

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE DE GHARDAIA

N° d'ordre :
N° de série:

FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Département de science et technologie

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

PAR

M^{elle} HADJ KOUIDER Amel

THEME:

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LA QUALITE DES
EAUX DES FORAGES DESTINEES A
L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA
ZONE DE BOUHRAOUA ET LE PUIS DE
L'AADIRA REGION DE GHARDAIA**

Soutenu publiquement le 30 /05 /2016

Devant le jury:

M^f: AGGOUN M^{ed} SALAH

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

Président

M^{me} : MOULAI KARROUMIA

Maitre-Assistante A Univ. Ghardaïa

Examineur

M^f : BABA ARBI ILYES

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

Examineur

M^f: MECHRI BACHIR

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

Encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2015/2016



Je dédie ce modeste travail à :

*Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin,
À ma mère adorée.*

Mon cher père, qui m'a toujours encouragé et Soutenu dans mon travail.

A mes parents : S.Khaddidja, H.Radia

*A mes très chers amis : B. Siham, A. Ahmad, H. Nawal, K.Omar, O.Houda,
N.Meriem, B. Houcine, B.Rachid, B. Ahmed, B. Abd Basset,
C.Redwan, H.Abd Rahim, S.Hayet, K.Dalilia, A.Rostom, J.Bernadette,
C.Faradj.....*

A ma chère Tante Benlarabi Zohra.

A tous mes collègues au travail.

A tous les enseignants de l'hydraulique,

*Et tous les étudiants de l'hydraulique, en particulier la promotion 2016 de
l'Hydraulique urbaine.*

A tous ceux qui portent les noms Hadj Kouider et Saifia.

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.

.... Amel

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, Je tiens à exprimer mon profonde gratitude et mes vifs remerciements tout d'abord :

ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le courage Et la volonté d'étudier, et la force de réaliser ce travail.

Mon Encadreur : Mr. MECHRI Bachir Maître assistant chargé de cours à l'université de Ghardaïa, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.

Je tiens également à remercier :

Mr. ARRIFF chef département des sciences et technologies.

J'exprime ma gratitude à ma enseignante : M^{me} BOUSSDIRA malgré leur occupation, m'a bénéficié de leur conseils et critiques judicieux,

Je tiens à remercier spécialement Dr. Bouhadda Youcef pour son aide et ses conseils.

Aux membres du jury qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de Ce travail.

Tous mes enseignants du Département d'Hydraulique.

Tous les ingénieurs de l'ANRH de la wilaya de Ghardaïa, particulièrement Mr. ACHOUR

Mes vifs remerciements vont à l'égard du personnel de l'A.D.E.

Tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

MERCI

Melle HADJ KOUIDE Amel





SOMMAIRE



Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Introduction générale.....	2

CHAPITRE 01

Etude bibliographique

1.1. Introduction	5
1.2. Source en eau	5
1.2.1. Eaux de surface	5
1.2.2. Eaux souterraines.....	5
1.3. Ressources en eau dans le Sahara algérien	6
1.3.1. Eaux superficielles	6
1.3.2. Eaux souterraines	7
1.4. Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa.....	8
1.4.1. Nappe phréatique	9
1.4.2. Nappe du continental intercalaire	9
1.5. Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa	9
1.5.1. Les systèmes de captage des eaux de surface	10
1.5.2. Les systèmes de captage des eaux souterraines	10
1.6. Caractéristiques organoleptiques des eaux souterraines.....	10
1.6.1. La couleur.....	10
1.6.2. L'odeur et Saveur.....	10
1.6.3. Matières suspension (MES).....	11

1.7. Généralité sur l'eau potable	11
1.7.1. Qualité de l'eau de consommation	11
1.7.2. Les limites de qualité	11
1.7.2.1. Les paramètres bactériologiques	11
1.7.2.2. Les paramètres physico – chimiques.....	12
1.7.3. Les effets des paramètres physico-chimiques et bactériologiques	13
1.7.3.1. les effets des paramètres bactériologiques	13
1.7.3.2. les effets des paramètres physico chimiques.....	13
1.7.4. Pollution des eaux	14
1.7.4.1. Les conséquences de pollution d'eau	14
1.8. Les avantages des eaux souterraines.....	15
1.8.1. Au plan quantitatif	15
1.8.2. Au plan qualitatif	15
1.8.3. Au plan économique.....	15

CHAPITRE 02

Présentation de la région d'étude

2.1. Etude du milieu.....	17
2.2. Etude géographique	17
2.2.1. Représentation géographique de la région de Ghardaïa	17
2.3. Etude climatique	19
2.3.1. Précipitation	20
2.3.1.1. Précipitations moyennes annuelles	20
2.3.1.2. Précipitations moyennes mensuelles.....	21
2.3.2. Température	21
2.3.2.1. Température Moyenne Annuelle.....	21
2.3.2.2. Température Moyenne Mensuelle.....	21
2.3.3 L'humidité.....	22
2.3.4. Les vents	23
2.3.5. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	23

2.4. Etude géologique	23
2.5. Etude hydrogéologique	27
A. Les nappes phéatiques	27
B. La nappe du continental intercalaire(CI)	27
2.6. Identification hydraulique	29
2.6.1. Les Eaux superficielles	29
2.6.2. Les Eaux Souterraine	29

CHAPITRE 03

Matériels et méthodes

3.1. Introduction	31
3.2. Choix de la région d'étude	31
3.3. Points de prélèvements	31
3.4. Méthodes de travail.....	32
3.4.1. Exécution des prélèvements.....	32
3.4.2. Stockage des échantillons	32
3.5. Méthode d'analyse au laboratoire	33
3.5.1. Les Paramètres physiques	33
3.5.1.1. L'Acidité (Le Potentiel Hydrogène)	33
3.5.1.2. La Conductivité électrique	35
3.5.1.3. La Turbidité	36
3.5.2. Les Paramètres chimiques	38
3.5.2.1. Par spectrométrie	38
A . Détermination de L'azote ammoniacal (NH_4^+)	38
B . Détermination des Nitrites (NO_2^-)	39
C . Détermination de Nitrates (NO_3^-)	40
D . Détermination des Phosphates (PO_4^{3-})	41
E . Détermination du Fer (Fe^{2+})	42
3.5.2.2. Par titrimétrie	43

A . Détermination du Calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})	43
B . Détermination de Titre alcalimétrique complet (TAC)	45
C . Détermination des Chlorures(Cl^-)	46
3.5.2.3. Par Complexométrie	47
A . Détermination de Titre hydrotimétrique (TH)	47
3.5.2.4. Par Photométrie de flamme	48
A . Détermination du sodium (Na^+) et de potasssium (K^+)	48
3.5.2.5. Par gravimétrie	50
A . Détermination des sulfates(SO_4^{2-}).....	50
B . Détermination du Résidu Sec	51
3.5.3. Analyses bactériologiques	52
3.5.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	53
3.5.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	56
3.6. Outils informatiques	58
3.6.1. Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon (L.H.A).....	58

CHAPITRE 04

Résultats et discussions

4.1. Introduction.....	62
4.2. Résultats et discussion des analyses effectuées.....	62
4.2.1. Potentiel hydrogène (pH).....	62
4.2.2. Conductivité électrique (CE)	63
4.2.3 .Turbidité.....	64
4.2.4. Ammonium	64
4.2.5. Nitrite	65
4.2.6. Nitrate	66
4.2.7. Phosphate	66
4.2.8. Fer ..	67
4.2.9. Calcium.....	68
4.2.10. Magnésium.....	68

4.2.11. TAC	69
4.2.12. Dureté.....	70
4.2.12.1. Différentes méthodes utilisées pour la réduction de la dureté.....	
.....	71
A. La nanofiltration.....	71
B. L'électrodialyse.....	71
C. L'échange ionique.....	72
D. La précipitation chimique	72
4.2.13. Chlorure	73
4.2.14. Sulfate	74
4.2.15. Sodium	74
4.2.16. Potassium	75
4.2.17. Résidu Sec.....	76
4.2.18. Coliformes	76
4.2.19. Escherichia coli.....	77
4.2.20. Streptocoque fécaux.....	78
4.3. Classification chimiques des eaux souterraines.....	78
4.3.1. Classification des eaux selon PIPER	78
4.4. Conclusion	80
Conclusion générale	82
Référence bibliographique.....	85
Annexes	90

Liste des Abréviations

Abréviation	Désignations
ADE	Algérienne des eaux.
Alg	Algérienne
ANRH	Agence National Ressources hydraulique.
CE	Conductivité électrique.
°C	Degré Celsius.
CI	Continental Intercalaire.
CMA	Concentration maximal acceptable.
CT	Complexe Terminal.
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique.
Evapo	Evaporation.
F	Forage.
°F	Degré Français.
GPS	Global Positioning system.
HSN	Acide calcons Carboxylique.
LHA	Laboratoire d'Hydrologie d'Avignon.
MM	millimètre
NTU	Nephelometric Turbidity Unit.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
ONM	Office National Météorologique.
P	Puits.
pH	Potentiel Hydrogène.
RS	Résidus Sec
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Titre Hydrométrie.
THM	Théorème central limite
UFC	Unité Format Colonies.
UV	Ultra-violet.
µS/cm	Micro Siemens par centimètre.

Liste des Tableaux

N° Tableau	Titre	Page
Tableau N°1	Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable	12
Tableau N°2	Les effets des paramètres bactériologiques	13
Tableau N°3	Les effets des paramètres physico-chimiques	13
Tableau N°4	Liste des forages échantillonnés	32
Tableau N°5	Liste du puits échantillonnés	32
Tableau N°6	Classification des eaux suivant pH	34
Tableau N°7	Relation entre la minéralisation et la conductivité à 20 °C	35
Tableau N°8	Classification des eaux selon la conductivité	36
Tableau N°9	Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable	90
Tableau N°10	résultats et classifications de PH selon les normes OMS et Algériennes	91
Tableau N°11	résultats et classifications de CE selon les normes OMS et Algériennes	91
Tableau N°12	résultats et classifications de Turbidité selon les normes OMS et Algériennes	91
Tableau N°13	résultats et classifications d'Ammonium selon les normes OMS et Algériennes	91
Tableau N°14	résultats et classifications de Nitrite selon les normes OMS et Algériennes	92
Tableau N°15	résultats et classifications de Nitrate selon les normes OMS et Algériennes	92
Tableau N°16	résultats et classifications de phosphate selon les normes OMS et Algériennes	92
Tableau N°17	résultats et classifications de Fer selon les normes OMS et Algériennes	92

Tableau N°18	résultats et classifications de Calcium selon les normes OMS et Algériennes	93
Tableau N°19	résultats et classifications de Magnésium selon les normes OMS et Algériennes	93
Tableau N°20	résultats et classifications de TAC selon les normes OMS et Algériennes	93
Tableau N°21	résultats et classifications de TH selon les normes OMS et Algériennes	93
Tableau N°22	résultats et classifications de Chlorure selon les normes OMS et Algériennes	94
Tableau N°23	résultats et classifications de Sulfate selon les normes OMS et Algériennes	94
Tableau N°24	résultats et classifications de Sodium selon les normes OMS et Algériennes	94
Tableau N°25	résultats et classifications de Potassium selon les normes OMS et Algériennes	94
Tableau N°26	résultats et classifications de RS selon les normes OMS et Algériennes	95
Tableau N°27	résultats et classifications de Coliforme selon les normes OMS et Algériennes	95
Tableau N°28	résultats et classifications de E,coli selon les normes OMS et Algériennes	95
Tableau N°29	résultats et classifications de streptocoque fécaux selon les normes OMS et Algériennes	95

Liste des Figures

N° Figure	Titre	Page
Figure N°1	Captage des eaux souterraines	6
Figure N°2	limites du domaine SASS	8
Figure N°3	Situation de la wilaya de Ghardaia (internet modifié)	17
Figure N°4	Les limites administratives de la wilaya de Ghardaïa	18
Figure N°5	Image satellitaire de la zone de Bouhraoua « Google Earth »	19
Figure N°6	Histogramme des Précipitations Moyennes Annuelles (2000/14)	20
Figure N°7	Histogramme des Précipitations Moyennes Mensuelles (2000/14)	21
Figure N°8	Variation de La Température Moyenne Mensuelle (2000/14)	22
Figure N°9	Évolution des Moyennes Mensuelles de l'Humidité relative (2000/14)	22
Figure N°10	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa	23
Figure N°11	Coupe géologique de forage de Bouhraoua 2	25
Figure N°12	Coupe géologique de forage de Chaabet -Toubi	26
Figure N°13	Extension géographique de la nappe albienne en Algérie	28
Figure N°14	Carte de la profondeur des forages et le toit de l'aquifère Albien	28
Figure N°15	Localisation des points de prélèvement (Google earth)	31
Figure N°16	Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau	55
Figure N°17	Recherche et dénombrements des streptocoques fécaux dans l'eau	57
Figure N°18	Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie de l'interface du logiciel d'hydrochimie	58
Figure N°19	Variation de PH par rapport à les normes OMS et Alg	63
Figure N°20	Variation de CE par rapport à les normes OMS et Alg	63
Figure N°21	Variation de Turbidité par rapport à les normes OMS et Alg	64
Figure N°22	Variation d'Ammonium (NH ₄ ⁺) par rapport à les normes OMS et Alg	65
Figure N°23	Variation de Nitrite (NO ₂ ⁻) par rapport à les normes OMS et Alg	65
Figure N°24	Variation de Nitrate (NO ₃ ⁻) par rapport à les normes OMS et Alg	66
Figure N°25	Variation de phosphate (PO ₄ ³⁻) par rapport à les normes OMS et Alg	67

Figure N°26	Variation de Fer (Fe^{+2}) par rapport à les normes OMS et Alg	67
Figure N°27	Variation de Calcium (Ca^{2+}) par rapport à les normes OMS et Alg	68
Figure N°28	Variation de Magnésium (Mg^{2+}) par rapport à les normes OMS et Alg	69
Figure N°29	Variation de TAC par rapport à les normes OMS et Alg	69
Figure N°30	Variation de dureté par rapport à les normes OMS et Alg	70
Figure N°31	Variation de Chlorure (Cl^-) par rapport à les normes OMS et Alg	73
Figure N°32	Variation de Sulfate (SO_4^{2-}) par rapport à les normes OMS et Alg	74
Figure N°33	Variation de Sodium (Na^+) par rapport à les normes OMS et Alg	75
Figure N°34	Variation de Potassium (K^+) par rapport à les normes OMS et Alg	75
Figure N°35	Variation de Résidu sec par rapport à les normes OMS et Alg	76
Figure N°36	Variation de coliforme par rapport à les normes OMS et Alg	77
Figure N°37	Variation d'Escherichia coli par rapport à les normes OMS et Alg	77
Figure N°38	Variation de streptocoque fécaux par rapport à les normes OMS et Alg	78
Figure N°39	Représentation du diagramme de PIPER	79
Figure N°40	Représentation des eaux souterraines du diagramme de PIPER	80

Liste des photos

Photos N°	Titre	Page
Photo N°1	Spectrophotomètre	59
Photo N°2	pH-mètre	59
Photo N°3	Spectromètre à flamme	59
Photo N°4	mètre Conductivité	59
Photo N°5	Turbidimètre	59
Photo N°6	Etuve à 37°c	59
Photo N° 7	Etuve à 44°c	60
Photo N°8	Rampe de filtration	60



Introduction Générale



Introduction

L'eau constitue pour l'homme un facteur indispensable pour tout développement, elle est peut être rare à certains endroits, comme les zones arides, ou tout simplement de qualité médiocre à d'autres endroits.

Elle couvre environ 70% de la surface de la terre principalement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique.

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolue, ni d'une manière inconditionnelle. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson, qui comprennent un exposé général de valeurs guide bactériologiques et physico-chimiques (**Siham B., 2015**).

Dans la wilaya de Ghardaïa, la nappe superficielle d'inféro-flux (phréatique) ainsi que la nappe profonde du continental intercalaire (CI) constituent les principales ressources en eau de la région. La croissance démographique et le développement agro-industriel ont engendré une très forte demande en eau, nécessitant une grande mobilisation de cette ressource.

La qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région de Ghardaïa dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette l'eau.

La zone d'étude de Bouhraoua (W. de Ghardaia) est alimentée par Cinq forages de type albien, dont la qualité est prise en charge par l'Algérienne Des Eaux.

La majorité de la population de cette zone n'utilise cette eau que pour les activités ménagères, elle présente une dureté importante, qui pousse la population à s'alimenter par des eaux de la nappe phréatique dite « eau de Sable » située dans la zone de l'Aâdira distribuées en moyennant des camions-citernes.

Ce travail vise la réalisation d'une étude comparative de la qualité des eaux potable des forages de la zone de Bouhraoua et le puits de la zone L'Aâdira. Pour ce faire, nous avons utilisé deux types d'analyses d'ordre physico-chimiques et bactériologiques tout en ce référenciant aux normes d'OMS et aux normes Algériennes. Tout cela pour définir l'indice de potabilité pour les servitudes de ces points d'eau souterraines dans le domaine suscité, au niveau des zones de Bouhraoua et la zone de l'Aâdira.

Pour atteindre les objectifs fixés, ce manuscrit s'est articulé autour de quatre chapitres:

Chapitre 1 : Etude bibliographique.

Chapitre 2 : présentation de la zone d'étude.

Chapitre 3 : matériels et méthodes.

Chapitre 4 : Résultats et discussion.

Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur le sujet, ou nous avons inclut des généralités sur l'importance de l'eau et ses sources dans la région de Ghardaïa ainsi que sa qualité et caractéristique physicochimique, bactériologiques.

Dans le deuxième chapitre nous nous somme focalisé sur la zone d'étude : Bouhraoua et L'Aâdira et leurs ressources en eaux souterraines.

La présentation des matériels et des méthodes utilisées pour les analyses des échantillons est rapport  dans le troisième chapitre.

Le quatrième chapitre, la partie principale dans ce travail qui s'est surtout consacrée à l'interprétation et la discussion des résultats obtenus pour chaque compagne des mesures et des analyses.

En fin, nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale suivie de quelques recommandations et perspectives pour enrichir les études sur les ressources et la rationalisation d'usage des eaux potables dans la région.



Chapitre 01
Etude Bibliographique



1.1. Introduction

L'eau, élément déterminant de toute forme de vie sur la planète. C'est par l'eau ou apparue la première forme biologique sur terre que l'homme s'est développé améliorant sans cesse son cadre de vie, notre corps en constitue à 60% .Elle est présente dans presque tous les éléments que l'on trouve sur terre.

1.2. Source en eau

1.2.1. Eaux de surface

Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs (AROUA.A, 1977).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en pollution toxiques (BOUZIANI. M., 2000).

1.2.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine .Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement .

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient. Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales : ce

sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau (DEGREMOT., 1989).

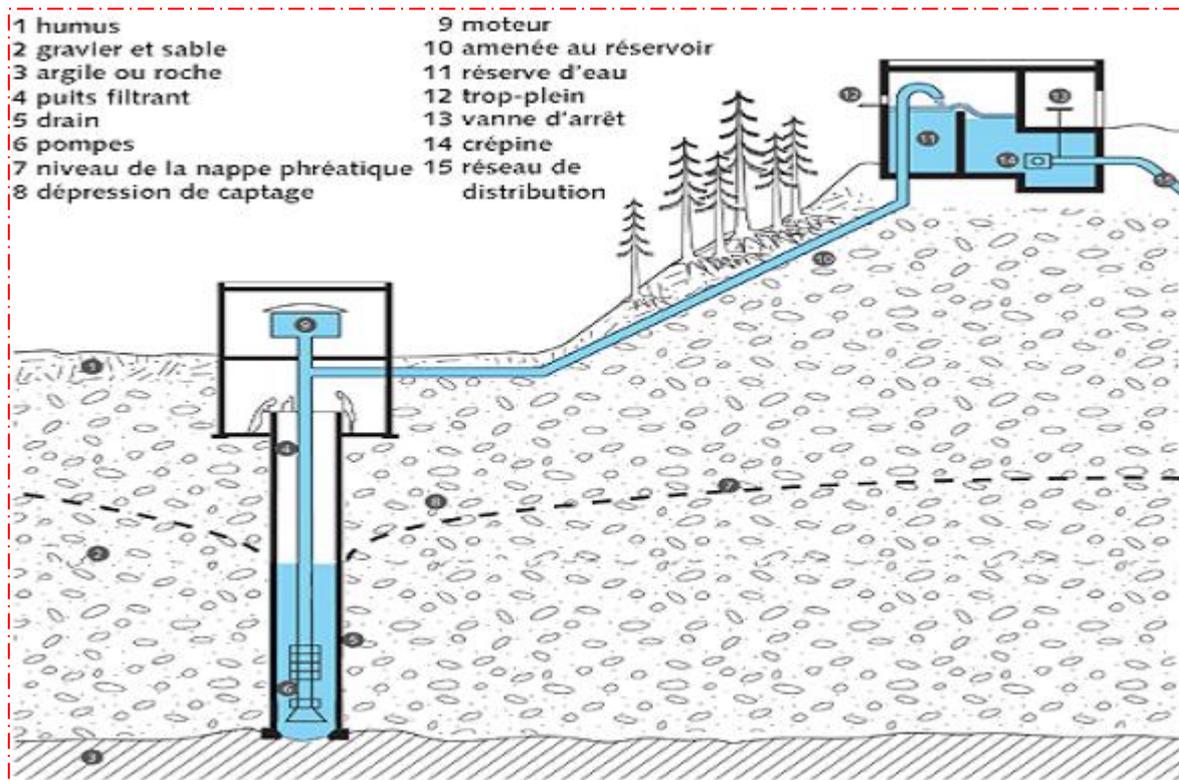


Figure N°1 – Captage des eaux souterraine (B.IGOR, 2004)

1.3. Ressources en eau dans le Sahara Algérien

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le Tassili. Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie aliment directement les nappes phréatiques et par fois par l'intermédiaire de barrages de l'inféro-flux (Laghouat et Tamanrasset) (S K. A., 2008).

1.3.1. Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont localisées dans les piedmonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili. Les crues sont généralement rares et proviennent du grands Atlas marocain (Oued Guir) et du versant des Aurès (Nememchas). Les barrages

sont d'une importance stratégique pour la région, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution régulière et planifiée de la ressource. Le Sahara se distingue par cinq principaux réservoirs : Biskra (F. Gherza – 47 hm³, F. Gazelles - 55 hm³) Bechar (D. Torba - 350 hm³ Brézina : 122 hm³) et Khenchela (Béchar 41 hm³) (S K. A., 2008).

1.3.2. Eaux souterraines

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro – flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Bechar – Tindouf à l'Ouest.

Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatique) et ce, contrairement aux eaux fossiles au faiblement renouvelables du bas Sahara. Le Continental Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grès, de sable, de grès argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes (S K. A., 2008).

