



Université de Ghardaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : M^{elle} DJEBRIT Khaoula

M^{elle} OULED SAAD Soumia

Thème

**Contribution à l'étude de la détermination de la
qualité physico-chimique des forages de la région de
Berriane (wilaya de Ghardaïa).**

Soutenu publiquement le : 21/05/2017

Devant le jury :

M. BOUNAB Choayb	MAA	Univ. Ghardaïa	Président
M. GUERGUEB El-Yamine	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M ^{elle} . DAREM Sabrine	Doctorante	Univ. Ghardaïa	Co-Encadreur
M. AGGOUN M ^{ed} Salah	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
M ^{me} . HADDAD Soumia	MAB	Univ. Ghardaïa	Examinatrice

Année universitaire 2016/2017

Remerciement

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu, le tout-puissant de nous avoir donné la chance, la patience, le courage pour achever ce travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus profonds à monsieur **GUERGUEB El-Yamine**, Maitre de conférence à la faculté des Science de la nature et de la vie et des Science de la terre au niveau l'université de Ghardaïa pour avoir suivi et dirigé ce travail, pour sa gentilles, sa modestie, sa riche expérience, et sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils ainsi qu'elle m'a prodigué tout en long de la réalisation de ce mémoire.

Nous désirons nos sincère remerciement à monsieur **BOUNAB Choayb** pour d'avoir accepté de présider ce jury qui 'il trouve ici l'expression de nous profond respect.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury M. **AGGOUN Med Salah** (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa) et Dr. **HADDAD Soumia** (Maitre-assistant B à l'Université de Ghardaïa) qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Finalement, nous tenons aussi à exprimer notre profond gratitude à nos familles en particulier nos parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer ainsi tous les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel.

Soumia

Khaoula

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A l'esprit de mon père et de ma mère qui ont suivi avec attention et un grand intérêt mon parcours et ont mis à ma disposition tous les moyens requis pour mon éducation et mon instruction.

*A mes chers frères « Mouhamed lamin, Aissa et Nail » et ma chère sœur « Fatima Zouhra »
Sans oublier « Ma grand-mère Aida.*

Khadija, Sarah ».

*A mes chers oncles, tantes, cousins, cousines.
Les enfants de famille « Anis, Anes ben Malek,
Inas ».*

Et à tout la famille DJEBRITet GHEFAFLIA

A ma binôme Soumaia et sa famille

*A mes meilleurs amis : Meriem, Sabah, Hayet,
Hadjer, Afaf, Salema, Sara, Imane.*

à toute la promotion Master écologie.

2016/2017

*A tous ceux qui ont de près ou de loin participé
A la réalisation de ce travail.*

KHAOULA

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A mes très chers parents **Ibrahim et Nachida** en reconnaissance de leurs divers Sacrifices, de leurs précieux

Conseils, de leur soutien moral et de leurs encouragements.

A mes chers frères **Ismail et Abed Rahman**

A ma très chère sœur **Amina**

A toute la famille paternelle et maternelle **Ouled Saad et Bouzid**

A tous(tes) mes amis(es) **Khaoula, Oussama, Adlane, Bouchra, Hanane**

A ceux qui ont attribué de près ou de loin

l'élaboration De ce modeste travail

Soumia

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviations	
Introduction	01

Chapitre. I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	02
I.2. Ressource en eau de surface	02
I.2.1. Bassin versant du M'Zab	03
I.2.2. Description de l'oued M'Zab	05
I.3. Milieu physique	08
I.3.1. Aspect hydrogéologie	08
I.3.2. Nappes phréatiques	09
I.3.3. Nappe du Continental Intercalaire (CI)	10
I.3.3.1. Exploitation de la nappe albienne (CI)	11
I.3.4. Géomorphologie	13
I.3.5. Réseau hydrographique	14
I.3.6. Cadre bioclimatique	15
I.3.6.1. La température	17
I.3.6.2. Les précipitations	18
I.3.6.3. Le vent	19
I.3.6.4. L'humidité	20
I.3.6.5. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson	21
I.3.6.6. Le quotient pluviothermique d'Emberger	22
I.3.7. L'aspect pédologique	23
I.3.8. Aspect géologique	24
I.3.8.1. Description litho stratigraphique	24
I.4. Milieu biologique	
I.4.1. La diversité floristique	24
I.5. Présentation de la commune de Berriane	25
I.5.1. Situation géographique	25
I.5.2. Ressources en eau	26
I.5.3. Les forages	27
I.5.4. Les réservoirs	28

I.5.5. Système hydraulique ancestral de Berriane	28
I.5.6.1. Système de répartition	29
I.5.6.1.1. Oued Soudan	30
I.5.6.1.2. Oued Zergui	30
I.5.6.1.3. Oued Balouh	30
I.5.6.1.3. Oued Lemada	30
Chapitre. II : Matériel et Méthodes	
II.1. Choix de la région d'étude	31
II.2. Echantillonnage	31
II.2.1. Zone d'échantillonnage	32
II.2.2. Prélèvement de l'eau	33
II.3. Etude physico-chimique	34
II.3.1. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau	35
II.3.1.1. Les matières minérales	36
II.3.1.2. Les matières organiques	37
II.3.1.3. Les matières dissoutes	38
II.3.1.4. Les matières colloïdales	38
II.3.1.5. Les matières en suspension	39
II.3.2. Méthodes d'analyses	39
II.3.2.1. Les Paramètres physiques	40
II.3.2.1.1. La température (T°C)	40
II.3.2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	41
II.3.2.1.3. La conductivité électrique (CE)	41
II.3.2.1.4. La salinité	42
II.3.2.1.5. La turbidité	42
II.3.2.2. Les Paramètres chimiques	43
II.3.2.2.1. Oxygène dissous (O₂)	43
II.3.2.2.2. Dureté de l'eau	44
II.3.2.2.3. Alcalinité	45
II.3.2.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)	46
II.3.2.3. Les éléments de la pollution	46
II.3.2.3.1. Calcium (Ca⁺²)	46
II.3.2.3.2. Magnésium (Mg⁺²)	47

II.3.2.3.3. Chlorures (Cl ⁻)	47
II.3.2.3.4. Sulfates (SO ₄ ²⁻)	48
II.3.2.3.5. Résidus Secs	48
II.3.2.4. Les métaux lourds	49
II.3.2.4.1. Le Fer (Fe ⁺²)	49
II.3.2.5. Cycle de l'azote	50
II.3.2.5.1. Les nitrates (NO ₃ ⁻)	50
II.3.2.5.2. Les nitrites (NO ₂ ⁻)	51
II.3.2.5.3. L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	51
II.3.2.6. Eléments mineurs naturels	52
II.3.2.6.1. Les phosphates (PO ₄ ⁻)	52
Chapitre. III : Résultats et discussion	
III.1. Paramètres physiques	53
III.1.1. La température (T)	54
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	54
III.1.3. La conductivité électrique (CE)	55
III.1.4. La salinité	56
III.1.5. La turbidité (NTU)	56
III.2. Paramètres chimiques	57
III.2.1. L'oxygène dissous (O ₂)	57
III.2.2. Dureté total (TH)	58
III.2.3. L'alcalinité (TA et TAC)	59
III.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)	60
III.2.5. Résidu sec	61
III.3. Les éléments de pollution	61
III.3.1. Calcium Ca ⁺²	62
III.3.2. Magnésium Mg ⁺²	62
III.3.3. Chlorures Cl ⁻	63
III.3.4. Sulfate SO ₄ ⁻²	63
III.4. Les métaux lourds	64
III.4.1. Le Fer Fe ²⁺	64
III.5. Cycle de l'azote	65

III.5.1. Nitrate NO₃⁻	65
III.5.2. Nitrite NO₂⁻ :	66
III.5.3. L'ammonium	67
III.6. Eléments mineurs naturels	67
III.6.1. L'ortho phosphate PO₄⁻	68
Conclusion	70
Références bibliographiques	72
Annexes	
Résumé	

Liste des Tableaux

N° Tableau	Titre	Page
Tab.01	Superficies des communes de la wilaya Ghardaïa.	03
Tab.02	Nombre de jours de crue des oueds dans la région de Ghardaïa.	12
Tab.03	Données climatiques de Ghardaïa durant la période.	13
Tab.04	Présentation générale des trois forages.	28
Tab.05	Quelques caractéristiques des forages.	29
Tab.06	Les différentes Méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau	32
Tab.07	Classifications des eaux d'après leur pH.	33
Tab.08	Classifications des eaux d'après leur conductivité.	34
Tab.09	Classes de turbidité usuelles (NTU).	35

Liste des Figures

N° Figure	Titre	Page
Fig.01	Localisation géographique de la wilaya de Ghardaïa	02
Fig.02	Carte administrative de la Wilaya de Ghardaïa	04
Fig.03	Situation géographique de la région d'étude.	05
Fig.04	Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf	06
Fig.05	Carte des ressources en eau souterraines	08
Fig.06	Répartition spatial des forages captant le CI dans la wilaya de Ghardaïa	09
Fig.07	Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa	11
Fig.08	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson caractéristique de la région du Ghardaïa	14
Fig.09	Climagramme d'Emberger montrant l'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa.	15
Fig.10	Esquisse hydrogéologique du M'Zab	17
Fig.11	Carte géologique du M' Zab	20
Fig.12	La vallée de Berriane (Google Earth).	25
Fig.13	Localisation des points de prélèvements.	29
Fig.14	pH-mètre.	33
Fig.15	Multi-paramètres de paillasse.	34
Fig.16	Turbidimètre de paillasse.	36
Fig.17	Oxymètre.	37
Fig.18	Dosage de TH.	38
Fig.19	Dosage de l'alcalinité.	40
Fig.20	Dosage de calcium.	42
Fig.21	Dosage de chlorures.	44
Fig.22	Matériel utilisé pour l'analyse de sulfates.	46
Fig.23	Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs.	47
Fig.24	Dosage de Fer.	48
Fig.25	Dosage de nitrates.	49
Fig.26	Dosage de Nitrites.	50
Fig.27	Dosage d'Ammonium.	51

Fig.28	Dosage de phosphates.	52
Fig.29	Evolution de température d'eau des trois forages.	54
Fig.30	Evolution du pH de l'eau des trois forages.	55
Fig.31	Evolution de la conductivité électrique (CE) de l'eau des trois forages.	56
Fig.32	Evolution de la turbidité (NTU) de l'eau des trois forages.	57
Fig.33	Evolution de la turbidité (NTU) de l'eau des trois forages.	58
Fig.34	Evolution de L'oxygène dissous de l'eau des trois forages	59
Fig.35	Evolution la dureté total (TH) de l'eau des trois forages.	59
Fig.36	Evolution de l'Alcalinité de l'eau des trois forages.	60
Fig.37	Evolution de la minéralisation globale de l'eau des trois forages.	61
Fig.38	Evolution des taux du Calcium de l'eau des trois forages.	62
Fig.39	Evolution des taux du Magnésium de l'eau des trois forages.	63
Fig.40	Evolution des taux de Chlorures dans l'eau des trois forages.	64
Fig.41	Evolution du sulfate dans l'eau des trois forages.	65
Fig.42	Evolution des taux du résidu sec dans l'eau des trois forages.	65
Fig.43	Evolution du fer dans l'eau des trois forages.	66
Fig.44	Evolution de nitrate dans l'eau des trois forages.	67
Fig.45	Evolution de nitrite dans l'eau des trois forages.	68
Fig.46	Evolution des taux d'ammonium dans l'eau des trois forages.	69
Fig.47	Evolution des taux d'ortho-phosphate dans l'eau des trois forages.	70

Liste des abréviations

ADE	Algérienne des eaux
AEI	Alimentation en eau industrielle
AEP	Approvisionnement en eau potable
AGEP	Agence Générale de l'eau potable
A.N.R.H	Agence nationale des Ressources hydriques
BG	Bonnard et Gardel
°C	Degré Celsius
CE	Conductivité électrique
CI	Continental Intercalaire
D.P.A.T	Direction de planification et d'aménagement des territoires
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique
EPIC	établissement publié à caractère industriel et commercial
ETP	Establishment de travail public
°F	Degré Français
F1	Forage de LAADJADJA
F2	Forage de TIMEDEKSSINE01
F3	Forage de CHABET GFOUL
Fig	Figure
h	Heure
I	Infiltration
IND	Indole
IRR	Eau pour l'irrigation
Km²	Kilomètre carré
MES	Matière en suspension
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONM	Office National Météorologique
O.R.G.M	Office National de Recherche Géologique et Minière
TAC	Alcalinité totale
TDS	Taux De Salinité

TH Titre hydrométrique

μS/cm Micro Siemens par centimètre

Introduction

L'eau est une source de vie pour toutes sortes d'êtres vivants, grâce à son importance pour : l'irrigation, l'alimentation en eau potable, les utilisations domestiques et même son utilisation pour les différentes activités industrielles (Bendrissou et Dedjell, 2011) Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans une région aride comme Ghardaïa où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense. Paradoxalement, il existe des réservoirs aquifères importants tels que le Continental Intercalaire, la nappe des calcaires turoniens et l'aquifère alluvial.

L'Algérie, et plus particulièrement le Sahara, est considéré comme un pays relativement aride. Durant les dernières années, le pays est confronté à nombreuse problèmes de ressources en eau mobilisables qui ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible, mais aussi en termes de qualité acceptable (Benzayet, 2010).

Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans une région aride comme Ghardaïa où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense. Paradoxalement, il existe des réservoirs aquifères importants tels que le Continental intercalaire, la nappe des calcaires turoniens et l'aquifère alluvial (Bendrissou et Dedjell, 2011).

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.

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (Roux, 1987).

Vu cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité physico-chimique de l'eau de certains forages de la commune de Berriane (sud de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité.

Nous avons structuré notre démarche en trois chapitres interdépendants

- Le premier et purement théoriques rassemble des généralités sur la région : climatologie, géologie et hydrologie
- Le second chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail
- Le troisième et le dernier chapitre, mentionnent sous forme de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est esquissé par une conclusion finale.

Chapitre. I :
Présentation
de la zone
d'étude.

Notre travail sur l'analyse de l'eau concerne les forages de Berriane, qui se localise au sein du territoire de la wilaya de Ghardaïa.

I. 1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

La wilaya Ghardaïa, se situe à 600 Km au sud d'Alger dans la partie centrale du nord du Sahara algérien aux portes du désert à $32^{\circ} 30'$ de latitude Nord et à $3^{\circ} 45'$ de longitude. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat. Il est composé des anciennes dairates de Ghardaïa, Metlili et El-Ménéa (D.P.S.B., 2014). Ses coordonnées géographiques selon le système longitude latitude WGS 84 sont :

- Altitude 480 m.
- Latitude $32^{\circ} 30'$ Nord.
- Longitude $3^{\circ} 45'$ Est.

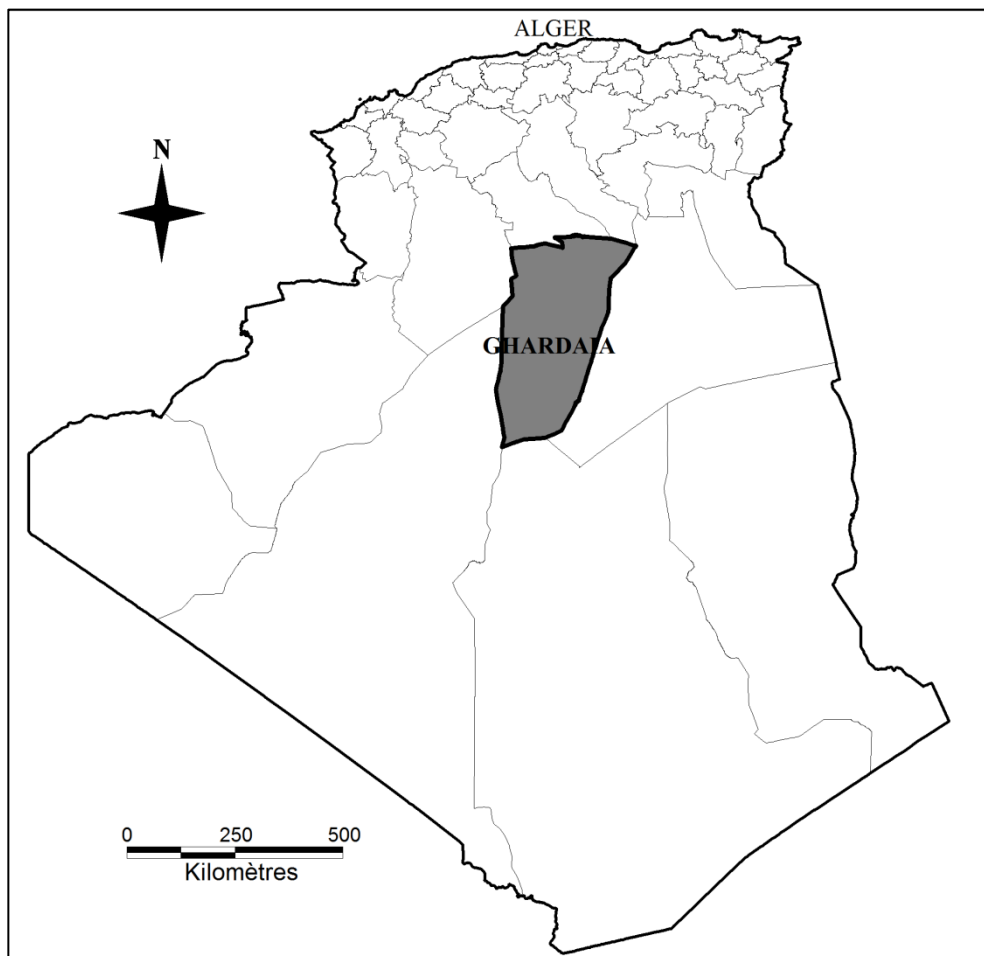


Figure. 01 : Localisation géographique de la wilaya de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa est limitée (Fig.02) :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300Km) ;
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (190 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1370Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350Km).

La wilaya couvre environ 86 560 Km² (Tab.01), avec une population estimée en 2007 à 361 570 habitants. C'est une région où la phoeniciculture est la base de l'activité agricole en raison de sa grande capacité d'adaptation aux conditions climatiques du milieu saharien (D.P.A.T., 2009 *in* Benzayet, 2010).

Tableau 01 : Superficies des communes de la wilaya Ghardaïa (D.P.A.T, 2009 *in* Benzayet, 2010).

