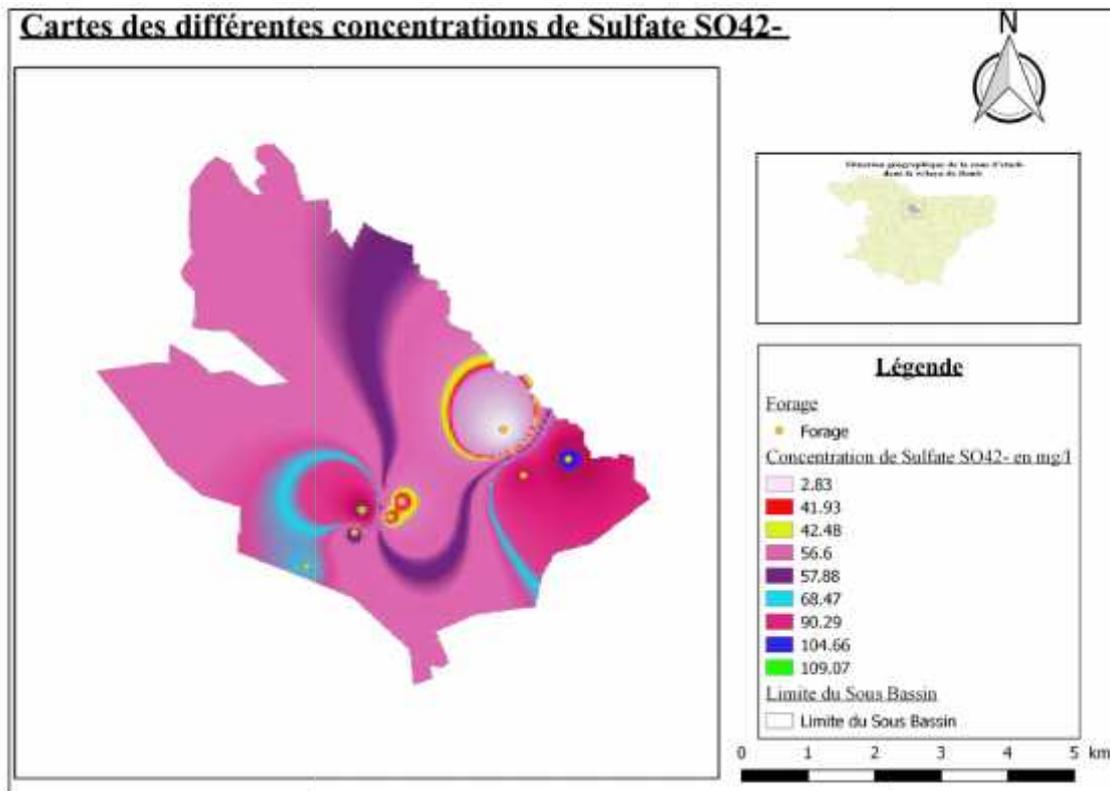


Figure V-17 : Carte des différentes concentrations de Sulfate SO₄²⁻.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Sulfate qui varie entre 2.83 mg/l et 109.07 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F Nessisse (109.07mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F11(2.83 mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée par sa provenance de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux, comme l'eau souterraine se déplace à travers les sols, certains sulfates sont dissous dans l'eau.

V.2.3.3. Le Nitrate NO₃⁻ :

Tableau V-16: Résultats d'analyses du paramètre de Nitrate .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0,95	1,45	3,45	2,64	1,86	4,17	2,04	1,196

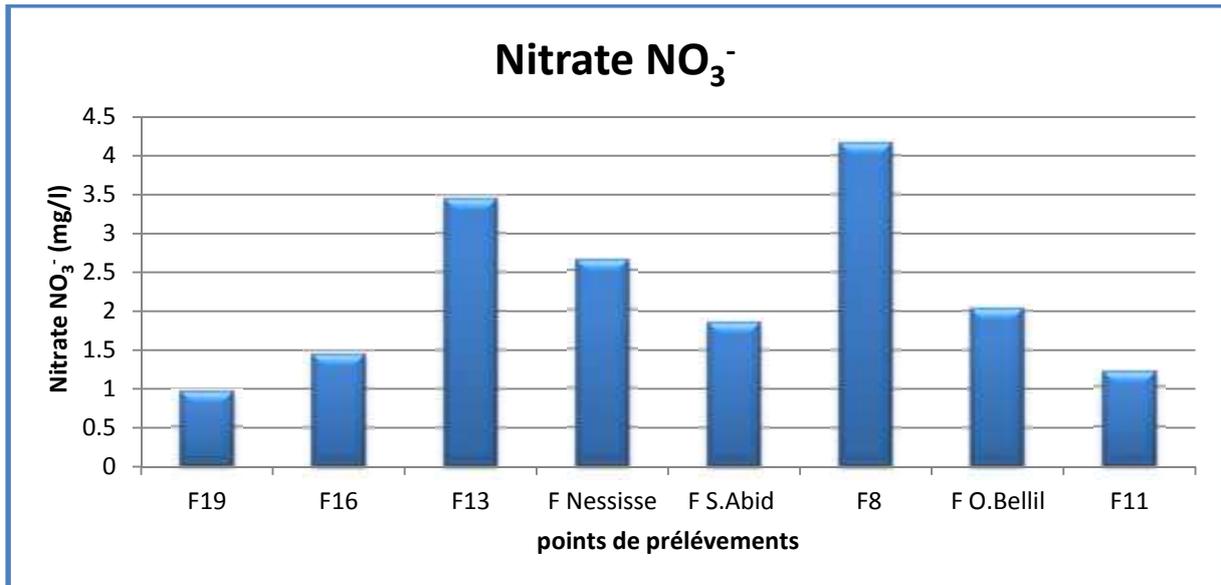


Figure V-18: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de Nitrate .

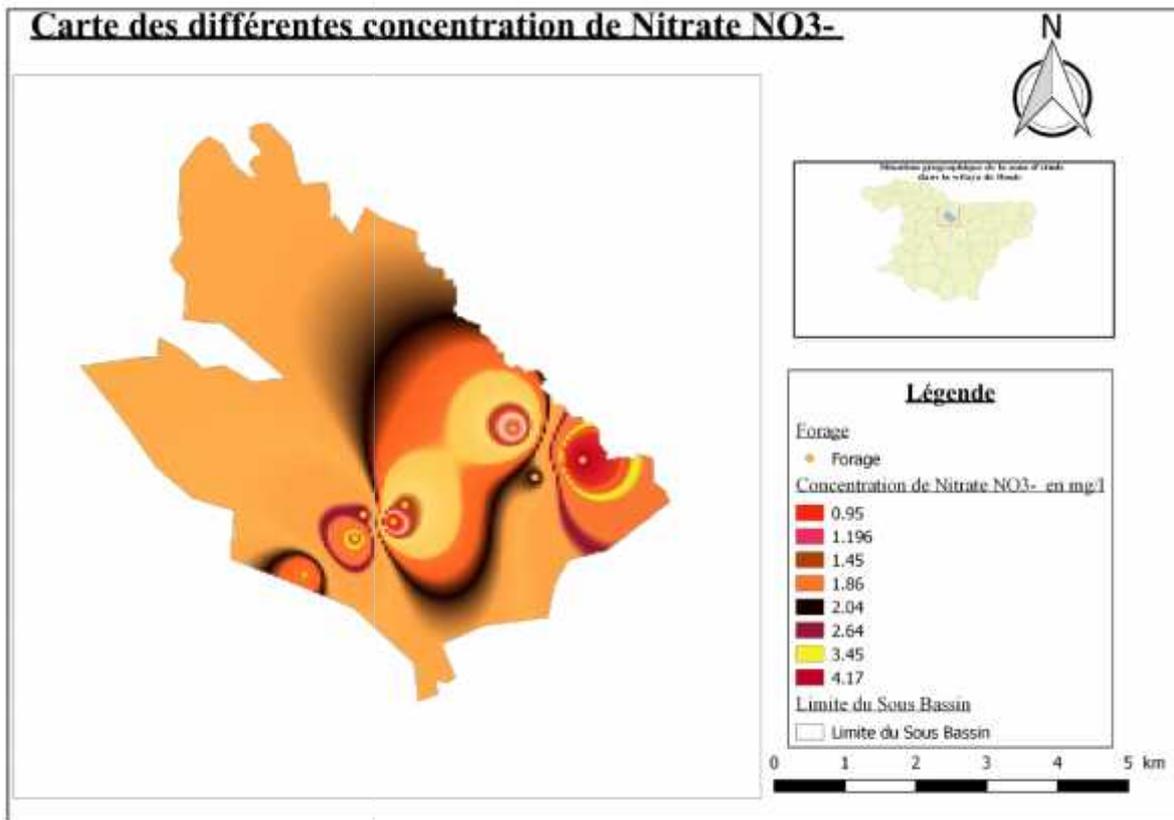


Figure V-19: Carte des différentes concentrations de Nitrate NO₃⁻.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent un Nitrate variant entre 0.95 mg/l et 4.17 mg/l . La valeur maximale est enregistrée au niveau du F8(4.17 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F19(0.95mg/l).Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette variation peut être expliquée en grande partie par le ruissellement des eaux sur le sol ou la présence d'un apport en nitrates exogène (utilisation des pesticides pour les agricultures) et engrais azotés ou la présence d'un rejet domestique .

