

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

THEME

CARACTERISATION DE LA NAPPE MIO-PLIOCENE LA REGION D'EL HADJIRA

Présenté par

M. BETTAYEB ABD EL HAMID

Soutenu publiquement le

27/06/2018

Devant le jury :

Président : **Mr. MELOUAH.W** M. C. B Univ. Ouargla

Promoteur : **Mr. ZEDDOURI. A** Pr Univ. Ouargla

Examinatrice : **Mme. BOUZAHRA. F** M. C. B Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Dieu merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Je remercie très chaleureusement mon promoteur Mr. ZEDDOURI AZIEZ, je lui exprime ma profonde gratitude de m'avoir dirigé, encouragé et surtout aidé afin de réaliser ce travail.

Mon respect s'adresse aux membres de jury qui me font l'honneur d'apprécier et examiner ce modeste Travail :

Mr. MELOUAH Walid qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Mme. BOUZAHRA. F d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes respects et remerciements les plus distingués à tous les enseignants du département Science de la Terre et de l'Univers, université KASDIMERBAH, Ouargla.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes parents qui ont toujours soutenu et encouragé tout au long de ma vie.

A ma femme et mes fillettes Maya et Malak.

A mes frères et sœurs, chacun en son nom.

A mes amis.

A tous mes enseignants et collègues

Au personnel du LABORATOIRE GEOECHNIQUE ET ENVIRONNEMENT
LGEO

A toute personne qui participe à la protection de L'environnement

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE :	9
CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE	11
I.1. Introduction :	12
I.2. Situation géographique de la Wilaya d’Ouargla	12
I.3. Situation géographique de la commune d’El Hadjira	12
I.4. DESCRIPTION DETAILLEE DE L’ETAT INITIAL DE LA REGION D’ETUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT	14
I.4. 1. Le milieu physique :	14
I.4. 2. Milieu Biologique	19
CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE	20
II.1. Introduction	21
II.2. Cadre géologique régional	21
II.3. Stratigraphie	23
II.3.1. Le Paléozoïque.....	23
II.3.2. Le Secondaire	25
II.3.3. Le Tertiaire	27
II.3.4. Le Quaternaire	27
II.4. Reconstitution paléogéographique	28
II.5. Géologie locale :	30
II.6. Conclusion :	32
CHAPITRE III : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	33
III.1. Cadre Hydrogéologiques de la zone d’étude	34
III.1.1. La nappe phréatique	34
III.1.2. La nappe de Complexe Terminal.....	34
III.1.3. La nappe du Continental Intercalaire.....	35
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES	37
IV.1. Introduction	38
IV.2. Méthode de travail	38
IV.3. Protocole d’échantillonnage des solutions	38
IV.4. Techniques de mesures et d’analyses des solutions	38
IV.4.1. Mesures in situ	38
IV.4.2. Analyses au laboratoire	39
CHAPITRE V : HYDROGEOCHIMIE	44
V.1. Introduction :	45

V.2. Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux:.....	46
V.3. Faciès chimiques des eaux :.....	46
V.4. Origine des éléments chimiques :.....	47
V.4.1. Origine de chlorures Cl^- et sodium Na^+ :.....	47
V.4.2. Origine des sulfates (SO_4^{2-}) et du magnésium (Mg^{2+}) :	47
V.4.3. Origine de calcium Ca^{2+} :.....	48
V.4.4. Origine des carbonates CO_3^- :	49
V.4.5. Origine du potassium K^+ :	50
Conclusion Générale :	52
Référence Bibliographie :	53

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
01	Les moyennes mensuelles des 03 principaux indicateurs climatiques dans la région d'Ouargla	15
02	Températures Maxima et minima	16
03	Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux	46