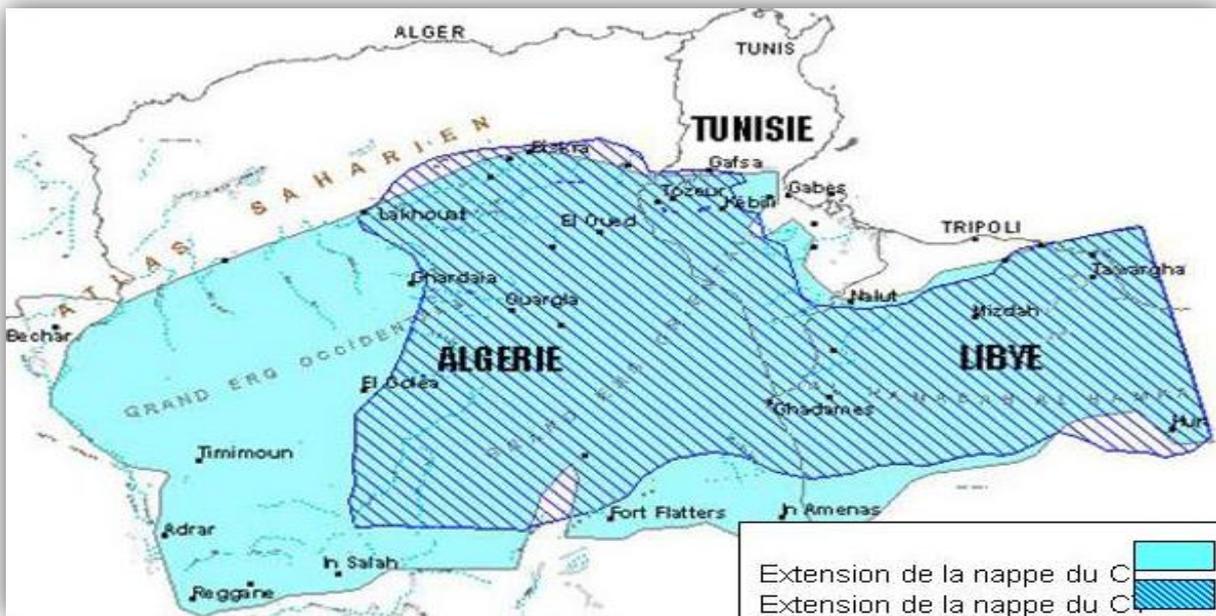


Figure N°2 – limites du domaine SASS (ACHOUR M, 2011)

1.4. Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa

Les ressources en eaux de la Wilaya sont essentiellement souterraines. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant ainsi la région de Ghardaïa. Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat - Ghardaïa. Et les ressources en eaux souterraines ont pour l'origine deux nappes principales.

1.4.1. Nappe phréatique

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappe phréatique. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement au pluviomètre. La qualité chimique des eaux est comme suite :

A l'amont : elle est bonne à la consommation ;

A l'aval : elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H, 2007).

1.4.2. Nappe du continental intercalaire

La nappe du Continentale Intercalaire drain, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréso- argileuse du Barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Oued en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'atlas saharien en faveur de l'accident Sud atlasique. la nappe du CI, selon l'altitude de la zone de la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est :

Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara, certaines région de Menia). Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines région d'El Menia) (A.N.R.H., 2007).

1.5. Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa

L'eau souterraine est préférée parce qu'elle permet l'extension spatiale des exploitations agricoles et parce que les ouvrages de captage occupent des espaces réduits. L'exploitation des eaux souterraines n'a lieu que pour combler le déficit en eau de surface et pour garantir la stabilité d'approvisionnement ; ainsi la notion de l'utilisation de l'eau peut être plus significative si on intègre les eaux de surface puisqu'elles sont intimement liées, et on parle de l'utilisation conjuguée qui est définie comme étant la coordination de l'utilisation des deux ressources, dans le temps et dans l'espace, pour supplémer les précipitations qui sont aléatoires et irrégulières.

1.5.1. Les systèmes de captage des eaux de surface

Par la réalisation d'une toile d'ouvrages de grandes, moyennes et petites dimensions ; tels les ouvrages de détournement des cours des Oueds, les canaux de collecte d'eau ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines afin de récupérer la moindre goutte d'eau.

1.5.2. Les systèmes de captage des eaux souterraines

Par le forage de puits allant au-delà des 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

Selon la monographie de la wilaya, les systèmes hydrauliques sont les suivants :

- ❖ Les systèmes de captage des eaux souterraines par le forage de puits dépassant 50 m de profondeurs, et la réalisation de galeries de captage de source et de stockage.
- ❖ Les systèmes stockages des eaux des crues par la réalisation des digues de retenues au niveau des palmeraies, et de petits réservoirs dans chaque jardin.

Le système de distribution qui obéit à une application très stricte des normes de distribution des eaux d'une manière équilibré (CHEBIHI L.2011).

1.6. Caractéristique organoleptiques des eaux souterraines

1.6.1. La couleur

Une eau potable est généralement incolore. La couleur des eaux souterraines s'explique par la présence de matières étrangères.

1.6.2. L'odeur et Saveur

Dans la majorité des cas, les eaux souterraines sont inodores. L'existence d'une odeur spécifique dans l'eau s'explique par la pourriture des boisages d'un puits ou par la pénétration dans l'eau de certaines combinaisons chimiques. Et le gout conditionné par différents corps en solution.

1.6.3. Matières en suspension (MES)

La présence de MES dans l'eau provoque sa turbidité. Les MES peuvent se présenter sous trois formes dissoute, dispersée ou colloïdale, elles peuvent être d'origine minérale ou organique. Les MES sont dosées par la méthode gravimétrique en (mg/l) ou en (g/l).

1.7. Généralité sur l'eau potable

Une eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé, et être agréable à boire. On utilise le terme "eau destinée à la consommation humaine".

Il s'agit des eaux :

- ❖ destinées aux usages domestiques :
- ❖ Boisson, cuisson, préparation d'aliments, ou à d'autres usages,
- ❖ utilisées pour la fabrication d'aliments,
- ❖ utilisées pour la glace alimentaire

1.7.1. Qualité de l'eau de consommation

Pour être potable, une eau ne doit pas contenir des germes de maladies à transport hydrique, de substances toxiques, ni des quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréable. Les qualités requises sont d'ordre bactériologique et physico-chimique (AHONON.A, 2011).

1.7.2. Les limites de qualité

Ce sont des paramètres dont la présence dans l'eau induit des risques immédiats à plus ou moins long terme pour la santé.

1.7.2.1. Les paramètres bactériologiques

L'eau est un milieu vivant dans lequel on peut rencontrer de tous petits organismes vivants, invisibles à l'œil nu (inférieur à 1 micron): bactéries, virus,...

Parmi ces organismes, certaines espèces sont totalement inoffensives et d'autres peuvent être responsables de maladies graves : choléra, typhoïde...

Pour garantir la qualité bactériologique, on recherche dans l'eau des germes indicateurs dont la présence peut être le signe d'une contamination d'origine fécale, et donc de l'existence possible d'éléments susceptibles de provoquer une maladie.

Ces paramètres indicateurs sont au nombre de 2 (Escherichia coli et entérocoques).

1.7.2.2. Les paramètres physico – chimiques

On y trouve, des substances indésirables (nitrates, nitrites,...), des sous-produits du traitement de l'eau des substances toxiques (arsenic, plomb, cuivre, cyanure, mercure,...) et les pesticides.

L'organisation mondiale de la santé (l'OMS) donne des valeurs guides pour les paramètres trouvés dans l'eau, elles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau N° 01 – Les normes OMS de l'eau potable (RODIER.J, 1984)

Paramètres physico-chimiques Et microbiologique	Unité	Normes OMS
Température	°C	/
pH	-	6,5-8,5
Turbidité(NTU)	NTU	5
Oxygène dissous	mg/L	5
Conductivité	µS/cm	2500
TAC	mg/L	250
TH	mg/L	500
Résidus secs	mg/l après séchage	1500
Sodium	mg/L	200
Magnésium	mg/L	150
Calcium	mg/L	200
Potassium	mg/L	20
Sulfates	mg/L	400
Chlorures	mg/L	250
Fer	mg/L	0.3
Nitrates	mg/L	44
Nitrites	mg/L	3
Ammonium	mg/L	0,5
Phosphate	mg/L	0.5
coliforme/100ml	0	0
Streptocoques fécaux /100ml	0	0
Escherichia coli /100ml	0	0

I.7.3. Les effets des paramètres physico-chimiques et bactériologique

1.7.3.1. Les effets des paramètres bactériologiques

Tableau N° 02 – Les effets des paramètres bactériologiques (ADE, 2015)

Paramètre	CMA	Méthodes d'analyses	Effets sur la santé et signification
Coliformes totaux et fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Gastro-entérite infantile, Contamination fécale récente
Streptocoques fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Contamination fécale récente

1.7.3.2. Les effets des paramètres physico-chimiques

Tableau N°03 – Les effets des paramètres physico-chimiques (ADE, 2015)(RODIER J., 2009)

Paramètre	CMA	Effets indésirable
Température	25 ⁰ C	Basse, diminue l'efficacité du traitement Elevée, favorise la croissance microbienne et la formation de THM
PH	6,5 - 8,5	PH acide, corrosion des conduites Ph basique diminue l'efficacité de la désinfection
Turbidité	5 NTU	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection
Nitrites	0.1 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azote ammoniacal	0.5 mg/l	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais goût
Fer	0.3 mg/l	Saveur désagréable tache de ligne et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Sodium	250 mg/l	A concentration élevée gêne les hypertendus
Potassium	15 mg/l	Entraîne goût
Chlore	0.2 – 0.6 mg/l	<0.2 Peu efficace sur la désinfection >1 Peut entraîner des effets cancérigènes
Nitrates	50 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile

Magnésium	150 mg/l	Combiné au SO ₄ génère goût
Calcium	200 mg/l	Entartrage des conduits
Dureté total (TH)	500 mg/l de CaCO ₃	Entartrage des conduits. Consommation excessive de savon
Résidu Sec	2000 mg/l	Goût désagréable
Chlorures	600 mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif Corrosion des conduits
Sulfates	400 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, corrosion des conduits

1.7.4. Pollution des eaux

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines.

L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, dégenère toute autre utilisation normale des eaux.

Les eaux superficielles ou souterraines, les cours d'eau, lacs, étangs, les eaux littorales ainsi que l'ensemble des milieux aquatiques font l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

Tout pollution est une altération d'une ou plusieurs caractéristiques physico-chimique ou biologique d'une eau, en peut aussi dit que la pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des nations (BELKHOUDJA F, 2006).

1.7.4.1. Les conséquences de pollution d'eau

Les eaux de la nappe phréatique sont plus affectées par diverses causes de pollution celles-ci sont soit d'origine domestique et/ou urbaine ou encore industrielle (microorganismes pathogènes, hydrocarbures, solvants organochlorés, etc.), soit d'origine agricole le rôle des engrais chimiques est aujourd'hui bien identifié dans le cas de la contamination des nappes aquifères par les nitrates.

Par ailleurs, une augmentation générale de la teneur en sulfates et en chlorure des eaux souterraines s'observe également depuis quelques années dans les pays industrialisés (DAJOZ R, 2008).

1.8. Les avantages des eaux souterraines

Les eaux souterraines présentent de nombreux avantages par rapport aux eaux de surface :

1.8.1. Au plan quantitatif

La capacité de stockage et l'inertie des aquifères homogènes, leur régime très régulier, leur permettent de jouer un rôle de tampon entre les pluies très inégales dans le temps et les sorties beaucoup plus régulières dans les sources, compensant ainsi les aléas climatique et assurant à peu près normalement les besoins en eau lors des années de sécheresse. Leur possibilité à soutenir longtemps un débit de production et alimenter le réseau superficiel, est énorme (**Siham B, 2015**).

1.8.2. Au plan qualitatif

Par la présence de formations superficielles protectrices, de leur profondeur, du pouvoir filtrant de la plupart de leurs réservoirs, du colmatage des berges de cours d'eau, leur protection est généralement meilleure que celle des eaux de surface vis-à-vis des pollutions massives.

Leur qualité physico-chimique et leur température sont assez constantes certaines d'entre elles peuvent être consommées sans traitement même bactériologique (**PLOTNICOV N**).

1.8.3. Au plan économique

Enfin, dans les pays bien pourvus en aquifères, la ressource en eau est aisément mobilisable sans tirer de longues canalisations, avec des coûts de captages, de traitement et des dépenses d'énergie nettement moins élevés (**GUILLEMIN C**).



Chapitre 02
Présentation de la
Région D'étude



2.1. Etude du milieu

On présentera la région d'étude (Bouhraoua , Ghardaïa), qui vont être les zone de prélèvement des eaux potables ,et pour les différentes études expérimentales réalisés au niveau du laboratoire.

2.2. Etude géographique

2.2.1. Représentation géographique de la région de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa est située au centre de la partie du nord de Sahara à 600 Km au sud d'Alger , occupant une position centrale reliant les Hauts Plateaux et le Sahara. Ses coordonnées géographiques sont 3° 40' de longitude Est et 32° 29' de latitude Nord et son altitude est d' approximativement 530 m (A.N.R.H, 2011).

La wilaya de Ghardaia est limitée (Fig.3):

- ❖ Au Nord par la wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- ❖ Au Nord Est par la wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- ❖ A l'Est par la wilaya D'Ouargla (200 Km) ;
- ❖ Au Sud par la wilaya de Tamanrasset (1470 Km) ;
- ❖ Au Sud- Ouest par la wilaya D'Adrar (400 Km) ;
- ❖ A l'Ouest par la wilaya Del -Bayadh (450 Km).

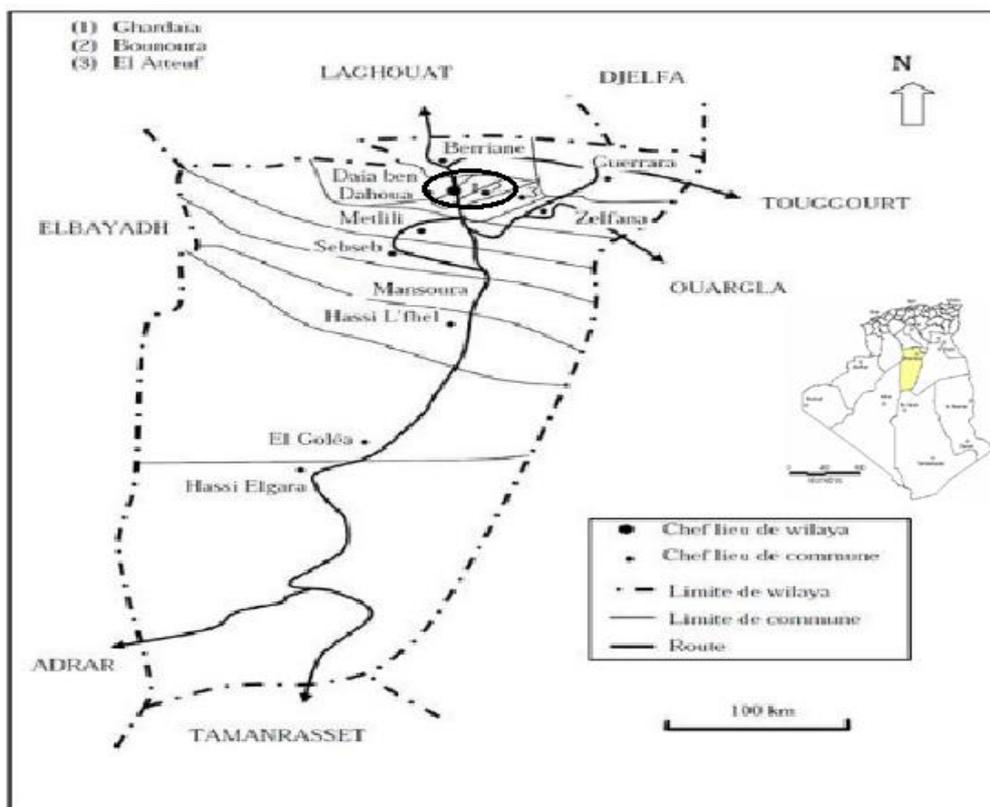


Figure N°3 – Situation de la wilaya de Ghardaia (internet modifié)

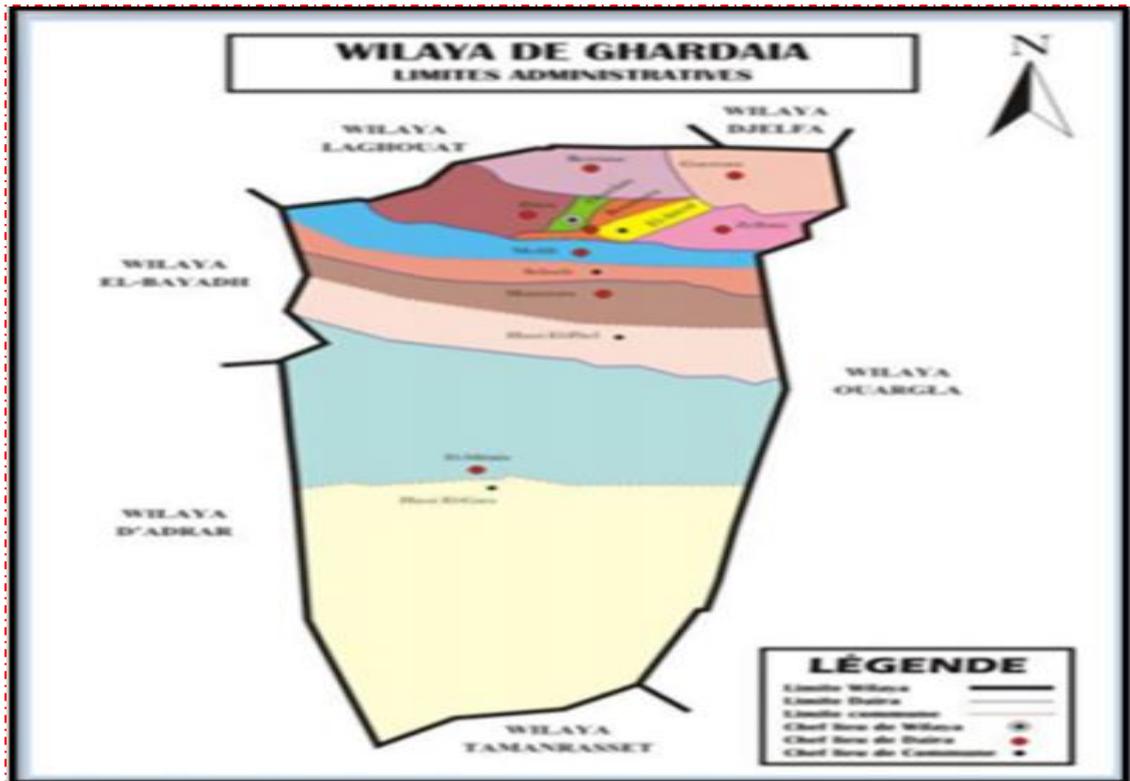


Figure N°4 – Les limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (D.P.S.B., 2015)

La zone bouhraoua, Objet de notre étude, est l'une des structures Domestiques de la ville de GHARDAÏA, située à près de 4.5 Km au Nord de la ville de Ghardaïa.

Ses coordonnées géographiques sont : 32° 30' 37.83" N d'altitude et 3° 40' 43.62" E de longitude



**Figure N°5- Image satellitaire de la zone de Bouhraoua
« Google Earth »**

2.3. Etude climatique

L'étude a pour but de déterminer les différents paramètres climatiques qui conditionnent l'écoulement superficiel et souterrain. Les paramètres étudiés sont : Les précipitations, la température, le vent, l'humidité.

La région de Ghardaïa se situe dans le Sahara septentrional ce qui lui confère un climat saharien, caractérisé par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (A.N.R.H, 2011) ;

Pour cette étude, nous avons récoltés les données climatiques de la station de Noumérat (ONM-Ghardaïa), sur une série allant du 2000-2014 . La station est située près de l'aéroport de Ghardaïa ses coordonnées géographiques sont :

Station	Coordonnées		
	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude
Noumérat	32°40'	3°81'	450

2.3.1. Précipitation

2.3.1.1. Précipitations Moyennes Annuelles.

Dans cette région la précipitation moyenne annuelle est de 101. 9mm.

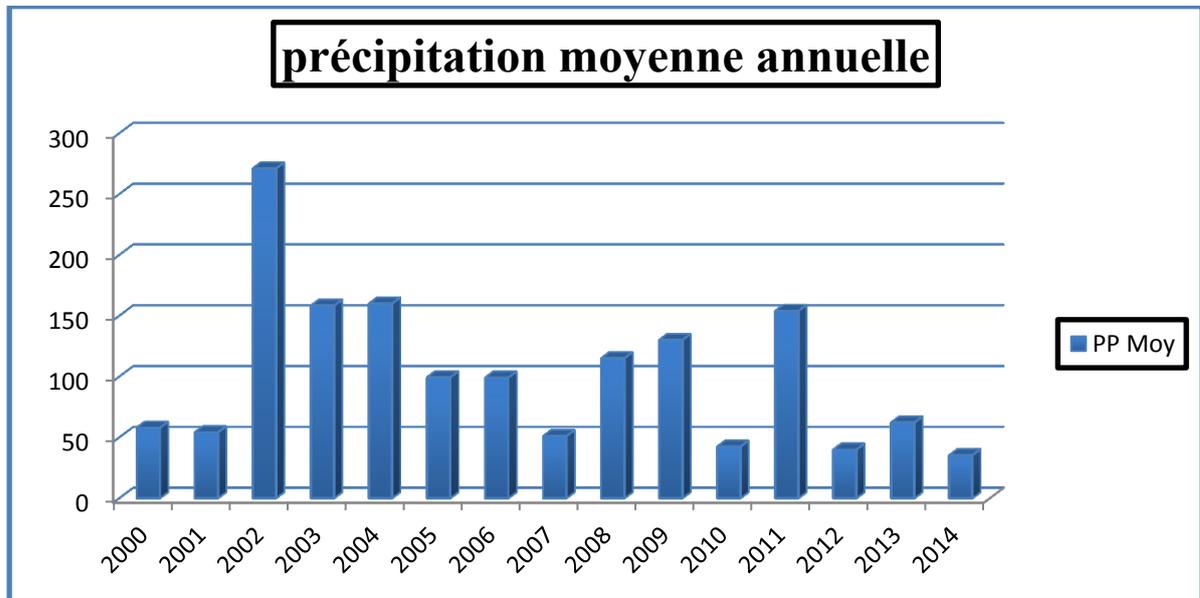


Figure N°6 – Histogramme des précipitations moyennes annuelles (Période 2000 - 2014) (O.N.M., 2015)

2.3.1.2. Précipitations Moyennes Mensuelles

Dans la région, les précipitations sont très rares et irrégulières entre les mois et les années. Les mois de février, mai, juillet présentent une précipitation moyenne qui est inférieure à 4mm pour une période de (2000 – 2014).

Les mois de janvier, mars, juin, août, octobre ont des précipitations qui se situent entre 7 et 14 mm Les mois de septembre et novembre ont des valeurs qui dépassent les 10 mm mais sans atteindre les 20mm.

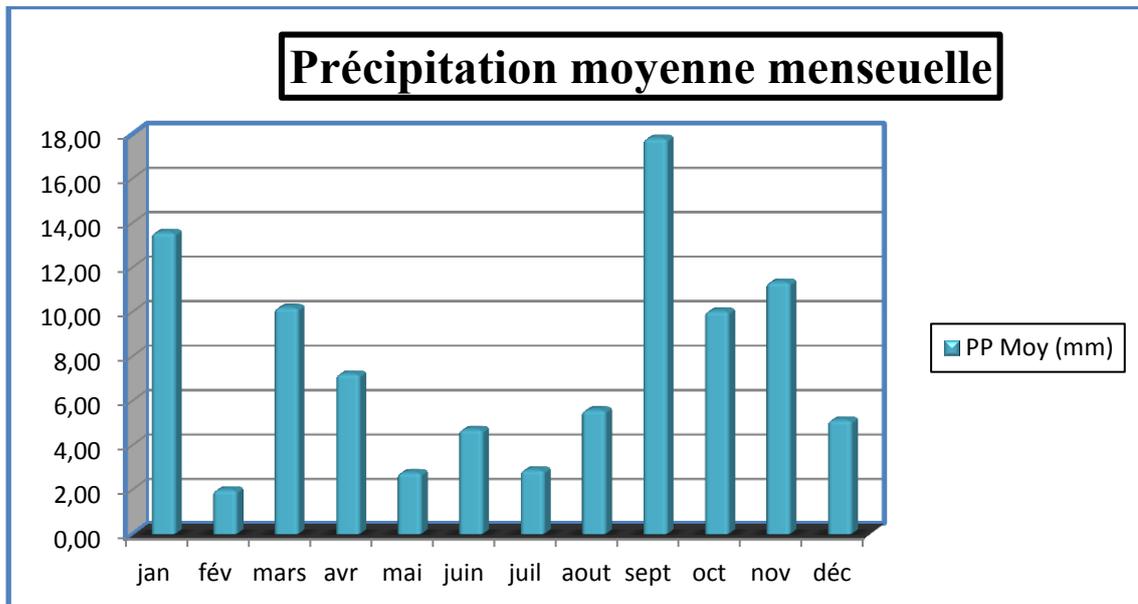


Figure N°7 – Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2000 - 2014) (O.N.M., 2015)

2.3.2. Température

2.3.2.1. Température Moyenne Annuelle

La valeur moyenne annuelle enregistrées pour la période considérée est de 22,4°C.