Communes	Superficies (km²)
Ghardaïa	306,47
El-Minéa	23920,68
Daya	2234,94
Berriane	2609,80
Metlili	5010,12
Gerrara	3382,27
El-atteuf	717,01
Zelfana	1946,23
Sebseb	4366,82
Bounoura	778,92
Hasi-El-F'hal	6875,39
Hasi-El-Gara	27698,92
Mensora	4812,55
TOTALE	86560

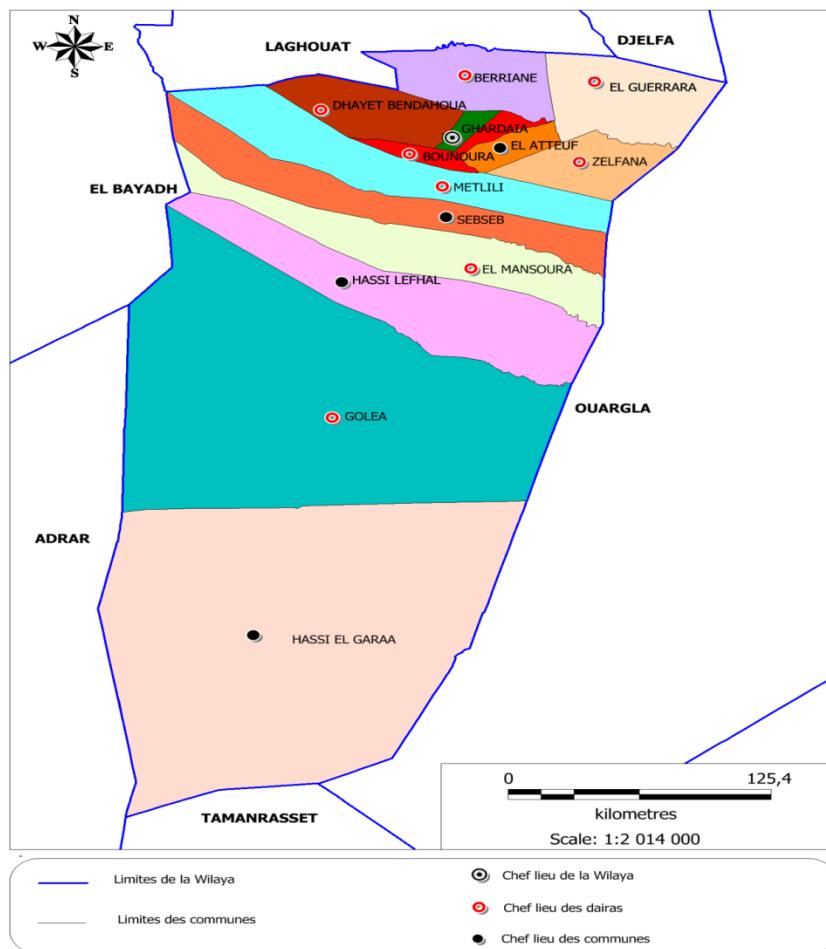


Figure. 02: Carte administrative de la Wilaya de Ghardaïa (Atlas., 2004. Modifier)

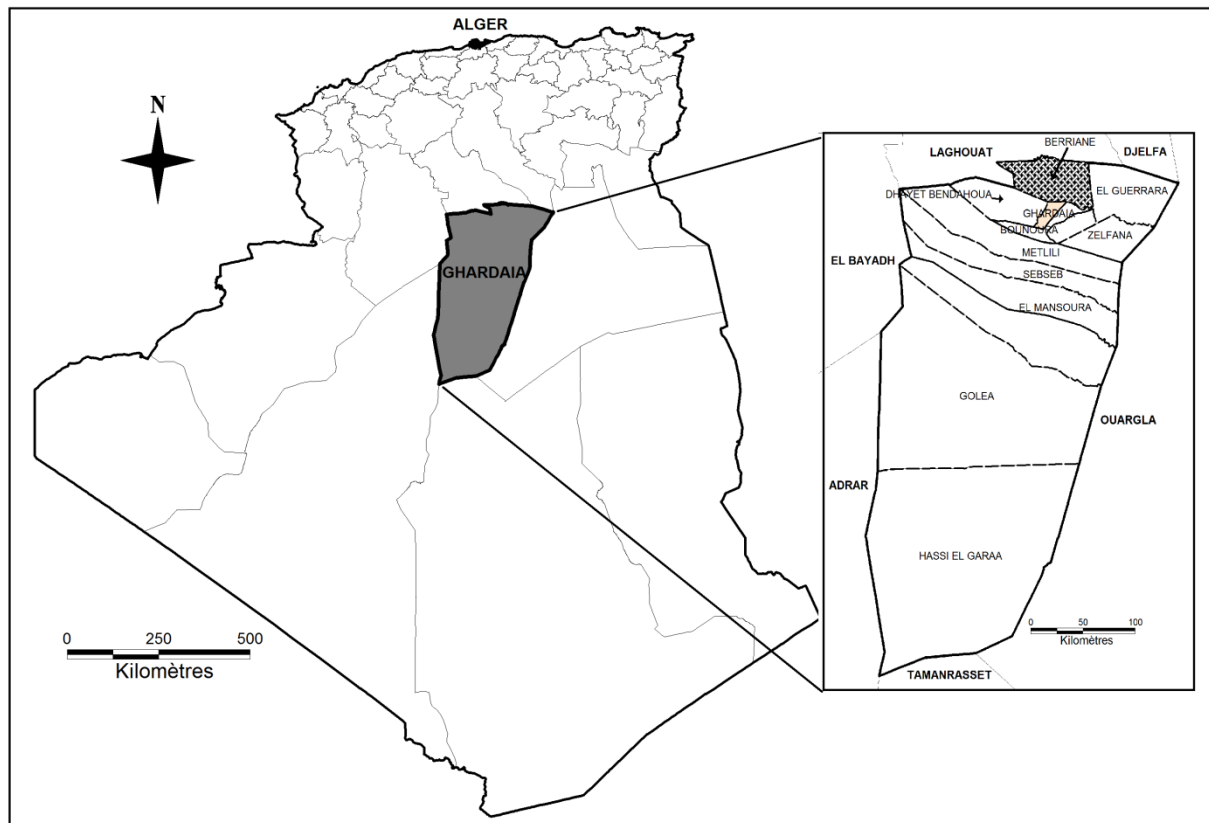


Figure. 03 : Situation géographique de la région d'étude.

I.2. Ressource en eau de surface

La première étude un peu étendue sur les crues sahariennes fût par l'hydrologue français Ville (1872) qui étudia avec détail les Oueds du sud-Constantinois et du Sud-Algérois et particulièrement ceux du M'Zab (Daddi-Bouhoun, 1997).

Les eaux de surface dans la Wilaya de Ghardaïa sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. Les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite d'averses orageuses qui connaît la région (Dubief, 1963).

I.2.1. Bassin versant du M'Zab

Le bassin versant du M'Zab jusqu'à El Atteuf, présente une superficie de 1573 Km². Il a été distingué 23 sous-bassins élémentaires (aux alentours de Ghardaïa depuis Daia Ben Dhahoua jusqu'à El Atteuf, et l'ensemble de l'Oued M'Zab à El Atteuf) pouvant être combinés en de nombreux ensembles dont les grands bassins suivants : L'Oued Labiod à Dhayet Ben Dhahoua, l'Oued Lhadhira à Dhayet Ben Dhahoua, regroupés à leur confluence en l'Oued M'Zab à Dhayet Ben Dhahoua (Mellak, 2009) (Fig.04).

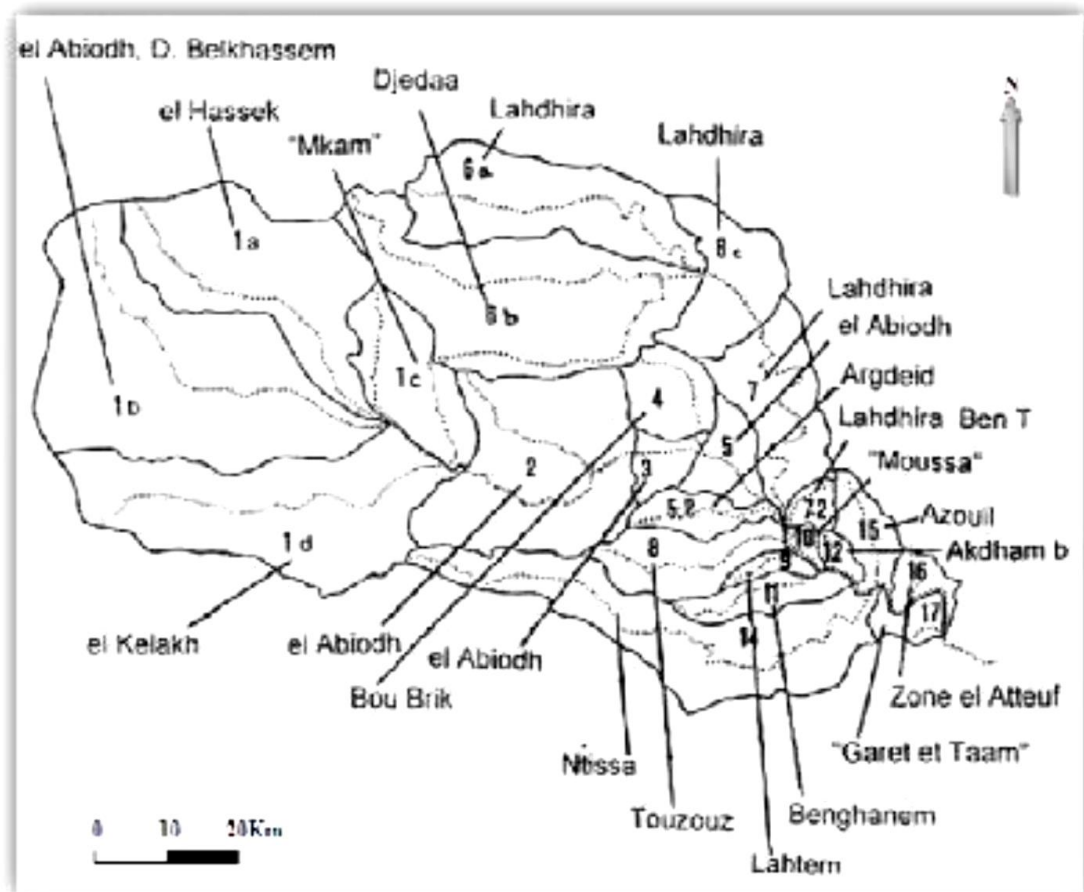


Figure. 04 : Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf (B.G. et E.N.H.P.C, 1996).

La vallée du M'Zab fait partie d'un bassin versant relativement important. Celui-ci est traversé par quatre oueds à savoir Oued Zeghrir, Oued N'sa, Oued Metlili et Oued M'Zab.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eau. L'étude des crues de l'oued M'Zab effectuée par BRL (1998), estime les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s (A.N.R.H, 2007). Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'Oued M'Zab et Metlili ou à chaque pluie exceptionnelle causent beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

I.2.2. Description de l'oued M'Zab

L'Oued M'Zab s'étend sur une longueur de 320 km et coule de l'Ouest à l'Est ; de la région d'El-BotmaRouila située à 750 mètres d'altitude où il est appelé Oued Labiodh ; et il se déverse dans son exutoire naturel qui est la sebka Safioune au Nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107 mètres.

Les principaux affluents du M'Zab sont :

- L'Oued El Haïmeur, sur la rive gauche qui conflue à la Daïa ben Dahoua ;
- L'Oued Touzouz, sur la rive droite qui rejoint le M'Zab en amont de la palmeraie de Ghardaïa ;
- L'Oued N'tissa, en aval de ce centre, on le rencontre à droite au niveau de Ben Isguen, et il traverse la palmeraie de cette ville ;
- L'Oued Zouil, à gauche et à quelques centaines de mètres en aval du précédent. Dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura ;
- L'Oued Noumirate à l'aval de la pentapole mozabite, sur la rive droite ;
- L'Oued Nessaïmou, légèrement en amont de Zelfana ;
- L'Oued Hasseï, en aval de cette nouvelle Oasis de Zlefana (Benzayet, 2010).

I.3. Milieu physique

Le milieu édaphique de la région d'étude se présente essentiellement sous formes d'ergs, qui sont des étendus massifs de dunes et de regs, qui sont des plaines caillouteuses qui courent vers l'horizon sans que le moindre relief vienne accrocher le regard (D.P.S.B., 2014)

I.3.1. Aspect hydrogéologie

I.3.2. Nappes phréatiques

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain (Bahaz, 2013). D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège des nappes phréatiques.

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 à la pluviométrie (A.N.R.H, 2007).

La qualité chimique des eaux est comme suit :

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

La présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomaniens à favoriser l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des

puits ordinaires. Le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, il décent pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide (Achour et Ouaissisekouti, 2003).

I.3.3. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

C'est une nappe contenue, d'ouest en est, entre un mur constitué par les horizons imperméables Paléozoïques à Néocomiens et un toit correspondant à la base argileuse du Cénomaniens (Bahaz, 2013).

Souvent appelée « Nappe de l'albien » couvrir les terrains dont l'âge va du Trias à l'albien (B.N.D.R, 2013). C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km². Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien». (Bahaz, 2013)

La nappe du Continental Intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, elle est :

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

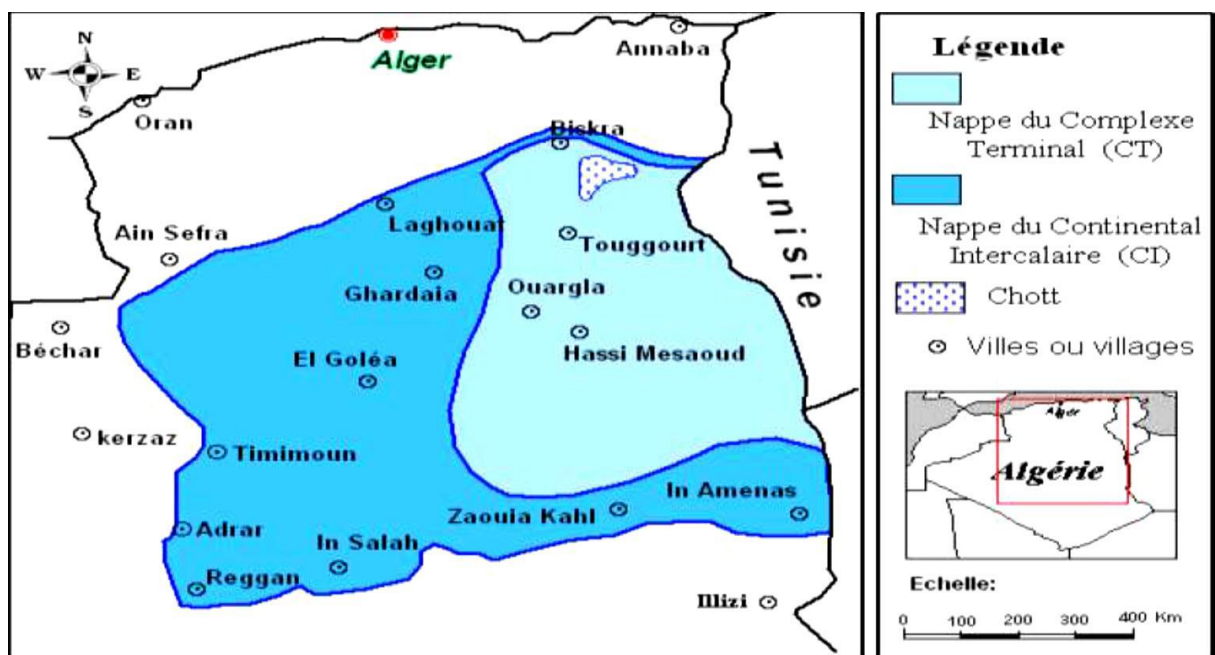


Figure. 05: Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003 in Bahaz, 2013)

I.3.3.1. Exploitation de la nappe albienne (CI)

L'inventaire des forages de 2005 effectué par l'ANRH, a révélé un état de 345 forages et puits exploités (Fig.06), dont 228 sont en service fournissant environ 213.96 Hm³/ans et 52 forages exploitables pouvant produire un volume annuel de 89.72 m³. Cite évaluation quantitative des prélèvements sur la nappe du CI constitue un élément important de la gestion des ressources et également leur protection et leur suivi.

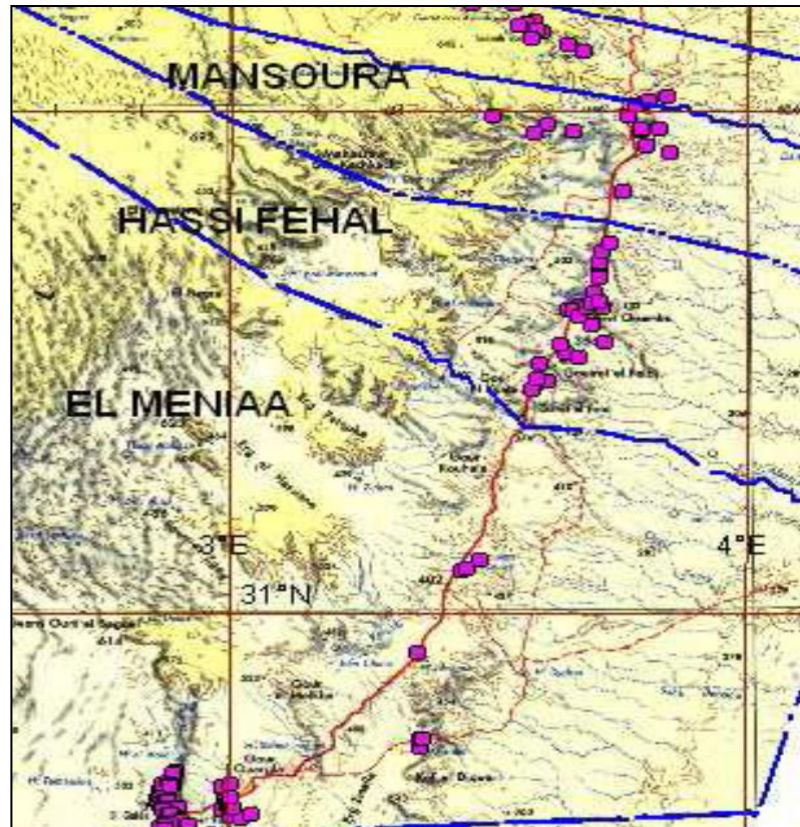


Figure. 06 : Répartition spatial des forages captant le CI dans la wilaya de Ghardaïa (A.N.R.H, 2005).

I.3.4. Géomorphologie

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques (D.P.A.T. 2005).

- La Chabka du M'Zab.
- La région des dayas.
- La région des Ergs. (Fig.07)

- La Chabka

C'est un plateau créacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Ces vallées sont plus ou moins parallèles et leur pente dirigée vers l'Est. La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable, et n'atteint pas les cent (100) mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges (Bensemaoune, 2008).

Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km², représentant 21 % de la région du M'Zab (Coyne, 1989). Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise (d'El louha), qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement.

Mis à part Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoua et Hassi –Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau. (Bensemaoune, 2008).

- Des dayas

Au Sud de l'Atlas saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l'abondance de ces entités physiologiques et biologiques qualifiées des dayas (Bensemaoune, 2007).

Dans la région de Ghardaïa, seule la commune de Guerrara, située au Nord-Est, occupe une petite partie du pays des dayas (Fig.07) (Bensemaoune, 2007).

De substratum géologique miopliocène, les dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résulté des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique (Barry et Faurel, 1971 *in* Lebatt-Mahma., 1997). La région des dayas par sa richesse floristique offre par excellence les meilleures zones de parcours (Fig.03) (Bensemaoune, 2007).

- Des Regs

Situés à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux. Les

Regs sont le résultat de la déflation, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (Fig. 07) (Bensemaoune, 2007).