V.2.3.4. Le Manganèse Mn^{2+} :

Tableau V-17: Résultats d'analyses du paramètre de Manganèse .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0,04	0,52	0,01	0	0	0	0	0

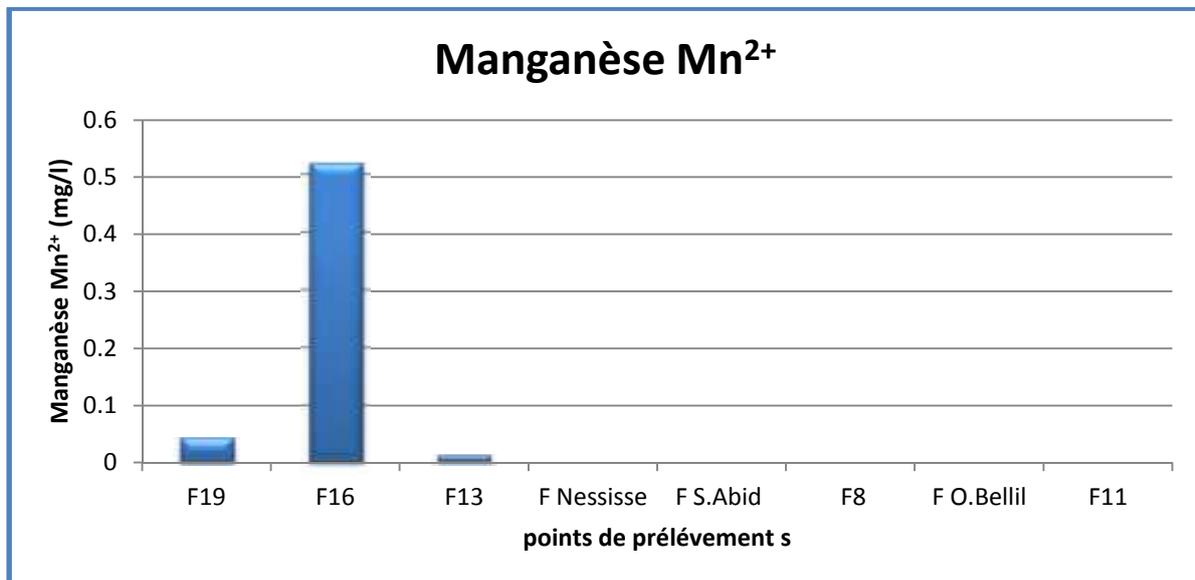


Figure V-20: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Manganèse .

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un Nitrate variant entre 0 mg/l et 0.52 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F16(0.52mg/l) et une absence enregistrée au niveau des forages suivants : le F Nessisse, F S.Abid, le F8 , le F O.Bellil et le F11 . Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité sauf le F16(0.52mg/l) qui dépasse légèrement la norme de 0.02mg/l (**Tableau B-1 Annexe**).

Cette augmentation peut provenir du sous-sol ou il est mis en solution par le CO_2 des eaux d'infiltration. Il peut aussi provenir de dépôts de déchets industriels.

V.2.4. Les Paramètres de pollution :

V.2.4.1. Le Phosphate PO_4^{3-} :

Tableau V-18: Résultats d'analyses du paramètre de Phosphate .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0	0	0	0	0	0	0	0

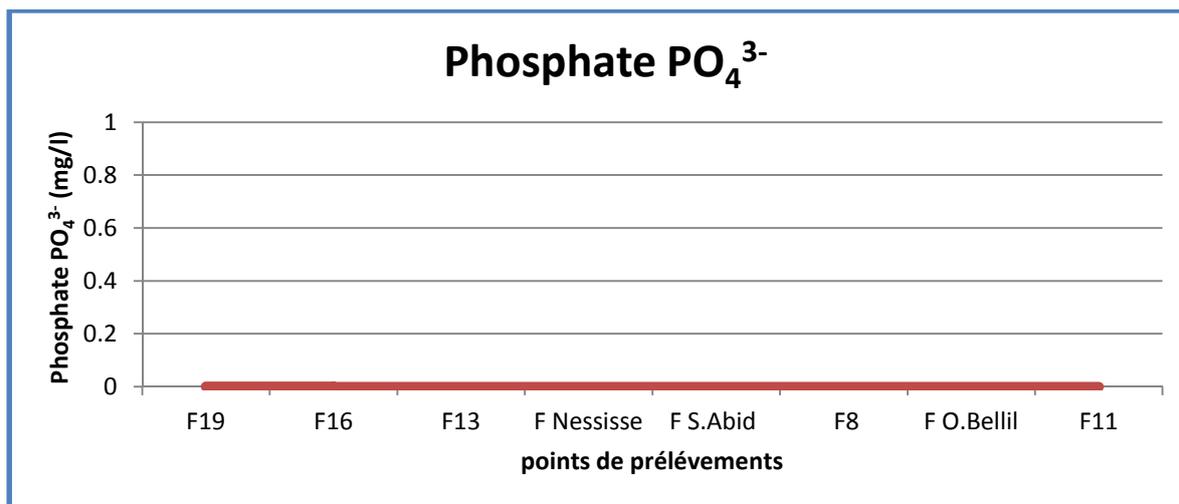


Figure V-21: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Phosphate.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une absence de Phosphate donc toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**). Cela montre une absence de pollution par détergents .

V.2.4.2. Les Nitrites NO_2^- :

Tableau V-19: Résultats d'analyses du paramètre des Nitrites .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0	0	0	0	0	0	0	0

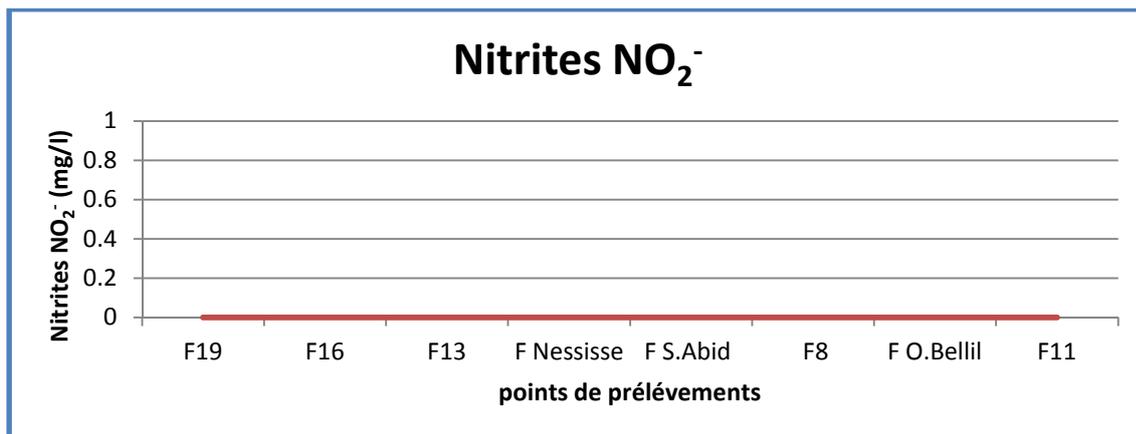


Figure V-22: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre des Nitrites.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent une absence de Nitrite donc toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

V.2.4.3. L’Ammonium NH₄⁺ :

Tableau V-20: Résultats d’analyses du paramètre d’Ammonium.

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0	0	0	0	0	0	0	0

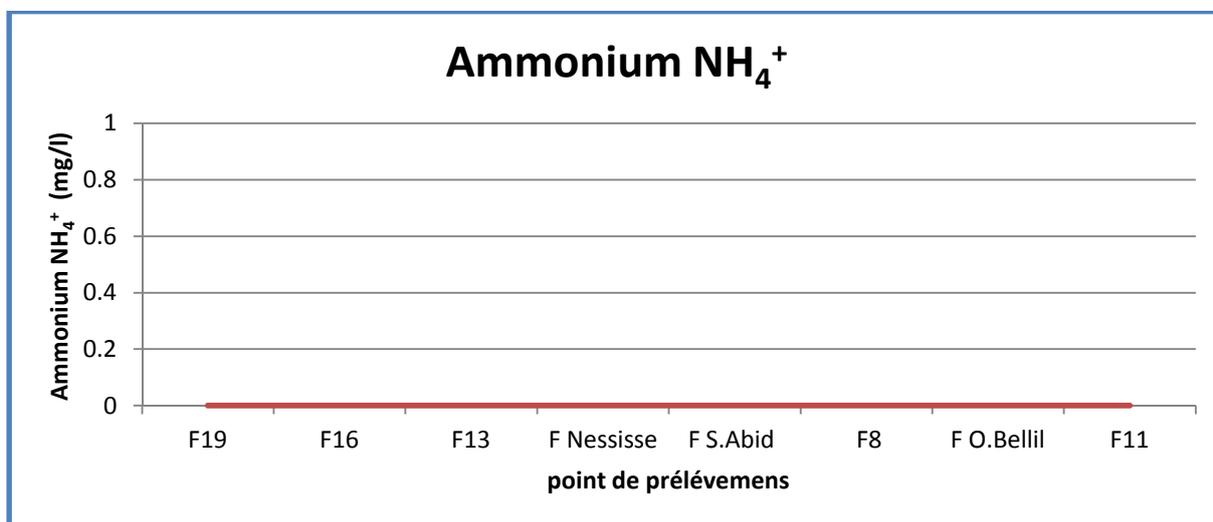


Figure V-23: Diagramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre d’Ammonium.

Les résultats des analyses des échantillons d’eau de la zone d’étude montrent une absence d’Ammonium donc toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**).