2.3.2.2. Température Moyenne Mensuelle.

La période qui s'étale du mois de Janvier au mois d'Avril et du mois de Novembre jusqu'au mois de Décembre correspond à la période relativement froide avec un minimum au mois de Janvier qui est marqué par une température de 11,67°C, alors que la période chaude commence à partir du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre avec un maximum au mois de Juillet qui est le mois le plus chaud.

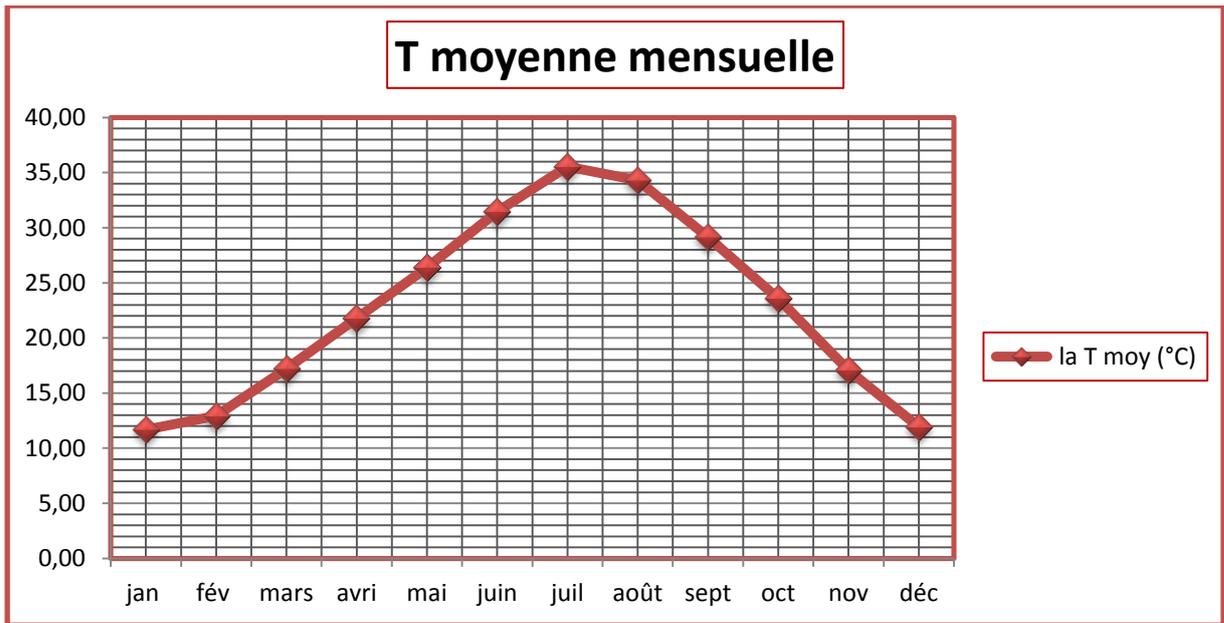


Figure N°8 – Variation de la température moyenne mensuelle (2000 - 2014) (O.N.M., 2015)

2.3.3. L'humidité

L'humidité relative dans la région est très faible Elle est supérieur e à 50% que pour le mois de décembre dépasse 50% et pour le mois de janvier est presque 50% .

Le reste de l'année, elle est très faible et oscille entre 21 et 40 %



Figure N°9 –Evaluation des moyennes mensuelles de l'humidité relative (2000 - 2014) (O.N.M., 2015)

2.3.4. Les vents

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut.

2.3.5. Diagramme ombrothermique de Gausson

Afin de préciser les périodes sèches et humides durant l'année, nous avons établi le diagramme ombrothermique qui caractérise les interactions entre les précipitations moyennes mensuelles et les températures moyennes mensuelles.

Selon le diagramme ombrothermique est représenté par la figure 9, nous remarquons que la période sèche s'étale sur la totalité de l'année, elle se distingue clairement pendant les mois de Juin, Juillet et Août.

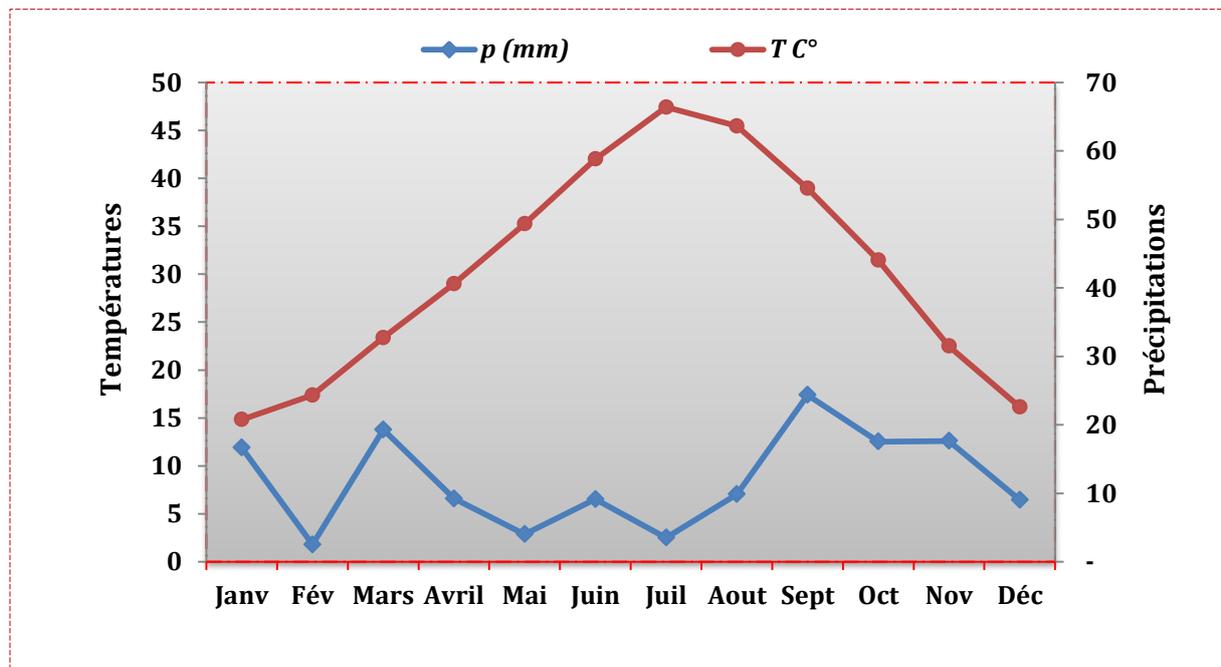


Figure N°10 – Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2000 - 2014) (O.N.M., 2015)

2.4. Etude géologiques

La wilaya de Ghardaïa, elle est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas -Sahara, les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur,

composés principalement par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques ; qui forment un plateau subhorizontal appelé couramment "la dorsale du M' Zab ".

Du point de vue lithologique, les affleurements sont de type :

- ❖ Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud - ouest attribués au Cénomaniens. En grande partie il est couvert par les dunes du grand erg occidental.
- ❖ Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien.
- ❖ Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.
- ❖ Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord - est attribués au Mio-pliocène.
- ❖ Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds (**Sondage**).

Du point de vue lithologique de la zone d'étude (Bouhraoua) les affleurements sont de type :

- ✓ De 0 à 3 m Sables argileux carbonatés d'altération.
- ✓ De 3 à 10 m calcaires gris à rose altéré.
- ✓ De 10 à 32 m calcaires rougeâtres +/- altéré.
- ✓ De 32 à 120 m calcaire gris à blanc +/- dur à massif.
- ✓ De 120 à 135 m argiles grises et jaunâtres.
- ✓ De 135 à 164 m argiles grises à calcaire blanc.
- ✓ De 164 à 195 m argiles grises verdâtre à calcaire et gypses blanc.
- ✓ De 195 à 222 m argiles grises verdâtres à gypses.
- ✓ De 222 à 249 m argiles bariolées (marron t verdâtres) à gypse.
- ✓ De 249 à 262 m argiles grises et sables fins jaunâtres.
- ✓ De 262 à 270 m argiles grises verdâtres sableuse.
- ✓ De 270 à 297 m argiles grises et sable fin jaunâtres.
- ✓ De 297 à 310 m argiles grises à gypse blanc et sables fins jaunâtre.
- ✓ De 310 à 317 m sables fin jaunâtres argileux.
- ✓ De 317 à 330 m argiles grises et sable fin jaunâtres.
- ✓ De 330 à 340 m argiles rougeâtres sableuse.
- ✓ De 340 à 356 m argiles grises à brune peu sableuse.
- ✓ De 356 à 380 m argiles rougeâtres et sable fin.
- ✓ De 380 à 450 m argiles rougeâtres sableuse.
- ✓ De 450 à 540 m sables fins à moyen peu argileux + argiles grises.

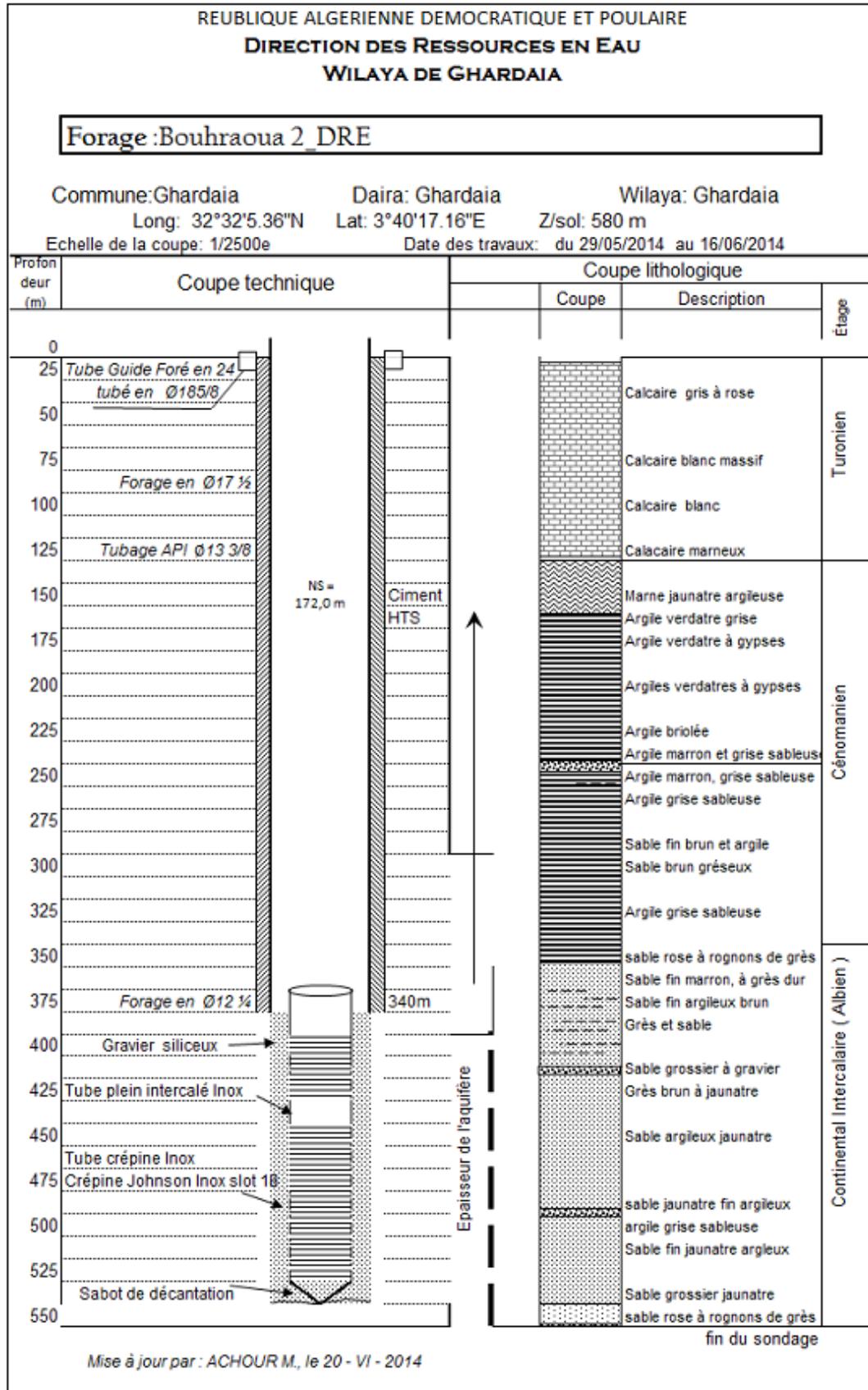


Figure N°11 – Coupe géologique de forage de Bouhraoua 2 (Sondage)

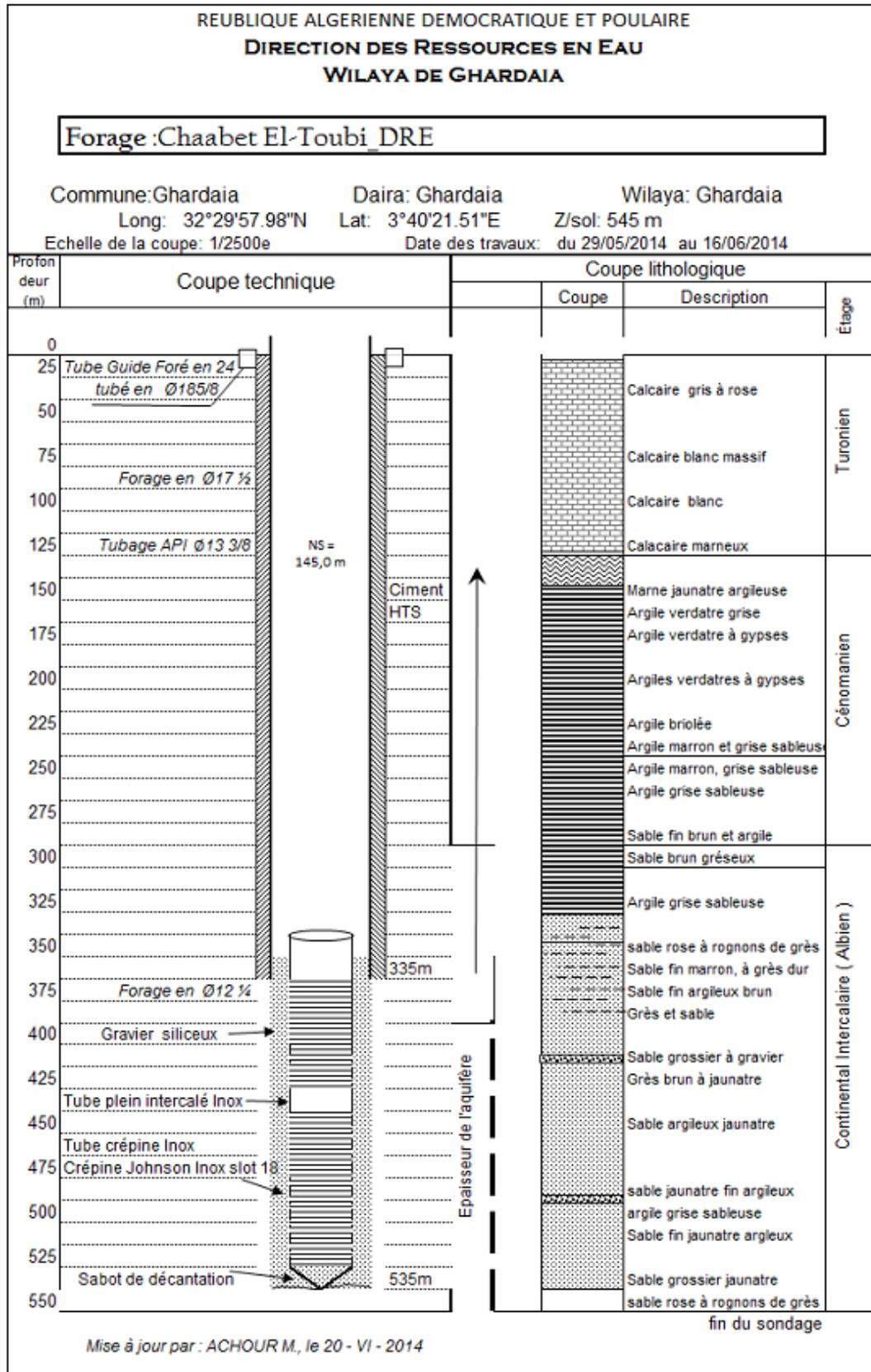


Figure N°12 – Coupe géologique de forage de Chaabat-Toubi (Sondage)

2.5. Etude Hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'Infero flux (phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albien (A.N.R.H., 2010).

A. La nappe phréatique

Elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés à la pluviométrie. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30m.

Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmeraies des vallées.

La qualité chimique des eaux de la nappe de l'oued M'Zab et oued Metlili, est bonne à la consommation à l'amont, mauvaise et impropre à la consommation à l'aval suite à leur contamination par les eaux urbaines.

B. La nappe du continentale intercalaire (CI)

Elle représente la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grés et d'argiles sableuses d'âge Albien. Selon la région, elle est captée à une profondeur allant de 250 à 1000m.

Suivant l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage dans les zones de Zelfana, Guerrara, Hassi Fhel et Hassi Gara, exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El Menia. (A.N.R.H., 2010).

Dans la zone de Bouhraoua, objet de notre étude les ressources en eau de cette région sont : la nappe du Continental Intercalaire (Albien).

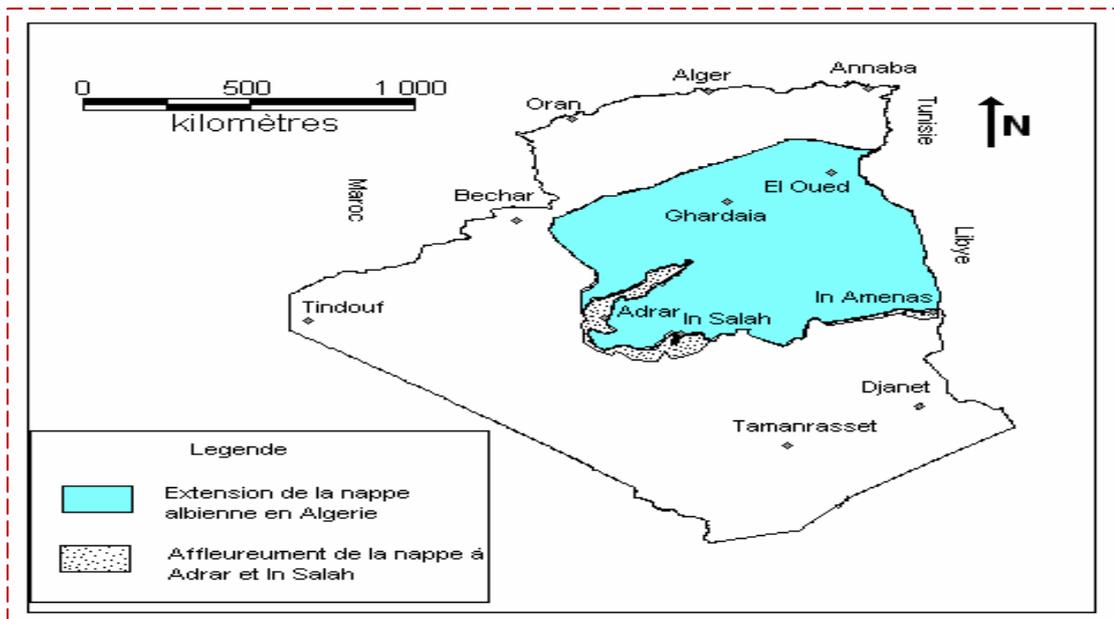


Figure N°13 – Extension géographique de la nappe albiennne en Algérie (K., 2007)

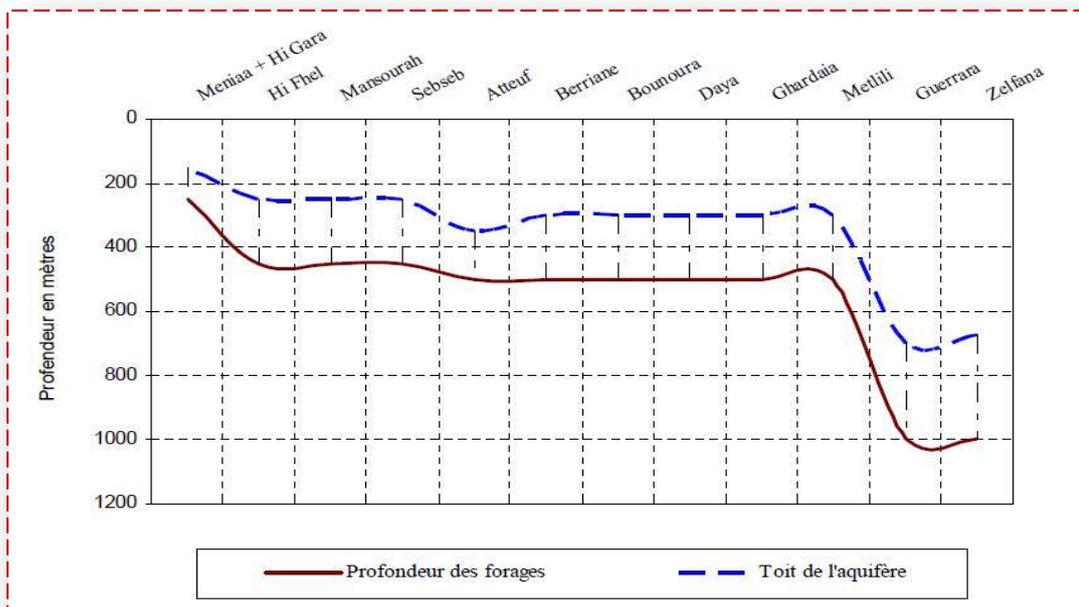


Figure N°14 – Carte de la profondeur des forages et le toit de l'aquifère albien (A.N.R.H., 2005)

2.6. Identification hydraulique

2.6.1. Les Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière.

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (**Bencheikh**).

2.6.2. Les Eaux Souterraine

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines (nappe phréatique) . La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Bencheikh**).



Chapitre 03
Matériels et Méthodes



3.1. Introduction

L'échantillonnage d'une eau comprend la préparation du prélèvement, le prélèvement proprement dit, le conditionnement de l'échantillon, ainsi que son stockage jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyses (Miourigh.M, 2011) .

3.2. Choix des points de prélèvement

Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères, les plus importants sont :

- ❖ La présence de l'eau qui est un facteur limitant majeur dans la mise en valeurs des terres dans les régions sahariennes.
- ❖ La rareté d'études sur la qualité hydro-chimique des eaux de la nappe souterraine dans cette région.
- ❖ La population qui consomme les eaux des puits de l'Aâdira si qu'il y a une absence d'études sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de cette nappe phréatique.

3.3. Points de prélèvements

Nous sommes proposés d'étudier les eaux des forages de la zone de Bouhraoua, qui sont au nombre cinq (05) répartis uniformément à travers la zone d'étude. Et l'eau des puits de la zone de l'Aâdira.



Figure N° 15 – Localisation des points de prélèvement (Google earth)

Tableau N°04 – liste des forages échantillonnés.

N° de Forage	Nom de forage	Nappe
F1	BOUHRAOUA 1	Albien
F2	BOUHRAOUA SONALGAZ	Albien
F3	BOUHRAOUA CHAABAT TOUBI	Albien
F4	BOUHRAOUA CHALLE	Albien
F5	BOUHRAOUA FILLE	Albien

Tableau N°05 – liste du puits échantillonnés.