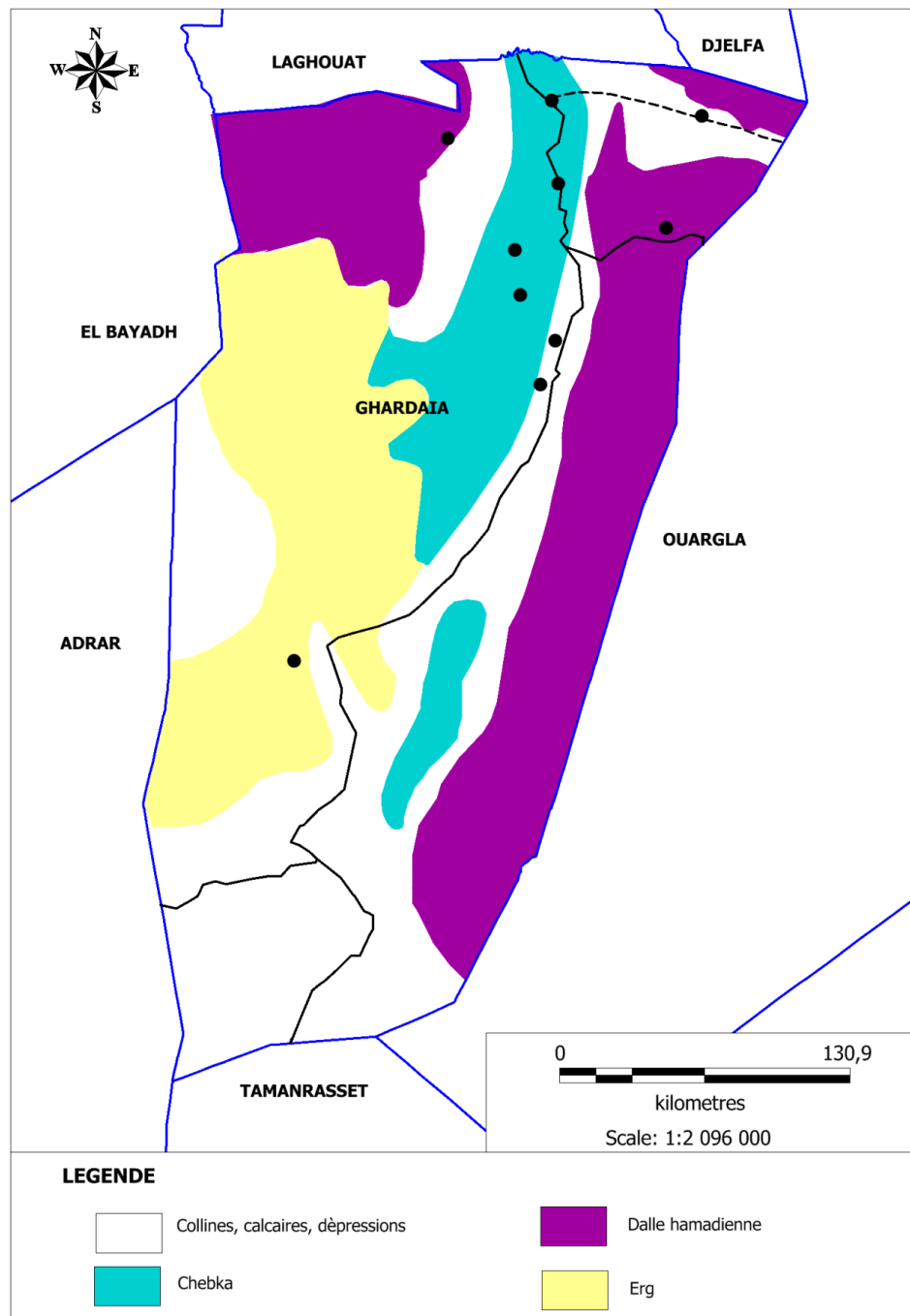


Figure 07 : Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (Atlas, 2004. Modifier).

I.3.5. Réseau hydrographique

Dans la région de Ghardaïa les Oueds sont très abondants (Tab.03), ils représentaient au passé la ressource hydrique des oasis de la région (UNESCO, 1972 *in* Ballais, 2010).

Dans le tableau (02), nous présentons les caractéristiques des Oueds les plus importants.

Tableau 02 : Nombre de jours de crue des oueds dans la région de Ghardaïa (Dubost, 1991)

Nom	Superficie du bassin Bassin versant en Km ²	Jours de crue total par période	
		1921-1937	1950-1961
Oued Zegrir	4100	18	27
Oued Balloh	/	16	15
Oued N'sa	7800	15	24
Oued Soudan	/	13	21
Oued Metlili	400	12	13
Oued M'zab	5000	9	36

I.3.6. Cadre bioclimatique

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991).

Les données climatologiques disponibles au niveau de la station de Ghardaïa permettent de donner un aperçu général des conditions climatiques de la région étudiée.

I.3.6.1. La température

Le tableau (03) montre que la température minimale du mois le plus froid (Janvier) est de 6.45°C., et que la température maximale de mois le plus chaud (Juillet) est de 41.52°C. Les températures moyennes maximale de mois (Juillet) est de 35.23°C et moyenne minimale de mois de (Janvier) est 11.44°C.

I.3.6.2. Les précipitations

Les pluviosités sont rares et irrégulières tout au long les saisons et les années. , le cumul annuel de la région de Ghardaïa durant 10 ans (2006-2015) est de 77.647 mm, il est marqué

par un maximum en Janvier avec une valeur de 12.42mm et un minimum en Février et en Juillet estimé de 2.795 mm et 2.83 mm respectivement (Tab.03).

I.3.6.3. Le vent

Le tableau (03), montre que la plus forte vitesse de vent est de 15.6 m/s au mois d'Avril, et la plus faible est de 10.8 m/s au mois de Novembre. Alors que, la moyenne annuelle est de 12.7006 m/s.

5.4. L'humidité

D'après le tableau (03), l'humidité relative de l'air est faible, la moyenne annuelle est de 35.8%, le minimum est de 20.61% en Juillet et le maximum est de 53.17% au mois de Décembre.

Tableau 03: Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2006- 2015).

Mois	T (C°)	TM (C°)	Tm (C°)	PP (mm)	V (Km/h)	H
Janvier	11,44	17,09	6,45	12,42	11,04	51,08
Février	12,96	18,5	8,67	2,795	14,166	42,08
Mars	17,02	22,98	10,96	8,662	14,244	35,93
Avril	21,88	25,09	15,16	5,613	15,6	31,39
Mai	26,4	32,68	19,44	3,251	15,4	26,9
Juin	31,37	37,83	24,1	3,126	15,222	23,43
Juillet	35,23	41,52	28,18	2,843	12,011	20,61
Août	34,27	40,51	27,63	3,76	11,333	23,43
Septembre	29,24	35,41	23,22	12,167	11,17	34,55
Octobre	23,55	29,42	17,9	11,3	10,32	40,34
Novembre	16,45	22,15	11,28	6,046	10,8	46,69
Décembre	12,05	17,49	7,26	5,663	11,1	53,17
	22.655	28.3892	16.6875	77.647*	12.7006	35.8

(ONM, 2015)

T : Température moyenne (°C)

TM : Température maximale (°C)

Tm : Température minimale (°C)

PP : Précipitations (mm)

V : Vitesse moyenne du vent (Km/h)

H : Humidité relative moyenne (%)

***** : Cumul des précipitations moyennes mensuelles (mm)

I.3.6.5. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) *in* Benbrahim (2006) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de $P=2T$.
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Fig.08).

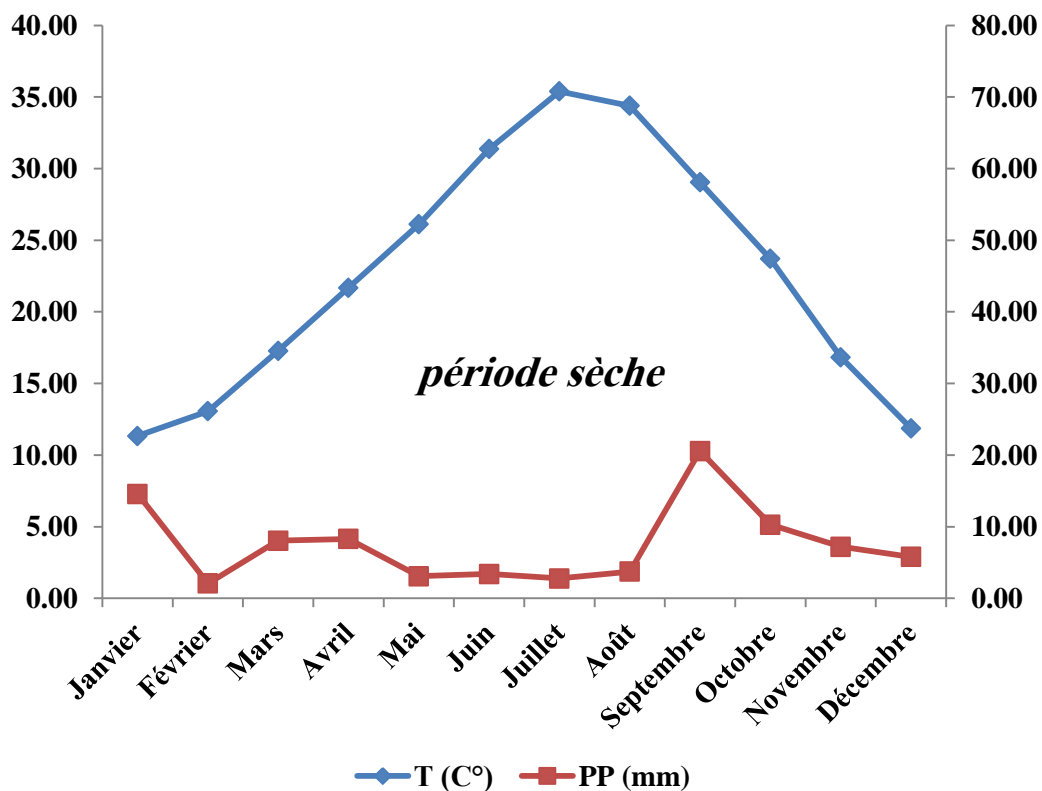


Figure 08 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson caractéristique de la région du Ghardaïa (2006-2015).

I.3.6.6. Le quotient pluviothermique d'Emberger (1955)

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) permet d'identifier l'étage bioclimatique de la région d'étude. Sachant que :

$$Q_2 = 3.43 P / M - m \text{ (Quotient de Stewart)}$$

P : Pluviosité moyenne annuelle (77.647 mm).

M : Température maximale du mois le plus chaud (41.52°C., Juillet).

m : Température minimale du mois le plus froid (6.45°C., Janvier).

A travers les résultats illustrés dans la figure (09), on peut constater que la région de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et dont le quotient pluviométrique (Q_2) égale à 7.59

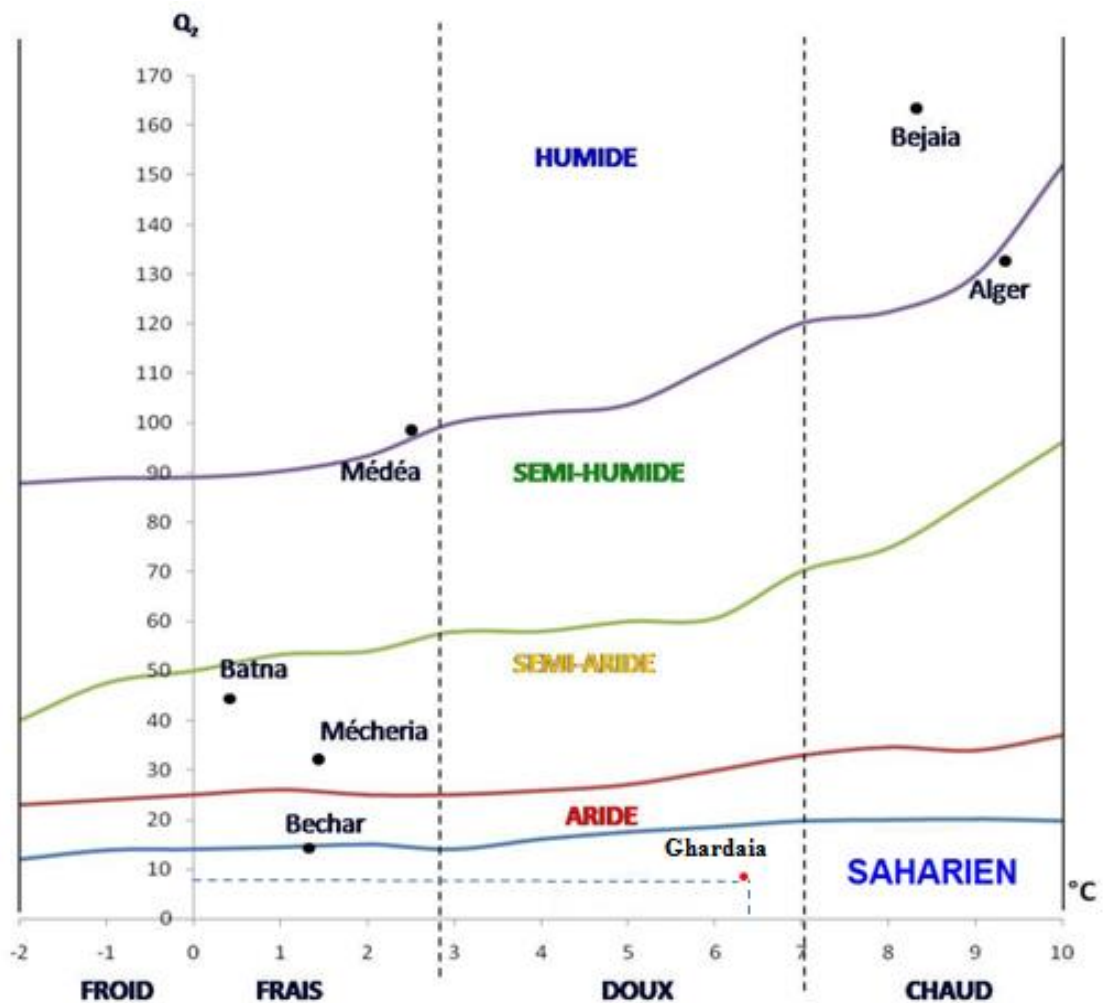


Figure 09 : Climagramme d'Emberger montrant l'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa.

I.3.7. L'aspect pédologique

La surface d'un sol argileux se dessèche très rapidement après une pluie. Cependant la dessiccation pénétrant de plus en plus profondément, la zone de départ de l'évaporation devient de plus en plus profonde et la zone d'évaporation de plus en plus basse. (Atlas, 2004).

D'après Atlas (2004), en surface, sous l'ardeur du soleil, l'évaporation peut donc appeler l'eau souterraine salée dont les sels imprégneront l'argile. Sols salins et sols argileux vont donc souvent de pair.

Selon Beleragueb (1996) *in* Mihoub (2008), les sols peuvent être classés grossièrement en trois groupes.

- Les sols désertiques (regs) : sols sablonneux et graveleux.
- Les sols limono-argileux : terrasses des vallées,...
- Les sols salés (halomorphe), sebkha,...

Généralement les sols sahariens ont une texture sablo limoneuse avec une faible teneur en phosphore, azote et oligo-éléments. Les sols sont aussi caractérisés par un pH élevé qui réduit la disponibilité des oligo-éléments et un taux de calcaire total élevé ayant un effet négatif sur l'assimilation du phosphore, potassium et l'azote par la plante au niveau du sol. On note aussi une faible teneur en matière organique d'où une faible capacité d'échange cationique (<5 méq /100g du sol) (Beleragueb, 1996 *in* Mihoub, 2008).

I.3.8. Aspect géologique

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". (A.N.R.H, 2007)

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite ; elle est attribuée au céno-manien. L'étage de l'albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. (A.N.R.H, 2007)

Les alluvions Quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'inféro-flux (nappes phréatiques) (Fig.10) (A.N.R.H, 2007).

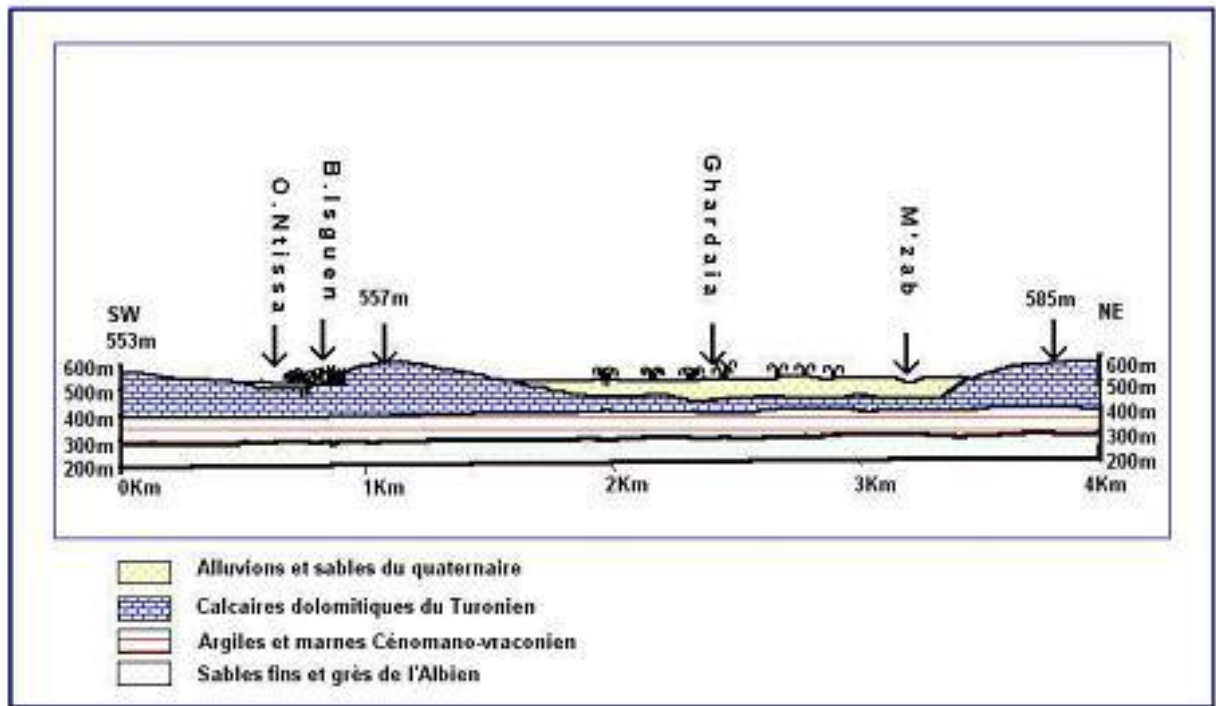


Figure. 10 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H, 2007).

I.3.8.1. Description litho stratigraphique

Le territoire de la wilaya de Ghardaïa est localisé dans le domaine du craton Nord-Africain composé essentiellement de dépôt du crétacé, du néogène et du quaternaire (Fig.11).

- Crétacé

Cette formation qui caractérise une grande partie de la région de la chebka du M'Zab, est constituée d'une double dalle calcaire : calcaire dure et calcaire plus ou moins dolomitique parfois pétrie de coquilles (Fabre, 1976 *in* Guerradi et Faradji, 2007). Il est représenté par:

- Albien

L'Albien est recoupé uniquement par des sondages et représenté par des sables fins à grès et d'argiles vertes.

- Cénomanién

Le Cénomanién est formé par une alternance de bancs d'argiles, de dolomies, de calcaires dolomitiques et d'évaporites (gypse et Anhydrite) (Mellak, 2009).

Les argiles cénomaniennes constituent l'imperméable de la nappe du Turonien tandis que les calcaires sommitaux du Cénomaniens sont en continuité hydraulique avec cette même nappe (Abdouse et Bouchiba, 1982).

- Turonien :

La série turonienne entièrement carbonatée, forme l'ossature de la Chebka du M'Zab et constitue le réservoir aquifère principal. C'est dans sa masse que les oueds ont creusé leurs lits.