V.2.5. Les Paramètres Photométrique à Flamme :

V.2.5.1. Le Sodium Na⁺ :

Tableau V-21: Résultats d'analyses du paramètre de Sodium .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	36,35	36,35	41,85	33,54	21,74	27,24	27,64	34,24

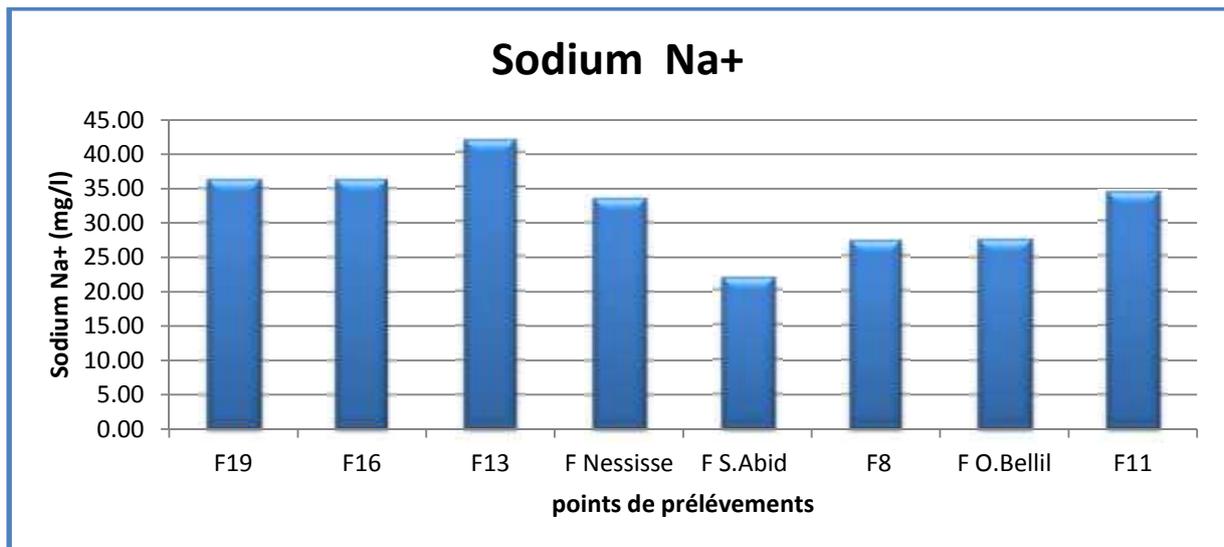


Figure V-24: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Sodium.

Carte des différentes concentration de Sodium Na⁺.

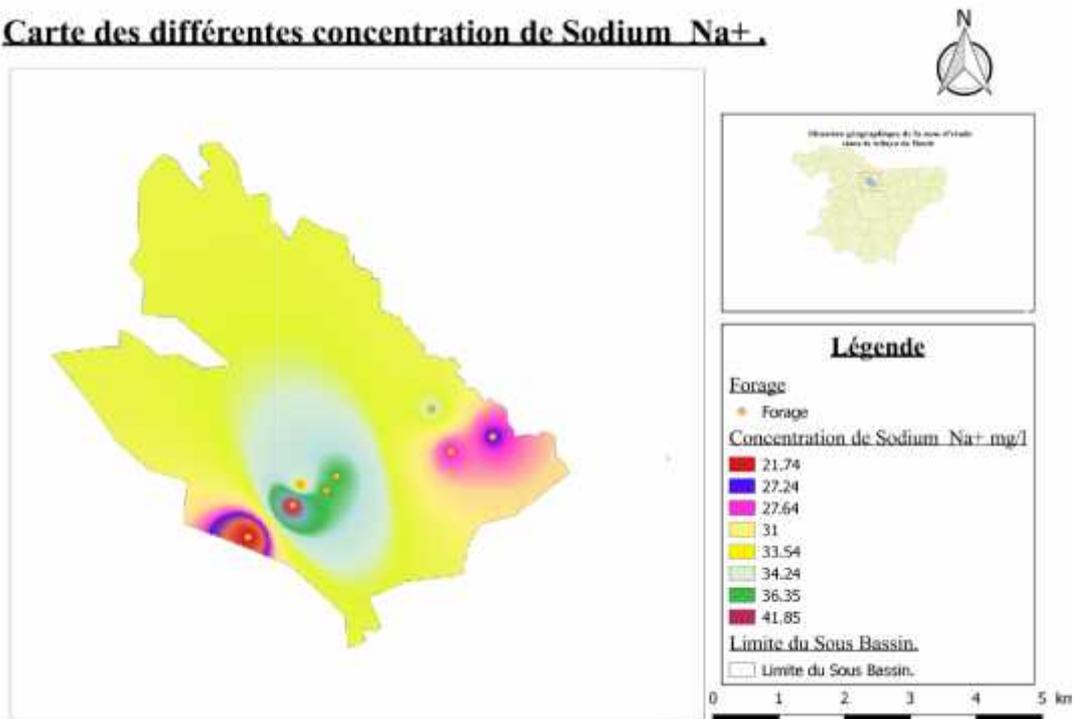


Figure V-25: Carte des différentes concentrations de Sodium Na⁺.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Sodium qui varie entre 21.74 mg/l et 41.85 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13(41.85mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F S.Abid(21.74mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme Algérienne de potabilité (Tableau B-1 Annexe).

Cette variation peut provenir de la lixiviation (Le lessivage) des formations géologiques contenant du chlorure de sodium ou de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium.

V.2.5.2.Le Potassium K⁺ :

Tableau V-22: Résultats d'analyses du paramètre de Potassium .

Nom de Forage	F19	F16	F13	F Nessisse	F S.Abid	F8	F O.Bellil	F11
Concentration (mg /l)	0,55	0,55	1,75	1,11	0,81	0,31	0,81	0,71

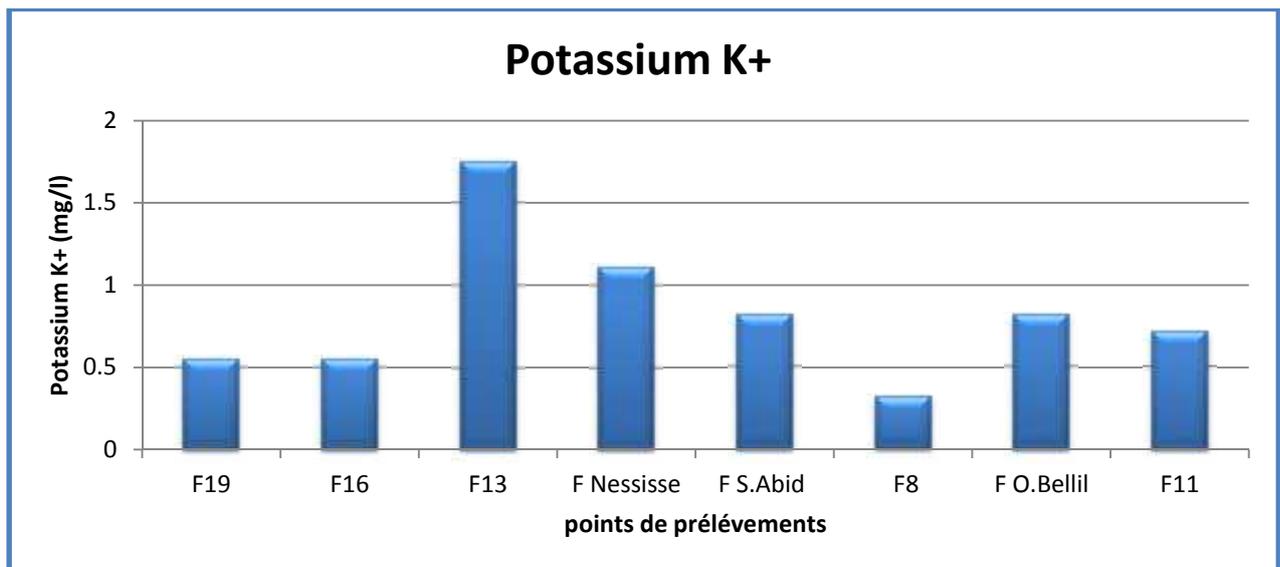


Figure V-26: Diagramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de Potassium.

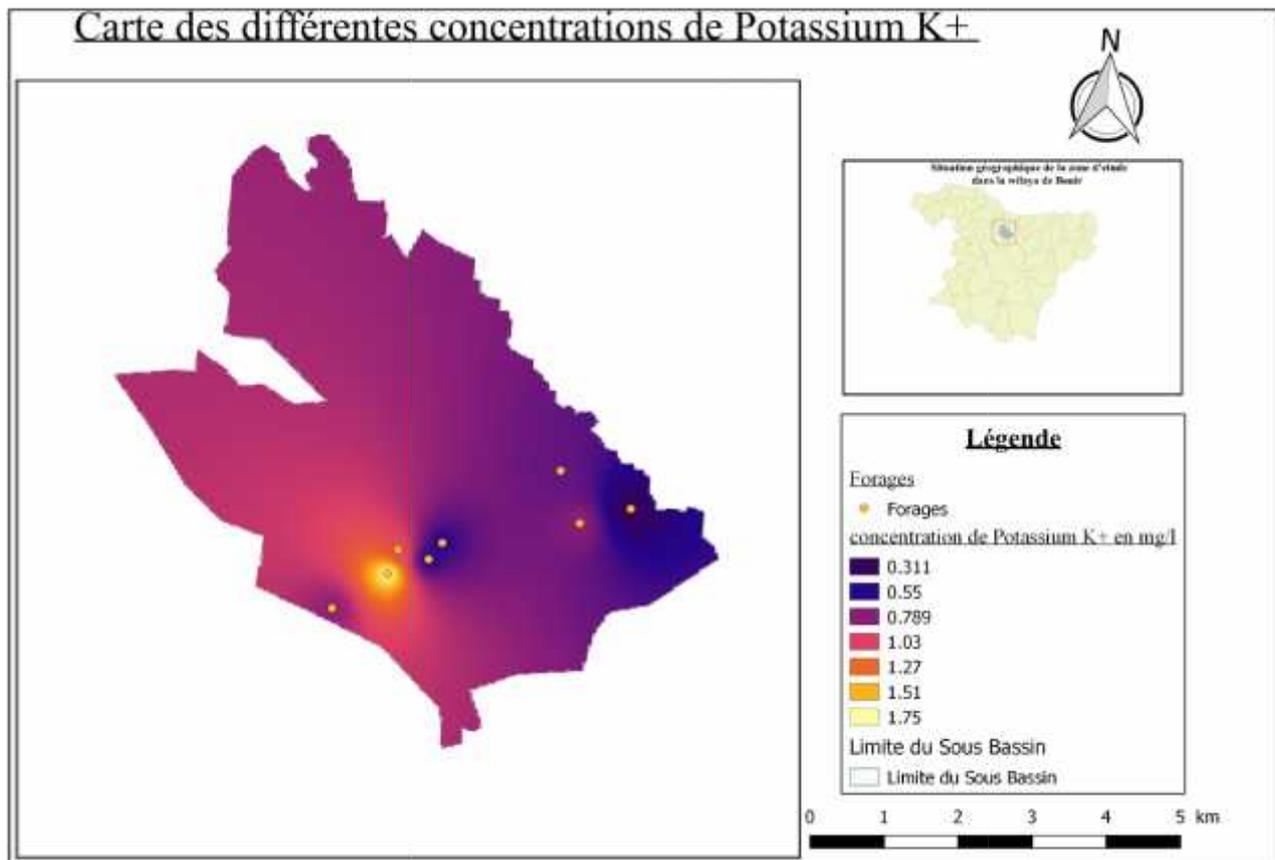


Figure V-27: Carte des différentes concentration de Potassium K^+ .