N° de Puits	Nom de forage	Nappe
P1	L'AÄDIRA	Phréatique

3.4. Méthodes de travail

3.4.1. Exécution des prélèvements

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des flacons propres, rincés avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. Après la mise en flacon des échantillons, les flacons doivent être fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro, la date et l'heure de l'échantillon.

3.4.2. Stockage des échantillons

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon en polyéthylène, dans le laps de temps qui sépare le prélèvement de l'analyse.

Pour cela, il faut apporter les échantillons au laboratoire d'analyses dès que possible (Délai inférieur à 24 heures). La température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'eau souterraine prélevée. Les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais (glacière ou réfrigérateur).

Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro, la date et l'heure de l'échantillon. Ils ont été transportés au laboratoire avec conservation à basse température 4 °C, Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5°C (LOOSER., 2001).

3.5. Méthode d'analyse au laboratoire

Nous avons suivi la qualité de cette eau à travers des analyses qui ont été effectuées au niveau des laboratoires de l'ADE (Algérienne des eaux), unité de Ghardaïa .

➤ **Préambule**

- ❖ Le port de la blouse est obligatoire.
- ❖ Des gants et du masque lors d'utilisation des produits chimiques est obligatoire.

3.5.1. Les Paramètres physiques

3.5.1.1. L'Acidité (Potentiel hydrogène)

➤ **Objet**

Par une méthode électro métrique pour la détermination du pH de l'eau.

➤ **Domaine d'application**

Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C.

La zone de détermination de cette méthode s'étend de pH 4,00 à pH 10,00.

➤ **Principe**

Le pH d'une solution est le logarithme ordinaire négatif de l'activité d'ions d'hydrogène :

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H^+] présent dans l'eau ou les solutions (ADE, 2015).

➤ **Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène. Ils sont conservés entre 1°C et 5 °C

➤ **Méthode de travail**

✓ **Mode opératoire**

✓ **Etalonnage de l'appareil**

- ❖ Allumer le pH Mètre.
- ❖ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Prendre dans un petit bûcher, la solution tampon pH = 4
- ❖ Régler l'agitation à faible vitesse.
- ❖ Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 4
- ❖ Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.

- ❖ Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- ❖ Réétalonné de la même manière avec les solutions tampon pH = 7 puis pH = 10.
- ❖ Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

✓ **Dosage de l'échantillon**

- ❖ Prendre environ ≈ 50 ml d'eau à analyser.
- ❖ Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- ❖ Tremper l'électrode dans le bêcher.
- ❖ Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ❖ Puis noter le pH.

A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

Tableau N°06 - Classification des eaux suivant pH (D., 2009)

Valeur du pH	Interprétation
pH<5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée=>majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

✓ **Appareil**

- ❖ PH – mètre ;
- ❖ Electrode ;
- ❖ Agitateur magnétique, barreaux magnétiques ;
- ❖ Bêcher de 100 ml.

✓ **Réactifs**

- ❖ Eau distillée ;
- ❖ Solution tampon à pH 4,01 ($\pm 0,02$ à 25°C);
- ❖ Solution tampon à pH 7,00 ($\pm 0,02$ à 25°C) ;
- ❖ Solution tampon à pH 10,00($\pm 0,02$ à 25°C) ;
- ❖ Solution de KCl à 3 mol/l.

3.5.1.2. La Conductivité électrique

➤ **Objet**

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$.

➤ **Domaine d'application**

Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et eaux usées. La zone de détermination de cette méthode s'étend de 50 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

➤ **Principe**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (R., 2002).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductivité caractérise le degré de la minéralisation de l'eau.

Tableau N°07 - relation entre la minéralisation et la conductivité à 20 °C.
(BEMMOUSSAT.A, 2012)

100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
conductivité > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

➤ **Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène. Ils sont conservés entre 1°C et 5°C

✓ **Méthode de travail**

✓ **Mode opératoire**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes (ADE, 2015).

Tableau N° 08 - classification des eaux selon la conductivité (BEMMOUSSAT.A, 2012)

Type d'eau	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$
Eau non saline	< 700
Eau légèrement saline	700 - 3000
Eau modérément saline	3000 - 6000
Eau très saline	> 6000
Eau fortement saline	> 14000
Saumure	> 42000

✓ Appareil

- ❖ Conductimètre.
- ❖ Electrode de conductivité.
- ❖ Becher de 50 ml.
- ❖ Agitateur magnétique, barreaux magnétiques
- ❖ Matériel courant de laboratoire : pissette.

✓ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.5.1.3. La Turbidité

➤ Objet

L'objet de la présente est de décrire la mesure de la turbidité.

➤ Domaine D'application

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface. La zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité).

➤ **Principe**

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (ADE, 2015).

➤ **Echantillonnage**

Effectuer des prélèvements dans des bouteilles de verre ou de plastique et déterminer dès que possible les mesures. Eviter tout contact entre l'échantillon d'eau et l'air et toute variation non indispensable de température de l'échantillon.

Les échantillons sont conservés à 4 °C dans l'obscurité mais pas plus de 24 heures.

✓ **Méthode de travail**

✓ **Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

✓ **Appareil**

- ❖ Turbidimètre HACH 2100N
- ❖ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.
- ❖ Matériel courant de laboratoire : pissette, papier hygiénique.

✓ **Réactif**

- ❖ H₂O Eau distillé.

✓ **Expression des résultats**

La mesure est obtenue directement en NTU.

3.5.2. Les paramètres chimiques.

Les paramètres à étudier sont : les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , TH) et les anions (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , TAC), par des différentes méthodes comme suit :

3.5.2.1. Par Spectrophotométrie

A. Détermination de l'Azote Ammoniacal (NH_4^+)

L'ammoniaque est un gaz soluble dans l'eau mais suivant les conditions de pH il se transforme, soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée.

En plus, l'ammoniaque est favorable au développement de certaines bactéries qui à leur tour génèrent de mauvais goûts (**BREMOND R., 1976**).

➤ Principe

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (**ADE, 2015**).

✓ Mode opératoire

- ❖ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 4 ml du réactif Coloré I.
- ❖ Ajouter 4 ml du réactif II DICHLORUSOYANURATE DE SODIUM
- ❖ ajuster à 50 ml avec H_2O distillée et attendre 1h.

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+ Effectuer la lecture à 655 nm.

✓ Réactifs

➤ Réactif I

- ❖ Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- ❖ Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- ❖ H_2O distillée 1000 ml.

➤ Réactif II (coloré)

- ❖ Tri citrate de sodium $\text{C}_6\text{H}_5\text{NaO}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 130 g.
- ❖ Salicylate de sodium $\text{C}_2\text{H}_5\text{NaO}_3$ 130 g.
- ❖ Nitroprussiate de sodium 0.97 g.
- ❖ H_2O distillée 1000 ml

➤ Appareillage

- ❖ Spectrophotomètre UV-Visible ;
- ❖ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles de 50ml et pipettes) ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.
- ❖ H₂O distillé.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

B .Détermination des Nitrites (NO₂⁻)

Les Nitrite peuvent être rencontrés dans l'eau, Mais à des doses Faibles. Les Nitrites proviennent soit d'une Oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas Conduite à son Terme, soit d'une réduction des nitrates Sous l'influence d'une Action dénitrifiant (**BREMOND R., 1976**).

➤ **Principe**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm (**ADE, 2015**).

✓ **Mode opératoire**

- ❖ Prendre 40 ml d'eau à analyser
- ❖ Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- ❖ Complété à 50 ml par l'eau distillée.
- ❖ Attendre 20mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻.

Effectuer la lecture à 543 nm.

✓ **Réactifs**

✓ **Réactif Mixte**

- ❖ Sulfanilamide (C₆H₈N₂O₂S)..... 40 g.
- ❖ Acide phosphorique 100 ml.
- ❖ N-1-Naphtyle éthylène diamine dihydrochloride (C₁₂H₁₆C₁₂N₂) 2g.
- ❖ H₂O distillée 1000 ml.

✓ **Appareillage**

- ❖ Spectrophotomètre UV-Visible ;
- ❖ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles de 50ml et pipettes...) ;

- ❖ Éprouvette graduée.
- ❖ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

✓ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

C. Détermination de des Nitrates NO_3^{-2} méthode au salicylate de sodium

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (ADE, 2015).

✓ **Mode opératoire**

- ❖ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- ❖ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- ❖ Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- ❖ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
- ❖ (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- ❖ Reprendre le résidu avec 2 ml H_2SO_4 et laisser reposer 10 mn.
- ❖ Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- ❖ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au Spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

✓ **Réactifs**

- ❖ Solution de salicylate de sodium $\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$ à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).
 - ❖ 0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.
 - ❖ Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
 - ❖ 30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.
 - ❖ H_2SO_4 concentré.
 - ❖ Tartrate double de sodium et de potassium.
 - ❖ Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.
 - ❖ Tartrate de sodium et de potassium 60 g.
 - ❖ Eau distillée 1000 ml.
 - ❖ Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml.
 - ❖ Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.
- ✓ Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

- ❖ Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.
- ❖ Eau distillée 1000 ml.
- ❖ Chloroforme 1 ml.
- ✓ Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

✓ Appareillage

- ❖ Bain marie.
- ❖ Spectrophotomètre U.V visible ;
- ❖ Dessiccateur ;
- ❖ Balance analytique de laboratoire précision 0.1 µg ;
- ❖ Pipettes 20ml, 10ml, 2ml ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Matériel courant de laboratoire : (bêcher, pipette) ;
- ❖ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

✓ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

D. Détermination des Phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (LADJEL F., 2002).

➤ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ADE, 2015).

✓ Mode opératoire

- ❖ 40 ml d'eau à analyser.
- ❖ 1 ml acide ascorbique.
- ❖ 2 ml du Molybdate d'acide.
- ❖ Attendre 20 mn le développement de la couleur bleue.

Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

✓ **Réactifs**

✓ **Molybdate d'acide**

- ❖ Heptamolybdate d'ammonium $((\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}, \text{pH}=5 \text{ à } 6 \dots\dots\dots 13\text{g. A}$
- ❖ Eau distillée..... 100 ml.
- ❖ Tartrate d'antimoine $(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{K}_2\text{O}_{15}\text{Sb}_2)\dots\dots\dots 0.35 \text{ g. B}$
- ❖ Eau distillée..... 100 ml.
- ❖ Acide sulfurique pur $\text{H}_2\text{SO}_4\dots\dots\dots 150 \text{ ml C}$
- ❖ Eau distillée..... 150 ml.

$(\text{A} + \text{B}) + \text{C} \rightarrow 500 \text{ ml d'eau distillée.}$

✓ **Acide ascorbique à 10 % ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)**

- ❖ Acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6\dots\dots\dots 10\text{g.}$
- ❖ Eau distillée100ml.

✓ **Appareillage**

- ❖ Spectrophotomètre UV. Visible ;
- ❖ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes...) ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

✓ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

E. Détermination du Fer Fe^{+2}

Au niveau de la distribution, le fer provient le plus souvent de l'action de l'eau sur les canalisations. Le fer ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique, c'est un élément essentiel de la nutrition humaine.

Le dosage se fait par spectrométrie moléculaire: Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la Phénanthroline, **10 (RODIER J., 2005).**

✓ **Mode opératoire :**

- ❖ Prendre comme prise d'essai 50 ml d'eau d'échantillon ;
- ❖ Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml ;

- ❖ Ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ;
- ❖ Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5,5 ;
- ❖ Ajouter 2 ml de la solution phénantroline ;
- ❖ conserver pendant 20 min à l'obscurité.
- ❖ Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 50 mm .

✓ **Réactifs :**

- ❖ Solution tampon acétate.
- ❖ Chlorédrate d'hydroxylamine.
- ❖ Solution de phénanthroline $C_{12}H_9Cl_2.H_2O$.

✓ **Appareillage :**

- ❖ Spectrophotomètre UV. Visible à 510nm ;
- ❖ Toute la verrerie et flacons de prélèvement doivent-être lavés à l'acide
- ❖ Chlorhydrique (HCl) à 1.12 g/ml ;
- ❖ Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai ;
- ❖ Balance analytique de laboratoire ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Fioles ;
- ❖ Pipettes.

✓ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.5.2.2. Par Titrimétrie

A. Détermination du Calcium (Ca^{2+}) et du Magnésium (Mg^{2+})

➤ **Principe:**

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tertiaire (EDTA) à pH10.

Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur (ADE, 2015).

➤ **Pour le Calcium (Ca^{2+})**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur.

➤ **Pour le Magnésium (Mg^{2+})**

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair (RODIER J., 1996).

✓ **Mode opératoire :**

Ca^{2+} :

- ❖ Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- ❖ Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N ;
- ❖ Ajouter du Murexide ;
- ❖ Pince de HSN ;
- ❖ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

Mg^{2+} :

- ❖ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1 N).
- ❖ Ajouter noir eriochrome.
- ❖ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

✓ **Réactifs :**

- ✓ Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) : (0,02N ou 0,01M)
- ✓ EDTA3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.
- ✓ H_2O distillée.....1000 ml.
- ✓ **Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :**
 - ❖ NaOH (pastilles) 80 g.
 - ❖ H_2O distillée 1000 ml.
- ✓ **Solution d'hydroxyde d'ammonium(NH_4OH) pH = 1,01:**
 - ❖ Chlorure d'ammonium NH_4Cl 67,5 g.
 - ❖ NH_4OH (25%)..... 570 ml
 - ❖ HCl concentré PH = 1,01

- ❖ H₂O distillée 1000 ml.
- ❖ Noir eriochrome T C₂₀H₁₂N₃NaO₇S.

✓ **Appareillage**

- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Burette ;
- ❖ Agitateur ;
- ❖ Pipette ;
- ❖ Barreau magnétique.

✓ **Expression des résultats :**

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante:

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ mg/l} = V_1 \times F \times 8.016$$

D'où :

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

F : nombre de dilution.

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/l} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86$$

D'où :

V₂ : Volume total d'E.D.T.

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

F : nombre de dilution.

B. Détermination de TAC (Titre alcalimétrique complet) :

➤ **Principe**

Se réalise par la méthode volumétrique. Le titre alcalimétrie complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (**RODIER J., 1996**).

✓ **Mode opératoire:**

- ❖ Prendre 100 ml (50ml d'eau à analyser) et complété d'eau distillé.
- ❖ 2 gouttes méthylorange $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$.
- ❖ Et titrer avec HCL jusqu'au virage (Rouge brique)

✓ **Réactifs**

- ❖ Acide chlorhydrique (HCL) ou Sulfurique (H_2SO_4)
- ❖ Solution de méthylorange à 0,5%

✓ **Appareillage**

- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Éprouvette graduée.
- ❖ Burette ;
- ❖ Agitateur ;
- ❖ Barreau magnétique.

✓ **Expression des résultats**

La détermination du mg/l de TAC est donnée par la formule suivante:

$$\text{TAC mg/l} = (V-0.5)*f*12.2$$

Avec :

F : Facteur de dilution.

C. Détermination des Chlorures (Cl^-)

➤ **Principe:**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement .Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation (ADE, 2015).

✓ **Mode opératoire:**

- ❖ Prendre 100 ml (50ml d'eau à analyser) et complété d'eau distillé.
- ❖ Ajouter 3 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).

- ❖ Titrer avec Ag NO₃ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

✓ **Réactifs**

- ✓ **Solution de nitrate d'argent à 0,01 N:**

1,6987 d'AgNO₃ → 1000 ml d'eau distillée

- ✓ **Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 %:**

10 g de K₂CrO₄ → 1000 ml d'eau distillée.

- ✓ **Solution de chlorures à 71 mg/l:**

0.107g de NH₄Cl → 1000ml d'eau distillée.

✓ **Appareillage**

- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Burette ;
- ❖ Agitateur ;
- ❖ Barreau magnétique.

✓ **Expression des résultats :**

$$Cl = \frac{Vs * C * F * f}{Va}$$

- ❖ V_{AgNO₃} (Vs): Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- ❖ V_a=100
- ❖ C_{AgNO₃} : Normalité d'AgNO₃ =0.02.
- ❖ F : facteur de correction du titre d'Ag NO₃ =35453.
- ❖ f : facteur de dilution.

3.5.2.3. Par Complexometrie

A. Détermination de TH (Dureté totale) ou titre hydrotimétrique

Le titre hydrotimétrique d'une eu correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l' exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène.

➤ **Principe**

Titrage par complexometrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène – diamine tetraacetique(EDTA) à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur (**RODIER J., 1996**).

✓ **Mode opératoire**

- ❖ Prendre 50 ml (25ml d'eau à analyser) et compléter d'eau distillé.
- ❖ 4ml solution tampon PH=10 (solution de NH₄Cl)
- ❖ présence de l'indicateur coloré la solution
- ❖ colorer en rouge foncé ou violet
- ❖ titrage avec l'EDTA 0,01N
- ❖ virage est atteint par la couleur Bleu royale.

✓ **Réactifs**

- ❖ le sel d'acide éthylène - diamine tétracétique (EDTA).
- ❖ Noir eriochrome T (indicateur coloré).
- ❖ Solution tampon.

✓ **Appareillage**

- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Éprouvette graduée ;
- ❖ Burette ;
- ❖ Agitateur ;
- ❖ Barreau magnétique.

✓ **Expression des résultats**

$$[\text{TH}]_{\text{mg/l}} = V_{\text{EDTA}} \times F \times 20$$

[TH] : concentration de la dureté totale en mg/l.

V_{EDTA}: volume de l'EDTA en ml.

F : indicateur de dilution.

3.5.2.4. Par photométrie de la flamme

A. Détermination de Sodium Na⁺ et de Potassium K⁺ :

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions (ADE, 2015).

➤ **Principe**

Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du sodium

et du potassium présents dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589.0nm pour le sodium et de 766.5nm pour le potassium (ADE, 2015).

✓ Mode opératoire

- ❖ Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- ❖ Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- ❖ Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- ❖ Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- ❖ Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée.
- ❖ Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- ❖ Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- ❖ Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na⁺ ou du K⁺ à 10 mg/l.
- ❖ Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- ❖ Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de "Na+" ou de "K+" à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- ❖ Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de "Na+" ou de "K+" à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- ❖ Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- ❖ A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran est stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

✓ Réactifs

- ❖ Solution fille de sodium (Na⁺) à 10 mg/l de la solution mère de NaCl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée. (2,54 mg de Na Cl 1000cc d'H₂O distillée : solution mère de Na⁺ à 1 g/l).
- ❖ Solution fille de potassium (K⁺) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de KCl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée. (1.91 g de KCl 1000 cc d'H₂O distillée : solution mère de K⁺ à 1 g/l).

✓ **Appareillage**

Photométrie de la flamme

✓ **Expression des résultats :**

Les résultats de Sodium et de potassium en mg/l

3.5.2.5. Par gravimétrie

A. Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

Les Sulfates se produisent naturellement en nombreux minerais, y compris la barytine (BaSO_4), l'epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ces minerais dissous contribuent à la teneur en minéraux de beaucoup d'eaux potables (**Hadjer B., 2013**).

➤ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

✓ **Mode opératoire**

Introduire 100ml d'eau à analyser dans un bécher. Ajouter 5ml d'acide chlorhydrique à 10%. Chauffer jusqu'à ébullition tumultueuse en agitant constamment pour éviter les projections. Faire tomber goutte à goutte 20 ml de solution de chlorure de baryum à 10%. Prolonger l'ébullition pendant 10 minutes sans interrompre l'agitation. Laisser reposer. S'assurer que la précipitation est complète par l'addition d'une petite quantité de chlorure de baryum.

Décanté le liquide surnageant encore chaud en le laissant écouler le long d'un agitateur au-dessus du filtre sans cendres. Laisser, placer sur un entonnoir de joulie. Entrainer le moins possible de précipité au cours de cette opération.

Laver le précipité resté dans le bécher avec de l'eau bouillante. Agiter. Laisser déposer 5 minutes. Décanté à nouveau sur le filtre. Pour finir, entrainer le précipité sur le filtre, en détachant, avec un agitateur muni d'un bout de caoutchouc, la parcelle de sulfate adhérant aux parois du bécher. Laver le précipité à l'eau distillée bouillante jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par le nitrate d'argent (élimination de l'excès de chlorure de baryum).

Laver une dernière fois à l'alcool puis à l'éther. Porter le filtre et l'entonnoir à l'étuve à 500 C° jusqu'à dessiccation complétée. Renverser délicatement le filtre au-dessus d'une capsule de platine préalablement tarée après avoir été portée au rouge et refroidie dans un dessiccateur. Tapoter Légèrement le filtre pour faire tomber les particules adhérant au filtre.

Saisir la pointe du filtre entre les mors d'une pince métallique et calciner au-dessus de la capsule en laissant tomber la pointe avant que la flamme ne l'atteigne. Laisser refroidir. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique. Evaporer doucement en évitant les projections, de préférence au bain-marie. Calciner. Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser. Soit P le poids de sulfate de baryum trouvé (RODIER J., 1984).

✓ **Réactifs**

- ❖ Solution d'acide chlorhydrique HCL à 10% ;
- ❖ Solution de chlorure de baryum BaCl₂ à 10% ;
- ❖ Solution de nitrate d'argent AgNO₃ à 10% ;
- ❖ Acide éthylique pur;
- ❖ Acide nitrique pur ;
- ❖ Ether

✓ **Solution de chlorure de baryum :**

- ❖ Chlorure de baryum (BaCl₂.H₂O) 100 g.
- ❖ Eau distillée 1000 ml.

✓ **Solution de Hcl 10% :**

- ❖ Hydrochloric Acid 11.64ml.
- ❖ Eau distillée 500ml

✓ **Appareillage**

- ❖ Etuve réglable ;
- ❖ Dessiccateur ;
- ❖ Papier filtre ;
- ❖ Capsule ;
- ❖ Balance électrique ;
- ❖ Plaque chauffante.
- ❖ l'étuve à 5000 C⁰

✓ **Expression des résultats :**

$$C \text{ SO}_4^{2-} \text{ mg/l} = \Delta P * 4415.5$$

C SO₄²⁻ = Concentration du sulfate.

ΔP = P₁ - P_v

D'où P_1 : est le poids plein de la capsule.

P_V : est le poids vide de la capsule.

Le résultat est donné directement en mg/l.

B. Détermination du Résidu Sec

➤ Principe:

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes (ADE, 2015). Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

✓ Mode opératoire

- ❖ Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- ❖ Prélever 50ml d'eau d'échantillon
- ❖ Séchage dans un bain marie.
- ❖ Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 2 heures.
- ❖ Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- ❖ Peser immédiatement et rapidement.

✓ Appareillage.

- ❖ Capsule ;
- ❖ Bain marie ;
- ❖ Burette graduée de 50 ml ;
- ❖ Balance électrique ;
- ❖ Etuve réglable ;
- ❖ Dessiccateur.

✓ Expression des résultats :

$$C_{RS \text{ Mg/l}} = (P_P - P_V) * 20000$$

D'où

P_P : est le poids plein de la capsule.

P_V : est le poids vide de la capsule.

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.5.3. Analyses Bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (ADE, 2015).

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des Conditions satisfaisantes.

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- ❖ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- ❖ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

3.5.3.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

La technique de filtration est une estimation plus exacte sur la charge bactérienne, elle consiste à faire passer des produits liquides sur une paroi poreuse ou sur une membrane qui retient les bactéries, et nécessite d'une rampe de filtration (ADE, 2015).

✓ Mode opératoire

- ❖ Tout d'abord, il faudra stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- ❖ Fermer le robinet et mettre en marche la pompe à vide.
- ❖ Prélever une membrane cellulose stérile de 0,45µ m.
- ❖ Avec une pince flambée et refroidie; déposer la membrane sur la plaque poreuse.
- ❖ L'entonnoir flambée et refroidie est placé au-dessus de la membrane.
- ❖ Fermer le robinet de support et remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Actionner la pompe à vide et ouvrir le robinet du support pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- ❖ Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose lactosée TTC au Tergitol.

- ❖ Incubation la boîte de pétri à 37°C pendant 24 à 48 h.
- ❖ Lecture

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orange ou en jaune.

Repiquer de façon aléatoire les colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

✓ **Test à l'oxydase**

Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 3 colonies, à incuber à 37°C pendant 24 heures, puis effectuer le test de l' une des façons suivantes :

Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d' eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique. Dans le cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé.