La base du Turonien n'est connue que dans la région Ouest de la chebka du fait du plongement général des couches vers le Sud-Est (0.5°). Dans cette région, il est nettement constitué de formations carbonatées : des calcaires dolomitiques massifs à la base, et des calcaires crayeux blancs au sommet, le tout formant d'importantes falaises (Oued El Abiod), bordure de l'Oued El Louha et Berriane). Le Turonien est érodé à l'affleurement, il a plus de 100 m à Ghardaïa (Abdouse et Bouchiba, 1982).

- Sénonien :

Le Sénonien affleure partout sur les bordures Est et Nord de la Chebka. Il est représenté par un Sénonien à assises marines ou lagunaire avec une alternance de calcaire et marnes dolomitiques, argiles gypsifères et gypse (O.R.G.M, 1999).

- Néogène :

Le Néogène est développé à l'Est de la région et repose en discordance sur les formations sous-jacentes du crétacé (O.R.G.M, 1999). Ce sont des formations détritiques récentes qui occupent les dépressions et qui s'étendent largement au Sud, ces formations sont rattachées au miocène supérieur et au pliocène, sans que l'on puisse établir une détermination exacte. Ce sont, en majeure partie, des produits d'altérations superficielles, rubéfiés (argiles et terre argilo-sableuse plus ou moins mêlées de fragments anguleux) que l'on ne saurait assimiler à des galets fluviaux (Guerradi et Faradji, 2007).

Le miocène est constitué de conglomérats, brèches siliceux et calcaires avec une alternance de limons carbonatés et sableux, d'argiles et de sables.

Le pliocène est constitué de conglomérat peu consolidés, de poudingues et de sables graveleux et argileux (O.R.G.M, 1999).

- Quaternaire :

Le Quaternaire apparaît surtout sous forme de dépôts alluvionnaires au niveau des lits Des oueds et dépressions fermées (Daïas) (Mellak, 2009). Le Quaternaire largement répandu à travers tout le territoire est représenté par des poudingues, des dépôts sablo-graveleux et argileux gypseux (O.R.G.M, 1999).

- La tectonique

Durant le secondaire, la partie centrale du Sahara septentrional a subi des mouvements verticaux d'ensemble qui se sont traduits par un effondrement progressif. Au début du Crétacé, cet affaissement est comblé par un dépôt lagunaire, accusant au centre de la cuvette des épaisseurs considérables. Le mouvement de descente se poursuit très lentement pendant le Turonien et une partie du Sénonien. Les deux étages présentent des épaisseurs et des faciès peu variables sur toute l'étendue de la cuvette saharienne (Boudjema, 1987).

A l'Eocène moyen réapparaît un dépôt lagunaire qui correspond au comblement définitif de la cuvette saharienne, par la suite, les mouvements dans cette dernière se sont traduits par : Unhaussement d'ensemble suivi d'un mouvement de descente qui a débuté au Miocène et qui dure encore actuellement correspondant à la sédimentation continentale du Mio-Pliocène et du Quaternaire (Boudjema, 1987).

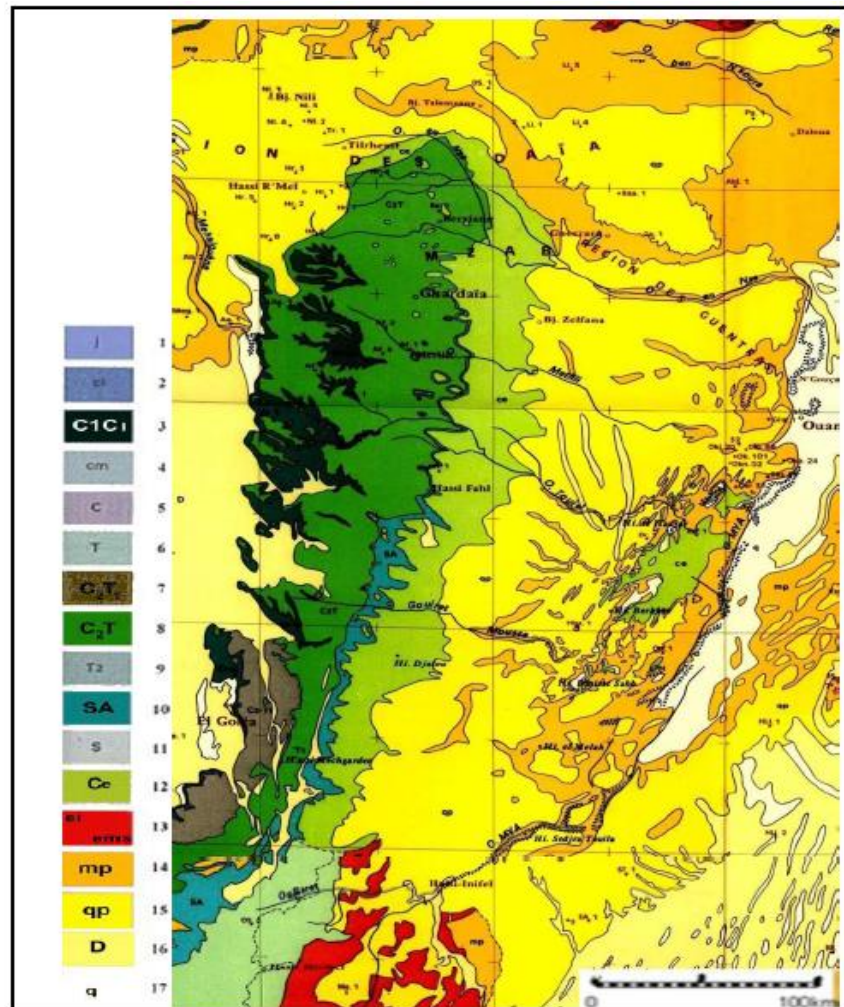


Figure 11 : Carte géologique du M' Zab (Busson, 1967)

(Extrait modifié de la carte géologique au 1/2000000 du bassin mésozoïque du Sahara algéro-tunisien et de ses abords, de G. Busson 1967).

Âges des terrains : **1-** Jurassique (j) ; **2-** Crétacé inférieur (ci) ; **3-** Crétacé inférieur puis Cénomaniens argileux (C1-ci) ; **4-** Crétacé moyen (cm) ; **5-** Cénomaniens (C) ; **6-** Turonien (T) ; **7-** Cénomaniens supérieurs et Turonien inférieur (C2-T1) ; **8-** Cénomaniens supérieurs calcaires et Turonien (C2-T) ; **9-** Turonien (T2) ; **10-** Sénonien argilo-gypseux y compris du Maastrichtien (SA) ; **11-** Sénonien (S) ; **12-** Sénonien et Eocène indistinguables (ce) ; **13-** Eocène inférieur (ei) et Eocène moyen-supérieur (ems) ; **14-** Miocène ou Pliocène avec localement Nummulitique continental (mp) ; **15-** Pliocène ou Quaternaire ancien (qp) ; **16-** Dunes (D) ; **17-** Quaternaire indifférencié (q).

I.4. Milieu biologique

I.4.1. La diversité floristique

De par sa situation géographique, l'Algérie chevauche entre deux empires floraux : l'*Holarctis* et le *Paleotropis*. Cette position lui confère une flore très diversifiée par des

espèces appartenant à différents éléments géographiques. Elle compte 3.139 espèces naturelles et 5.128 espèces exotiques introduites (Aidoud, 1984).

La végétation désertique est rare, elle comprend des plantes annuelles à croissance rapide qui fleurissent et fructifient après les rares périodes humides. (Dajoz, 1971)

Ces plantes constituent souvent un tapis continu recouvrant le sol, désigné en langage local "Achab" (Ozenda, 1983).

Pour les environs de Ghardaïa, DIELS in (D.P.S.B., 2014), indique l'existence de 300 espèces spontanées. En voici les principales espèces distribuées en fonction des zones géomorphologiques:

Dans les Ergs : *Aristida pungens* (Drin), *Retamaretam* (Rtem), *Calligonum comosum*, *Ephedra allata* (àalenda), *Urginea noctiflora*, *Erodium glaucophyllum*. (D.P.S.B., 2014)

Dans les Regs : *Haloxylon scoparium*, *Astragalus gombo*, *Caparisspinosa*, *Zillamacroptera*. (D.P.S.B., 2014)

Dans les lits d'Oueds et Dhayate : *Phoenix dactylifera*, *Pistachia atlantica*, *Ziziphus lotus*, *Retamaretam*, *Tamarix articulata*, *Populus euphratica* (D.P.S.B., 2014).

I.5. Présentation de la commune

I.5.1. Situation géographique

La Commune de Berriane occupe une place stratégique au nord de la wilaya de Ghardaïa, distancé de 43 km, et par sa proximité de l'un des plus importants pôles industriels et économiques du pays : "HASSI R'MEL" qui se trouve à 50 km. La commune est traversée de bout en bout par la route nationale n°1 qui relie le nord au sud du pays, et le chemin de wilaya n°33 vers l'Est.

Berriane a connu ces derniers temps une évolution très rapide en matière de population. Elle couvre une superficie de 2.609,80 Km² et l'une des communes les plus peuplées de la wilaya abrite une population de 31.300 habitants (D.P.A.T, 2008).

Ces limites communales sont :

- Au Nord par la commune de HASSI DELLAA

- Au Sud la commune de DAYA BEN DAHOUA et EL ATTEUF et GHARDAIA.
- A l'Est par la commune de GUERRARA.
- A l'Ouest par la commune de HASSI R'MAL.

Sur une altitude moyenne entre 500 à 700 m du niveau marin, la commune occupe un vaste plateau qui est légèrement incliné vers le sud – est; ce plateau a été masqué par la forte érosion fluviale du début du quaternaire.

Ces terrains sont caractérisés par une chaîne de montagne au tour de la ville, situé sur les rives de l'Oued partageant la ville, les Escarpements rocheux et les oasis des palmeraies déterminent un paysage panoramique des villes saharien. La faible altitude et les hautes montagnes de l'atlas saharien au nord, font de la région Berriane, une région sèche. Les précipitations sont très faibles et irrégulières, la température marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. Les vents dominants, en hivers, proviens du nord-ouest et pendant l'été et un vent sec d'origine saharien, il souffle en générale du sud.

La Chebka ou la région du M'zab correspond à une chaîne d'une multitude de monticules rocailloux de couleur brune parcourue par un réseau de vallées encaissées et très rapprochées.

Les terrains affleurant sont en majorité calcaires, ce relief très accidenté à la manière d'un filet (Chebka) particulièrement dans la partie nord donne naissance à de nombreuses vallées sèches mais très fertiles, ou coulent et se rejoignent de nombreux oueds.

Sur le plan Urbain la ville de Berriane se développe selon trois directions (extension d'une forme d'étoile) vers l'est (chemin. w 33), l'ouest (Oued Madagh); Et vers le nord (route N1) avec la pénétration des terrains agricoles de palmeraie autour de l'oued Ballouh qui décompose le tissu en deux parties et présente le poumon de la ville.

I.5.2. Ressources en eau

Les principales ressources en eaux utilise au niveau de Berriane sont les eaux de surface et les eaux souterraines.

Actuellement on utilise, sans compter les réserves d'eau fossile situées dans la couche géologique du continent intercalaire (nappe albienne).

Les forages vont chercher l'eau à de grandes profondeurs. On parle d'une fabuleuse réserve de 800.000 m³ située en dessous du grand Erg Oriental mais quelques soient les estimations, il n'y a qu'une certitude : ces réserves ne sont pas réalimentées et donc limitées dans le temps.

Actuellement, l'alimentation en eau s'effectue par des forages de profondeur variable de 350 à 500 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albienne (Continental intercalaire) dont les réserves sont estimées à 15.000 milliards m³.

- **Eaux de surface** : Les inondations créées par les crues des Oueds alimentent les nappes inféra-flux et irriguent les palmeraies par des digues.
- **Eaux souterraines** : Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales :
 - Nappe du complexe terminal (C.T)
 - Nappe du continental intercalaire (C.I).

La commune de Berriane satisfait ses besoins en eau (A.E.P, A.E.I et Irrigations) à partir des nappes (continental intercalaire).

Les réserves de ces nappes ne sont pas connues malgré les différentes études menées par des organismes nationaux et internationaux.

I.5.3. Les forages

La ville de Berriane est alimentée par neuf (09) forages dont (02) forages mixtes et (01) forage agricole (destiné à l'irrigation) :

- Forage CHEIGH AMEUR 1
- Forage CHEIGH AMEUR 2
- Forage BASSA mixte
- Forage ELMADAGH
- Forage EL-MEDAGH ESGHIR EXTENSION (NOUVEAU) non exploite
- Forage BAMED OULHADJ mixte

- Forage BABA SAAD
- Forage BALLOUH 1 (agricole).
- Forage du BALLOUH 2 (NOUVEAU) non exploite

I.5.4. Les réservoirs

La ville de BERRIANE est alimentée par 13 réservoirs :

- Réservoir CHEIGH AMEUR 2, forme rectangulaire ($2 \times 2000\text{m}^3$).
- Réservoir CHEIGH AMEUR 2, forme circulaire (1500m^3).
- Réservoir BASSA (mixte : l'irrigation + urbain), forme rectangulaire ($2 \times 750\text{m}^3$).
- Réservoir surélevé BASSA, forme rectangulaire (80m^3).
- Réservoir BAHMED OULHADJ (mixte : l'irrigation + urbain), forme rectangulaire ($2 \times 750\text{m}^3$).
- Réservoir surélevé BALLOUH 2. (300m^3).
- Réservoir BABA SAAD, forme rectangulaire ($2 \times 750\text{m}^3$).
- Réservoir surélevé HOPITAL, forme circulaire (300m^3).
- Réservoir ELMADAGH, forme rectangulaire ($2 \times 750\text{m}^3$).
- Réservoir surélevé GHI, forme circulaire (300m^3).
- Réservoir BALLOUH 1 (agricole), forme rectangulaire (750m^3).
- Un réservoir surélevé de 40m^3 à côté du R300 hôpital (en arrêt).
- Un réservoir surélevé de ksar 40m^3 (en arrêt).

I.5.5. Système hydraulique ancestral de Berriane

L'oasis de Berriane, la plus septentrionale du Mazb, fondée en 1690, se trouve placée au confluent de l'Oued Soudan avec l'Oued Balouh à 45 km de Ghardaïa. Les jardins de Berriane sont, sans contredit, les mieux favorisés de toute la confédération au point de vue des irrigations fluviales. Ils ont rarement à souffrir de la sécheresse. Les puits peu profonds sont très abondants et l'eau y est excellente (Félins, 1909).

I.5.5.1. Système de répartition

L'oasis de Berriane est irriguée par quatre rivières.

- L'Oued Soudan ;
- L'Oued Zergui ;
- L'Oued Balouh ;
- L'Oued Lemada.



Figure 12 : La vallée de Berriane (Google Earth).

I.5.5.1.1. Oued Soudan

Les eaux de cette rivière forment trois seguias :

- La seguia El Ouesta ;
- La seguia El Kerem ;
- La seguia El Baten.

La seguia El Ouesta, il existe sur son parcours 48 prises d'une largeur de 45 centimètres. La hauteur de chaque prise va en augmentant d'un centimètre, au fur et à mesure qu'elle s'éloigne du point de départ de la seguia. Ainsi la première prise a une hauteur de 6 centimètres subséquente, une hauteur de 7 centimètres; la suivante une hauteur de 8 centimètres et ainsi de suites jusqu'à la dernière, de telle sorte que la hauteur de la 48^{ième} prise sera de 53 centimètres.

La seguia El Kerem, sur son parcours, 50 prises ayant toutes une largeur uniforme 40 centimètres. Quant à la hauteur, elle est de 6 centimètres pour la première prise. La hauteur des autres prises augmente d'un centimètre en même temps qu'elles s'éloignent de la seguia.

La Seguia Et Baten, le nombre de prises existant sur son parcours est de 88, ayant chacune 50 centimètres de largeur. La première prise a une hauteur de 8 centimètres les autres prises ont, progressivement, droit à une augmentation d'un centimètre (Félins, 1909).

I.5.5.1.2. Oued Zergui

Les eaux de l'Oued Zergui se subdivisent en deux seguias :

- La seguia El Djoufia (septentrionale) ;), cette seguia a un réseau de 33 prises de 50 centimètres de largeur. La hauteur est variable, elle commence par 10 centimètres et augmente d'un centimètre par prise.
- La seguia El Gueblia (méridionale) ; comprend 15 prises de 45 centimètres de largeur, sur 25 centimètres de hauteur, sans augmentation (Félins, 1909).

I.5.5.1.3. Oued Balouh

Les eaux de cette rivière se répartissent en trois seguias :

La seguia Taht El Ksar (en dessous du Ksar) ; comprend 110 prises de 35 centimètres de large. La hauteur de la première prise est de 5 centimètres, celle des autres augmente progressivement d'un centimètre.

La seguia Gherbia (occidentale) ; comprend pas moins de 170 prises de 30 centimètres de largeur, sur 2 centimètres et demi de hauteur pour la première. La hauteur des autres prises augmente progressivement d'un centimètre.

La seguia Cherguia (orientale) ; est grevée de 22 prises de 50 centimètres de largeur, sur 11 centimètres de hauteur, avec progression d'un centimètre par prise, en ce qui concerne la hauteur (Félins, 1909).

I.5.5.1.4. Oued Lemada

L'Oued Lemada forme une seguia unique portant cette même dénomination de Lemada. Elle comprend 138 prises de 40 centimètres de large. La hauteur de chaque prise va en augmentant progressivement d'un centimètre de 9 centimètres pour la première

L'excédent des eaux de toutes ces rivières est absorbé par les jardins, sans aucune réglementation. Le trop plein inutilisé va se jeter dans la grande dépression El Haicha, dans la région d'Ouargla.

Décision de la Djemaa de Berriane - Il est de principe absolu que nul n'a le droit d'effectuer des travaux de nature à apporter une atteinte quelconque aux cours d'eau, tels que remblais, déblais ou tout autre travail susceptible de causer un préjudice.

Si une personne désire procéder à une entreprise quelconque, elle doit, au préalable, s'adresser à la djemaa et au Caid ; ceux-ci, après examen et étude de la demande, accordent ou refusent la permission sollicitée.

De même, celui qui désire tirer un profit de ces cours d'eau, en créant, sur le bord, des plantations de palmiers ou autres cultures, doit s'assurer avant tout, de l'assentiment de la Djemaa et du Caïd (Félins, 1909).

Chapitre. I :
Présentation
de la zone
d'étude

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3% du volume total de l'hydrosphère (Merzoug, 2009). Les réserves les plus importantes de ces eaux se trouvent à l'état solide sont techniquement inexploitable. que 20% des réserves et elle a deux origines: eaux souterraines et eaux de surface (superficielle) (Rejsek, 2002). Quelle que soit leurs natures, elles contiennent une multitude de micro-organismes et de produits chimiques, dont l'estimation globale fournit une information utile pour l'évaluation et la surveillance de la qualité de l'eau. (Lacoste, 2008)

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des méthodes utilisés pour l'analyse physico-chimique de l'eau des forages et la description géologique des nappes correspondant à cette étude.

II.1. Choix de la région d'étude

Plusieurs critères déterminent le choix de la région d'étude, les plus importants sont:

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant de toute activité agricole dans la région.
- L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable.

II.2. Echantillonnage

L'échantillon doit être représentatif de la masse d'eau considérée sans aucune altération entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse (Aouissi, 2009).