Liste des figures

N°	Tableaux	Page
1	Situation géographique de la wilaya d'Ouargla et la commune d'El Hadjira	13
2	Carte des températures moyennes annuelles d'après l'ANRH (1997)	17
3	Carte de l'altitude de la zone d'étude	18
4	Carte géologique du Sahara septentrionale (d'après G-Busson G, 1967)	22
5	Carte géologique du Bas-Sahara (d'après Nesson, 1978)	23
6	Colonne stratigraphique typique du Sahara septentrional (Sonatrach Division Forage, 2004)	24
7	Coupe géologique du Sahara (Sonatrach, 1972).	28
8	Carte de situation des forages de la region d'el hadjira	30
9	Coupe lithologique N°1	31
10	Coupe lithologique N° 2	32
11	Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec le sens d'écoulement des deux nappes.	36
12	Mode typique d'un titrage	41
13	Diagramme de piper des eaux de la nappe Mio – pliocène d'El Hadjira	45
14	La relation Cl^- et Na^+	46
15	La relation le SO_4^{2-} et Mg^{2+}	47
16	La relation SO_4^{2-} et Ca^{2+}	48
17	La relation CO_3^- et Ca^{2+}	49

Liste des abréviations :

ANRH Agence Nationale des Ressources Hydriques

BICIPE Bulletin International Centre Of Insect Physiology And Ecology

CI Continental Intercalaire

CT Complexe Terminal

ERESS Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional

MP Mio-Pliocène

OMS Organisation Mondiale de la Santé

ONM Office National de Météorologie

SASS Système Aquifère du Sahara Septentrional

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Le Sahara algérien peut être considéré parmi les plus grands déserts du monde, il recèle d'énormes réserves d'eaux souterraines. Ces eaux se trouvent sous forme de nappes aquifères contenant dans des horizons géologiques de différentes profondeurs et épaisseurs, on distingue le Continental Intercalaire dit (CI) et le Complexe Terminal dit (CT). Ces deux systèmes aquifères renferment plusieurs nappes d'eaux superposées l'une sur l'autre.

Notre travail consiste à la reconnaissance de la géologie et de la région en se basant essentiellement sur les caractéristiques lithologiques et minéralogiques de la formation aquifères du Mio-Pliocène, puis faire des confrontations des résultats de ces reconnaissances à ceux des analyses physico-chimiques des eaux dont le but est de trouver les rapports et liens entre ces deux éléments et surtout l'influence de la lithologie sur la qualité des eaux et leur composition chimique.

Le manque de documentation traitée et organisée sur la géologie et la lithologie des aquifères de cette région nous a mené à faire recours à des méthodes d'approche multiples et complémentaires: un travail de bureau consiste à traiter des données bibliographiques et des données techniques des rapports de fin des forages, réaliser des logs stratigraphiques et tracer des coupes géologiques à l'aide de l'outil informatique, déterminer la lithologie et la géométrie des aquifères, puis faire des graphiques d'évolution géochimiques des eaux afin de suggérer l'origine de chaque élément majeur en fonction de la lithologie et de la minéralogie.

Afin de mener à bien ce travail, nous avons adopté une structure de mémoire contenant les cinq chapitres suivants :

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE

Dans ce chapitre, on a présenté la situation et le cadre physique de notre région d'étude, puis, on a synthétisé les composantes climatiques essentielles dans le but de déterminer l'influence de ce facteur sur les eaux et leur composition chimique.

CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE

On a exposé dans ce chapitre, la synthèse des travaux antérieurs portant sur les caractéristiques géologiques et lithologiques des aquifères et du sous sol de la région Est du Sahara septentrional, afin de déterminer la relation existant entre la lithologie et la composition chimique des eaux.

CHAPITRE III : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce troisième chapitre consiste à présenter les caractéristiques hydrogéologique de l'aquifère du Mio-Pliocène de notre zone d'étude en se basant sur les travaux portés dans ce sens dans le but d'exploiter ces reconnaissances dans l'interprétation des résultats obtenus.

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

Ce chapitre expose les différentes méthodes et approches suivies pour étudier l'évolution du chimisme des eaux en fonction de la lithologie (reconnaissance géologique, méthodes d'analyses physico-chimiques des eaux, outil informatique).

CHAPITRE V : HYDROGEOCHIMIE

Dans ce chapitre, on a présenté les résultats obtenus à partir de la description des coupes géologiques et présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux, afin d'exploiter le maximum de ces reconnaissances dans l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux pour bien déterminer la relation existant entre lithologie et eau.