✓ **Test à l'indole**

Pour cela, transférer chaque colonie caractéristique séparément dans un tube contenant de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à 44 °C pendant 24 heures, Puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovaks. La présence d'une coloration rouge à la sur face du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu (ADE, 2015).

✓ **Résultats**

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/ 1ml).

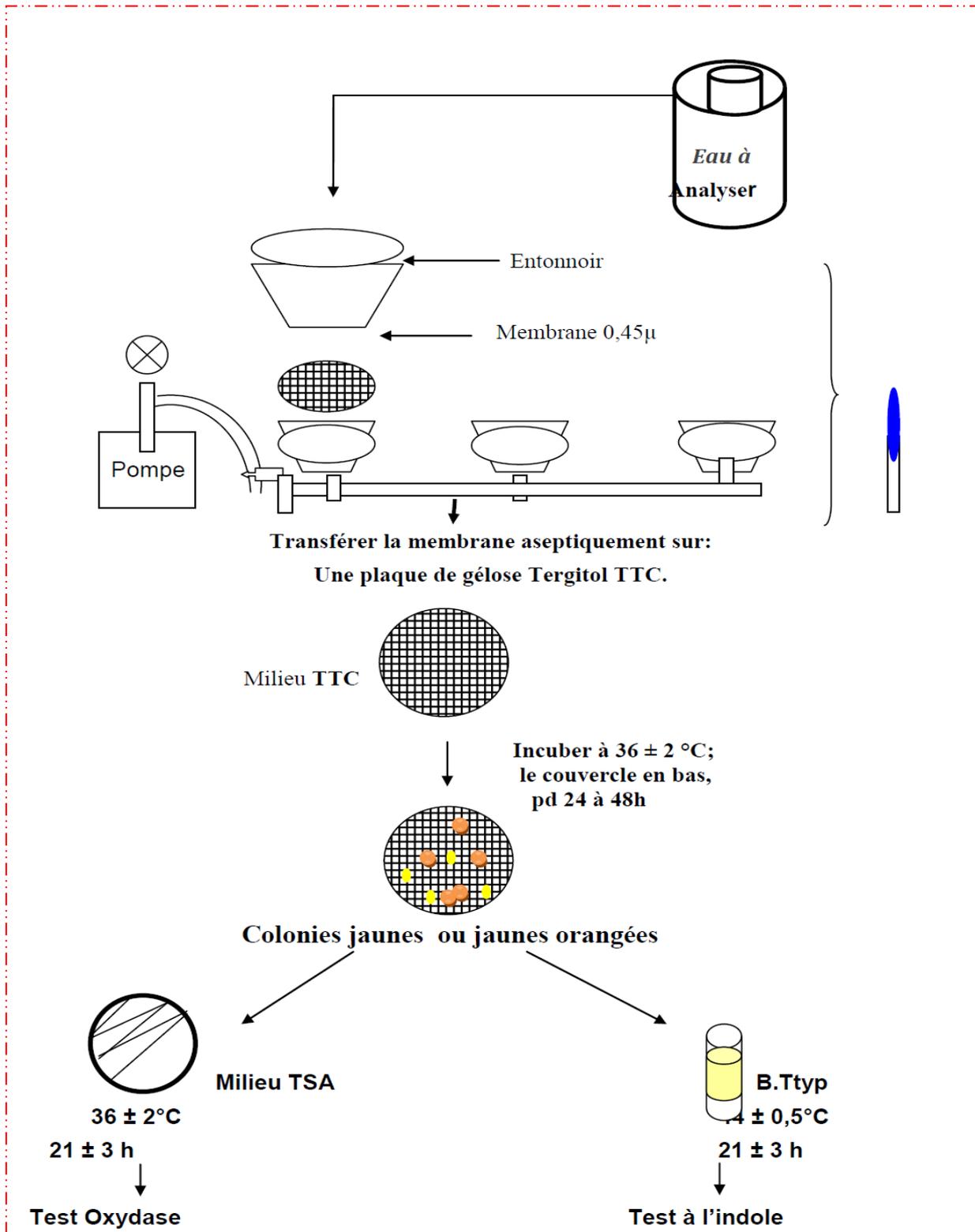


Figure N°16 - Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau

3.5.3.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

✓ Mode opératoire

- ❖ Tout d'abord, il faudra stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- ❖ Fermer le robinet et mettre en marche la pompe à vide.
- ❖ Prélever une membrane cellulose stérile de 0,45µ m.
- ❖ Avec une pince flambée et refroidie; déposer la membrane sur la plaque poreuse.
- ❖ L'entonnoir flambée et refroidie est placé au – dessus de la membrane.
- ❖ Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- ❖ Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose SLANETZ et BARTLEY.
- ❖ Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 37°C p 24 à 48 h.
- ❖ Lecture

Après la période d'incubation spécifiée Streptocoques du groupe «D» apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu de S LANETZ et BARTLEY sur une plaque de gélose Bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C. Cette dernière sera incubée à son tour à 44 °C pendant 2 heures. Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire (ADE, 2015).

✓ résultats

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/ 1ml).

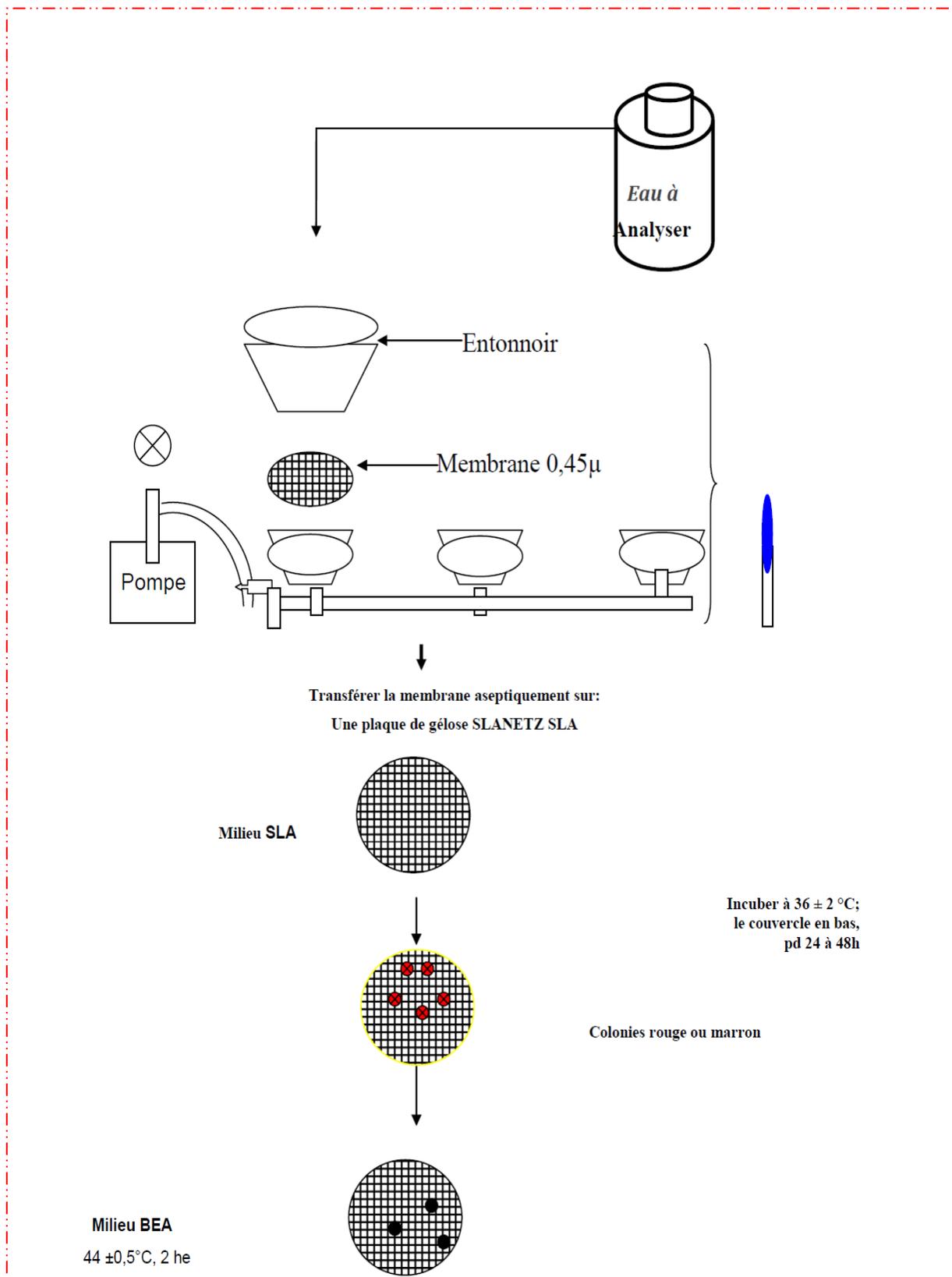


Figure N°17 - Recherche et dénombrements des streptocoques fécaux dans l'eau

3.6. Outils informatiques

Les programmes informatiques utilisés dans l'interprétation des résultats d'analyses sont :

3.6.1. Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon (L.H.A.)

Nous avons utilisé le logiciel d'hydrochimie d'Avignon (version4, 2008) Figure (21) qui nous permet de calculer la balance ionique, classer les eaux (faciès chimique, classe d'irrigation) et de construire en particulier les différents diagrammes (Piper, Schoeller-Bercaloff et le diagramme de Riverside).

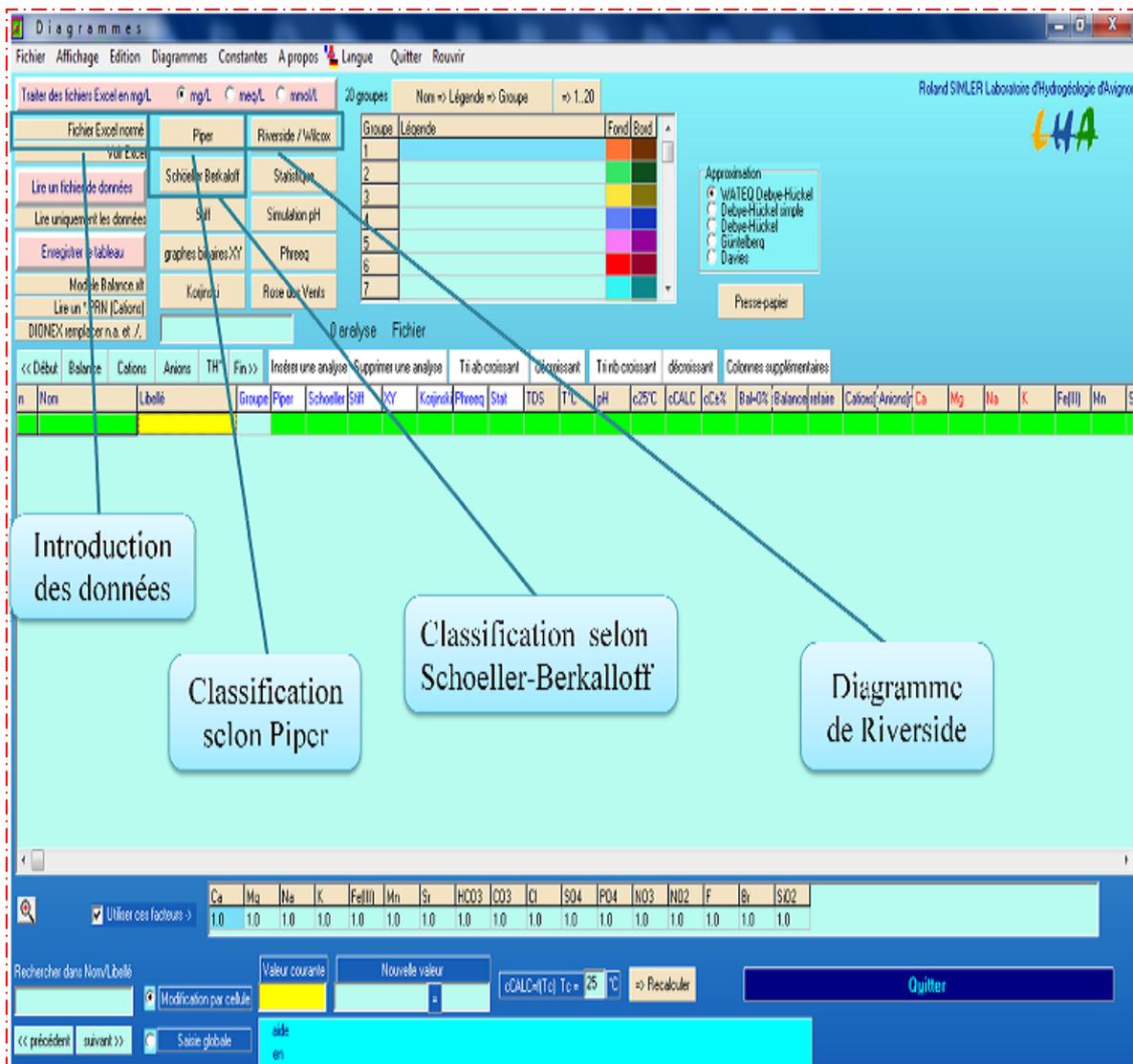


Figure N°18 - Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie de l'interface du logiciel d'hydrochimie



Photo N°1- Spectrophotomètre



Photo N°2 - pH-mètre



Photo N°3 - Spectromètre à flamme



Photo N°4 Conductivité - mètre



Photo N°5 - Turbidimètre



Photo N°6 - Etuve à 37°C



Photo N° 7 - Etuve à 44°C



Photo N°8 - Rampe de filtration



Chapitre 04
Résultats et Discussions



4.1. Introduction

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des échantillons d'eau prélevés au niveau de la nappe phréatique (puits) de la zone de L'Aâdira, et la nappe albienne (forages) de la zone de Bouhraoua .

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux et des éléments dissous afin de d'identifier leurs origines, et de définir les faciès chimiques des eaux de forages et de puits.

Cette étude portera également sur la potabilité de l'eau étudiée, pour cela, un certain nombre de diagrammes ont été élaborés qui permettront l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les diagrammes illustrent une comparaison des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines avec les normes de potabilité fixées par les normes algériennes et celles de l'OMS.

Ces diagrammes représentent la comparaison des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines avec les normes fixées par l'OMS et les Norme Algériennes.

4.2. Résultats et discussions des analyses effectuées

4.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. L'OMS et les normes Algériennes indiquent que le pH doit être compris entre : 6,5 et 8,5.

Les résultats de notre analyse indiquent que les valeurs minimale et maximale sont respectivement de l'ordre de 7,33 au niveau de forage N°1 et de 7,61 au niveau de forage N°4 figure(19). On constate donc que ces valeurs proches de la neutralité, sont acceptables selon les normes de l'OMS et les normes algériennes.

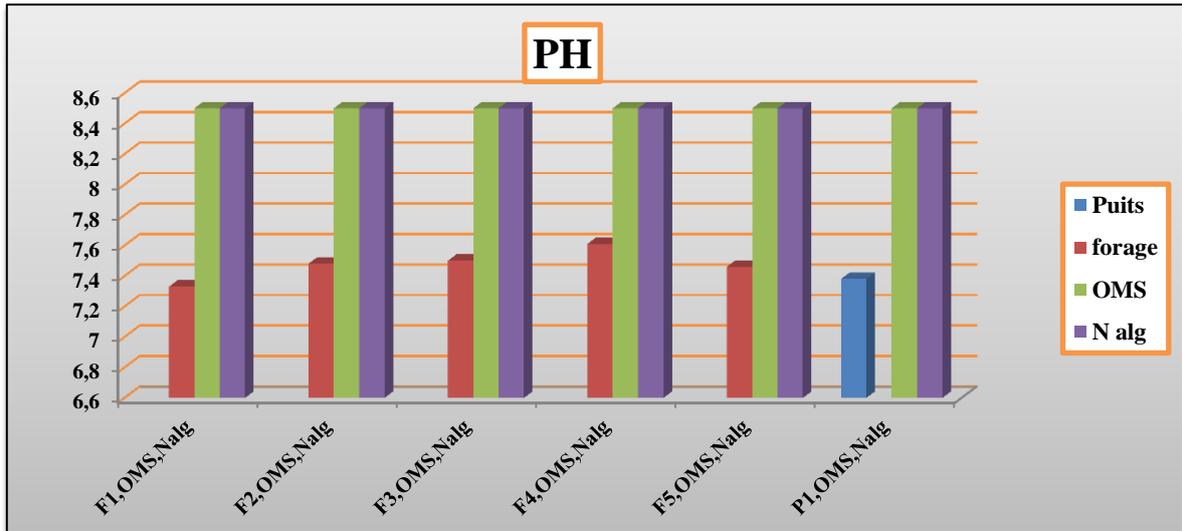


Figure N°19 – Variation de PH par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.2. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité nous informe sur la qualité des sels dissous dans l'eau. Les valeurs minimale et maximale respectives au niveau du puits et de Forage N°3 sont de l'ordre de 1018 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et de 2262 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Comme nous le montre la figure (20), les valeurs de la conductivité électrique de l'eau prélevée à partir des forages et du puits sont conformes aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS.

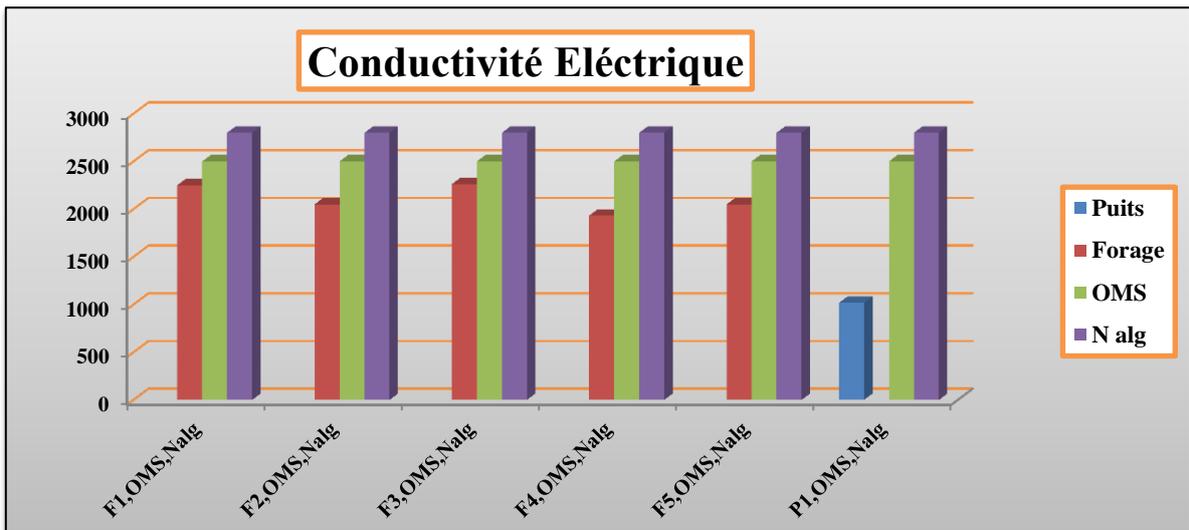


Figure N°20 – Variation de CE par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.3. Turbidité

Les valeurs de la turbidité de l'eau prélevée à partir des forages et du puits montrent que la qualité de l'eau est conforme aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS comme nous l'indique la Figure (21).

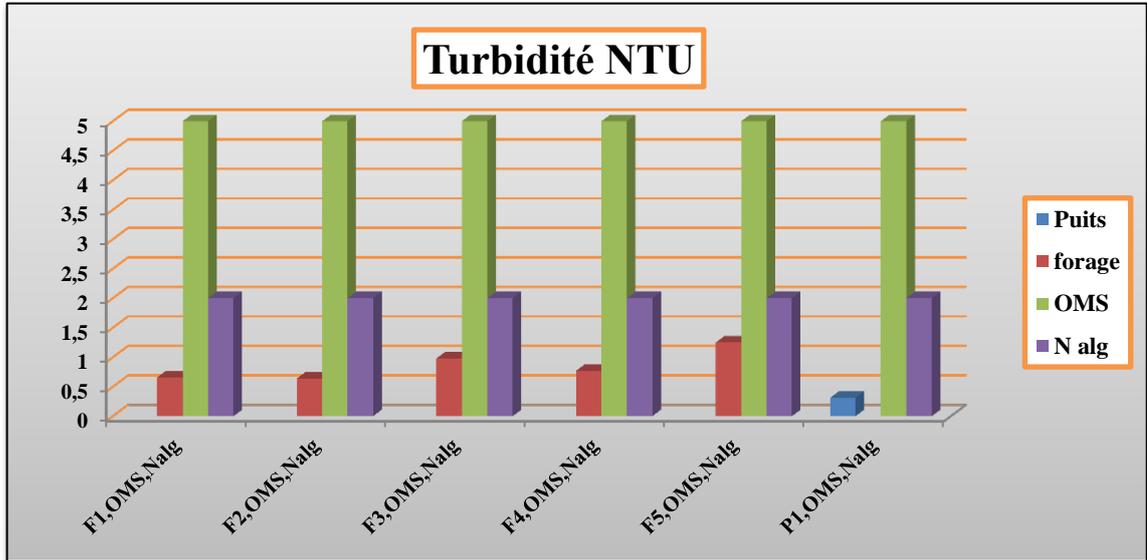


Figure N°21 – Variation de Turbidité par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.4. Ammonium (NH₄⁺)

Les ions NH₄⁺ se trouvent sous forme de trace au niveau des eaux prélevées ce qui montre d'après les normes Algériennes et celles de l'OMS l'absence d'une pollution par l'ammonium figure (22).

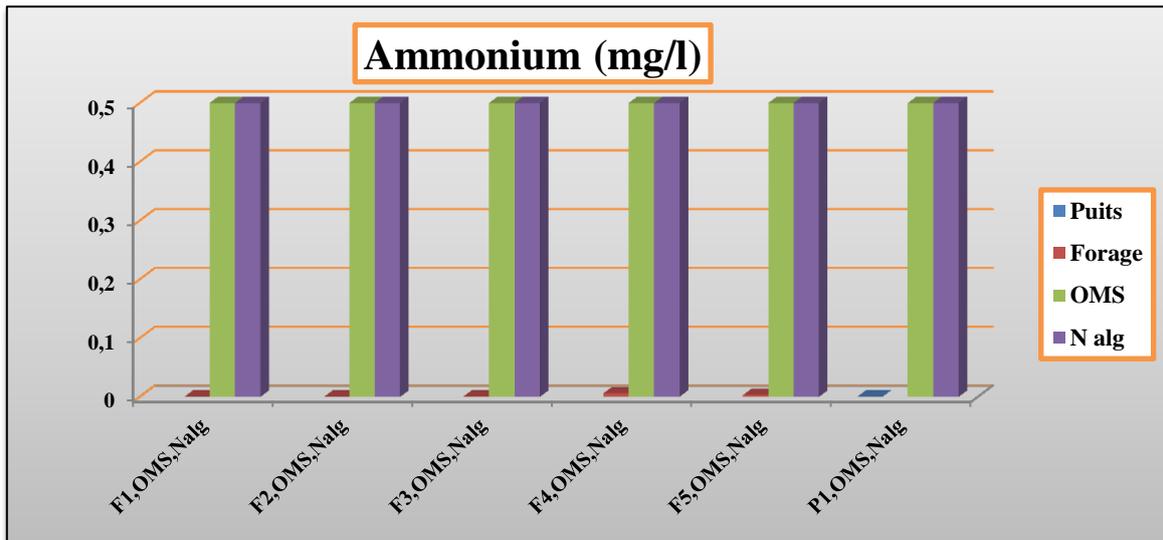


Figure N°22 – Variation d’Ammonium (NH_4^+) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.5. Nitrite (NO_2^-)

La teneur en nitrites est relativement très faible par rapport aux autres éléments car ils présentent une valeur presque nulle au niveau du puits et des forages figurent (23), valeurs acceptables selon les normes de l’OMS et les normes Algériennes. Cette eau ne portera donc aucunement atteinte à la santé du consommateur.