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Potassium qui varie entre 0.31 mg/l et 1.75 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F13(1.75mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du F8(0.31mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau B-1 Annexe**). Cette variation peut résulter de l'altération (Transformation) de certains argiles et de la dissolution des engrais chimiques qui sont utilisés massivement par les agriculteurs , elle peut être également liée au déversement des eaux usées domestiques.

V.3.Détermination des principaux faciès chimiques :

V.3.1.Représentation graphique des faciès chimiques :

V.3.1.1.Diagramme de PIPER :

La projection des échantillons d'eau étudiés sur ce diagramme , a permis d'obtenir les faciès qui sont représenté comme suit :

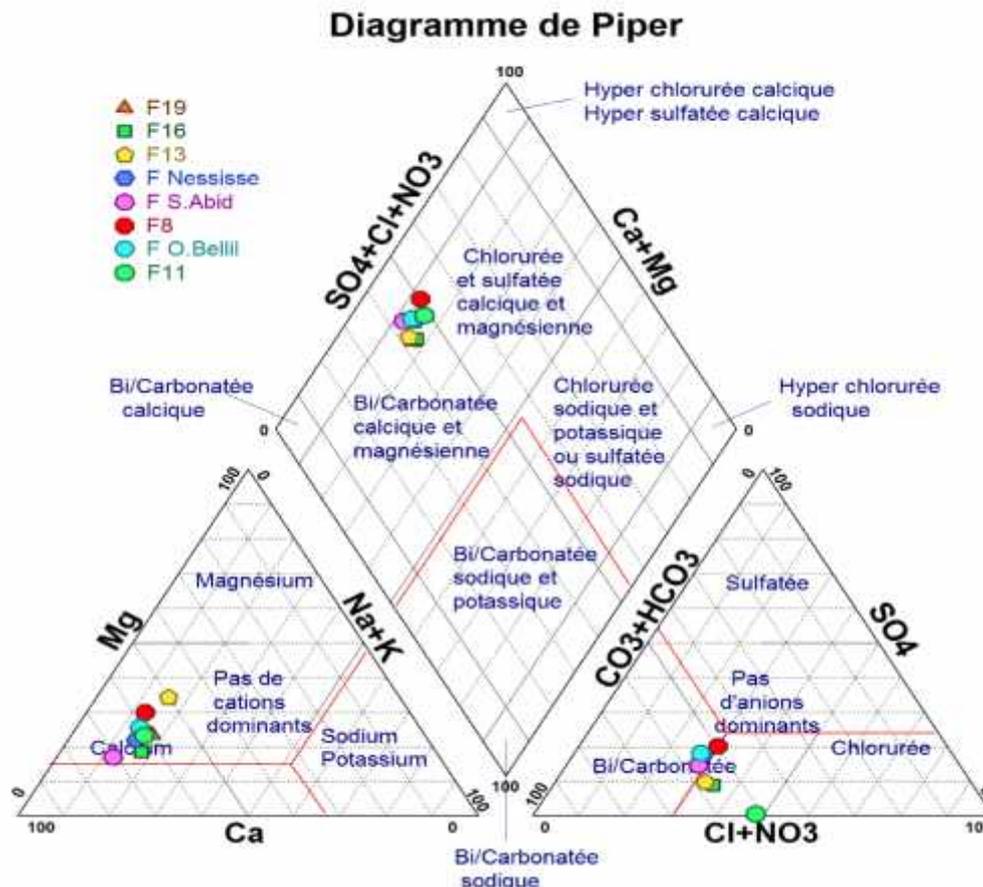


Figure V-28: Projection des échantillons sur le diagramme de Piper.

A partir du diagramme de piper on peut remarqué que pour les eaux des 8 forages de Sidi Ziane ,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 Bicarbonatée calcique et magnésienne .

V.3.1.2.Diagramme de Schoeller-Berkaloff :

La figure la figure ci-dessous montrent le faciès chimiques des échantillons analysés selon le diagramme de Schoeller Berkaloff :



Figure V-29: Représentation des résultats d’analyses selon le diagramme de Schoeller Berkaloff.

La représentation des résultats d’analyses selon le diagramme de Schoeller Berkaloff , confirme la domination du faciès qui est : Bicarbonatée calcique et magnésienne.

V.4.Calcul de l’indice de contamination :

Les indices de contamination qui montrent la vulnérabilité à la pollution des 8 forages analysés sont représenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau V-23: Détermination de l'indice de contamination et de la vulnérabilité.

Nom du forage	Indice de contamination IC	Vulnérabilité à la pollution
F19	6	faiblement sensible
F16	7	faiblement sensible
F13	8	faiblement sensible
F Nessisse	9	faiblement sensible
F S.Abid	7	faiblement sensible
F8	8	faiblement sensible
F O.Bellil	7	faiblement sensible
F11	6	faiblement sensible

On déduit à partir du tableau (**Tableau V-26**) que les 8 forages de la zone étudiée sont faiblement sensible à la pollution .

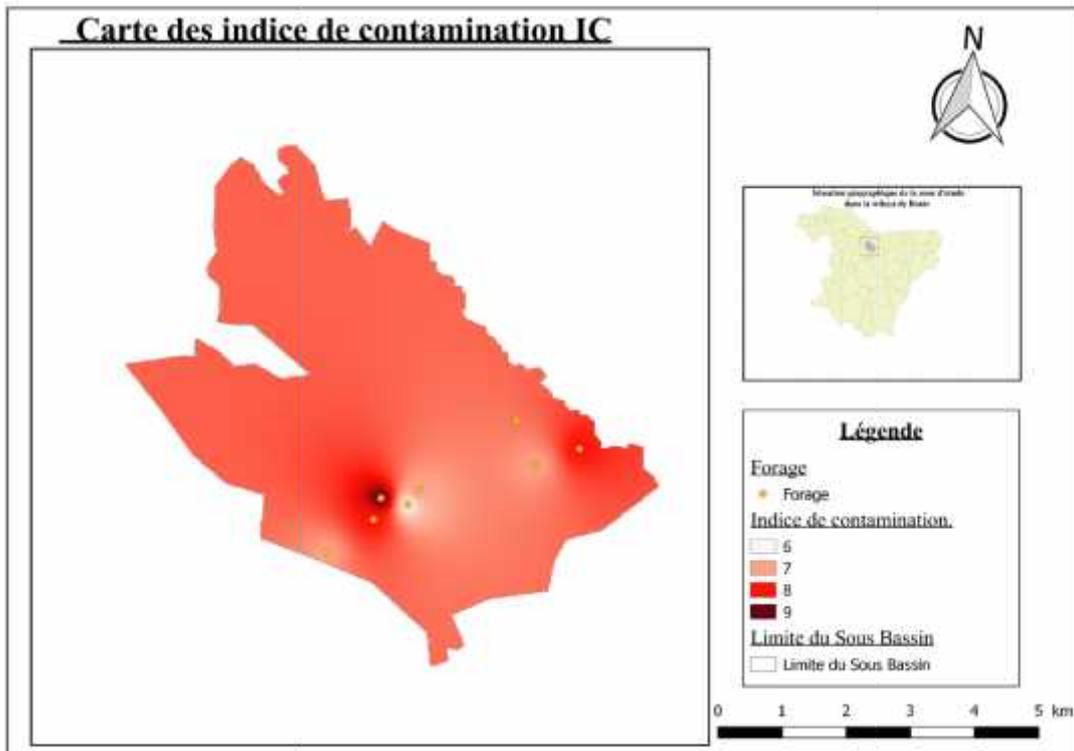
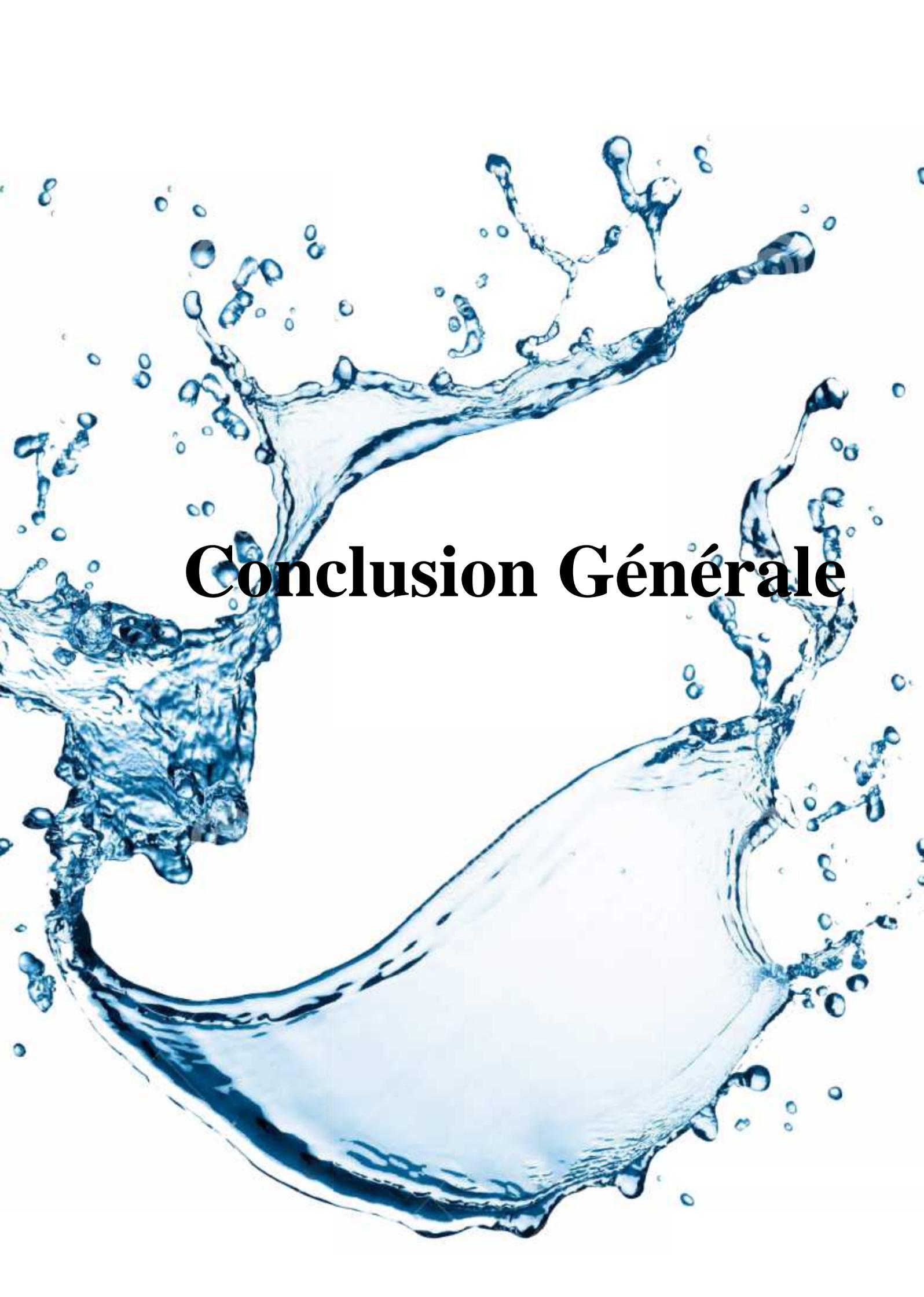