II.2.1. Zone d'échantillonnage

Ils'agit de trois forages d'utilisation urbaine et agricole a la région de Berriane wilaya de Ghardaïa (Fig. 13), les tableaux ci-dessus présentent quelques informations sur ces forages (Tab. 04) et (Tab. 05)

Tableau. 04: Présentation générale des trois forages

				Coordonnées			Profondeur	
Commune	Exploitant gestionnaire	Nom de forage	Nappe	X	Y	Z	Toit(m)	Mur(m)
Berriane	E P E	EL-MADAGH 01	Albienne	03 45 33	32 49 11	529	300	500
Berriane	E P E	BASSA	Albienne	03 46 44	32 49 54	525	300	500
Berriane	E P E	CHIEKH-AMER 01	Albienne	03 46 50	32 49 57	573	300	500

Tableau 05: Quelques caractéristiques des forages

Caractéristiques des forages					
Nom de forage	Date de mise en service	Débit exploitation L/s	Durée annuel Du pompage (h)	Qualité des eaux	Etat Actuelle du forage
EL-MADAGH 01	1988	23	2190	Bonne	Exploité
BASSA	1976	28	7300	Bonne	Exploité
CHIEKH-AMER 01	1984	14	7300	Bonne	Exploité

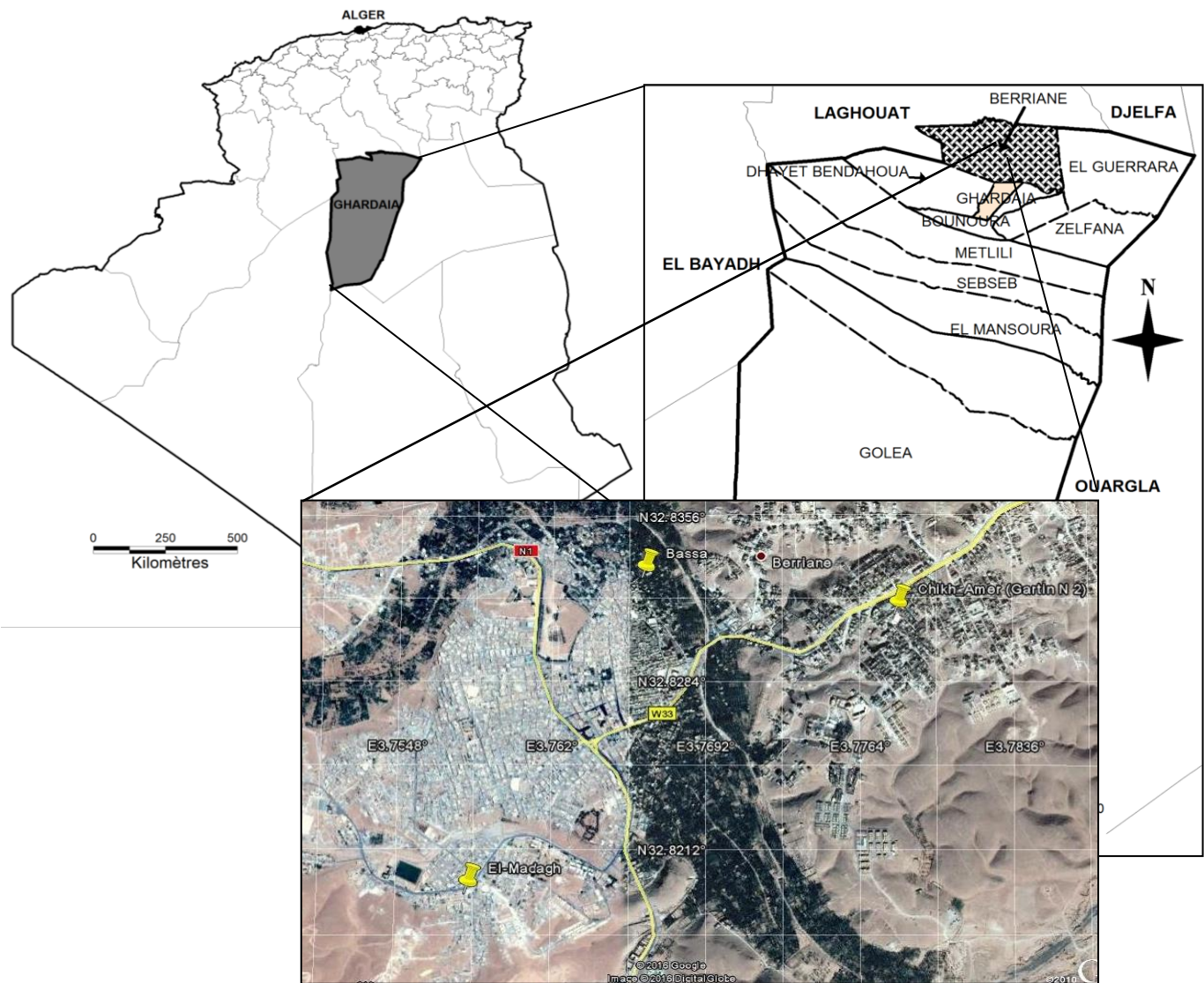


Figure 13 .: Localisation des points de prélèvements (Google earth)

II.2.2. Prélèvement de l'eau

L'échantillonnage destiné à la physico-chimie ne pose pas de problème particulier, des flacons plastiques sont suffisants et le volume de prélèvement est d'un litre pour une analyse complète. L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible, l'eau a été recueillie directement dans le flacon. (Coulibaly, 2005).

Trois campagnes de prélèvements sont réalisées durant toute la période d'étude soient les mois Octobre 2016, Février et Avril 2017, a raison d'un prélèvement par saison. Les flacons que nous avons utilisés sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, ré-bouchonnés, étiquetés et conservés jusqu'à l'arrivée au laboratoire. Les différentes analyses effectuées sur le prélèvement visent à évaluer la variabilité spatio-temporelle de la qualité des eaux.

Les analyses physicochimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'ADE de Ghardaïa.

II.3. Etude physico-chimique

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physico-chimiques locales. D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. Nous déterminons ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses différentes. (Thierrin et *al.*, 2001). Aussi, le but principal de ces études est de connaître l'origine de l'eau, ainsi que leur potabilité ou leur degré de pollution. (Detay, 1993).

II.3.1. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale
- Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologiques qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales (Rejsek, 2002).

II.3.1.1. Les matières minérales

Ce sont essentiellement des composées ioniques, anions et cations qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. Ces eaux contiennent également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique (Guergueb, 2012).

II.3.1.2. Les matières organiques

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples (Rejsek, 2002).

II.3.1.3. Les matières dissoutes

Ce sont des matières dispersées de façon homogènes dans l'eau, facilement polarisées ou ionisées. Elles obéissent à des équilibres de la dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur était important pour les gaz (Rejsek, 2002).

II.3.1.4. Les matières colloïdales

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'État dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargée négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide (Rejsek, 2002).

II.3.1.5. Les matières en suspension

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μm , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle (Rejsek, 2002).

II.3.2. Méthodes d'analyses

Le tableau ci-dessous montre les différentes méthodes d'analyse physico-chimiques de l'eau (Tab.06).

Tableaux 06 : Les différentes Méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau (Rezzag et Ben-Yahkoum, 2005)

Méthode électrochimique	Méthode gravimétrique	Méthode volumétrique	Méthode Spectrophotométrique
<ul style="list-style-type: none"> - La température (T) - La conductivité électrique - Le pH - La turbidité - La salinité - L'oxygène dissous - T.D.S 	<ul style="list-style-type: none"> - Résidus secs - Matières en suspension 	<ul style="list-style-type: none"> - Dureté de l'eau - Alcalinité - Les chlorures - Calcium - Magnésium 	<ul style="list-style-type: none"> - L'azote ammoniacal - Les phosphates

II.3.2.1. Les Paramètres physiques

II.3.2.1.1. La température (T°C)

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine (Roux, 1987). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, (Rodier J., 1996 ; Boukrouma, 2008) pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (Rodier J., 2005).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre portatif. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes. La température exprimée en degré Celsius (C°).

II.3.2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Objet

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

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre. Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, et un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y a autant de H⁺ que d'OH⁻. (Rodier J., 1996).

Bien que le pH n'ait habituellement aucun impact direct sur les consommateurs de ces eaux, il est l'un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau. Il est peut être déterminé par diverses méthodes d'analyse, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (Rodier J., 1996).(Fig. 14).

Tableaux 07 : Classifications des eaux d'après leur pH (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense



Figure. 14: pH-mètre.

II.3.2.1.3. La conductivité électrique (CE)

➤ Objet

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

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électrons. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. (Saadali, 2007).

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (Detay, 1993).

- **Mode opératoire :**

Pour la mesure de la conductivité, nous plongeons la sonde multi-paramètre du dans le milieu à analyser, remuera avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, nous rincerons les sondes à l'eau déminéralisée (Fig.15).

- **Lecture :**

La valeur de conductivité s'affiche directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La qualité de l'eau en fonction de la conductivité est défini de la manière suivante dans le Tableau 08.

Tableau. 08 : Classifications des eaux d'après leur conductivité (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002).

X ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
$10 < X < 80$	Eau de pluie
$30 < X < 100$	Eau peu minéralisée, domaine granitique
$300 < X < 500$	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
$500 < X < 1000$	Eau très minéralisée
$1000 < X < 3000$	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
$X > 3000$	Eau de mer



Figure .15: Multi-paramètres de paillasse.

II.3.2.1.4. La salinité

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) [1].

Le chlorure de sodium NaCl n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité en utilise un multi-paramètre [1].

II.3.2.1.5. La turbidité

➤ **Objet**

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

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (Rodier, 1984; OMS, 1986). La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler une détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages. (Thierrin et *al.*, 2001).

- **Mode opératoire :**

- Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.
- Appuyer sur le bouton mesure.
- Faire la lecture après la stabilisation de turbidimètre (Rodier, 1996 ; Amino, 1983).

Pour mesurer la turbidité nous avons utilisé un turbidimètre et une cuve stérile. (Fig.16)

- **Expression des résultats :**

La mesure est obtenue directement en NTU (Nephelometric Turbidity Unit). (Aouissi, 2009). (Tab.09)

Tableau. 09 : Classes de turbidité usuelles (NTU). (Hakmi, 2002).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau légèrement trouble



Figure 16: Turbidimètre de paillasse NTU.

II.3.2.2. Les Paramètres chimiques

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

II.3.2.2.1. Oxygène dissous (O_2)

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité (Rodier J., 1994). La mesure de l'oxygène dissous (mg/l ou en % saturation) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. (Thierrin et *al.*, 2001).

La détermination de l'oxygène dissous (O_2) est réalisée au laboratoire à l'aide d'un oxymètre portatif. La méthode de mesure se base sur l'électrolyse se produisant entre une anode en argent et une cathode en or. (Aouissi, 2009)

L'appareil permet la mesure des paramètres suivants :

- Concentration en O_2 dissous (mg/l).
- Saturation en O_2 dissous (%), qui est fonction de la pression et de la température.
- La température ($^{\circ}\text{C}$).

- **Mode opératoire :**

Plonger l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser et procéder à la mesure sans délai. Le temps de stabilisation de mesure est d'environ 1 minute. (Aouissi, 2009). (Fig.17)

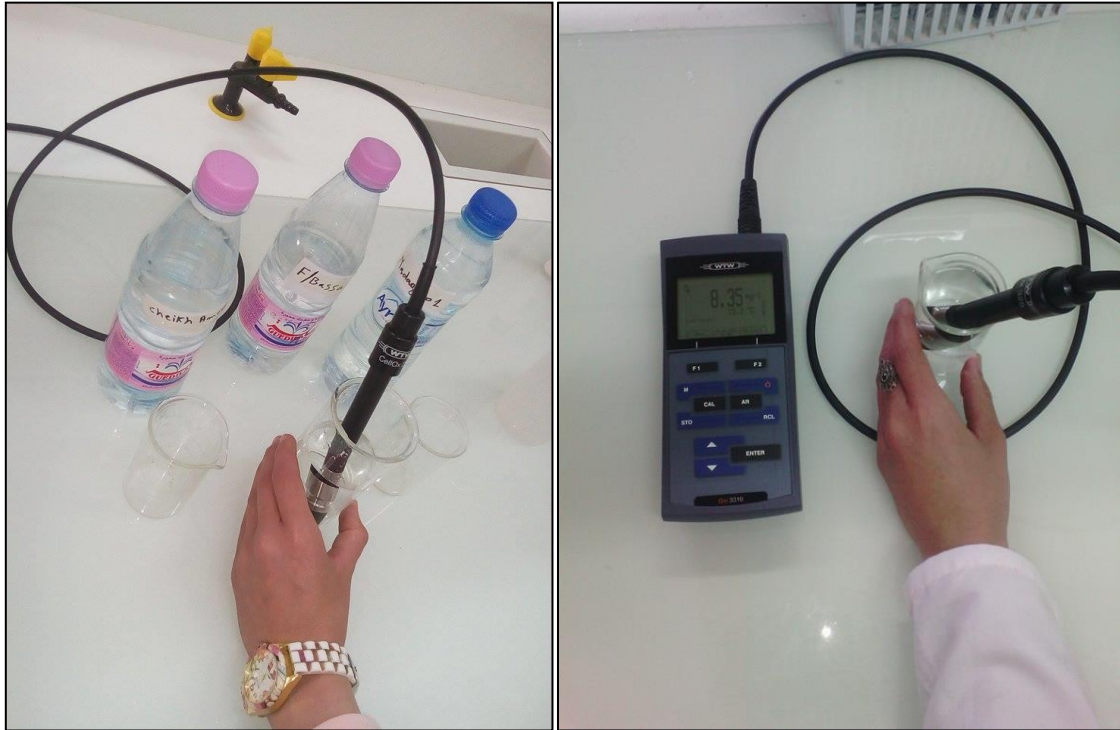


Figure .17: Oxymètre.

II.3.2.2.2. Dureté de l'eau

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (Detay, 1993).

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**

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène – diamine tetraacétique (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, 1996).

- **Mode opératoire :**

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé VEDTA. (Aouissi, 2009) (Fig. 18).

- **Expression des résultats :**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{TH}] \text{ mg / l} = \text{VEDTA} \times \text{F} \times 20$$

Avec :

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

VEDTA: volume de l'EDTA en ml.

F: facteur de dilution



Figure. 18: Dosage de TH

II.3.2.2.3. Alcalinité (TA et TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , carbonate CO_3^{2-} et hydroxyde (OH^-). Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques,...) ou industriels (apport basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques, et elle permet de connaître les concentrations en

bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinité:

- **Alcalinité au virage du rouge de Méthyle (ou de l'orange de Méthyle):** Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC). (Rejesk, 2002).
- **Alcalinité au point de virage du phénol phtaléine (alcalinité composite) :** Elle correspond à l'alcalinité entraîné par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA). (Rejesk, 2002).
- **Détermination de l'alcalinité totale et composite (TA et TAC) :**

Méthode titrimétrie :

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, 2005).

- **Mode opératoire :**

- ✓ **Alcalinité composite (TA) :**

Introduire à l'aide d'une pipette 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine.

- Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle.
- Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique. Jusqu'à une disparition de la coloration (pH. 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé (Rodier, 2005)

- ✓ **Alcalinité totale 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, 1996).

- **Mode opératoire:**

- Prendre 100 ml (50ml d'eau à analyser) et complété d'eau distillé.
- 5 gouttes méthylorange $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$.
- Et titrer avec HCL jusqu'au virage (Rouge brique).

- **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.



Figure. 19: Dosage de l'alcalinité.

II.3.2.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent mieux contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elle peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe (Aouissi, 2009).

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (Rodier, 1996). Il a été déterminé à l'aide d'un conductimètre électrique, qui permet de mesurer également la salinité.

II.3.2.3. Les éléments de la pollution

II.3.2.3.1. Calcium (Ca^{+2})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc... (Rodier, 1996). La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 (Saadali, 2007).

L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO_3 (Rodier, 1996).

Détermination de Ca^{2+} :

- **Méthode titrimétrie à l'EDTA :**

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu (Fig.20) (Aouissi, 2009).

- **Expression des résultats :**

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

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

D'où :

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

F : nombre de dilution.



Figure. 20: Dosage de calcium

II.3.2.3.2. Magnésium (Mg^{+2})

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier J., 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). (Debieche, 2002). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Aouissi, 2009).

Détermination de Mg^{2+} :

- **Méthode par calcul :**

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en $CaCO_3$ mg /l. (Rodier, 2005).

$$[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}].$$

$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}].$$

D'où :

TH: la dureté totale

II.3.2.3.3. Chlorures (Cl^-)

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium ($NaCl$), de potassium (KCl), et de calcium ($CaCl^2$). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par

pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles. (Chaoui, 2007).

- **Principe de dosage:**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence du chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Réactif :**

- Solution de chromate de potassium à 10%
- Solution de nitrate d'argent N/10.

- **Mode opératoire :**

Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%, verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes (Rodier, 1996) (Fig.21).

- **Expression des résultats :**

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$Cl = \frac{V_s * C * F * f}{V_a}$$

V_{AgNO₃} (V_s): 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



Figure. 21: Dosage de chlorures.

II.3.2.3.4. Sulfates (SO_4^{2-})

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates et sous l'action de bactéries sulfito-réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des précipités de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, cuivre... etc.). (Ramade, 1982).

- **Dosage de sulfate :**

Méthode néphélométrique :

- **Principe :**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

- **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. Laisse, 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 C0 jusqu'à dessiccation complété. 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 2à3 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, 1984). (Fig 22)

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 100 g.
- Eau distillée 1000 ml.

• Expression des résultats :

Les sulfates exprimées en milligramme de SO_4^- par litre d'eau.



Figure. 22: Matériel utilisé pour l'analyse de sulfates.

II.3.2.3.5. Résidus secs :

- **Principe :**

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporisée dans une capsule tarée de résidu desséché et ensuite pesé.

- **Mode opératoire :**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher.
- Prélever 200ml d'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement (Rodier J., 1996 ; Amino, 1983). (Fig.23)

- **Expression des résultats:**

$$C_{RS} \text{ Mg/l} = (P1 - P0) * 20000$$

P0: poids de capsule avant l'évaporation.

P1: poids de capsule après l'évaporation.



Figure. 23: Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs.

II.3.2.4. Les métaux lourds

II.3.2.4.1. Le Fer (Fe^{+2})

✓ Le Fer Fe^{+2} :

• Principe

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 Phénanthroline1,10 (Rodier, 2005).

• Mode opératoire :

- Prendre comme prise d'essai 50 ml d'eau d'échantillon ;
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml ;
- 0.5 ml de la solution H_2SO_4 .
- 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.
- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure. 24: Dosage de Fer.

II.3.2.5. Cycle de l'azote

III.5.1. Nitrate NO_3^-

Les nitrates, NO_3^- , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (Bliefert *et al.*, 2001). Ils sont généralement l'indice d'une pollution. (Detay, 1993).

On trouve des teneurs en nitrates au-dessus de la normale dans la nappe phréatique dans les cas suivants :

- Lorsqu'on a utilisé trop d'engrais ou que l'engrais a été répandu à une mauvaise période;
- Lors d'un élevage intensif d'animaux;
- Lors de culture spéciales à haut rendement et de plantation de légumes;
- Sols contenant peu de plantes;
- Sols légers perméables. (Bliefert *et al.*, 2001).

Dosage des nitrates : Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045) :

- **Principe :**

En présence de Salicylate de Sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Mode opératoire :**

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm. (Fig.25)

- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate (NO_3^-) exprimée en mg/l d'eau.