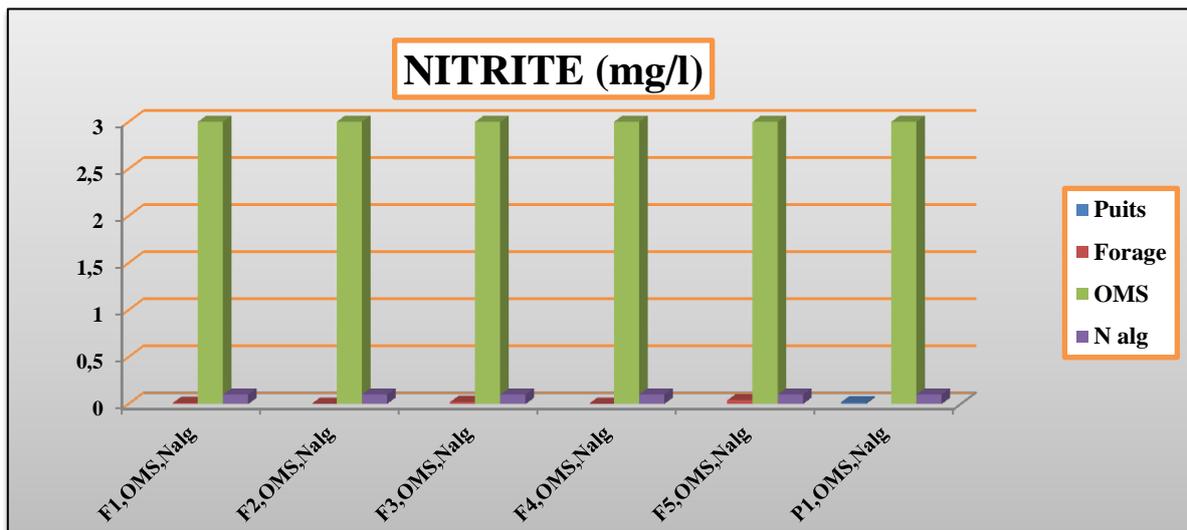


Figure N°23 – Variation de Nitrite (NO_2^-) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.6. Nitrate (NO_3^-)

La valeur minimale des ions nitrate NO_3^- au niveau du puits alors que la valeur maximale au niveau du forage N°4 est de l'ordre de 19,03 mg/l. Ces valeurs figure (24) restent faibles en comparaison avec les normes de l'OMS et les normes Algériennes.

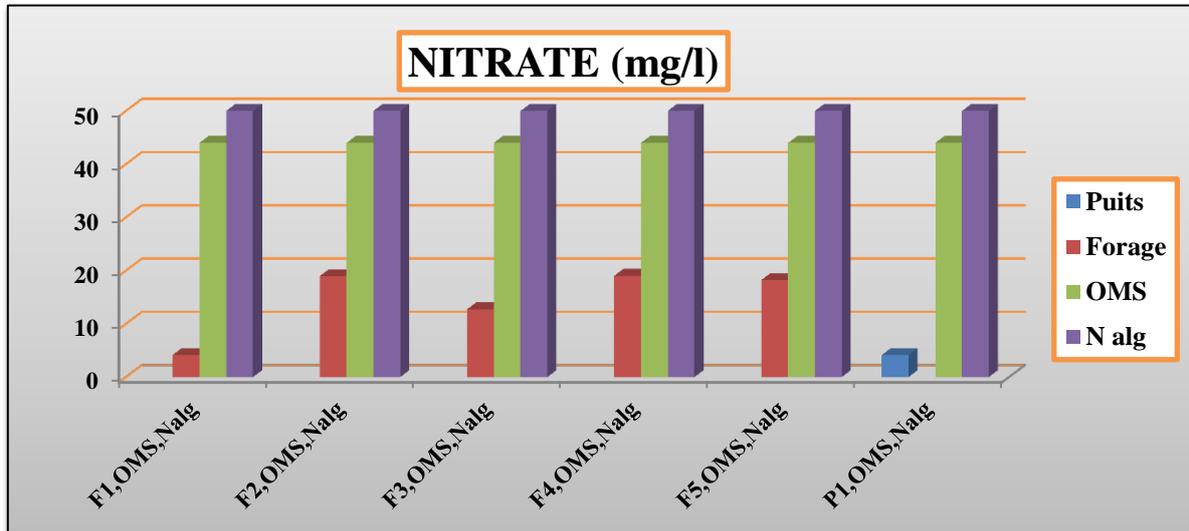


Figure N° 24 – Variation de Nitrate (NO_3^-) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.7. Phosphate (PO_4^{3-})

Les teneurs en phosphate de tous les échantillons analysés sont largement inférieures aux normes de l'OMS et aux normes Algériennes.

Au niveau du puits et des forages N° 1, 2 et 4 les teneurs en phosphates sont nulles. La figure (26) montre qu'avec une teneur de l'ordre de 0.052 mg/l au niveau du forage N° 3 et de 0.083 au niveau de forage N° 5, la teneur de phosphate est très faible. Figure (25)

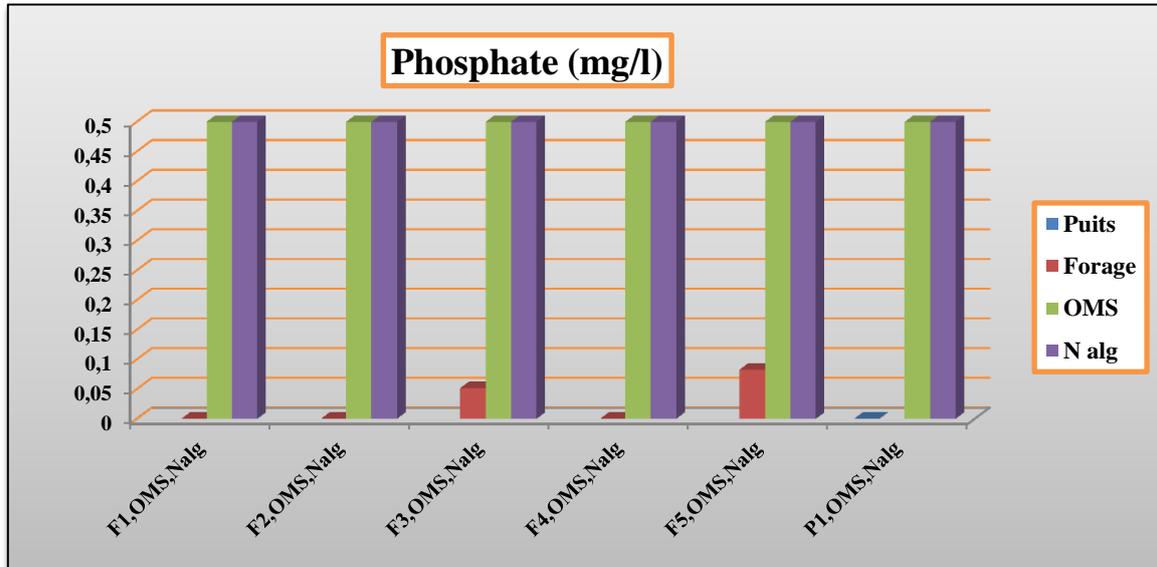


Figure N°25 – Variation de Phosphate (PO_4^{3-}) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.8. Fer (Fe^{2+})

La teneur en ions Fe^{2+} au niveau de l'eau du puits et des forages sont faibles inférieures à celles fixées par les normes Algériennes et celles de l'OMS comme le montre la figure (26).

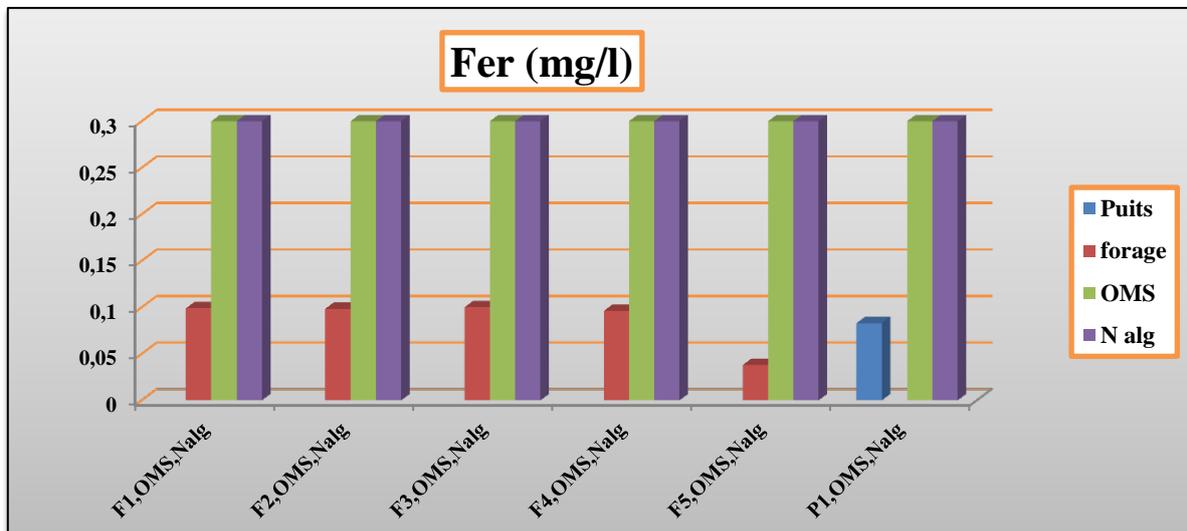


Figure N°26 – Variation de Fer (Fe^{2+}) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.9. Calcium (Ca^{2+})

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau indique, soit une dissolution des formations carbonatées, calcite (CaCO_3), dolomie [$(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$] ou bien la dissolution des formations évaporitiques, gypse [$\text{CaSO}_4, 2(\text{H}_2\text{O})$] et anhydrite (CaSO_4).

Les résultats des analyses effectuées montrent qu'une valeur minimale a été obtenue au niveau de l'eau du puits de l'ordre de 120,24 mg/l. La valeur maximale au niveau du forage N° 3 avec une teneur de 189,57 mg/l.

Par conséquent comparativement aux normes Algériennes et celles de l'OMS les eaux qui font l'objet de notre étude sont potables. Les résultats sont représentés dans la figure (27).

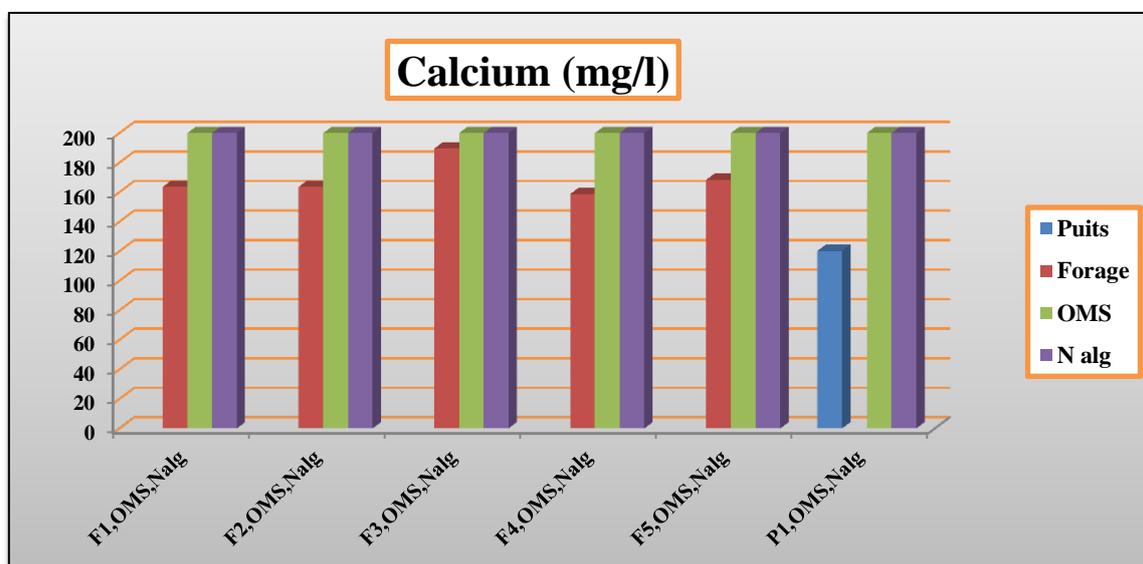


Figure N° 27 – Variation de Calcium (Ca^{2+}) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.10. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Avec les ions Ca^{2+} , le Mg^{2+} forme la dureté de l'eau.

Les résultats obtenus montrent que la concentration de Mg^{2+} varie entre 56,37 mg/l au niveau du puits et 86,50 mg/l au niveau du forage N°4. Ils ne dépassent pas la norme maximale admissible fixée par l'OMS et les normes Algériennes. Figure (28)

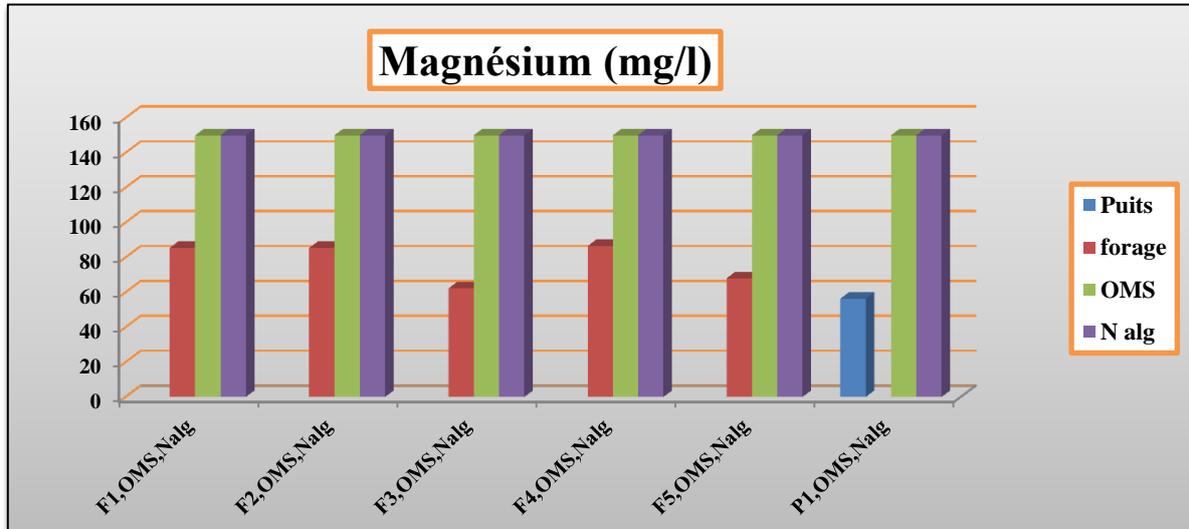


Figure N°28 – Variation de Magnésium (Mg^{2+}) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.11. TAC

Selon la figure (29), d'une façon générale, le TAC varie entre une valeur minimale de 144,24 mg/l au niveau du puits et une valeur maximale 248,32 mg/l au niveau de Forage N°3 qui sont inférieures aux normes algériennes et celles de l'OMS

Les mesures de Titre Alcalimétrique Complet de tous les Forages et le Puits respectent les normes de l'OMS et Algériennes . Ce qui indique que ces eaux sont acceptables par rapport à ces normes.

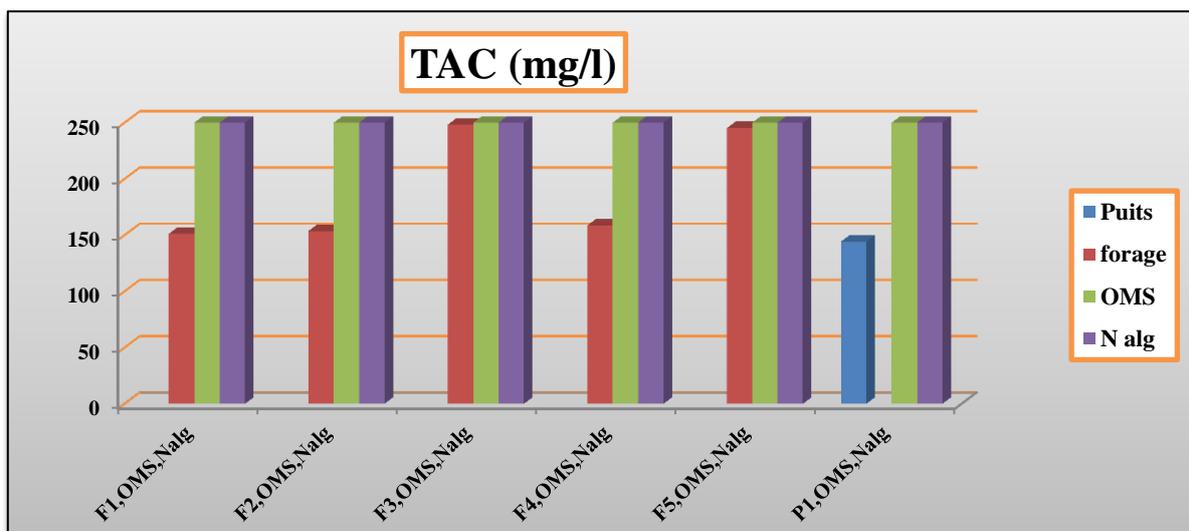


Figure N°29 – Variation de TAC par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.12. Dureté (TH)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. D'après les analyses, l'eau analysée du puits a une valeur de 301 mg/l, et ne dépasse pas les normes de l'OMS et les normes Algériennes.

Ceci indique que la qualité de cette eau est acceptable par rapport à ces normes, et ne présente aucun risque sur la santé des consommateurs ou des conduites.

Par contre, les eaux des cinq Forages prélevées, ont des valeurs de dureté totale calculées variant entre 760mg/l et 776mg/l pour les forages N°1 et 2 et des valeurs de 764mg/l, 752 mg/l et 700 mg/l pour les forages N°3 et 4 et 5. Elles dépassent toutes les normes fixées par l'OMS et les normes Algériennes.

En milieu domestique, le calcaire réagit avec les structures alcalines contenues dans des substances telles que le savon lorsque l'eau est portée à ébullition ce qui provoque l'entartrage des ouvrages domestiques. Ceci est dû à la structure géologique des sols traversés, nécessitant une précipitation de la dureté.

Ces résultats sont illustrés dans la figure (30).

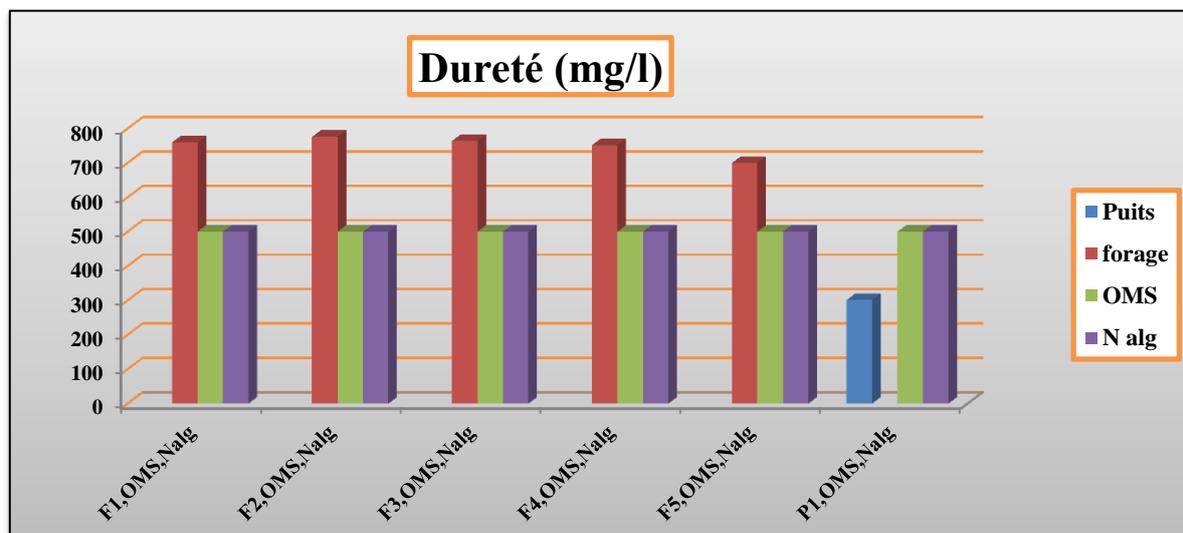


Figure N°30 – Variation de la Dureté par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.12.1. Différentes méthodes utilisées pour la réduction de la dureté

L'adoucissement de l'eau doit répondre aux exigences des clients en améliorant leur confort. Il permet notamment de réduire considérablement l'entartrage de leurs installations d'eau chaude et les divers inconvénients de l'usage domestique de l'eau dure, en éliminant une partie de sa minéralisation.

Il existe plusieurs méthodes pour la réduction de la dureté comme : la nanofiltration, l'électrodialyse, l'échange ionique ou encore la précipitation chimique.

A. La nanofiltration

La nanofiltration peut être définie comme un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes perméselectives sous l'action d'un gradient de pression. Durant le processus de filtration, les éléments qui passent à travers la membrane forment le perméat, tandis que les éléments retenus et concentrés par la membrane forment le concentrât (**TOBIN R.S**).

Ces membranes, d'introduction assez récente, sont caractérisées par:

- ✓ Un passage de sels monovalents relativement élevé (30 à 60%)
- ✓ Un passage de sels bivalents beaucoup plus faible (5 à 15%)

B. L'électrodialyse

Il s'agit d'une technique électro-membranaire qui permet un transfert sélectif des ions, à travers des membranes à perméabilité sélective, sous l'action d'un champ électrique. Le but de l'opération est d'extraire les sels d'une solution.

Les membranes alternativement perméables aux anions (M.P.A) et aux cations (M.P.C) délimitent des compartiments de dilution (D) et des compartiments de concentration (C).

Sous l'effet du champ électrique, les cations migrent vers la cathode :

- ✓ Ils sortent des compartiments D en traversant une M.P.C mais ils ne peuvent quitter les compartiments C car ils sont bloqués par une M.P.A.
- ✓ Simultanément, les anions migrent vers l'anode :
- ✓ Ils sortent des compartiments D en traversant une M.P.A mais ils ne peuvent quitter les compartiments C du fait de la présence d'une M.P.C.

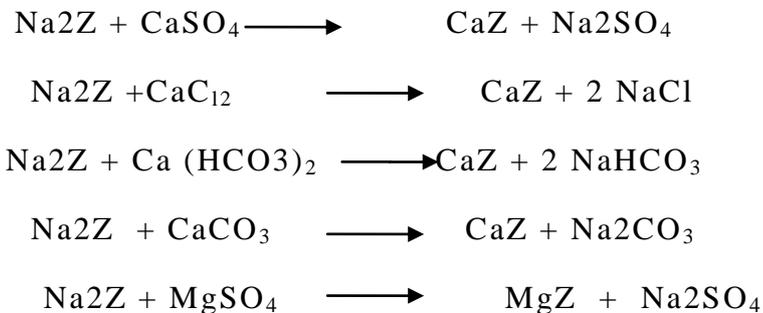
En conséquence, les compartiments D s'appauvrissent en sels, on les nomme "compartiments de dilution" et les compartiments C s'enrichissent en sels, on les nomme

“compartiments de concentration”. On obtient alors d’un côté une saumure sur concentrée et de l’autre une eau épurée (BONTOUX, J).

C. L’échange ionique

Cette technique se base sur l’emploi de certains composés insolubles qui ont la propriété de fixer les ions alcalino-terreux en cédant à leur place des ions sodium. On leur donnait autrefois le nom de zéolites. Lorsqu’on fait passer une eau naturelle à travers une couche d’échangeurs d’ions sodium, les sels alcalino-terreux de cette eau sont transformés en sels de sodium.