Figure V-30: Carte des indices de contamination IC.

V.4.Conclusion :

Suite aux analyses multi variées des résultats physico-chimiques qui on porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux du sous bassin de sidi Ziane ,il ressort que la plupart des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité internationale de l'OMS et nationale algérienne ,à l'exception des forages suivant : le F13 où il dépasse la norme de la dureté TH et les : F O.Bellil , F Nessisse et le F11 où ils dépassent la norme de la matière organique MO et le F16 qui dépasse la norme de manganèse , c'est paramètres sont influencées principalement par la géologie locale et l'interaction eau-roche pendant le séjour et les écoulements souterraine.

Pour ce qui est des faciès chimiques les interprétations des diagrammes de Piper et de Schoeler-Berkaloff ont montré que les eaux de la région sont pour l'ensemble des forages Bicarbonatée calcique et magnésienne .Et enfin une faible sensibilité à la pollution pour la totalité des forages

A high-speed photograph of a large splash of clear blue water against a white background. The water is captured in mid-air, forming a wide, shallow arc. Numerous smaller droplets and bubbles are scattered throughout the splash, creating a sense of motion and energy. The lighting highlights the transparency and texture of the water.

Conclusion Générale

Conclusion Générale:

Les eaux souterraines constituent une ressource de première importance pour l'organisme humain et sa consommation. Toute fois, elles s'épuisent et leur qualités 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.

L'étude menée au cour de ce modeste travail qui a été effectué durant le mois d'Avril 2019 sur le sous bassin de Sidi Ziane (wilaya de Bouira) avait pour but l'analyse de certains paramètres physico-chimiques afin d'évaluer leurs qualité suivant les normes de potabilité en se référant aux normes de l'OMS et celles algériennes.

Cette étude est basée sur des données et connaissances de la région telles que :

- La situation géographique : la zone d'étude se situe dans la wilaya de Bouira , elle fait partie de la plaine de HAMZA.
- Le climat : le sous bassin de Sidi Ziane est caractérisée par un climat sec en été et froid en hiver avec une variation de température de 40°C en septembre et de 2°C de janvier et une plage de précipitation de 500 à 600 mm.
- La Bioclimatologie : c'est une région subhumide .
- La géologie :la zone d'étude correspond à une large dépression(un creux)alluvionnaire (dépôt de débris, tels du sable..), elle est caractérisée par hétérogénéité des formations géologiques de formation quaternaire.
- Régime des eaux : les alluvions quaternaires de la zone d'étude renferment à différents niveaux des nappes aquifères .

L'étude de la qualité des eaux ,à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques, ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes à la réglementation nationale Algérienne et internationale OMS en matière de potabilité de l'eau, à l'exception des eaux des forages suivant : le F13(504 mg/l) où il dépasse la norme de la dureté TH et les F O.Bellil(3.53 mg/l), F Nessisse(4.34 mg/l) et le F11(4.47 mg/l) où ils dépassent la norme de la matière organique MO, et le F16(0.52mg/l) qui dépasse légèrement la norme de manganèse ce qui peut être due soit aux activités humaines à proximité soit par facteur naturelle comme le lessivage des sols , oued ed dous et métabolismes des organismes vivants.

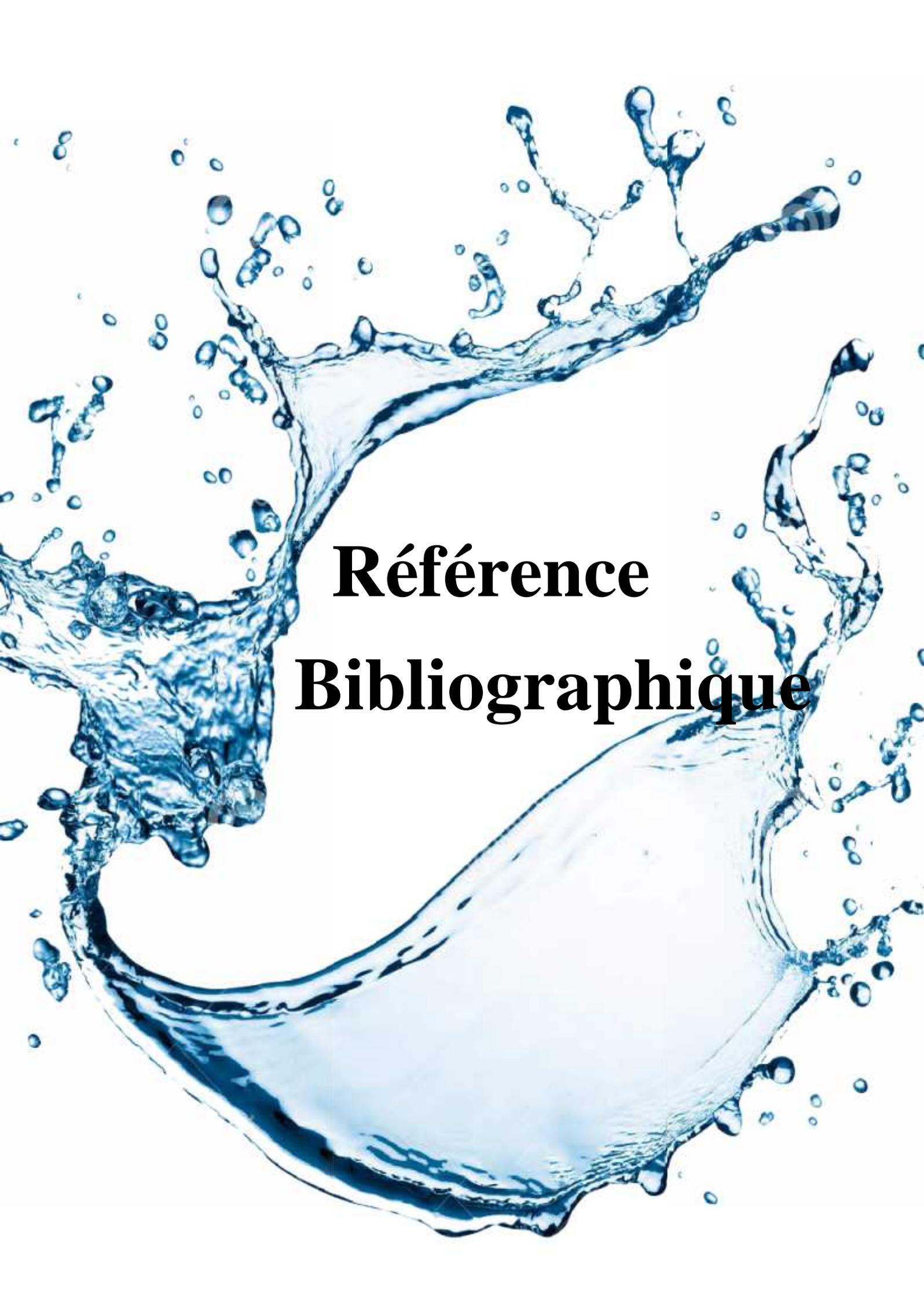
Conclusion Générale

Ces eaux sont caractérisées par le taux élevé de la dureté mais sans risque sur la santé du consommateur, leurs teneurs en calcium et en chlorures qui sont normales et surtout leur teneur en nitrates qui sont connus par leurs effets néfastes sur la santé, est très faible par rapport à la valeur maximale admissible

Pour les faciès chimiques on obtient pour l'ensemble des forages un faciès bicarbonate calcique et magnésienne , et enfin pour la vulnérabilité à la pollution elle est de faible sensibilité pour la totalité des forages malgré la présence de source de pollution tel que les rejets urbain et fausses septiques ,aussi les rejets industrielles comme l'ORAC et la présence d'agriculture .

Au terme de cette analyse on déduit que la majorité des forages présente des eaux d'une bonne qualité du point de vue physico-chimique pour la potabilité et les paramètres testés sont dans les normes (OMS et Algérienne), sauf pour les 5 forages déjà cité qui nécessite une chloration pour la désinfection (une injection en quantité et un temps de contacte suffisants).