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE

I.1. Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous nous proposons de présenter les principales données qui concernent le cadre physique de la région d'étude, la situation géographique et le climat.

I.2. Situation géographique de la Wilaya d'Ouargla

La wilaya de Ouargla est située au sud –Est du pays .elle couvre une superficie de 163.233 km² elle occupe la partie centrale du Sahara limité au nord par les wilayas de Djelfa et EL Oued. A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa à l'Est et au Sud, elle est bordée respectivement par la frontière Tunisienne; ainsi que les wilayas de Tamanrasset et Illizi, administrativement elle est composée de dix Daïras et vingt et une 21 communes, dont la commune d'El Hadjira la zone objet de notre étude.

I.3. Situation géographique de la commune d'El Hadjira

La région d'El Hadjira est située dans le prolongement du grand bassin de la partie nord Est du Sahara, qui s'étend sur une superficie de 9114,49 Km² environ du lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'Oued M'ya.

Il est caractérisé par un ensemble des chottes tel que : Chott El Malah et Chott Baghdad qui sont des dépressions d'orientation NE -SW. (Fig. 1).

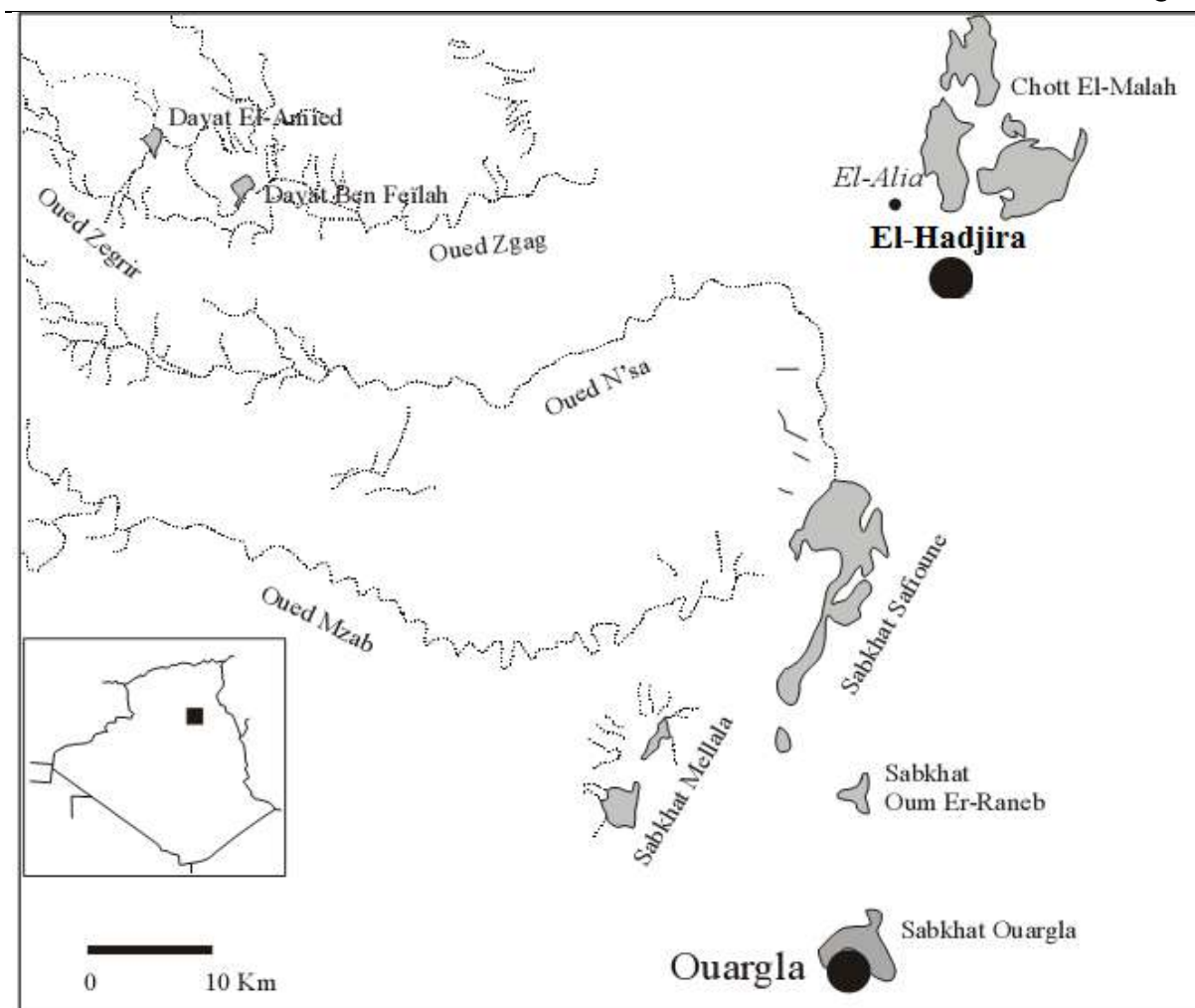


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya d'Ouargla et la commune d'El Hadjira

DMS 32° 37' 0" N, 5° 31' 0" E

Décimal 32.616667, 5.516667

UTM 31S 736140 3611588

I.4. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ETAT INITIAL DE LA REGION D'ETUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT

L'inventaire des composantes physiques, biologiques et humaines de la région d'étude présenté dans les sections qui suivent a été réalisé à partir de :

- La revue de la documentation pertinente disponible (études, rapports, cartes, etc.) ;
- Visite et de relevés effectués sur le terrain

I.4. 1. Le milieu physique :

I.4. 1. 1. Données climatologiques

De type saharien, le climat de la wilaya d'Ouargla se caractérise par une forte aridité avec des températures élevées en périodes estivales, des précipitations très faibles ne dépassant pas 60 mm en moyenne par an sauf dans les endroits les plus arrosés qui arrivent annuellement à 70 mm. L'humidité relative de l'air est faible, la luminosité est intense et l'évaporation est forte. Cette dernière s'élève à 2 500 mm par an et varie de 2 mm/jour en hiver et à près de 15 mm/jour en été. Les vents sont parfois violents.