Si l’on attribue à l’échangeur de cation la formule générale Na_2Z , les réactions peuvent s’écrire :



Ce mode de traitement est aussi connu sous le nom de permutation en cycle sodium. Le lit permutant devient de moins en moins actif au fur et à mesure que la teneur en calcium et en Magnésium de l’échangeur augmente.

Il faut procéder à une régénération qui s’effectue par percolation d’une solution de chlorure de sodium à travers le lit échangeur. Après rinçage, la résine régénérée a retrouvé son activité première et le cycle peut être presque indéfiniment répété (GIRARD, R).

D. La précipitation chimique

Cette technique repose sur l’ajout de réactifs chimiques à l’eau dure. Ces réactifs, qui sont généralement la chaux, la soude et le carbonate de sodium, favorisent la précipitation des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sous forme de calcite (CaCO_3) et de Magnésie $\text{Mg}(\text{OH})_2$ insolubles.

Comme tout phénomène de précipitation, les étapes cinétiques seront :

- ❖ Période de germination ;
- ❖ Période de précipitation proprement dite ;
- ❖ Séparation des précipités formes.

Ce sont essentiellement ces considérations de cinétique qui vont conduire au dimensionnement et à l'agencement des appareillages utilisés pour ce type de traitement. Ces appareillages seront conçus pour augmenter au maximum ces trois vitesses et réaliser les trois opérations dans le même appareil (ROQUES,H).

Parmi les procédés les plus utilisés, on connaitre :

- ❖ Le procédé à la chaux Ca(OH)_2 ou CaO ;
- ❖ Le procédé à la soude caustique (NaOH) ;
- ❖ Le procédé au carbonate de sodium Na_2CO_3 ;

4.2.13. Chlorure (Cl^-)

Au niveau des Cinq forages, les teneurs en chlorures sont élevées comparativement aux valeurs fixées par les normes de l'OMS. Cependant, elles restent acceptables selon les normes Algérienne.

Ceci s'explique par l'opération de désinfection de l'eau, réalisée par les services de l'ADE, avant sa distribution à la population.

Les teneurs élevées en chlorures donnent à l'eau un goût désagréable et peuvent également avoir un effet laxatif. Elles provoquent aussi une rupture de la couche de passivation et une corrosion localisée. Une cellule de corrosion se crée pouvant aller au percement du métal.

Cependant, la qualité de l'eau prélevée au niveau du puits respecte les seuils fixés par les normes de l'OMS et Algériennes. Ces résultats sont représentés dans la figure (31).

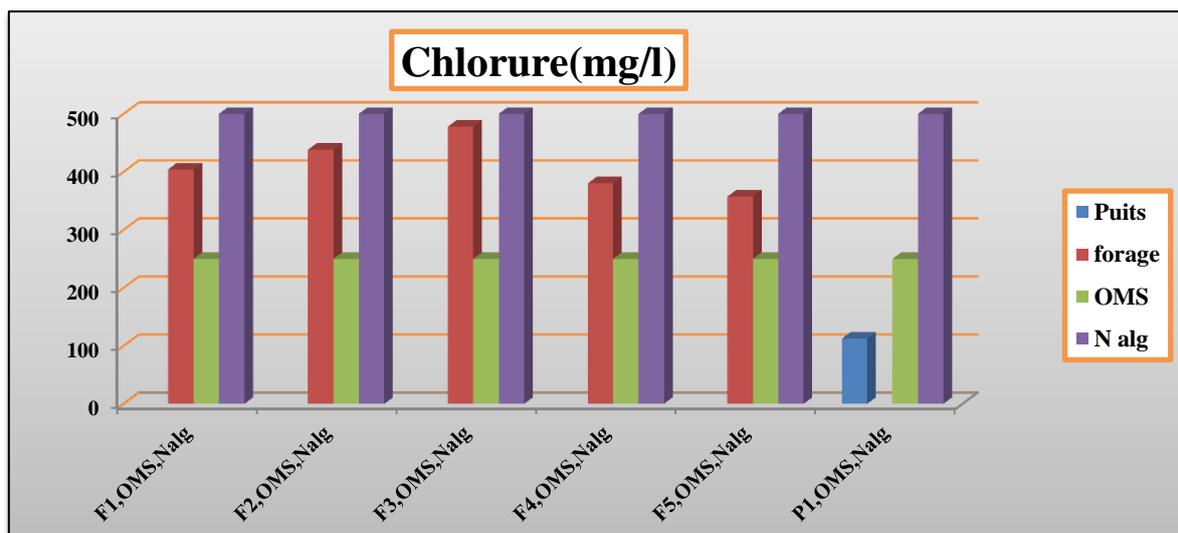


Figure N° 31 – Variation de Chlorure (Cl^-) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.14. Sulfate (SO_4^{2-})

L'OMS et les normes Algériennes recommandent comme valeur limite 400 mg/l.

Les teneurs en sulfates au niveau de l'eau des forages très élevées varient entre 452,42 et 658.57 mg/l dépassant largement les seuils fixés par les normes considérées.

Leurs teneurs élevées dans les eaux de forages entraînent des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent même donner à l'eau un goût désagréable.

Cependant, les teneurs en sulfates dans l'eau de Puits ne dépassent pas les normes de l'OMS et Algériennes. Ce qui indique que cette eau est acceptable par rapport à ces normes. Les résultats sont représentés dans la figure (32).

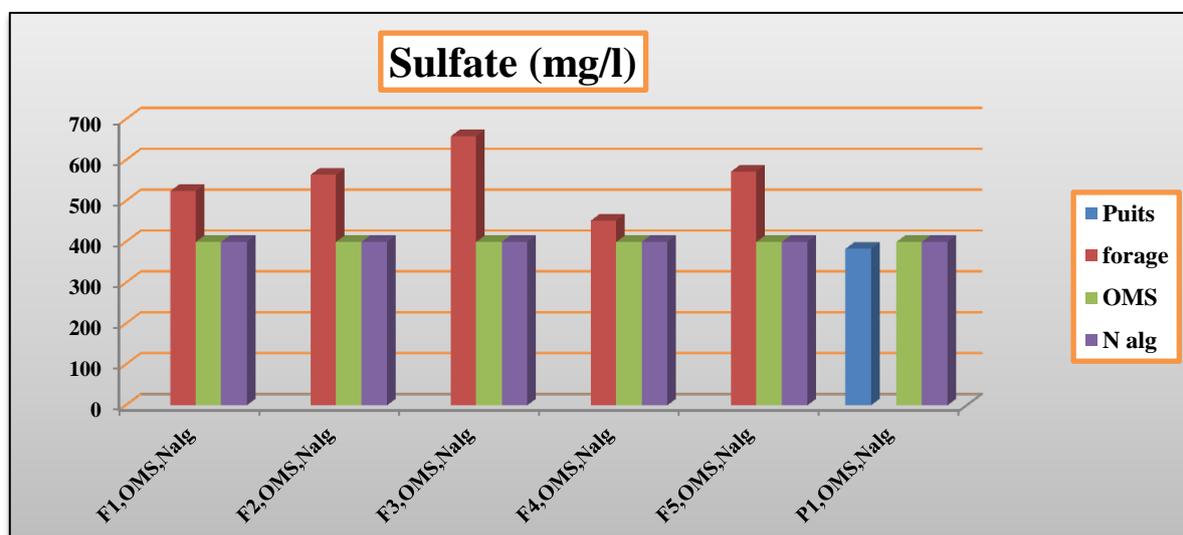


Figure N°32 – Variation de Sulfate (SO_4^{2-}) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.15. Sodium (Na^+)

L'élément alcalin le plus abondant est le sodium, ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

Les concentrations en sodium des eaux de puits et des forages sont conformes aux normes de l'OMS et Algériennes. Les teneurs varient entre une valeur minimale 160.1 mg/l au niveau du puits et une valeur maximale 195,47 mg/l au niveau du forage N°4. Figure (33)

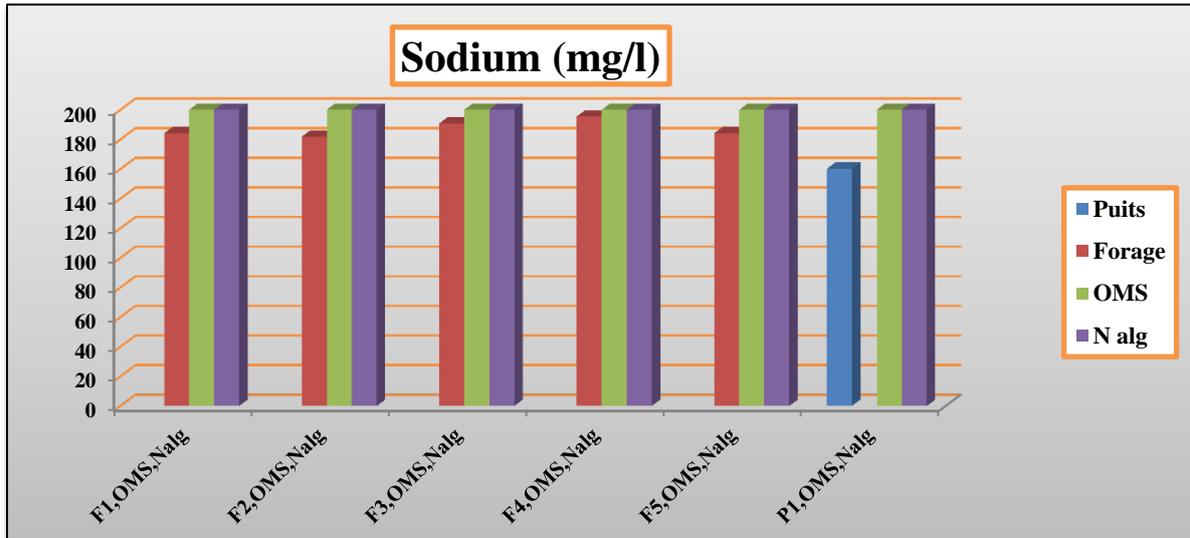


Figure N°33 – Variation de Sodium (Na^+) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.16. Potassium (K^+)

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas de risque pour la santé humaine.

Nous constatons que les concentrations de potassium dans les eaux de forages et de puits sont acceptables d'après la norme de l'OMS et les normes Algériennes. Elles sont dans l'intervalle de 12.4 à 14.75 mg/ l. Figure (34)

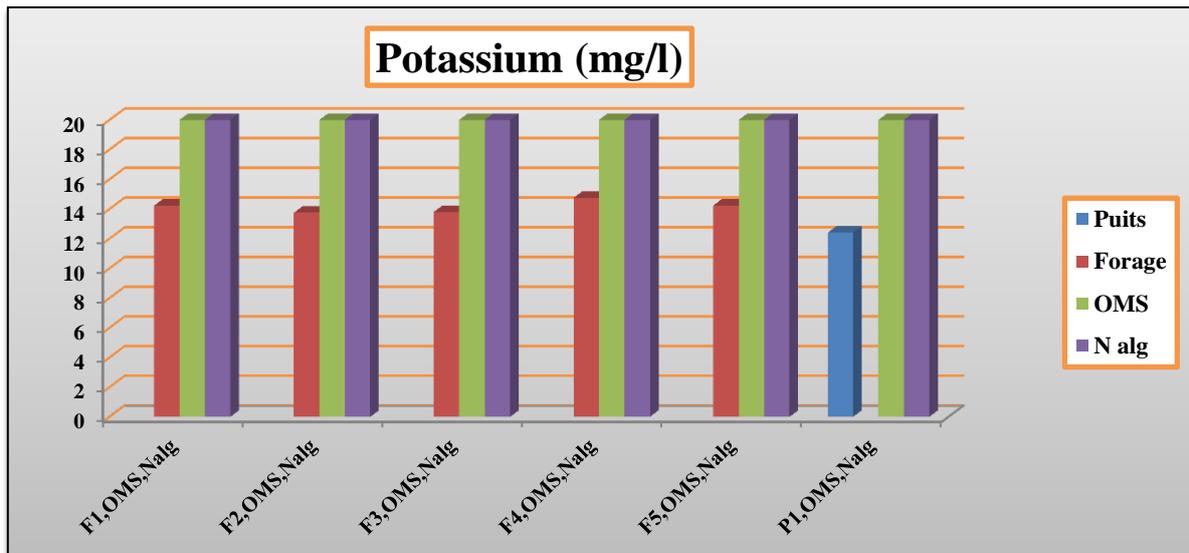


Figure N°34 – Variation de Potassium (K^+) par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.17. Résidu Sec

Exprimé en milligramme par litre (mg/l), il représente la minéralisation totale de l'eau, c'est - à - dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenue dans l'eau.

On constate que tous les teneurs en résidu sec pour les cinq forages dépassent les seuils des normes. Elles atteignent un maximum de 1784mg/l au niveau de forage N°3, d'où l'effet de goût désagréable.

Les teneurs de résidu sec des forages sont très élevés par rapport à celle du puits qui a une teneur acceptable de l'ordre de 901 mg/l. Figure (35)

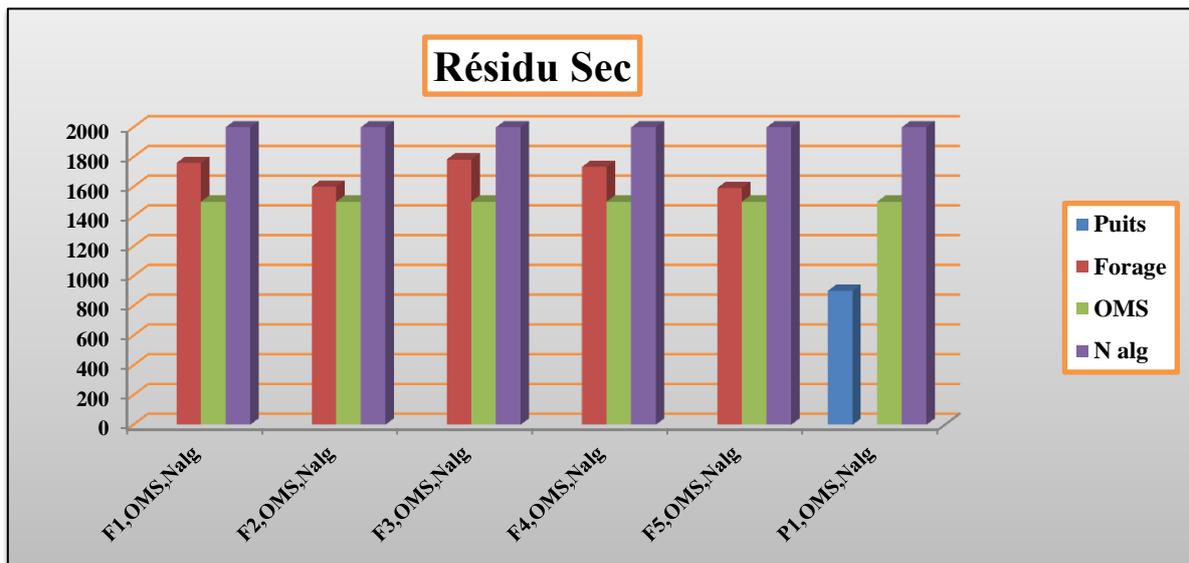


Figure N° 35 – Variation de Résidu Sec par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.18. Coliformes

Selon la figure (36) on remarque que tous les eaux analysées pour les forages et le puits respectent les normes de l'OMS et Algériennes, elles sont donc propres à la consommation, et ne présentent pas de risque de contamination d'origine qui peut se manifester le plus souvent par des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhée) habituellement de courte durée .

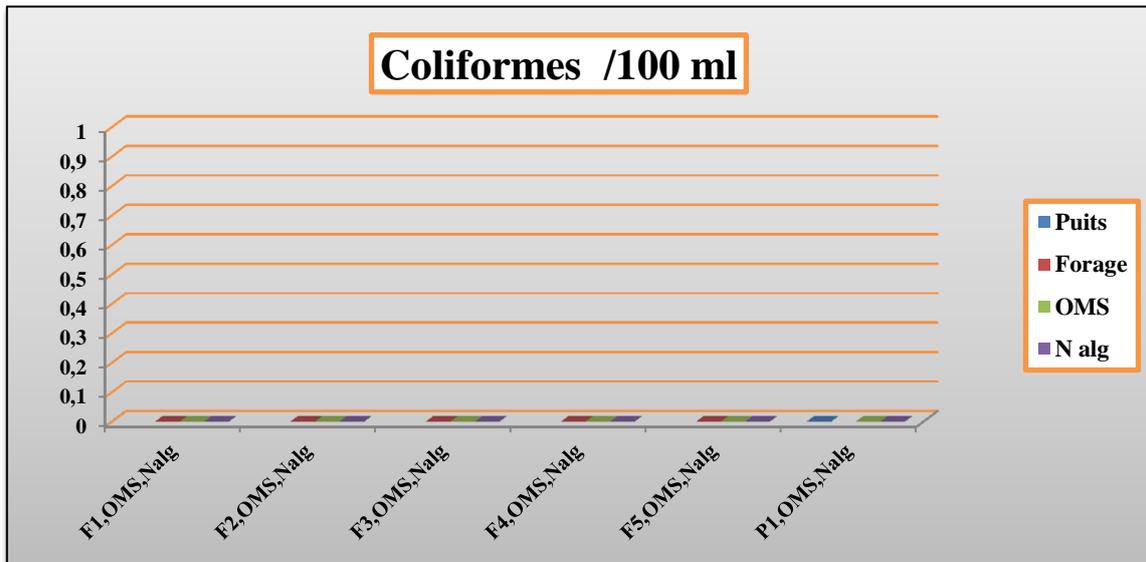


Figure N°36 – Variation de Coliforme par rapport à les normes OMS et Alg

4.2.19. Escherichia coli

Les concentrations d’Escherichia coli dans les eaux analysées de Forages et de Puits sont constantes. La figure (37) montre l’absence de germes d’Escherichia coli dans les échantillons ce qui indique une conformité aux normes de l’OMS et Algérienne.

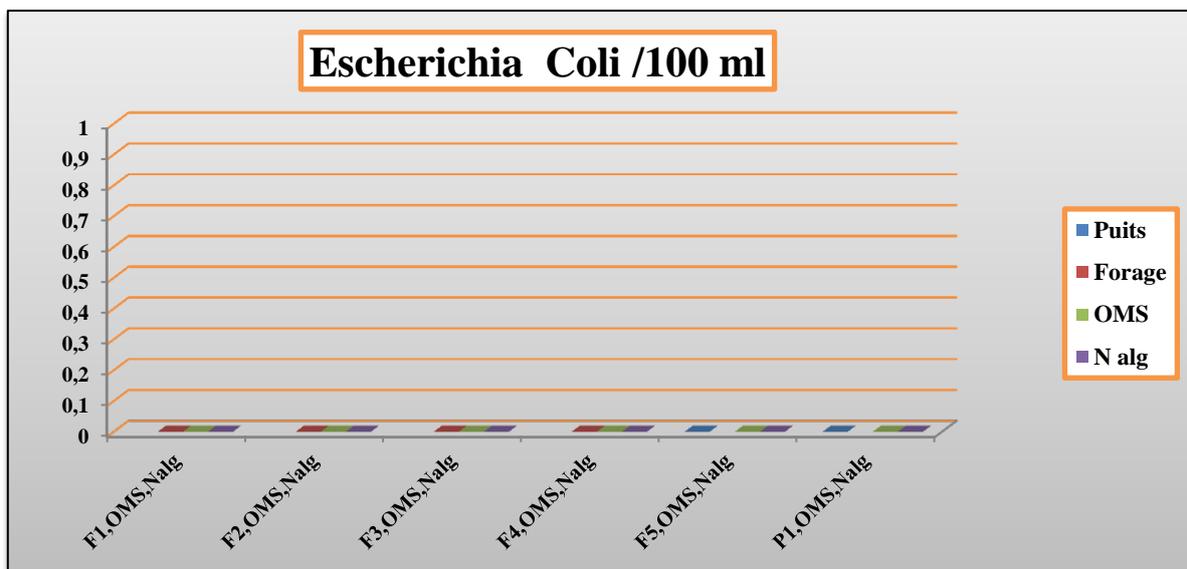


Figure N°37 – Variation d’Escherichia Coli par rapport à Les normes OMS et Alg

4.2.20. Streptocoque fécaux

Les résultats d'analyse des échantillons prélevés révèlent l'absence de streptocoques fécaux. D'après la figure (38), on trouve que les eaux analysées conformes aux normes de l'OMS et Algériennes. Ce qui indique que ces eaux respectent les normes de potabilité.

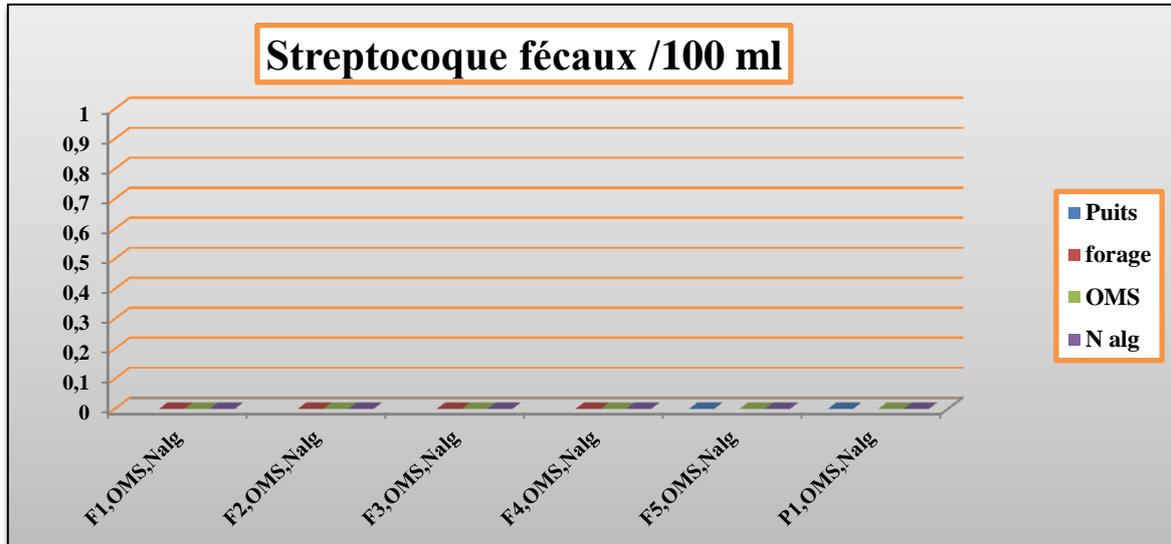


Figure N° 38 – Variation de Streptocoque fécaux par rapport à les normes OMS et Alg

4.3. Classification chimiques des eaux souterraines

4.3.1. Classification des eaux selon PIPER

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations respectivement, et d'un losange représentant la 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 figure (39).