Figure. 25: Dosage de nitrates

III.5.2. Nitrite NO_2^-

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (Rejesk, 2002).

- **Dosage de nitrite :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N- Naphtyl-Ethylène-Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm. (Aminot *et al*, 1982) (Fig.26).



Figure. 26: Dosage de nitrites.

III.5.3. L'ammonium (NH_4^+) :

Le choix de la méthode est déterminé par la concentration en ions ammonium qui est très variable et la plus part d'ions interférents tels que chlorures, fer, amine, matière organiques... etc.

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, 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.

- **Réactifs**

- Réactif 1: Solution chlorée.
- Réactif 2. Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h 30. (Fig. 27).
- Effectuer la lecture à 655 nm (Rodier, 1996 ; Aminot, 1983).

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure. 27: Dosage d'Ammonium

III.6. Eléments mineurs naturels

III.6.1. L'ortho phosphate PO_4^-

- **Principe**

La méthode de Murphy et Riley (1962) reste encore aujourd'hui une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ions ortho phosphate en eau.

- **Réactifs**

- Solution de molybdate d'ammonium.
- Acide sulfurique 2.5mol/l
- Solution d'acide ascorbique.
- Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

- **Mélange-réactif.**

- Mélanger les réactifs ci-dessus dans la proportion suivante :

- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250 ml d'acide sulfurique 2,5mol/l.
- 100 ml de solution d'acide ascorbique.
- 50 ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.

Ce mélange –réactif qui ne conserve pas plus de 6 h doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyses.

- **Mode opératoire**

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °C.

On procède comme suit :

- Préparer le mélange –réactif.
- Mesurer 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 ± 0.5 ml du mélange –réactif et homogénéiser aussitôt.
- Attendre 5 min et mesurer à l'eau l'absorbance à 885 nm. (Amino, 1983). (Fig.28).

- **Expression des résultats :**

La courbe donne la teneur en phosphate, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.



Figure. 28: Dosage de phosphates.

Chapitre. III
Résultats et Discussion

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au niveau de la nappe albiennaise (forages) de la région de Berriane.

L'objectif de notre est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux et des éléments dissous afin de d'identifier leurs origines, et de définir les faciès chimiques des eaux de forages. 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.

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

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

1.1. Paramètres physiques

1.1.1. La température (T) :

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine (Roux, 1987).

Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol; les températures mesurées dans les trois forages étudiés pendant toute la période d'étude varient entre 21°C et 26.7°C, où les températures les moins élevées sont enregistrées pendant la période hivernale au niveau des trois forages (F_01), (F_02) et (F_03), les valeurs maximales sont pendant la saison printanière. (Fig.29)

La totalité de ces valeurs mesurées sont dans les normes algériennes ainsi que les normes décrites par l'OMS. (Annexe. I)

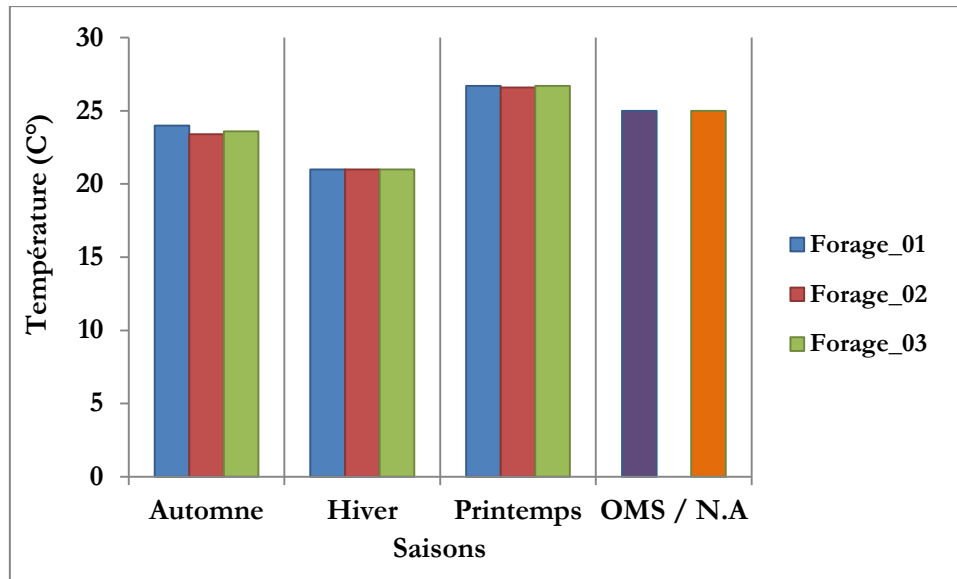


Figure 29 : Evolution de température d'eau des trois forages.

1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Castany et Margot, 1977).

Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman *et al.*, 1996), l'eau de ces forages a présentée pendant toute la période de l'étude des valeurs de pH fluctuant entre 7.54 et 8.28 Le maximum est enregistré dans le forage (F_01) pendant la saison de printemps tandis que le minimum est enregistré dans le même forage pendant le prélèvement la saison hivernale (Fig.30). On constate donc que ces valeurs proches de la neutralité, sont acceptables selon les normes de l'OMS et les normes algériennes.

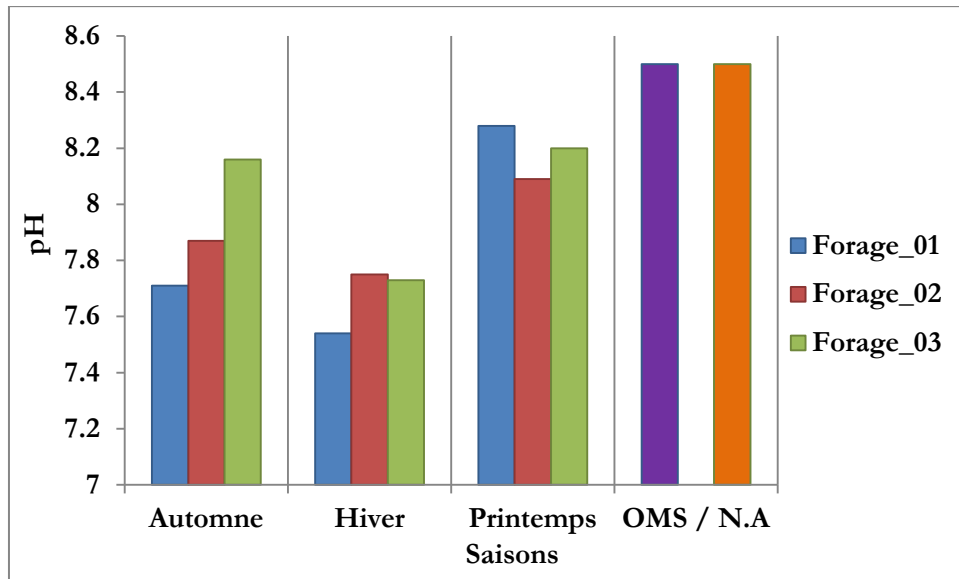


Figure 30: Evolution du pH de l'eau des trois forages.

1.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. (Rodier, 2005). C'est la mesure de l'aptitude des eaux à conduire l'électricité et donne une bonne indication des concentrations en substances minérales dissoutes. Bien souvent, il existe une corrélation entre la conductivité et la dureté de l'eau due principalement à la présence de calcium et de magnésium (Rodier, 2005).

Les valeurs de la conductivité varient pendant toute la période de l'étude entre 1195 μS et 1549 μS , les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant le printemps (1549 μS) au niveau du forage (F_01) tandis que le minimum est enregistré pendant la saison automnale (1195 μS) au niveau du forage (F_03) (Fig. 31). Ceci indique que la CE de cette eau est acceptable par rapport aux normes algériennes et internationales.

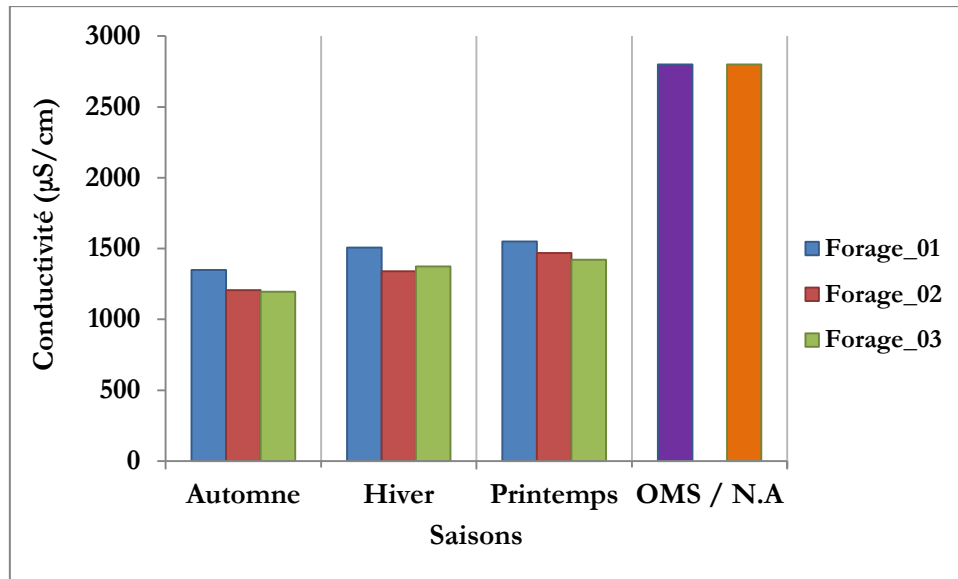


Figure 31 : Evolution de la conductivité électrique (CE) de l'eau des trois forages.

1.1.4. La salinité:

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité), la viscosité et l'absorption de la lumière ne sont pas influencées de manière significative, enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (Guergueb, 2012).

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Sa variation suit la même allure où la valeur la plus élevée est de 0.6 mg/l enregistré dans le forage (F_01) pendant toute la période d'étude et les valeurs les moins élevées sont enregistrées dans les deux autres forages (F_02) et (F_03) durant les trois saisons, les valeurs donc ne dépassent pas les normes de l'OMS et les normes algériennes.

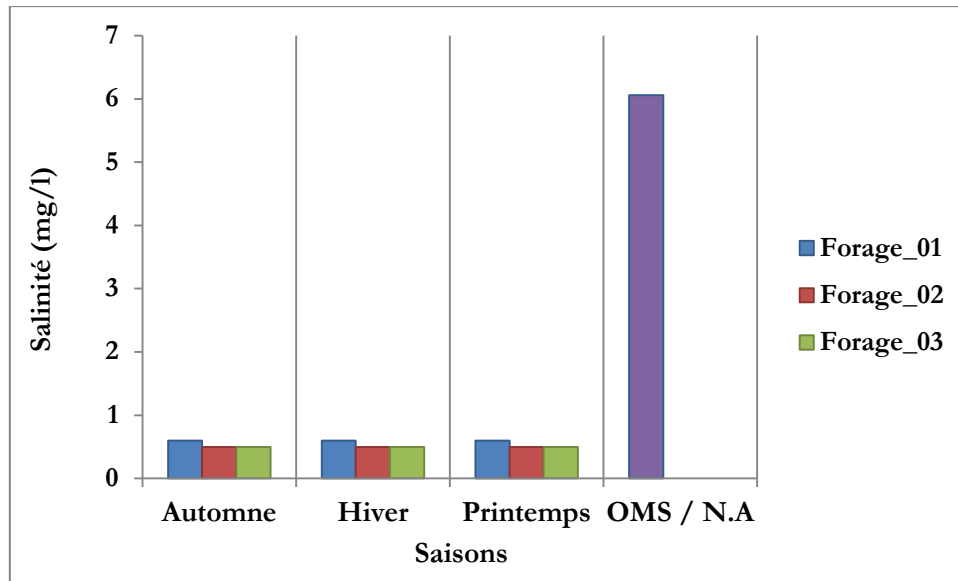


Figure 32: Evolution de la salinité de l'eau des trois forages.

1.1.5. La turbidité (NTU) :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (Rodier, 1984; OMS, 1986).

Les valeurs moyennes calculées de la turbidité de l'eau prélevée à partir des trois forages montrent que la qualité de l'eau est conforme aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS comme nous l'indique la Figure (33). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison d'automne (1.28 NTU) au niveau du forage (F_01), tandis que le minimum est enregistré pendant la saison de printemps (0.4 NTU) au niveau du forage (F_03).

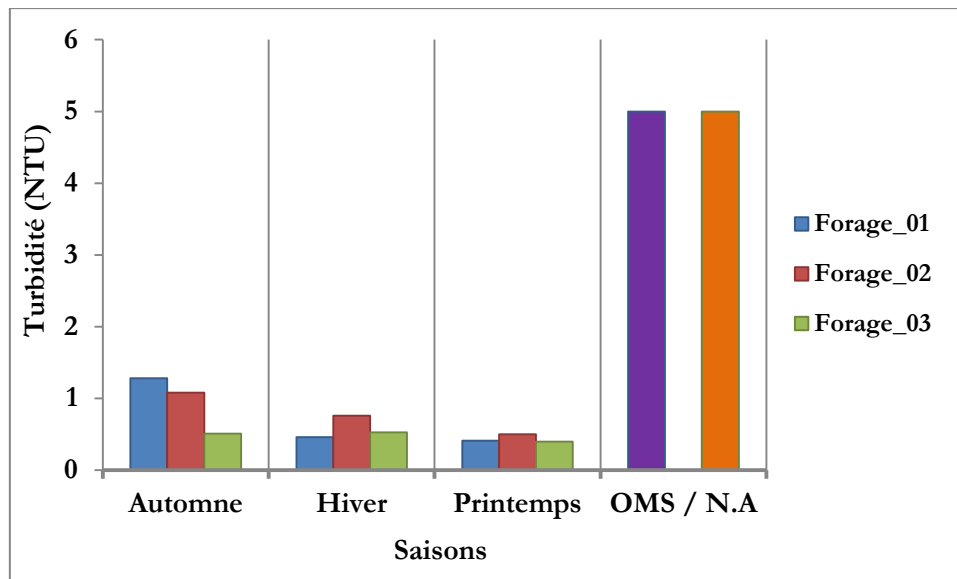


Figure.33 : Evolution de La turbidité (NTU) de l'eau des trois forages.

1.2. Les paramètres chimiques:

1.2.1. L'oxygène dissous (O₂):

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité (Rodier, 1994).

Les teneurs en oxygènes mesurés dans tous les forages étudiés dépassent légèrement les normes nationales et internationales de l'eau destinée à la consommation humaine, le forage (F_03) donne les teneurs les plus élevés pendant les trois campagnes de prélèvements où le maximum est de (9.89 mg/l) pendant période automnale, tandis que le minimum est enregistré pendant la saison de printemps (6.91mg/l) au niveau du forage (F_01). (Fig. 34)

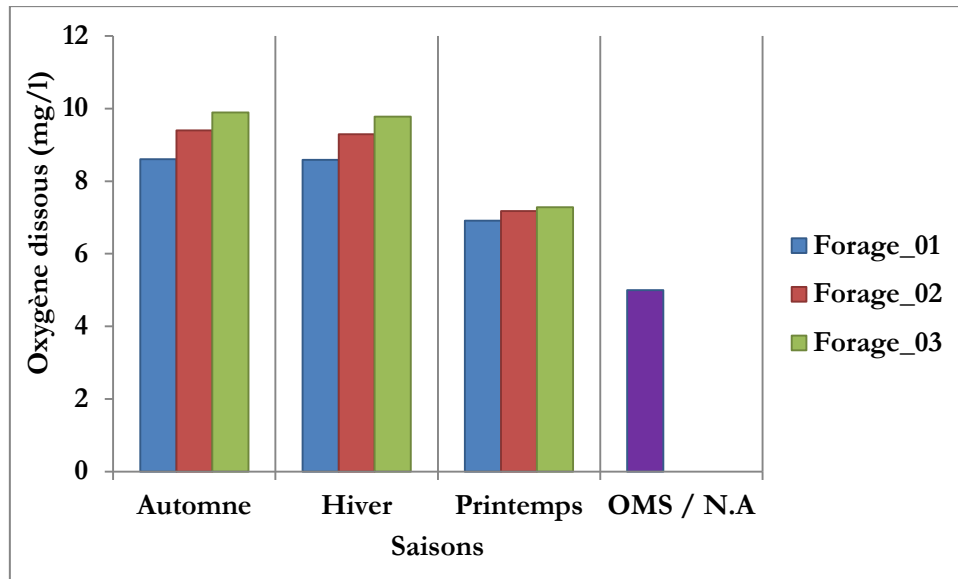


Figure 34 : Evolution de L'oxygène dissous de l'eau des trois forages.

1.2 .2. Dureté total (TH) :

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures, c'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (Detay, 1993).

La figure ci-dessous (Fig.35) nous montre les résultats obtenus durant notre étude sur la qualité physico-chimique de l'eau de cette région, les valeurs données varient 504 mg/l et 388 mg/l où la valeur maximale est dans les forages (F_02) et (F_03) pendant le premier prélèvement et la valeur maximale est dans le forage (F_01) durant la saison hivernale. Les résultats donc sont dans les normes algériennes et de l'OMS.

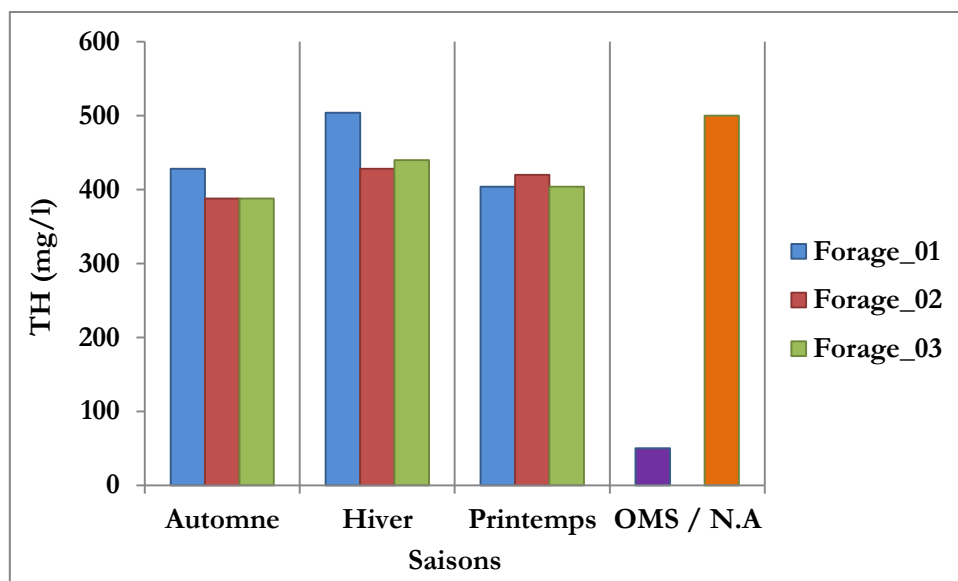


Figure 35: Evolution la dureté total (TH) de l'eau des trois forages.

1.2.3. L'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène H^+ qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates HCO_3^- , carbonate CO_3^{2-} et hydroxydes OH^- . Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques,...) ou industriels (apport basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques et elle permet de déterminer les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. (Rodier, 2005).

Les concentrations du Titre Alcalimétrique Complet (TAC) au niveau des trois forages étudiés sont inférieures par rapport à la norme de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine (Fig.36), ainsi que les normes algériennes. Ceci indique que la qualité de cette eau est acceptable par rapport à ces normes, nous observons que les valeurs moyennes sont généralement comprises entre (87.84 et 126.88 mg/l) (Fig. 36).