Le climat de la région d'Ouargla se caractérise par un climat Saharien, qui connue par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée.

A. Pluviométrie

Les précipitations dans cette région sont généralement faibles, peu fréquentes et irrégulières. Les quantités de pluies qui se sont abattues et enregistrées au niveau de la station restent très limitées.

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE

Tableau 01: Les moyennes mensuelles des 03 principaux indicateurs climatiques dans la région d'Ouargla

Mois	Humidité (%)	Précipitations (mm)		Température C°
		Pluie (mm)	Nb de jours	
Septembre	44	7.70	3	30.00
Octobre	45	3.90	4	23.30
Novembre	53	Néant	0	16.90
Décembre	47	Néant	0	14.00
Janvier	53	4.40	2	13.70
Février	46	T	1	17.50
Mars	39	T	1	20.50
Avril	39	0.70	1	24.50
Mai	35	1.70	2	26.60
Juin	30	3.00	3	33.90
Juillet	28	2.20	3	36.70
Aout	30	T	1	36.30
MOYENNE	41.00	1.90	1.80	24.50

B. Températures

Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (Aout) sont de 34,5° C à Ouargla et de 34° C à Ouargla. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 11,1° C à Ouargla.

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE**Tableau 02 : Températures Maxima et minima**

MOIS	Station d'Ouargla		Station de Touggourt	
	Maxima	Minima	Maxima	Minima
Septembre	36.90	22.80	35.00	22.10
Octobre	30.70	16.20	29.00	15.70
Novembre	24.90	9.70	23.40	9.50
Décembre	21.30	6.60	19.30	6.20
Janvier	21.60	6.60	19.10	6.70
Février	25.40	9.60	23.10	8.40
Mars	28.10	12.90	26.00	11.30
Avril	31.30	17.10	29.50	15.60
Mai	33.60	18.70	31.40	17.50
Juin	41.30	25.30	38.90	24.40
Juillet	43.90	28.40	42.00	27.10
Aout	43.60	28.20	41.80	26.90

Source: ONM Ouargla

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE

- La Hamada Mio-Pliocène : C'est une formation continentale détritique, qui forme des plateaux dont l'altitude varie de 150 à 180 m ;
- Les formations sableuses : correspondant aux cordons d'erg et des dunes ;
- Les étendus : correspondant aux anciens lits d'Oueds.