Au cour de ce travail , j'ai pu acquérir certaine compétences tel que la manipulation du matériels d'analyse dans un laboratoire et la maitrise de nouveau logiciels comme Diagramme et QGIS , la ponctualité et le travaille en groupe ainsi que l'autonomie et la responsabilité .



**Référence
Bibliographique**

Référence bibliographique :

- J (2011, mai 8). Récupéré sur Etudier:
<https://www.etudier.com/dissertations/Introduction-Sur-l'Eau/257071.html>
- J (2014, Decembre. 25). Récupéré sur Etudier:
<https://www.etudier.com/dissertations/Les-Param%C3%A8tre-Physico-Chimique-De-l-Eau/66381715.html>
- J A.N.A.T, A. N. (2004). *Carte Bioclimatique*.
- J A.N.R.H. (1993). *Carte pluviométrique du nord algérien*. Blida: Agence Nationale des Ressources en eaux.
- J ALGÉRIENNE DES EAUX . (s.d.). Bouira, Algerie: ALGÉRIENNE DES EAUX.
- J ANDI, A. N. (2015). *Invest in Algeria , wilaya de Bouira*. Bouira.
- J Arour, E. (s.d.). *Carte de situation géographique de la wilaya de BOUIRA*. Récupéré sur Découpage administratif de l'Algérie & Monographie:
<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueBOUIRA.html>
- J Association, A. W. (1990). *WATER QUALITY AND TREATMENT A Handbook of Community Water Supplies 4e édition*. (R. D.Letterman, Éd.) New York: McGraw-Hill.
- J BADIJ, N. (2016/2017). *ANALYSE DU SYSTEME DE PRODUCTION D'EAU POTABLE AINSI QUE SA GESTION ET SON EXPLOITATION AU NIVEAU DE LA WILAYA DE BEJAIA*. Bejaia: Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- J BNEDER E.P.E/Spa, B. N. (2008). *Carte d'Affectation des terres* . Bouchaoui , Alger: Minister de l'agriculture et du developpement rural , Direction générale des forets.
- J 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.
- J BOUGHERIRA, N. (2008). *Impact des rejets industriels du complexe sidérurgique sur les eaux superficielles et souterraines dans la plaine de Meboudja*. ANNABA: UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA.
- J BOUGUETIT, K., & BENHAMIDA, N. (2015). *Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla (Cas de la nappe du Continental Intercalaire)*. OUARGLA: UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, Faculté des Science Appliquées, Département de Génie des Procèdes .

- J Bremond, R., & Vuichard, R. (1973). *Paramètres de la qualité des eaux*. Paris: OSPEPE.
- J CAWST. (2013). *Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau*. Calgary, Alberta, Canada: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology - Centre pour les Technologies d'Eau et.
- J Commission de protection des eaux, d. p.-s. (2017, octobre.). *Les différents paramètres physiques et chimiques des eaux* . Récupéré sur cpepsc.org: <http://www.cpepsc.org/Les-principaux-parametres.html>
- J Day, E. (1963). *The chemical elements in nature*. London, U.K: George C. Harrap & Co.
- J Dégréement. (2005). *Mémento technique de l'eau*. Paris: Lavoisier-Lexique technique.
- J Dégréement. (1952). *Mémento technique de l'eau, Première édition*.
- J *élimination du manganèse*. (s.d.). Récupéré sur suiez: <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-eaux-potables/traitements-specifiques/elimination-du-manganese>
- J Fall, C. (2007). *Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye*. Dakar, Sénégal: Université Cheikh Anta Diop Dakar, département de Géographie .
- J Garnier, F. (2012). *Contribution à l'évaluation biogéochimique des impacts liés à l'exploitation géothermique des aquifères superficiels. Expérimentations et simulations à l'échelle d'un pilote et d'installations réelles*. Orléans: école doctorale Sciences et Technologies, Université d'Orléans .
- J Gestion des ressources hydriques Manitoba, e. S. (2011, Mars). *La turbidité dans les sources d'approvisionnement en eau au Manitoba*. Récupéré sur gov.mb.ca: https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public-info/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_turbidity_fr.pdf.
- J GIRGENTI Patrick . (s.d.). *Parametres d'analyses*. Récupéré sur eau-pro: <http://www.eau-pro.com/upload/useruploads/files/Param%C3%A8tre%20phisicochimiques.pdf>
- J Henry, M. (1991). *Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent*. Saint Laurent.
- J Jacob, M., & Ficheur, E. (1901). *Géologie de la wilaya de Bouira*. Blida: A.N.R.H, Agence National des Ressources Hydrauliques;.
- J Janine, & ASSOULINE, S. (2007). *Géopolitique de l'eau .Nature et enjeu*. Studyrama perspectives France.

-) *Les Sulfates*. (s.d.). Récupéré sur LENNTECH: <https://www.lenntech.fr/sulfates.htm>
-) LUZOLO LUTETE, K. (2012). *Les eaux souterraines: captage, exploitation et gestion*. Université de Kinshasa.
-) *Ministère des Ressources en Eau* . (2018). Récupéré sur mre.gov: <http://www.mre.gov.dz/presentation-de-lade/?lang=fr>
-) *Potassium*. (2019, juin 13). Récupéré sur Wikipédia: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Potassium>
-) *QGIS User Guide Version 2.18*. (2019). QGIS Project.
-) Rodier, J. (1976). *L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5ème*. Paris: Dunod.
-) RODIER, J. *L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau*. Dunod.
-) RODIER, J. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8 édition*. Paris., France.: DUNOD.
-) RODIER, J., B., L., N., M., R, B., C., M. J., P., L., et al. (2009). *L'analyse de l'eau. 9ème Ed*. France.: Dunod.
-) *Salinité*. (s.d.). Récupéré sur futura sciences: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-salinite-4406/>
-) Samahi, F. (2017). *Gestion et Valorisation des ressources en eau : Cas de la Daira de Kherrata (Béjaia)*. Béjaia: Université Abderrahmane Mira Bejaia.
-) Villers, J., Squilbin, M., & yourassowsky, C. (2005). *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface*. . Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

A high-speed photograph of a blue water splash against a white background. The water is captured in mid-air, forming a large, curved splash that resembles a stylized letter 'A'. Numerous smaller droplets and bubbles are scattered around the main splash, creating a sense of motion and energy. The word "Annexe" is centered in the middle of the splash in a bold, black, serif font.

Annexe

Annexe

Annexe A

I. Zoom sur l'eau :

Commençons par faire un énorme zoom sur l'eau, à un tel point que l'on peut voir ses molécules. Les molécules d'eau sont des sortes de briques qui, lorsqu'elles seront ensemble, vont former de l'eau. Une molécule d'eau est toujours constituée d'un atome d'Oxygène (O) et de deux atomes d'hydrogène (H). Ils sont toujours assemblés de la même façon. (RODIER, 1996)

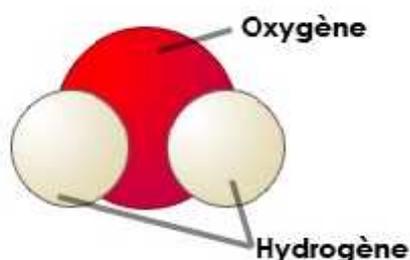


Figure A-1 : schéma représentant une molécule d'eau .

II. Les trois états de l'eau :

L'eau peut exister à l'état :

-) **Solide** : c'est la glace, le verglas... Les molécules d'eau sont parfaitement organisées de façon à former quelque chose de dure et solide.
-) **Liquide** : c'est l'eau des rivières, de l'océan, du robinet, même des nuage ! Les molécules d'eau sont un peu dans tous les sens, mais assez proches les unes des autres.
-) **Gazeux** : c'est de l'eau qui n'est pas visible à l'œil nu. Il y en a partout dans l'air que l'on respire. Les molécules d'eau sont désordonnées et très espacées les unes des autres. (RODIER, 1996)

Annexe



Figure A-2 : schéma représentant les trois états de l'eau .

III. cycle hydrologique de l'eau :

La notion de cycle hydrologique englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre.

Le cycle de l'eau s'effectue par sa faculté de transformation de l'état liquide à l'état gazeux et à l'aide de deux éléments nécessaires à savoir : « l'énergie thermique fournie le rayonnement solaire et la gravité terrestre ». (Janine & ASSOULINE, 2007)

Le phénomène dans les océans qui contiennent plus de 97% de l'eau du globe, sous l'action des rayons de soleil, les molécules d'eau s'évaporent et laissent le sel à la mer. Elles font leur voyage dans le ciel sous forme de vapeur d'eau puis se condensent en nuages, lorsque ses molécules ont un diamètre suffisant elles se transforment en pluies. Une partie des précipitations trace son chemin vers les océans en frayant des passages même dans les rochers les plus durs et constituent de fait les cours d'eau (rivières, fleuve, lacs). L'autre partie s'infiltre dans le sol et alimente les eaux souterraines qui constituent des aquifères et nappes, qui, parfois, émergent sous forme de source d'eau de surface (Janine & ASSOULINE, 2007). Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont respectivement :

- **Les précipitations** : toutes les formes de l'eau qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (pluie) et forme solide (neige, grésil, grêle) sont considérées comme des précipitations, la quantité de la précipitation est mesurée à l'aide d'un pluviomètre.
- **L'évaporation** : passage de la phase liquide à la phase vapeur. L'évaporation de l'eau à partir des océans et des plans d'eau, comme ainsi que le processus de transpiration des plantes terrestres sur la forme de vapeur d'eau dans l'air.
- **L'évapotranspiration** : C'est le processus par lequel l'eau de surface (océan, mer, fleuve) et les plantes perdent de l'eau qui se transforme en vapeur et cela sous l'effet de la

Annexe

chaleur et le vent afin de rejoindre l'atmosphère. Elle désigne donc la somme de l'évaporation et la transpiration de l'écosystème.

- **Le ruissellement ou écoulement de surface :** mouvement de l'eau sur ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de surface), consécutif à une précipitation. La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources).

- **L'infiltration :** mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol.