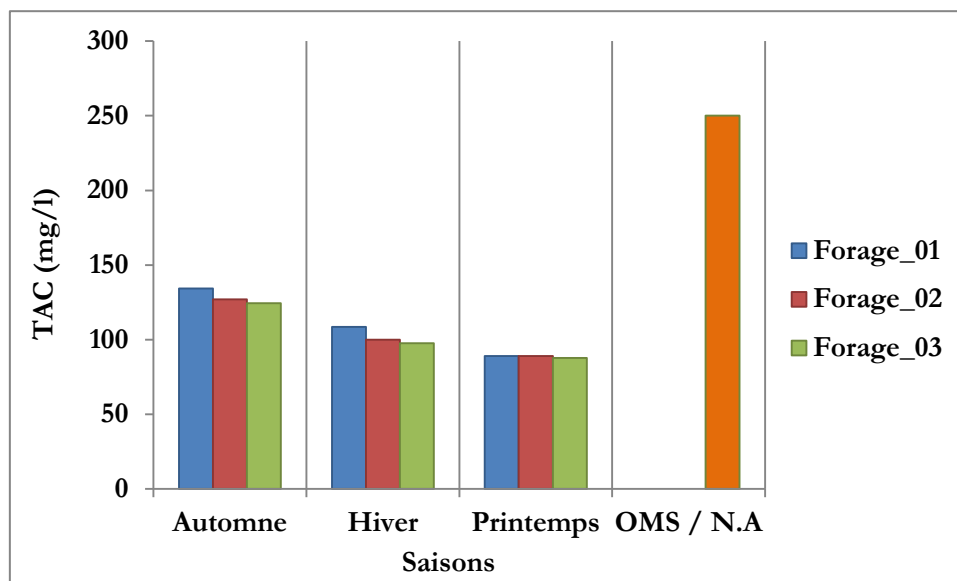


Figure 36: Evolution de l'Alcalinité de l'eau des trois forages.

1.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)

La minéralisation globale de l'eau étudiée varie entre 569.872 et 582.042 mg/L (calculée à partir de la conductivité), une eau dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/L est généralement considérée comme bonne pour les nourrissons (Setti, 2013).

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 2 g/l (norme de l'OMS) (Annexe. I) avec l'eau du forage (F_01) (784mg/l) pendant la saison d'hiver qui semble être

la plus minéralisée (Fig. 37), nous constatons aussi que la variation de la minéralisation globale est identique à celle de la conductivité.

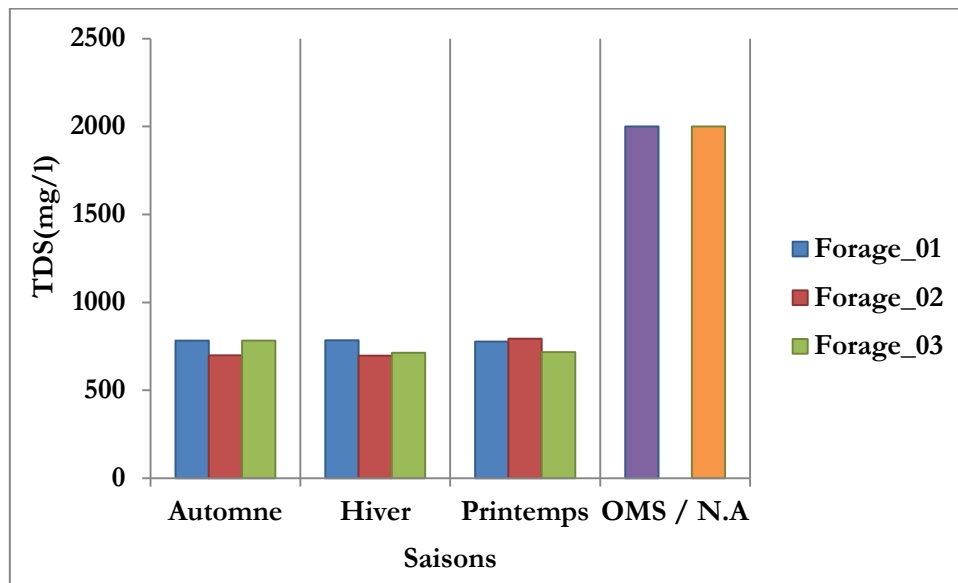


Figure 37: Evolution de la minéralisation globale de l'eau des trois forages.

1.2.5. Les éléments de pollution

✓ Le Calcium Ca^{+2}

Selon Baziz (2008), Merouani et Bouguedah (2013), Ca^{+2} est un élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau, il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc.

Les concentrations en ions calcium Ca^{+2} dans les échantillons variaient entre 128.446 mg/L et 40.08 mg/L; cette baisse est expliquée par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures, le taux le plus élevé du calcium est enregistré pendant le premier prélèvement dans le forage (F_01) et le taux minimal est enregistré dans le même forage pendant le dernier prélèvement, nous remarquons que toutes les valeurs ne dépassaient pas les 200 mg/l, la norme algérienne et de l'OMS (Fig.38).

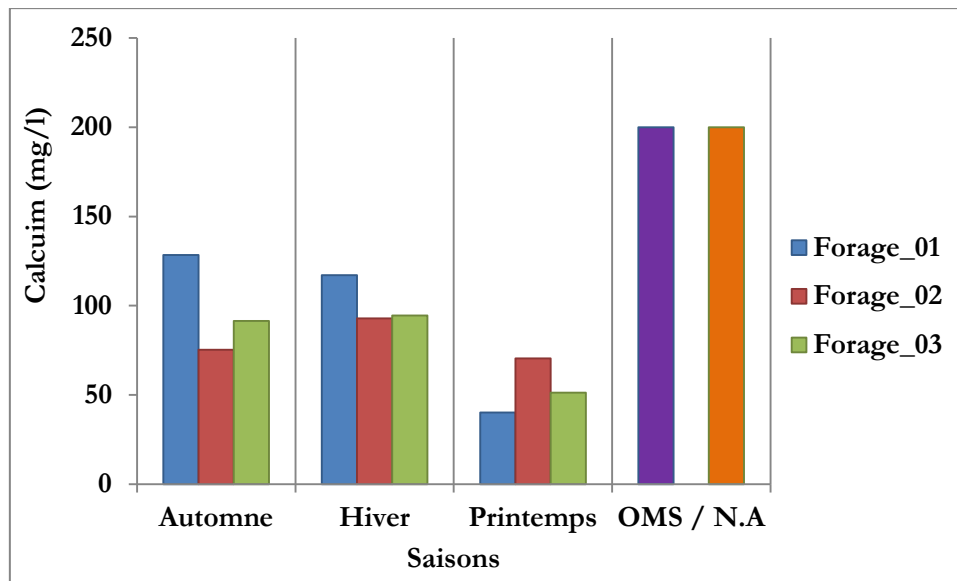


Figure 38: Evolution des taux du Calcium de l'eau des trois forages.

✓ **Le 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, Est un constituant de nombreux minéraux et roches, en particulier la dolomite (carbonate double de calcium et de magnésium), il provient également de la dissolution d'autres roches (basalte, magnésites, argiles, etc.), il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Ramade, 2002).

D'après les résultats des analyses de Mg^{+2} (Fig. 39) nous remarquons que tous les échantillons ont des teneurs inférieures à (150 mg/l) ; qui est la teneur maximale admissible par l'OMS, la teneur la plus faible est de 29.16 mg/l est observé au niveau de forage (F_01) pendant l'automne et la valeur maximale est de 94.284 mg/l notée au niveau du forage (F_01) pendant le printemps. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traverses.

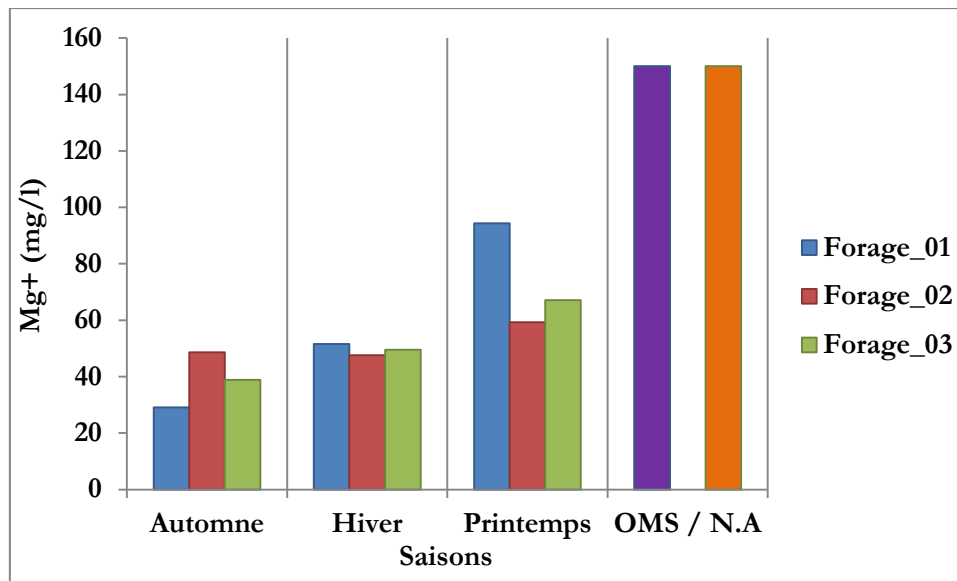


Figure 39: Evolution des taux du Magnésium de l'eau des trois forages.

✓ **Les chlorures Cl^- :**

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables, ils proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères; des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle (Debbakh, 2012).

La variation quantitative temporelle de chlorure dans les trois forages montre que la concentration de chlorure dans le forage (F_01) plus élevée que les autres et peut être liée principalement à la nature des terrains, nous avons observé que leur concentration ne dépasse pas ni la norme OMS (250mg/l) ni la norme algérienne (500mg/l); La teneur maximale a été enregistrée (229.209 mg/l) au niveau du forage (F_01) durant le printemps, et la valeur minimale est de (55,3066 mg/l) enregistrée dans le forage (F_02) pendant la même saison. (Fig.40)

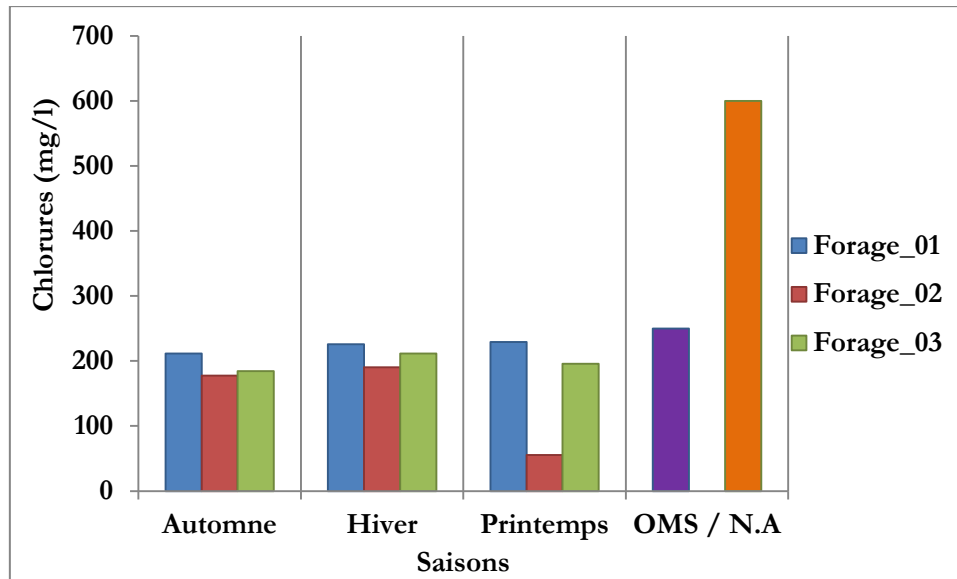


Figure 40: Evolution des taux de Chlorures dans l'eau des trois forages.

✓ **Sulfate SO_4^{-2} :**

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable, dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut attendre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé (Ramade, 1982).

Les concentrations moyennes des sulfates dans les forages prélevés sont dans l'ensemble inférieurs à 400 la norme L'OMS et les normes Algériennes, la valeur maximale est 355.57mg/l au niveau de forage (F_1) dans la saison automne (Fig. 41), la présence de cet élément dans l'eau est liée à la dissolution des lentilles gypseuses, les concentrations en sulfates sont plus élevées en période de pluies et ceci dans tous les points de prélèvement.

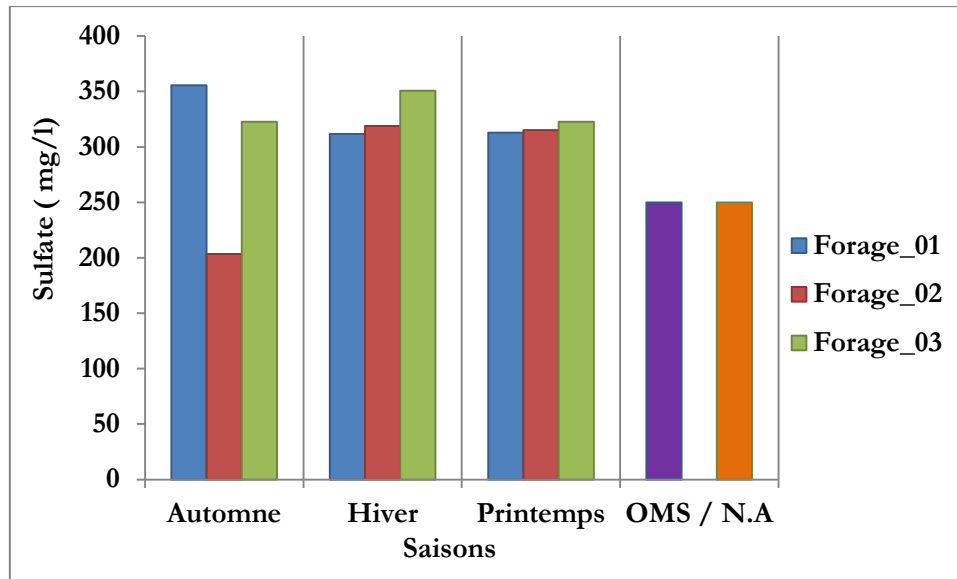


Figure 41: Evolution du sulfate dans l'eau des trois forages.

1.2.6. Résidu sec

Selon Rodier (2005), la détermination du résidu sec dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau.

Les résultats des résidus secs (Fig. 42) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des 3 forages ne dépassent pas la norme OMS et algérienne (2000 mg/l) le maximum (2000 mg/l) enregistré dans le forage (F_02) pendant le printemps et le minimum (1060 mg/l) dans le forage (F_01) pendant l'automne.

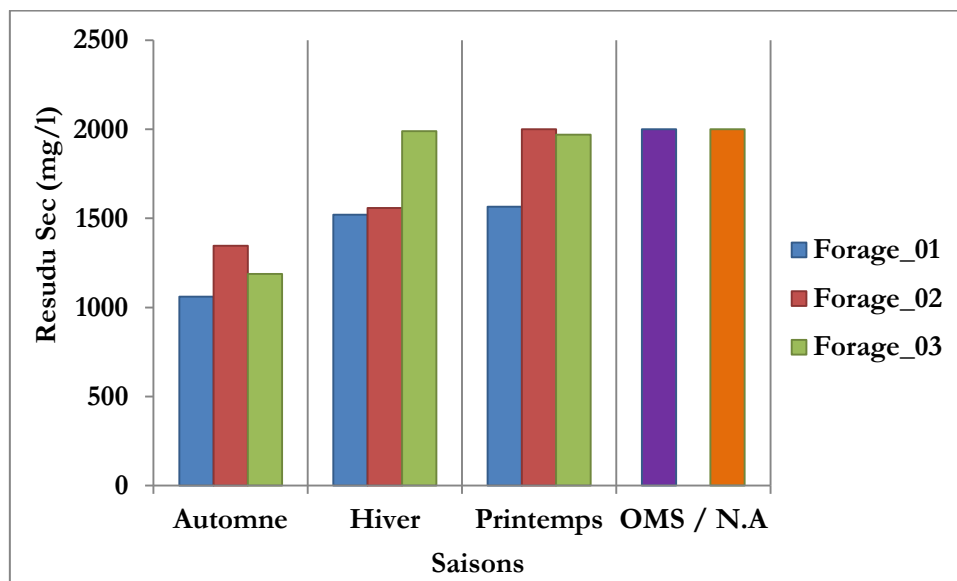


Figure 42: Evolution des taux du résidu sec dans l'eau des trois forages.

1.2.7. Les métaux lourds :

✓ Le Fer Fe^{2+} :

La teneur en ions Fe^{2+} mesurés dans les trois forages varient entre 0 mg/l et 0.03 mg/l pendant toute la période d'étude, le maximum est enregistré au forage (F_02) en saison d'automne et (F_03) en printemps; et le teneur minimal est enregistré dans le forage (F_01) pendant la saison d'hiver, leurs concentrations dans les eaux des forages sont inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS. (Fig.43)

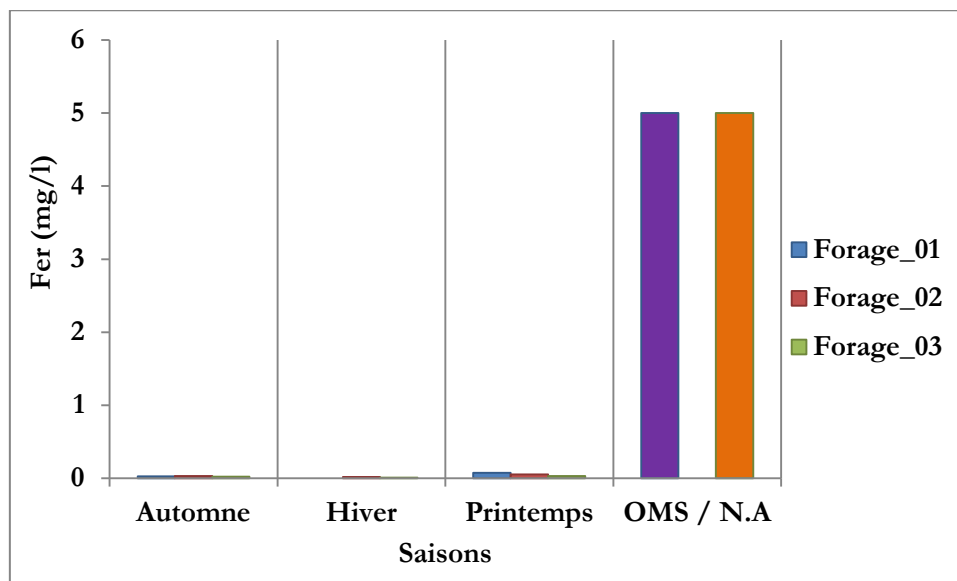


Figure 43: Evolution du fer dans l'eau des trois forages.

1.2.8. Cycle de l'azote :

Dans la nature l'azote existe sous trois formes chimiques (nitrates, nitrite et l'ammonium):

✓ Nitrate NO_3^- :

Les nitrates, NO_3^- , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (Bliefert *et al.*, 2001), ils sont généralement l'indice d'une pollution (Detay, 1993).

Les concentrations dans les trois forages d'eau sont dans l'ensemble est inférieures à la norme de 50 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine ; la valeur maximale est (16.18) au niveau du forage (F_3) dans la saison hiver (Fig. 44).