Du fait de l'aridité du climat, le réseau hydrographique saharien s'est dégradé au fil du temps depuis le Quaternaire récent.

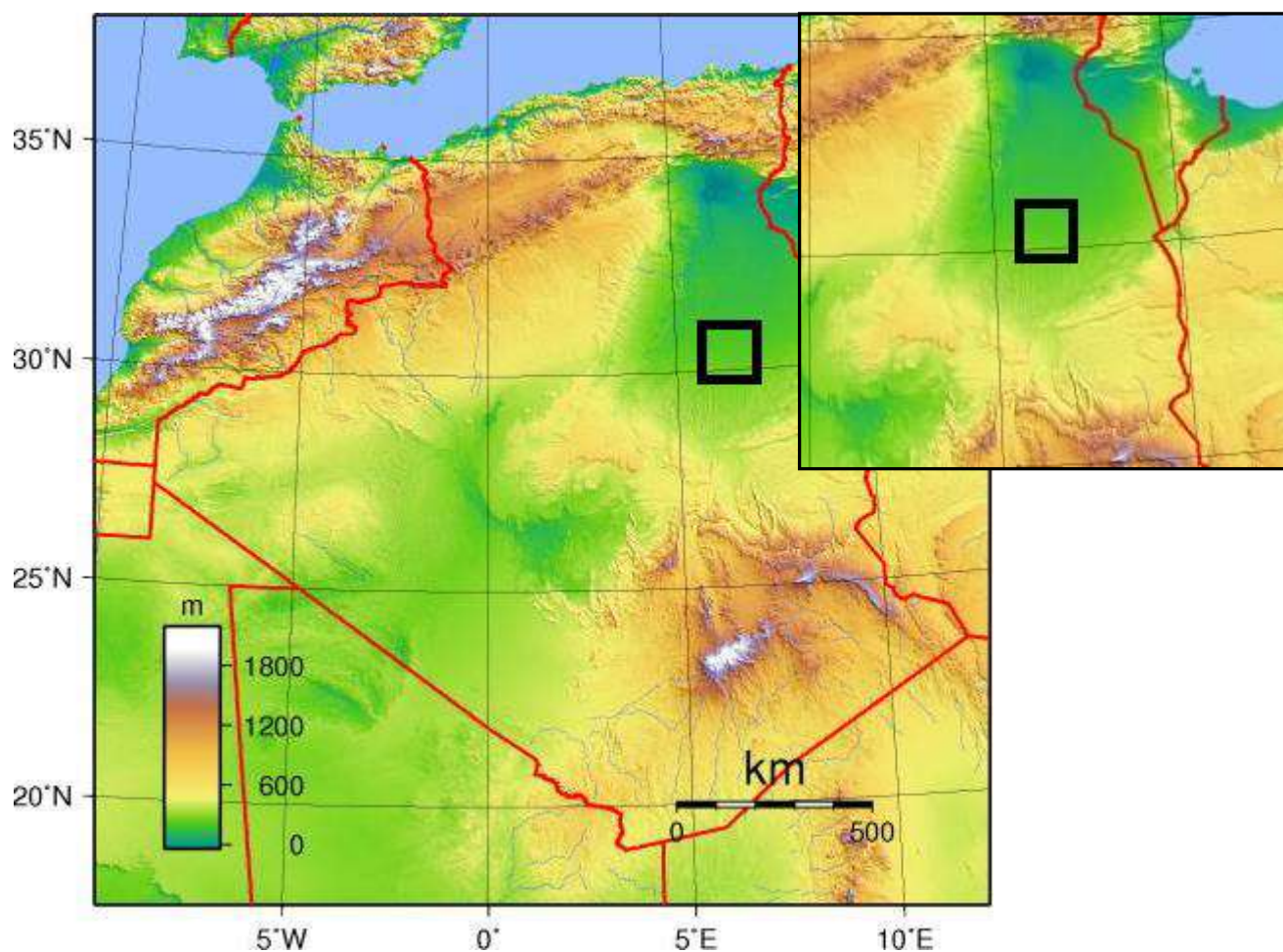


Figure 3: Carte de l'altitude de la zone d'étude

(Source: Google Maps)