Bien que le processus se compose de plusieurs étapes (évaporation, transpiration, condensation, précipitation, infiltration et ruissellement) qui forment dans sa totalité le cycle de l'eau nous essayons de le résumer selon les principales étapes. (Janine & ASSOULINE, 2007)

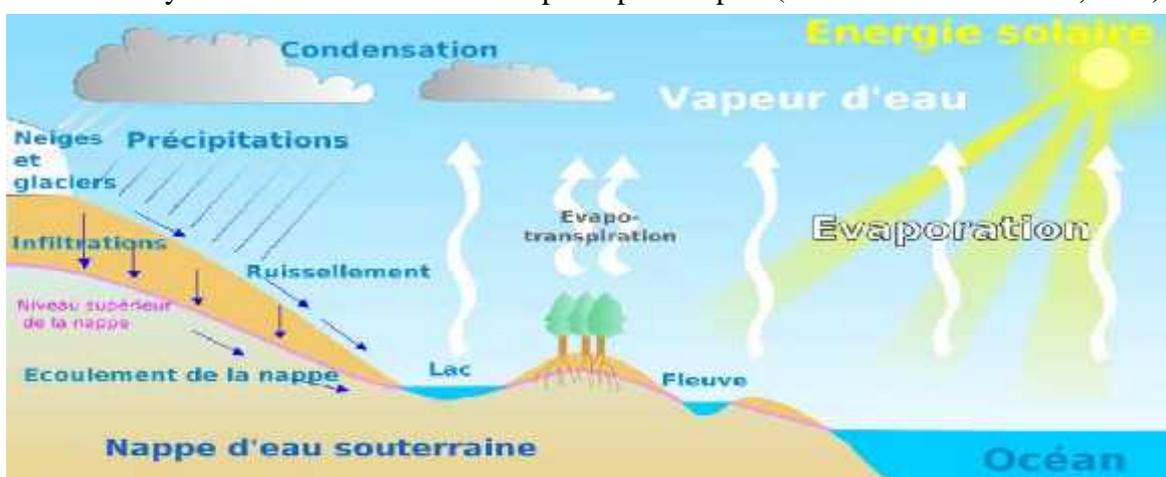


Figure A-3 : schéma du cycle hydrologique de l'eau. (Samahi, 2017)

IV. Les propriétés de l'eau :

L'eau a une molécule rigide à liaison hydrogène. Elle est pure est inodore et sans goût a pH neutre et un solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants . Elle a une teinte bleuâtre, qui peut être perçue uniquement lorsqu'elle forme une couche épaisse. le point de congélation de l'eau est de 0 °C et son point d'ébullition est de 100 °C. elle atteint sa densité maximale à une température de 4 °C et se dilate en se congelant. (Samahi, 2017)

V. Sources d'eau :

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources

Annexe

naturelles : Les eaux souterraines, les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs), les eaux salines (eaux de mer et saumâtres). (Dégréement, 2005)

V.1.Origine de l'eau souterraine :

✓ Eaux météorique :

La plupart des eaux souterraines on une origine météorique (précipitation : pluie , neige) et leur infiltration dans le sous-sol . (LUZOLO LUTETE, 2012)

✓ Eaux cannées :

les eaux que l'on trouve en profondeur dans la croûte terrestre (à partir de 1 à 2 km) sont dérivées des réservoirs d'eaux météoriques qui ont réagi avec les roches environnantes. Souvent ces eaux sont relativement salées. Les eaux cannées peuvent contribuer à l'hydrologie de formations géologiques qui se sont enfouies très récemment ou bien rester piégées dans des roches dont la perméabilité est très faible et dont toute l'eau n'a pas été expulsée. Souvent cette eau est présente depuis la formation de la roche. (LUZOLO LUTETE, 2012)

✓ Eaux juvéniles :

Ces eaux sont libérées directement par des processus magmatiques en profondeur. Elles sont difficilement distinguables des eaux situées en profondeur . Les processus magmatiques peuvent relâcher en plus de l'eau, des composés gazeux (CO₂ par exemple).(LUZOLO LUTETE, 2012)

V.1.1.Constituants des eaux souterraines :

Les eaux souterraines contiennent des molécules d'eau autour desquelles sont dissous des ions (majeurs, mineurs, et traces), des gaz dissous (oxygène, gaz carbonique) et parfois de la matière organique dissoute.

❖ Les ions majeurs :

✓ **Cations majeurs** : calcium (Ca²⁺), magnésium (Mg²⁺), sodium (Na⁺), potassium (K⁺).

✓ **Anions majeure**: chlore (Cl⁻), bicarbonate (HCO₃⁻), sulfate (SO₄²⁻).

(LUZOLO LUTETE, 2012)

Annexe

VI. 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

Annexe

Annexe B

I. Norme de potabilité

Dans le tableau suivant, des normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS sont données :

Tableau B-1 : Normes de potabilité selon l'Algérie et selon l'OMS (ALGÉRIENNE DES EAUX)

Paramètre	Unité	Normes Algérienne	Normes OMS
pH	/	6,5 – 8,5	6,5 - 9,2
Température	°C	25	-
Conductivité	µs/cm	2800	-
Résidu sec	mg/L	2000	1500
Turbidité	NTU	5	5
Dureté total (TH)	mg/L	500	500
Calcium	mg/L	200	-
Magnésium	mg/L	150	150
Sodium	mg/L	200	-
Potassium	mg/L	12	-
Sulfate	mg/L	400	250
Chlorure	mg/L	500	250
Nitrate	mg/L	50	50
Nitrite	mg/L	0,2	0,1
Phosphate	mg/L	0,5	0,5
Ammonium	mg/L	0,5	-
Matières organique	mg/L	3	-
Fer	mg/L	0,3	0,3
Manganèse	mg/L	0,5	0,1
TDS	mg/L	-	-
Salinité	%	-	-
TAC	mg/L	-	-

Annexe

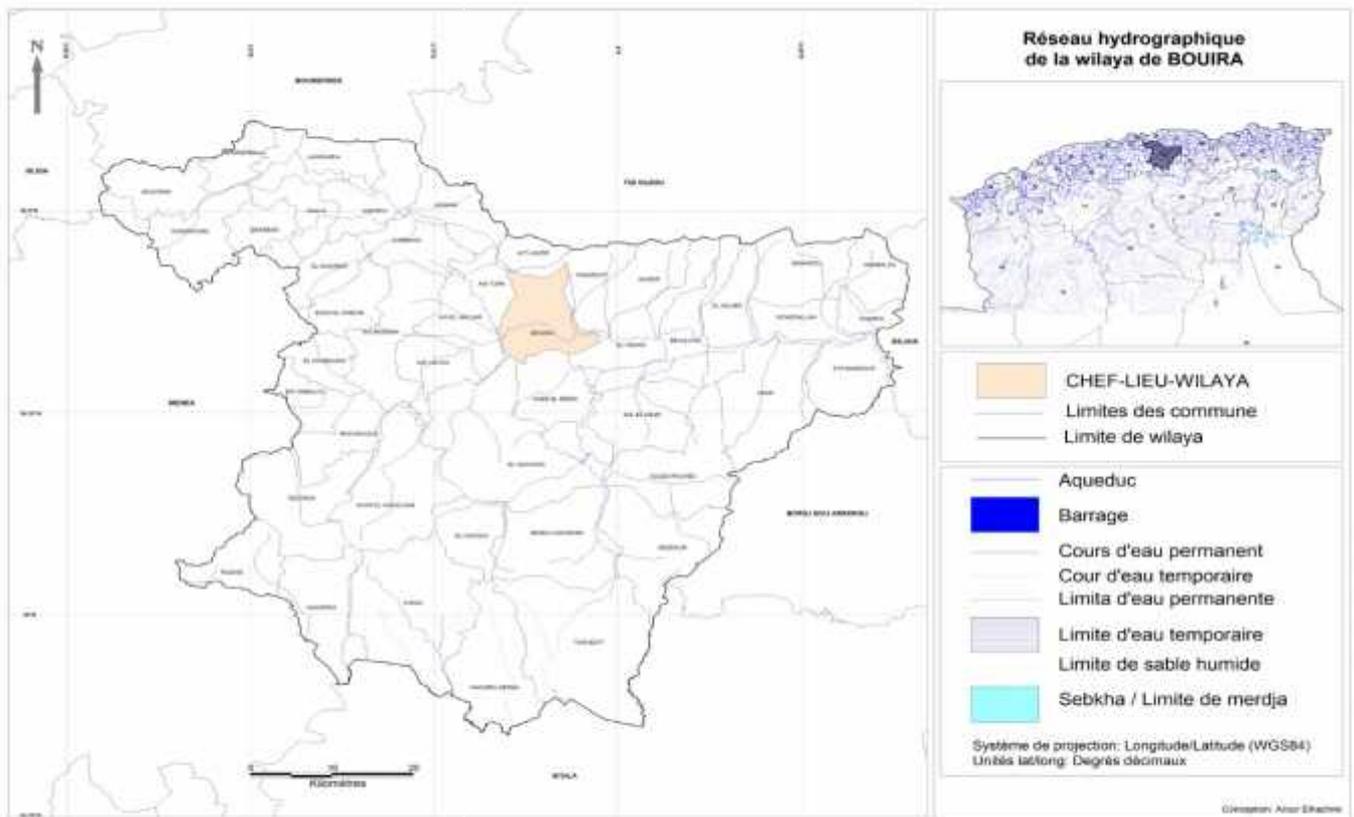


Figure B-3 : carte hydrographique de la Wilaya de BOUIRA . (Arour)