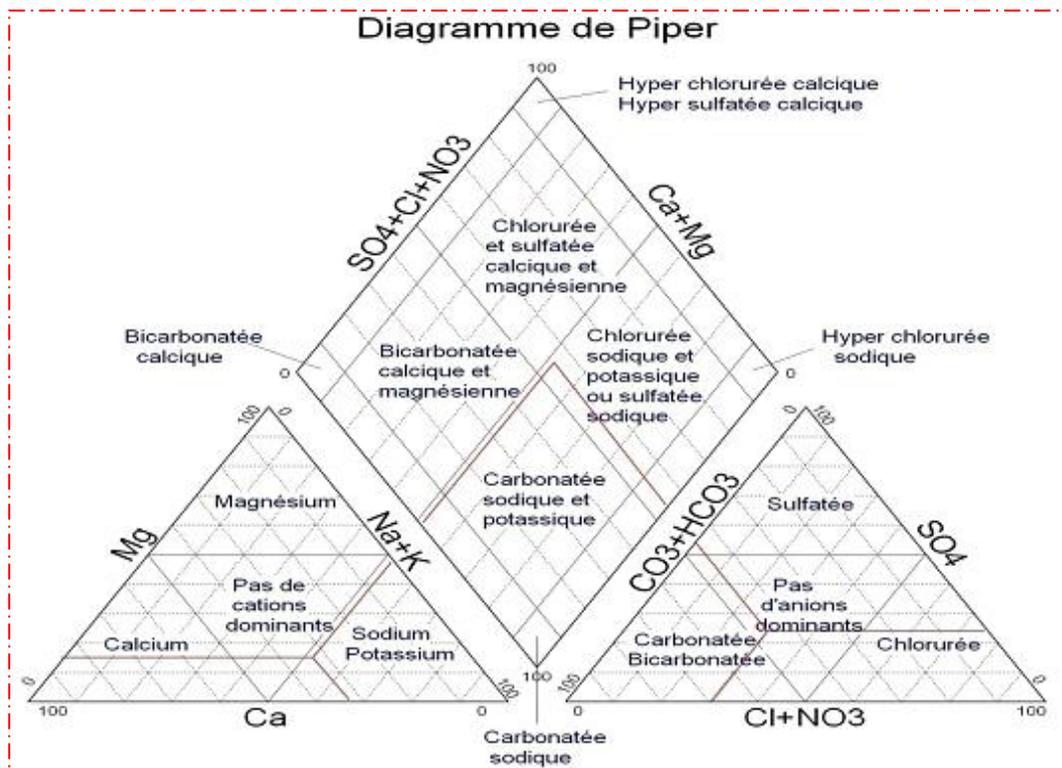


Figure N°39 – Représentation du diagramme de PIPER

Pour mieux classer nos eaux souterraines analysées, nous avons présenté l'ensemble des résultats des analyses chimiques des eaux toutes confondues sur le diagramme de PIPER. Figure (40)

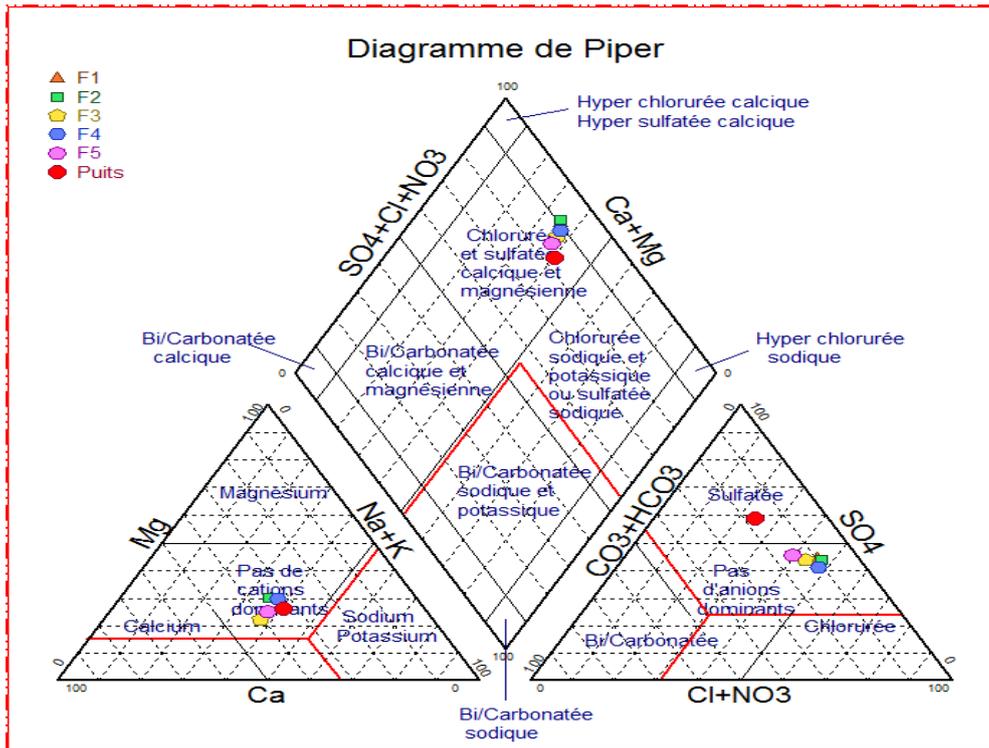


Figure N° 40 – Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER

Selon le diagramme, pour les eaux des forages de la nappe albienne analysées le faciès chimique ne présente pas des cations dominants. Par contre pour les anions on a un faciès sont moyennement Chloruré sulfatés calcique et magnésien.

Pour les eaux du puits de la nappe phréatique le faciès chimique toujours ne présente pas des cations dominants. Mais il présente un faciès Chloruré sulfaté calcique et magnésien.

4.4. Conclusion

La majorité des résultats d’analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines de la zone d’étude de Bouhraoua sont des eaux de bonne qualité pour la consommation diverse après amélioration par traitement de la dureté.

Le traitement de ces eaux avant la distribution et un devoir sacré ; afin de conserver la santé de la population de la zone contre les effets indésirables de ces eaux.

Tous les résultats d’analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du puits de la zone de L’Aâdira sont acceptables selon les normes d’OMS et Algériennes.



Conclusion Générale



Conclusion

Ce travail nous a permis d'effectuer une étude comparative entre la qualité physico-chimique et bactériologique des forages d'AEP de la zone de Bouhraoua et le puits de L'Aâdira par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes.

Pour les eaux des forages de la nappe albienne de Bouhraoua sur le plan physico-chimique on constate une conformité par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes (pH, CE, Turbidité, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NO_3^{-2} , NO_2^- , NH^{+4} et Fe^{2+} , PO_4^{-2} , TAC) révélatrice de sa potabilité. Cependant, les teneurs en résidu sec, en Chlorures et en sulfates SO_4^{2-} ainsi que dureté dépassent les valeurs indiquées dans les normes.

En effet, Les chlorures et les sulfates sont les anions les plus dominants alors que le calcium et le sodium sont les cations les plus dominants. Au Point de vu minéralisation et faciès chimique, les eaux des forages de la nappe albienne de Bouhraoua ne sont pas minérales, elles sont dure et chlorurées.

L'évaluation bactériologique montre également l'absence des coliformes, Escherichia coli et streptocoque totaux ce qui indique que l'eau de la nappe albienne de Bouhraoua est bactériologiquement potables.

Au niveau de la nappe phréatique les eaux du puits de l'Aâdira du point de vue potabilité et conformité aux normes internationales (OMS) et Algériennes, toutes les valeurs ne dépassent pas le seuil maximal, ce qui indique que cette eau est potable vis-à-vis des éléments étudiés.

Les eaux des forages de Bouhraoua sont dures ; ceci peut provoquer des dommages sur les équipements mais également porter atteinte à la santé humaine (aggraver les cas de lithiase urinaire et diverses maladies). Par contre les eaux du puits de L'Aâdira sont douces avec un gout acceptable qui favorise sa consommation par la population au lieu des eaux des forages.

Aussi, nous proposerons des recommandations en vue de solutionner les problèmes qui ont été observés, suite à la sortie sur le terrain et les résultats qui ont été obtenus :

- Optimiser l'utilisation des eaux souterraines,
- Réaliser un adoucissement des eaux de forage en vue de réduire et de maîtriser la dureté excessive de ces eaux.
- Effectuer un contrôle continu indispensable de l'eau (distribuée à la population) du puits de L'Aâdira. Ceci constituera la principale étape de prévention contre la pollution de cette source.
- Pour assurer ce contrôle, il faudrait instituer un périmètre de protection de puits : le puits doit être clôturé et interdit à toute activité autre que celle du pompage de l'eau pour éviter toute pollution directe par la surface du sol et au niveau de la tête de puits.
- Exiger aux transporteurs des eaux douces de la zone de L'Aâdira d'avoir une autorisation de conformité et d'hygiène délivrée par les administrations concernés (APC, santé, ADE...etc).
- Enfin, nous recommandons des campagnes de sensibilisations afin de protéger ces ressources primordiales.



Références
Bibliographiques



Références bibliographiques

- ❖ [1] (A.N.R.H., 2005). Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa rapport, ANRH.
- ❖ [2] (A.N.R.H., 2007). Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ouargla, Rapport de l'Agence nationale. ressource. Hydrique.
- ❖ [3] (A.N.R.H., 2010). Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa rapport, ANRH.
- ❖ [4] (A.N.R.H., 2011). Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nationale. ressource. Hydrique.
- ❖ [5] AHONON A.,(2011) :Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo. Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master international. Université de LOME.
- ❖ [6] AROUA .A., 1977. L'homme et son milieu .ED ; 531/ 77.
- ❖ [7] BELKHOUDJA F., et LAHCENE M.,(2006) : Traitement des rejets liquides industriels au niveau de la SONATRACH DP HASSI R'EML, technicien supérieur en gestion des déchets, institut National de la formation professionnelle Mansoura TLEMCEN, P71.
- ❖ [8] BEMMOUSSAT A., (2012) : Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna. Université ABOU BEKR BELKAID.Mémoire de magistère en mobilisation et protection des ressources en eau.
- ❖ [9] BONTOUX J. Introduction à l'étude des eaux douce : eaux naturelles, eau usées eaux de boisson, tribune de l'eau, n°571, sep/oct. (1994).
- ❖ [10] BOUZIANI. M., 2000. L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON, ORON.
- ❖ [11] BREMOND R., PERRODON C., 1976. Paramètre de la qualité des eaux 2eme Edition pp71.

- ❖ [12] **CHEBIHI L.,(2011)** :Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zone arides. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER. Université KASDI MERBAH d'Ouargla.
- ❖ [13] **DAJOZ R., (2008)** : Précis d'écologie, Ed 8^{ème} DUIVOD, Paris, P631. DEGREMOT., 1989.Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques.
- ❖ [14] **DEGREMOT., 1989.**Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques
- ❖ [15] Document sur les matériels et méthodes des analyses des eaux Algérienne des eaux (ADE).2015.
- ❖ [16] **D.P.S.B.,(2015)** : Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa 2013. Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires, Wilaya de Ghardaïa. 180P.
- ❖ [17] **FRANCK R., (2002)** :Analyse des eaux , aspects réglementaires et techniques.Centre régional de documentation pédagogique d'aAquitaine. 75, cours Alsace-Bordeaux cedex.p360.
- ❖ [18] **GIRARD R,** Etude physico-chimique des eaux salines, 214 P. (1970).
- ❖ [19] **GUILLEMIN C. et ROUX J.C.** Mystères et réalités des eaux souterraines, la vie des sciences, vol. 11,P. 87 -114, (1994).
- ❖ [20] **Hadjer B., 2013,** évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines superficielles et profondes de la ville de Metlili Mémoire licences Ghardaïa.
- ❖ [21] **IGOR B., (2004)** : Outil d'aïd au diagnostic des eaux potables de la ville de Chisinau. Pour obtenir le grade de docteur, Ecole Nationale Supérieur des MINES de SAINTE-ETIENNE et de l'université de JEANMONNET.
- ❖ [22] **KHADRAOUI A., et Taleb S., (2008)** : Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité- pollution et impact sur le milieu).367 page.
- ❖ [23] **LADJEL F., TOUDEF T., 2002.** Control de paramètre physico – chimique et bactériologie d'une eau de consommation .rapport d'Epteo.pp5.6.12.
- ❖ [24] **MELLAK D., 2009.** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P, 89p.

- ❖ [25] **Miourigh. M, 2011** : Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de l'Oued N'Tissa. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.A. 26p -28p.
- ❖ [26] **M. Goudjile, S. Bencheikh**, La pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud – Est Algérien, diplôme de Master, Université de Kasdi Merbah Ouargla 2011,p06 p25.
- ❖ [27] **O.N.M., (2015)** : Données météorologiques de la wilaya de Ghardaïa (2000 -2014), Office Nationale de Météorologie Station. Noumérat de Ghardaïa, 3P.
- ❖ [28] **OUALI S., KHELLAF A., et BADDARI K., (2007)** : Etude de faisabilité d'utilisation des eaux thermales de Zelfana Dans la production d'hydrogène. Centre de Développement des Energies Renouvelables, BP62, Route de l'Observatoire, Bouzareah 16340 Alger.
- ❖ [29] **PLOTNICOV N.A.** Ressources en eaux souterraines, classification et méthodes d'évaluation, Gauthier – Villars et Cie, (1962)
- ❖ [30] **Rapport de Fin Sondage**, Forage BOUHRAOUA 02-Chaabat toubi.
- ❖ [31] **RODIER J., (1984)** : « Analyse de l'eau », ED. Dunond, Paris.
- ❖ [32] **RODIER J., (1996)** :L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. eaux de mer.8eme .Ed .Du Rod. Paris pp 748 45.
- ❖ [33] **RODIER J., (2005)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod,8^{ème} édition.
- ❖ [34] **RODIER J., (2009)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod,9^{ème} édition.
- ❖ [35] **ROQUES H.** Fondements théoriques du traitement chimique des eaux, vol 1, Technique et documentation Lavoisier, (1990).
- ❖ [36] **Siham B., 2015**, Etude comparative de la composition des eaux de forages de deux nappes destinées à l'alimentation en eau potable de Oued nechou-Ghardaia.
- ❖ [37] **THIERRIN ET AL, THIERRIN J., STEFFEN P., CORNAZ S., VUATAZ F D., BALDERER W. et LOOSER., 2001.** Guide pratique de l'échantillonnage des eaux souterraines. Éd. Bureaux CSD et SJ GEOTEC, Porrentruy.

- ❖ [38] **TOBIN R.S.** – Essai et évaluation, au Canada, des dispositifs de traitement d'eau potable au point d'utilisation, science et technique de l'eau vol.22,n°1, p.47-53, février (1989).
- ❖ **Site web**
<https:// Google earth.com/>



Annexes



Tableau 9 - Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable

Caractéristiques physico-chimiques	N.Algerienne	Unité	OMS
température	25	°C	≤25
pH	6,5-8,5	-	6,5-8,5
conductivité	2800	μS/cm	2500
Turbidité	1__2	NTU	5
Calcium	75 __200	(mg/l)	200
Magnésium	150	(mg/l)	150
Chlorures	200 __500	(mg/l)	250
Potassium	20	(mg/l)	_
Sodium	200	(mg/l)	200
TH	500	(mg/l)	500
TAC	250	(mg/l)	250
Résidus sec	2000	mg/l après séchage	1500
Sulfates	200_400	(mg/l)	400
Fer total	0,3	mg/L	0,3
Nitrite	0,1	(mg/l)	3
Nitrates	50	(mg/l)	44
Phosphate	0,5	(mg/l)	0,5
Ammonium	0,05_0,5	(mg/l)	0,5
Caractéristiques bactériologiques			
coliforme	0	/100ml	0
Streptocoques fécaux	0	/100ml	0
E,coli	0	/100ml	0

1. Résultats des analyses physico-chimiques

1.1. PH

Tableau 10 - résultats et classifications de PH selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
PH	7,33	7,48	7,50	7,61	7.46	7,38
OMS et Alg	8,5					

1.2. Conductivité

Tableau 11 - résultats et classifications de CE selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
CE	2250	2050	2262	1932	2050	1018
OMS	2500					
N Algériennes	2800					

1.3. Turbidité

Tableau 12 - résultats et classifications de Turbidité selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Turbidité	0,66	0,64	0,98	0.77	1.20	0.31
OMS	5,0					
N Algériennes	2,5					

1.4. Ammonium

Tableau 13 - résultats et classifications d'ammonium selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Ammonium	0	0	0,001	0,006	0.003	0
OMS et Alg	0.5					

1.5. Nitrite

**Tableau 14 - résultats et classifications de Nitrite selon les normes
OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Nitrite	0,01	0	0,02	0	0,04	0,017
OMS	3,0					
N Algériennes	0,1					

1.6. Nitrate

**Tableau 15 - résultats et classifications de Nitrate selon les normes
OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Nitrate	4,16	18,98	12,73	19,03	18,24	4,14
OMS	44					
N Algériennes	50					

1.7. Phosphate

**Tableau 16 - résultats et classifications de Phosphate selon les
normes OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Phosphate	0	0	0,052	0	0,083	0
OMS et Alg	5,0					

1.8. Fer

**Tableau 17 - résultats et classifications de Fer selon les normes
OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Fer	0,099	0,0984	0,1	0,096	0,038	0,083
OMS et Alg	0,3					

1.9. Calcium

Tableau 18 - résultats et classifications de Calcium selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Calcium	163,52	163,52	189,57	158,71	168,336	120,24
OMS et Alg	200					

1.10. Magnésium

Tableau 19 - résultats et classifications de Magnésium selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Magnésium	85,53	85,37	62,18	86,50	68,04	56,37
OMS et Alg	150					

1.11. TAC

Tableau N°20 - résultats et classifications de TAC selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
TAC	151,28	153,72	248,32	158,6	245,2	144,24
OMS et Alg	250					

1.12. TH

Tableau 21 - résultats et classifications de TH selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
TH	760	776	764	752	700	301
OMS et Alg	500					

1.8. Chlorure

Tableau 22 - résultats et classifications de Chlorure selon les normes OMS et Algériennes

Echantillon	F1	F2	F3	F4	F5	P1
Chlorure	404.16	438.19	477.9	380.05	357,36	112.3
OMS	250					
N Algériennes	500					

1.7. Sulfate

Tableau 23 - résultats et classifications de Sulfate selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Sulfate	524,49	564,25	658,57	452,42	572,05	383,32
OMS et Alg	400					

1.14. Sodium

Tableau 24 - résultats et classifications de Sodium selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Sodium	184,18	181,81	190,8	195,47	184,2	160,1
OMS et Alg	200					

1.15. Potassium

Tableau 25 - résultats et classifications de Potassium selon les normes OMS et Algériennes

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Potassium	14,22	13,75	13,8	14,75	14,24	12,4
OMS et Alg	20					

1.17. Résidu Sec

**Tableau 26 - résultats et classifications de RS selon les normes OMS
et Algériennes**

Echantillon	F1	F2	F3	F4	F5	P1
Résidu Sec	1760	1600	1784	1734	1592	901
OMS	1500					
N Algériennes	2000					

2. Résultats des analyses bactériologique

2.1. Coliforme

**Tableau 27 - résultats et classifications de Coliforme selon les
normes OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Coliforme	0	0	0	0	0	0
OMS et Alg	0					

2.2. Escherichia coli

**Tableau 28 - résultats et classifications de E.coli selon les normes
OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0
OMS et Alg	0					

2.3. Streptocoque fécaux

**Tableau 29 - résultats et classifications de streptocoque fécaux selon
les normes OMS et Algériennes**

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	P
Streptocoque fécaux	0	0	0	0	0	0
OMS et Alg	0					

Les données des Cinq forages de la zone Bouhraoua

les forages	nappe	les coordonnées lanbert (m)			profondeur aquifère (m)		caractéristiques des forages				
		X	Y	Z	toit (m)	mur (m)	Ø (")	Profondeur (m)	débit mob (L/s)	débit exploitation L/s	dispositif comptage Oui/Non
F1	Albien	03 40 48	32 29 52	523	300	450	13 ^{3/8}	450	30	15	Oui
F2	Albien	03 41 01	32 30 24	564	307	510	13 ^{3/8}	510	30	20	Oui
F3	Albien	03 40 21	32 29 58	557	335	447	13 ^{3/8}	447	30	25	Oui
F4	Albien	03 40 17	32 32 05	560	340	535	13 ^{3/8}	535	30	30	Oui
F5	Albien	03 39 59	32 31 10	576	300	540	13 ^{3/8}	540	30	17	Oui

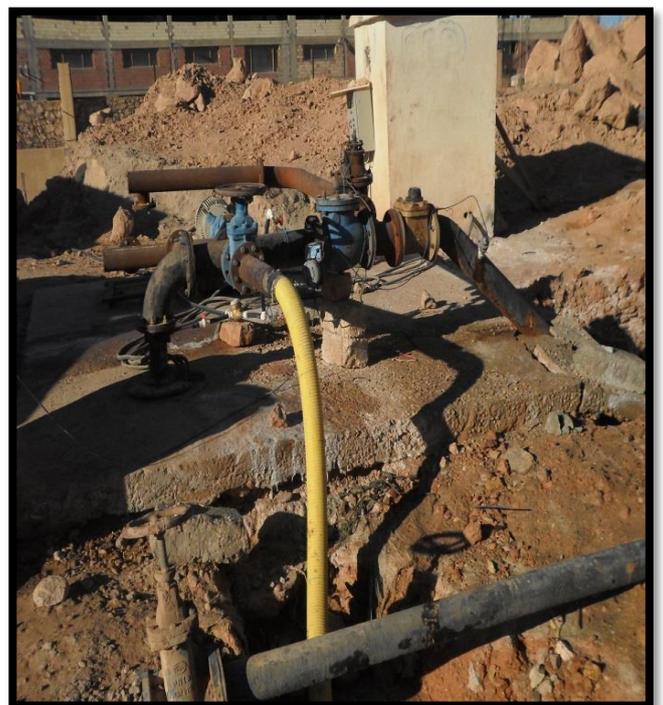
Les données du Puits de la zone de L'Aâdira

Le puits	nappe	les coordonnées lanbert (m)		
		X	Y	Z
P	Phréatique	03 38 29	32 33 54	577

Le Puits échantillonné (nappe Phréatique)



Quelques Forages échantillonnés (nappe albienne)



ملخص

تعتبر مياه الطبقة العميقة و السطحية من اهم المصادر المائية لولاية غرداية والمستغلة من طرف السكان في الاستهلاك اليومي والزراعي.

الهدف من هذا العمل هو وصف و مقارنة الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمياه الطبقتين العميقة بمنطقة بوهراوة و السطحية بمنطقة العذيرة في ولاية غرداية ،تحقيقا لهذه الغاية اجرينا التحاليل و القياسات الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لهذه المياه الجوفية. مما يسمح بمعرفة خصوصيات هذه المياه لاستعمالها للشرب.

تقييم الجودة الهيدروكيميائية تبين ان مياه كلا الطبقتين ذات نوعية جيدة وموافقة لمعايير المنظمة العالمية للصحة والمعايير الجزائرية مع وجود عسرة مياه في الطبقة العميقة بمنطقة بوهراوة, مما يفسر لجوء سكان المنطقة لاستعمال مياه العذيرة في الشرب.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية, التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية ، المنظمة المعايير الجزائرية ,المنظمة العالمية للصحة

Résumé :

Les eaux de la nappe phréatique et de la nappe albienne, sont considérées comme les principales sources d'eau pour la wilaya de Ghardaia et qui est exploitée par la population soit dans la consommation quotidienne ou dans l'usage agricole.

L'objet de ce travail est de comparer et définir les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux de la nappe albienne de la zone de Bouhraoua et les eaux de la nappe phréatique de la zone de l'Aâdira wilaya de Ghardaia. Ceci nous a permis de caractériser la qualité de ces eaux souterraines en vue de leur utilisation dans l'alimentation en eau potable.

L'évaluation de la qualité hydrochimique point de vue potabilité révèle que la majorité des eaux de la nappe albien et phréatique sont de qualité conforme aux normes OMS et Algériennes. Nous notons l'existence d'une dureté significative des eaux de la nappe albien de la région de Bouhraoua ce qui explique et pousse les résidant de cette région à utiliser les eaux de la région de l'Aâdira

Mots clés : Les eaux souterraines, les analyses physico-chimiques et bactériologiques, Norme OMS et Algériennes.

Abstract:

Water from the shallow layer (surface) and deeper layers, are considered as the main sources of water for the wilaya of Ghardaia and used by the people either in everyday consumption or agricultural utilization.

The aim of this work is to describe and compare the physicochemical and biological characteristics of water in deep layers of the Bouhraoua area and of water in "surface" layers in the area of Aâdira, both in the wilaya of Ghardaia. For this, we have made physical-chemical analyzes and bacteriological measurements of the groundwater for the features and drinking water standards.

Our results show that the water from both the Bouhraoua and Aâdira area has good qualities and meets the standards of the World Health Organization and also the Algerian standards. We note the existence of hardness in the water of the region of Bouhraoua which explains the fact that people in Bouhraoua prefer to use the Aâdira water.

Keywords: Groundwater, physico-chemical and bacteriological analyses, OMS and Algerian standards.