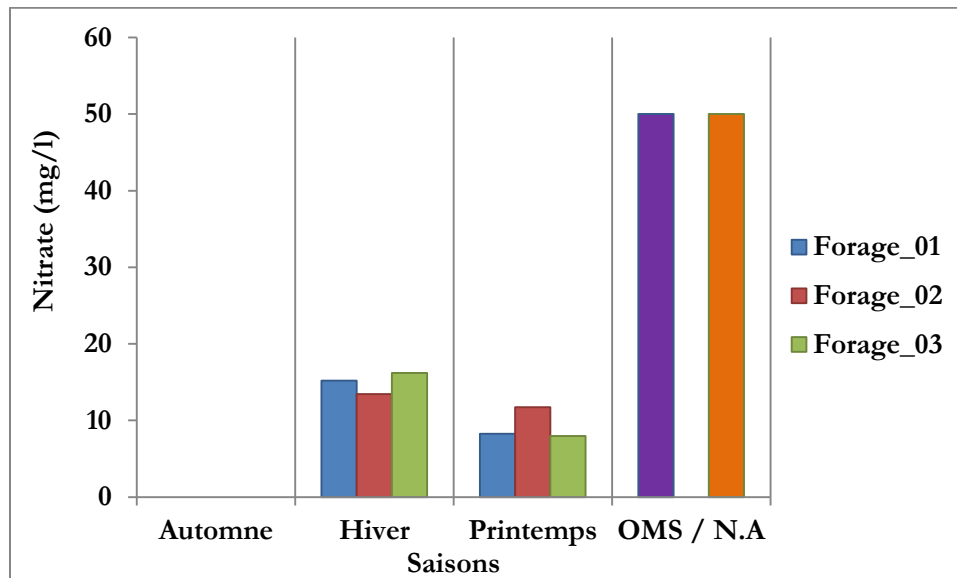


Figure 44: Evolution de nitrate dans l'eau des trois forages.

✓ **Nitrite NO_2^- :**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates, leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible ; une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (Rejesk, 2002).

La figure 45 nous montre que les teneurs en nitrites sont peu importantes, les valeurs moyennes de tous les prélèvements de notre étude ne dépassent pas les normes algériennes et de l'OMS (0.2 mg/l); le maximum enregistré est de 0,018 mg/l au niveau de forage (F_01) dans la saison d'hiver.

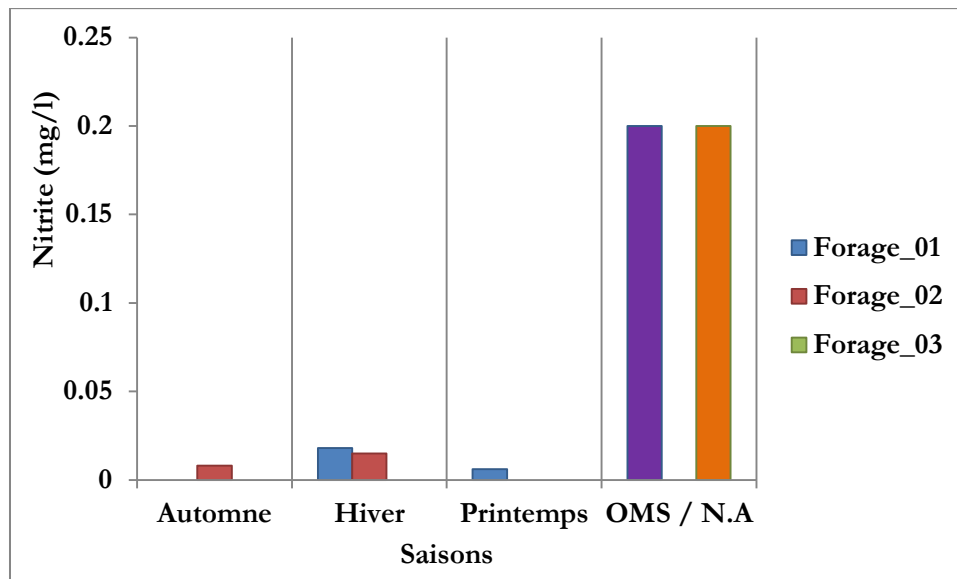


Figure 45: Evolution de nitrite dans l'eau des trois forages.

✓ L'ammonium

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. Pourriot et Meybek (1995) ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en NH_4^+ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

Les valeurs moyennes des teneurs en NH_4^+ calculés durant toute notre étude sont inférieures aux normes décrites par l'OMS (0,5 mg/l) ; il est observé que la teneur maximale a été enregistrée 0.03 mg/l au niveau du forage(F_03) durant la saison du printemps, et la valeur minimale est t'égale 0 mg/l enregistrée dans le forage (F_01) pendant l'hiver.

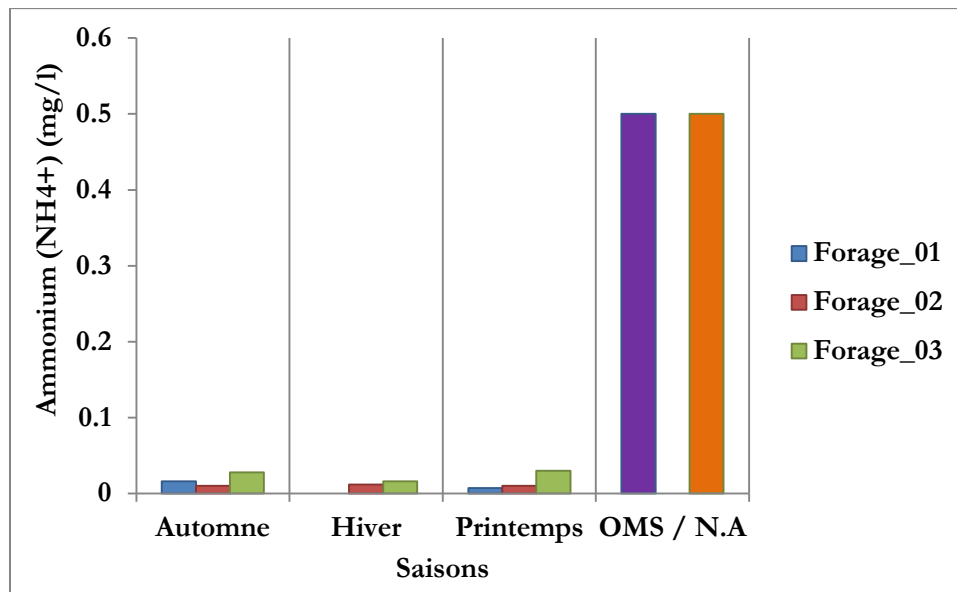


Figure 46: Evolution des taux d'ammonium dans l'eau des trois forages.

1.2.10. Eléments mineurs naturels :

✓ L'ortho phosphate PO_4^- :

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités, les ions ortho-phosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium (Rodier, 1996).

Les résultats des ortho-phosphates (Fig.47) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des forages sont inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau du forage (F_01) pendant le printemps (0.079 mg/l).

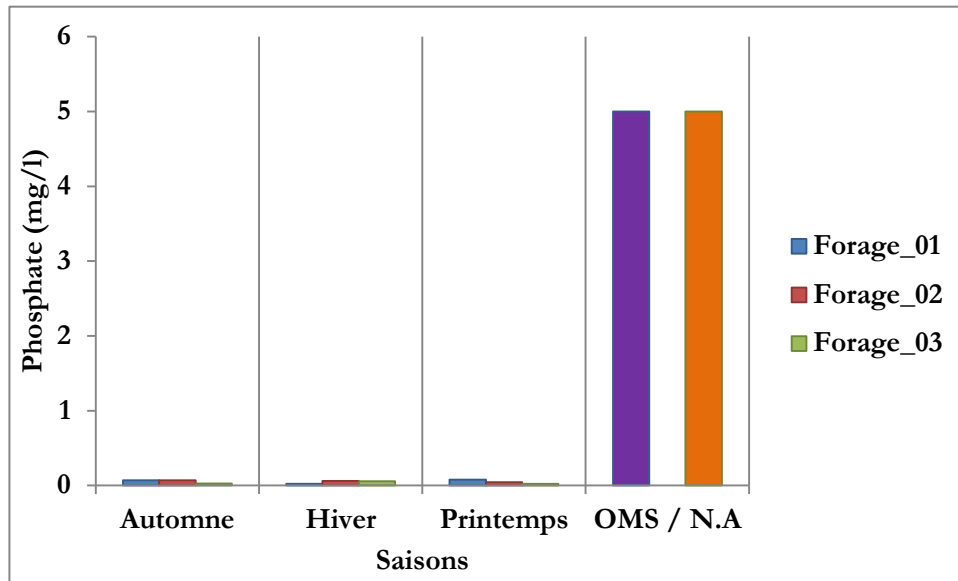


Figure 47: Evolution des taux d'ortho-phosphate dans l'eau des trois forages.

Conclusion

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

Notre zone d'étude, à savoir la commune de Berriane, se trouvant être localisée dans une région Saharienne (Wilaya de Ghardaïa), est donc confrontée, pour les raisons susnommées, à un risque de pollution grandissant qu'il faut caractériser et identifier au plus vite si l'on veut sauvegarder ce patrimoine souterrain.

Pour les eaux des forages de la nappe albienne de Berriane sur le plan physico-chimique on constate une conformité par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes (CE, pH, Turbidité, Salinité, Mg^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^{-2} , NO_2^{-} , NH_4^{+} et Fe^{2+} , PO_4^{-2} , TAC, O_2), résidu sec révélatrice de sa potabilité. Cependant, les teneurs en T, et en dureté dépassent les valeurs indiquées dans les normes. En effet, Les duretés totales (TH) sont des cations les plus dominants. (La dureté total (TH) et le T) leur origine peut être liée simplement à la lithologie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que les apports en eaux usées domestiques ou la pratique agricole.

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.

*Références
bibliographiques*

- **A.N.R.H** (2007). "Rapport sur l'hydrologie de Ghardaïa ": 22.A.N.R.H, 2007
- **A.N.R.H** (2010). "Rapport de fin du sondage, forage d'eau potable MOUDJAHIDINE - CNAS Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa."
- **Abdouse L et bouchiba D** (1982). Contribution à l'étude hydrogéologique de la CHEBKA du M'Zab., Mémoire d'ingénieur, Alger, U.S.T.H.B: 67p.
- **Agrigon** (2000). *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments.*, DUNOD. 206p.
- **Amino** (1983). "Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin." 993 p.
- **Aouissi A** (2009). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord - Est de l'Algérie) Mémoire de Magister, Université de Guelma 120p.
- **Baziz N.**, (2008). Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, op. Dynamique des milieux physiques et risques naturels. Université Colonel ELHADJLAKHDAR Batna. 154 P.
- **Bensaha.**, (2009). Etude de la gestion de périmètres de mise en valeur agricole Cas : de la Chebka du M'zab. Thèse de Magister, I.N.F.S/A.S, Ouargla. 18 p.
- **Benssamoune Y.** (2007). Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à l'étude à la mise en place d'un schéma d'aménagement de gestion de l'espace (S.A.G.E) cas de la région de Ghardaïa, Mémoire de Magister, Université de Ouargla ; 100p
- **Benzayet B** (2010). Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod. Ingénieur d'Etat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique: p.
- **Bliefert C. et Perraud R.** (2001). Chimie De L'environnement: Air, Eau, Sol, Déchet. *De Boeck*. 477 p.
- **Bouchelaghem sabrina.**, (2014). Suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau du lac TEMACINE (région de TOUGGOURT). Article. Université d'El-TARF. P13.
- **Boudjema A** (1987). Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire, Paris XI Orsay,: 290p.
- **Boukrouma H** (2008). Contribution à l'étude biologique du pouvoir auto-épurateur de l'eau : cas du marais d'El-Kennar. . Mémoire de Magister., Université de Jijel. : 119p.
- **Busson**, 1967 Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris: 464p.
- **Castany G. et margot T.** (1977). Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. 249 p.

- **Chaoui W.** (2007). *Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seybouse Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- **Coulibaly K.** (2005). *Etude De La Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako*. Thèse de Doctorat, Université de Bamako. 69p.
- **Coyne.,** (1989) : Les professionnels et les familles dans le soutien aux personnes âgées dépendantes: Mario Paquet – Ed L'Harmattan, 1989. 18 p.
- Ghardaïa. 180P.
- **Daddi-bouhoun M** (1997). Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Mémoire de Magister, El-Harrach, I.N.A.DEBBAKH A ; 2012
- **Detay M.** (1993). Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson*. 379p.
- **D.P.A.T.** (2008). Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire. Rapport Interne, Monographie De La wilaya De Guelma. 36 p.
- **DSA Ghardaïa.,** (2009) : Rapports d'activités. Direction des services agricoles wilaya de Ghardaïa. 01 p.
- **Dubief,** (1963) . Le climat de Sahara. Institut de recherches Sahariennes, tome II, fascicule I,Alger, 264p.
- **EL Hachemi Ouafae.,** (2012). Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (OASIS DE FIGUIG): performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Thèse doctorat en Spécialité : ecologie végétale. P140.
- **Felins. E,** (1909). Etude sur la législation des eaux dans la chebka du M'Zab. Imprimerie administrative Blida 1909 162 p.
- **Guergueb E-Y** (2012). "Diversité microbologique et étude physico-chimique de l'eau de la zone humide Garaet Timerganine (Wilaya d'Oum El Bouaghi, Hauts plateaux du constantinois)." 152p.
- **Guerradi H et faradji O** (2007). Géochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mémoire d'ingénieur, Université Kasdi Merbah, Ouargla: 66p.
- **Hakmi** (2002). Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN. Mémoire de magister, Université des sciences et de la technologie Oran: 71p.
- **Lacoste** (2008). *L'eau dans le monde* . Larousse, 2ème édition.128 pages.
- **Mellak D** (2009). Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. ingénieur, El Harrach, E.N.S.P: p.mer. Edition Dunod Paris.

- **O.R.G.M** (1999). Livret des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaia, Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès: 34p.
- **OMS** (1986). Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). *Organisation Mondiale De La Santé*. 2ième édition. 211p.
- **ONM .,** (2004) : Office nationale météorologique.21 p.
- **Ozenda P** (1983). *Flore du Sahara*, Ed. C.N.R.S, Paris.
- **Pdgdrs., 1998** : Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes. Monographies régionales. 21 p.
- **Ramade F** (1982). Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2ème édition. Masson. Paris. 422 p.
- **Rejsek F** (2002). *Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques*, Sceren. Paris.
- **Rezzag K et Ben-yahkoum R** (2005). Influence des eaux usées sur la nappe phréatique (cas de la vallée du M'zab). Mémoire d'Ingéniorat, Université de Ouargla: p.
- **Rodier J** (1996). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer, 8ème édition. Dunod.
- **Rodier J** (2005). *L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer*, 8ème édition. Dunod.
- **Rodier J, Liguebe B, Merlet N et et Coll** (2009). *L'analyse de l'eau*, 9eme Edition,Dunod, 1525p.
- **Rodier J.** (1984). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de
- **Rodier J.,** (2009). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.9eme édition: Dunod, Paris.
- **Roux M.** (1987). Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. *TEC & DOC*. Paris. 229p.
- **Saadali B.** (2007). *Etude De La Qualité Des Eaux Des Sources Issues Du Massif Dunaire De Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 83p.
- **Sayad L.** (2008). *Qualité Physico-chimique Et Bactériologique Des Eaux De L'écosystème Lacustre Lac des Oiseaux (Wilaya EL Tarf)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 110p.
- **Setti A.,** (2013). Quelle eau choisir pour la préparation des biberons destinée aux nourrissons ? , Sciences pharmaceutiques. 2013. 15p.
- **Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J. et Zumstein J.** (2001). Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. *Société Suisse D'Hydrogéologie*. 57p.

Sites Web

[2]. Cours de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var (2004). Propriétés physiques du milieu marin. <http://isitv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/plan.htm> (date de consultation 20/04/2009).

Annexes

Annexe. I: 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	<u>5</u>
Calcium	75 __200	(mg/l)	<u>200</u>
Magnésium	150	(mg/l)	150
Chlorures	200 __500	(mg/l)	<u>250</u>
Potassium	<u>20</u>	(mg/l)	-
Sodium	<u>200</u>	(mg/l)	<u>200</u>
TH	<u>500</u>	(mg/l)	<u>500</u>
TAC	<u>250</u>	(mg/l)	<u>250</u>
Résidus sec	<u>2000</u>	mg/l après séchage	<u>1500</u>
Sulfates	200_400	(mg/l)	<u>400</u>
Fer total	<u>0.3</u>	(mg/l)	<u>0.3</u>
Nitrite	<u>0.1</u>	(mg/l)	<u>3</u>
Nitrates	<u>50</u>	(mg/l)	<u>44</u>
Phosphate	<u>0.5</u>	(mg/l)	<u>0.5</u>
Ammonium	0,05_0,5	(mg/l)	<u>0.5</u>

Annexe. II: Les données des Trois forages de la zone Berriane

Nom du forage	Nappe	les coordonnées			profondeur		caractéristiques des forages				
		X	Y	Z	Toit(m)	Mur(m)	Ø (m)	Profondeur (m)	débit mob	débit exploitation L/s	dispositif comptag
F 1	Albien	03 45 33	32 49 11	529	300	500	133 / 8	500	35	23	Non
F 2	Albien	03 46 44	32 49 54	525	300	500	133 / 8	500	35	28	Non
F 3	Albien	03 46 50	32 49 57	573	300	500	133 / 8	500	35	14	Non

La Wilaya de Ghardaïa fait partie d'une zone aride qui renferme des ressources d'eaux souterraines très importantes qui doivent être identifiées et étudiées à fin de les conserver. Pour cela, nous avons étudié la variation spatiotemporelle de la qualité physico-chimique de l'eau des trois forages dans la commune de Berriane pendant trois mois, mois d'Octobre 2016, mois de Février et mois d'Avril 2017.

Les résultats ont montré que la plupart des paramètres mesurés respectent les normes de potabilité de l'eau selon l'OMS; la variation des concentrations de ces paramètres est étroitement liée à la nature de substrat géologique.

Mots-clés : Berriane, Ghardaïa, qualité Physico-chimie, OMS.

Ghardaia town is part of a dry zone that contains very important underground waters resources which have to be identified and studied to be preserved. For that purpose, we studied the spatiotemporal variation of the physico-chemical quality of the water of three drillings in the town of Berriane during three months, or of October 2016 and the month of February and Month of Avril 2017.

The results showed that most of the moderate parameters respect the standards of drinkability of the water according to the WHO; the variation of the concentrations of these parameters is closely related to the nature of geologic substratum.

Word Keys: Berriane, Ghardaia, quality physic-chemical, WHO

تعتبر ولاية غرداية جزء من منطقة جافة، تحتوي على خزان مياه جوفية معتبرة يستوجب استكشافها ودراستها للحفاظ عليها لهذا قمنا بدراسة التغيرات الزمانية لخصائصها الفيزيائية والكيميائية على مستوى ثلاثة ابار في منطقة بريان لمدة ثلاثة اشهر شهر أكتوبر 2016، شهر فيفري و أبريل 2017.

النتائج التي حصلنا عليها بينت ان اغلب المعايير التي قمنا بدراستها طابقت مقاييس منظمة الصحة العالمية OMS، الاختلاف في تركيز العناصر يرتبط ارتباطا وثيقا بطبيعة التركيبة الجيولوجية.

الكلمات المفتاحية: بريان، غرداية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، OMS