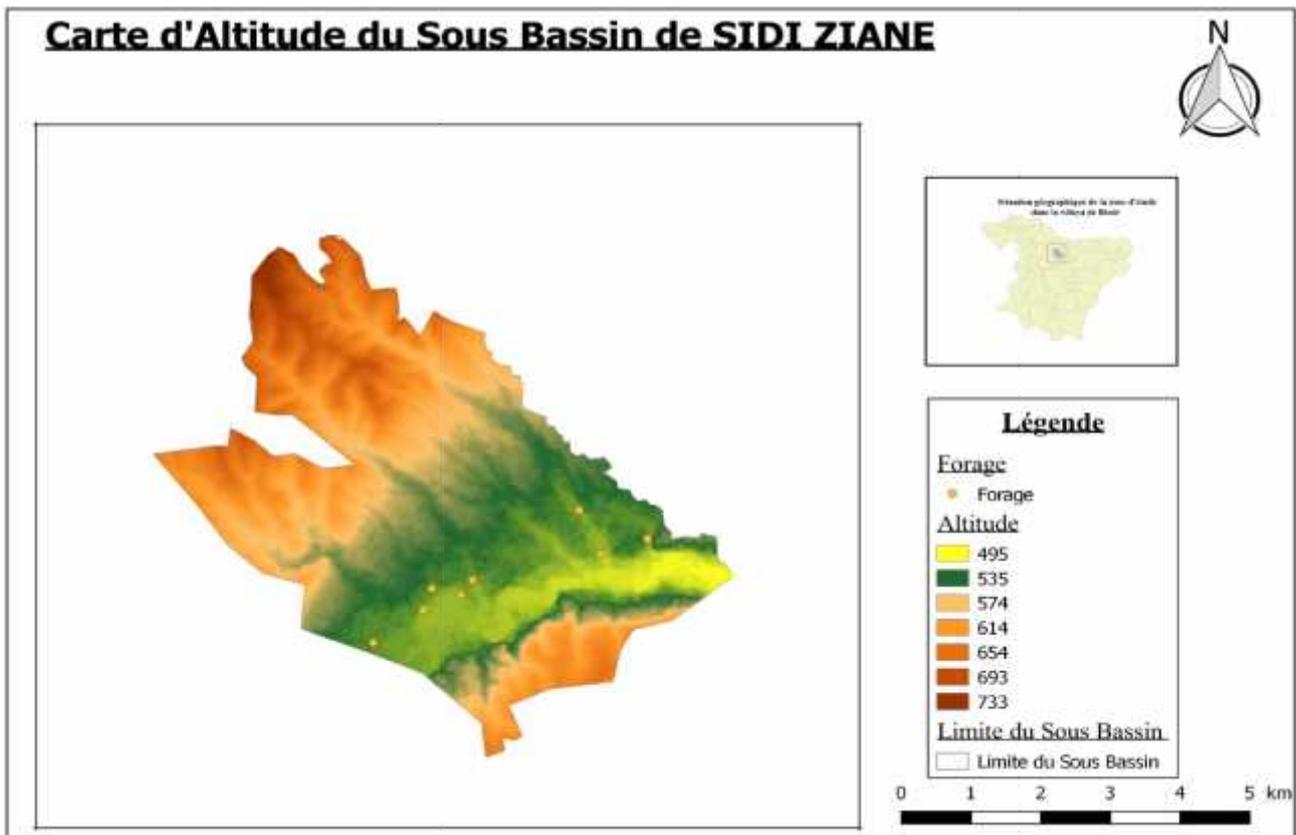


Figure B-4: carte des Altitudes du sous bassin de SIDI ZIANE (BOUIRA) .

Annexe

Position des forages dans le sous bassin de SIDI ZIANE.

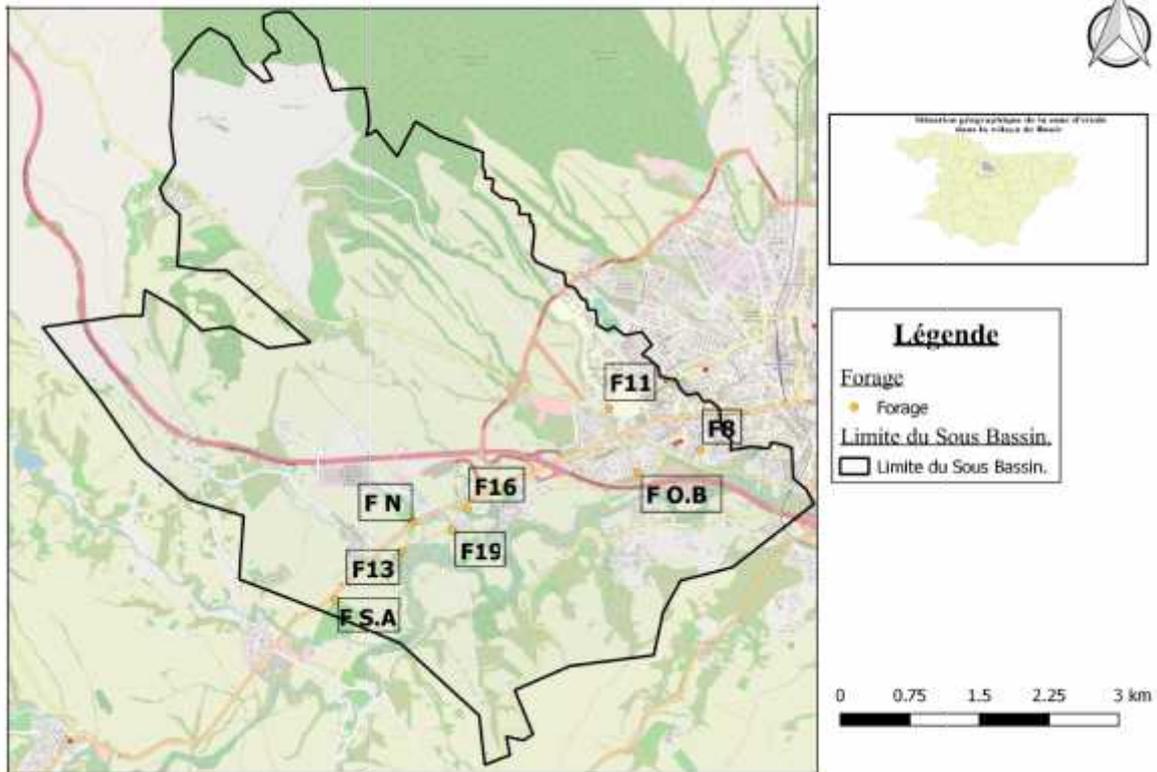


Figure B-5: Carte de localisation des 8 forages étudiés.

Annexe

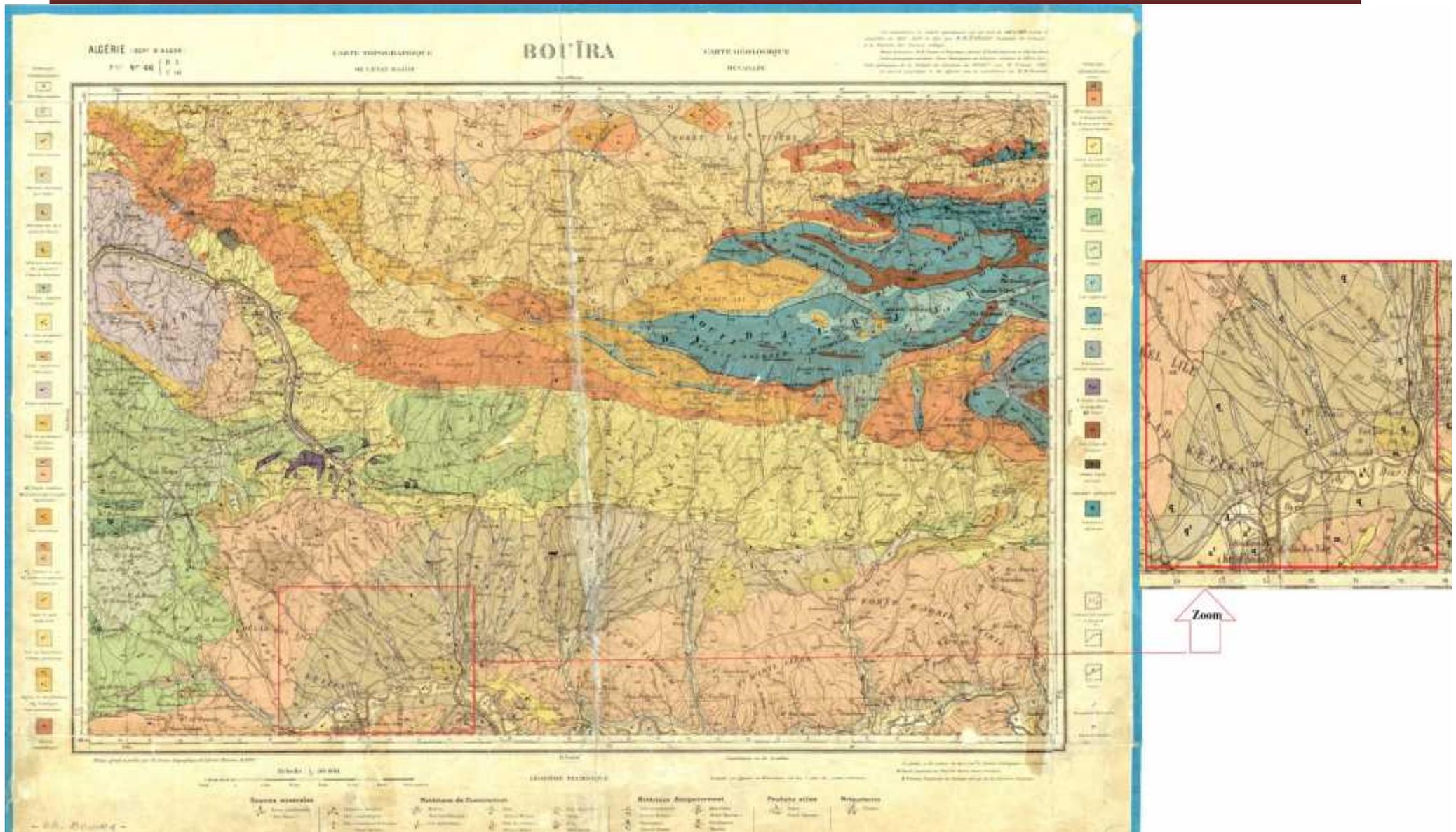


Figure B-6: Carte géologique de la wilaya de Bouira ainsi qu'un zoom sur le sous bassin de SIDI ZIANE.