I.4. 2. Milieu Biologique

I.4. 2. 1. Flore

Le couvert végétal est rare, il dépend de la nature du sol et de l'hydrographie, on rencontre une végétation herbacée et arbustive dans les lits d'oueds, les vallées et les environs immédiats des gueltas. Au niveau du grand erg oriental, le drinn : *aristida pungens* est le principal végétal, il est souvent associé à une végétation arbustive (*Retama Retam*, *Ephedra Alata*, *Genista Saharae* et *Calligonum azel*) et par quelques plantes herbacées (*Cyperus conglomeratus* et *moltkiz ciliata*).

I.4. 2. 2. Faune

En milieu désertique, la faune y est rare. On rencontre dans la région des mammifères insectivores (hérisson, rat à trompe), carnivores (fennec, chacal) rongeurs (gerbilles, souris, gerboises, lièvres), ainsi que des ongulés (gazelles). Les espèces d'oiseaux sont peu nombreuses (corbeau brun, perdrix ganga). On rencontre aussi des reptiles et des arachnides (scorpions ...). Les insectes constituent quand à eux la population animale la plus variée et la plus nombreuse.

CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE

II.1. Introduction

La géologie du bassin de Sahara septentrional a été étudiée en se référant aux anciens travaux géologiques, réalisés par de nombreux géologues chercheurs tels que : J.FABER et G.BUSSON et al (1967), qui ont réalisé la carte géologique de Sahara Algérien au 1/2.000.000, (1967)

Ces travaux sur le bassin de Sahara septentrional ont montré qu'il s'agit des terrains sédimentaires affleurent en surface qui offrent aux géoscientifiques un corpus vierge, une situation de départ, une source d'inspiration et un pôle d'observations et de réflexions où de nombreuses questions demeurent non résolues et vagues et qui suscitent par la suite un intérêt scientifique et économique.

De nombreux ouvrages ont été alors consacrés à cette région. Les écrits de Jean Fabre sur cette région décrivent les aspects géologiques qui étaient très nombreux et le lecteur avait toujours la curiosité de les feuilleter.

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain. Donc la connaissance de géologie est primordiale.

II.2. Cadre géologique régional

La région d'Oued Mya fait partie de bassin du Sahara oriental, il appartient à la plate forme saharienne dont elle ne constitue qu'un sous bassin intra-cratonique, sa bordure Nord s'allonge progressivement vers la flexure sud atlasique saharienne où l'existence d'un fossé très subsidant au Mésozoïque donnera naissance à la chaîne péri-cratonique de l'Atlas saharien.

L'évolution de la région d'Oued Mya (d'après BICIPE) depuis le Cambrien comporte deux étapes majeures :

- 1- La sédimentation du Paléozoïque, pratiquement restreinte au Paléozoïque inférieur et sa structuration pré-hercynienne,
- 2- La création d'un bassin au Trias et son évolution au cours du Mésozoïque et du Tertiaire.

Ces deux étapes principales de l'histoire régionale conduisent à considérer deux mégacycles sédimentaires, paléozoïque et mésozoïque, classiquement séparés par la discordance hercynienne, avec la pérennité pendant tout le Paléozoïque des zones hautes structurant la région.

Le bassin oriental se présente également comme un vaste synclinal. Cette structure est orientée est-ouest ; elle sépare la fosse des chotts, au nord, du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région.

D'après Cornet et Gouscov (1952) ; Cornet (1964) ; Bel et Cuche (1968 et 1971) ; et les travaux de l'Ecole des Mines de Paris en 1975 : La carte géologique (fig.4 et 5) de la région ne fait apparaître qu'une couverture tabulaire de terrains tertiaires, et de dépôts détritiques quaternaires.

La lithostratigraphie est plus ou moins complète, elle n'est connue que grâce aux forages profonds d'exploration pétrolière ou hydraulique.

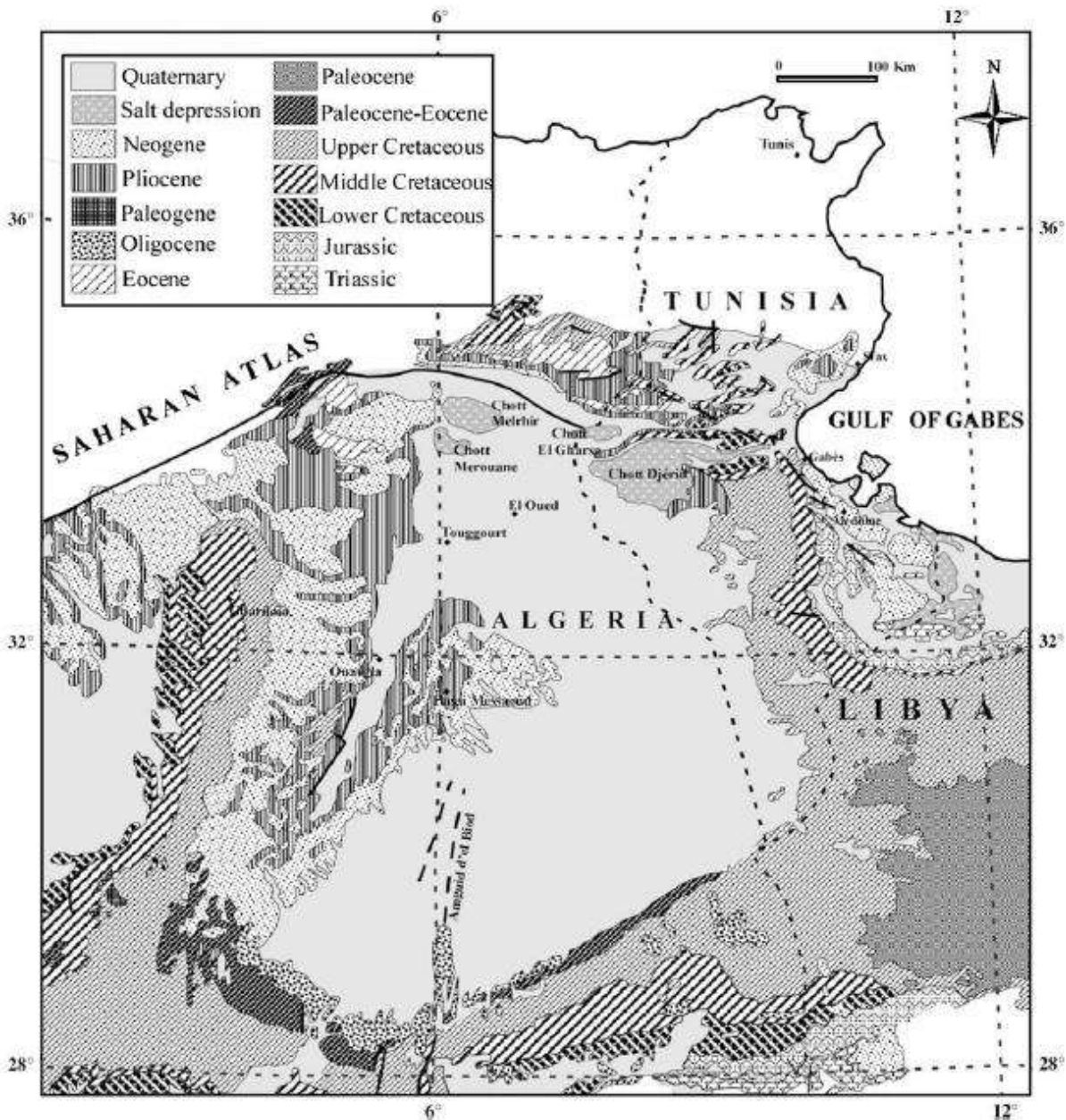


Figure 4: Carte géologique du Bas-Sahara (d'après Nesson, 1978)

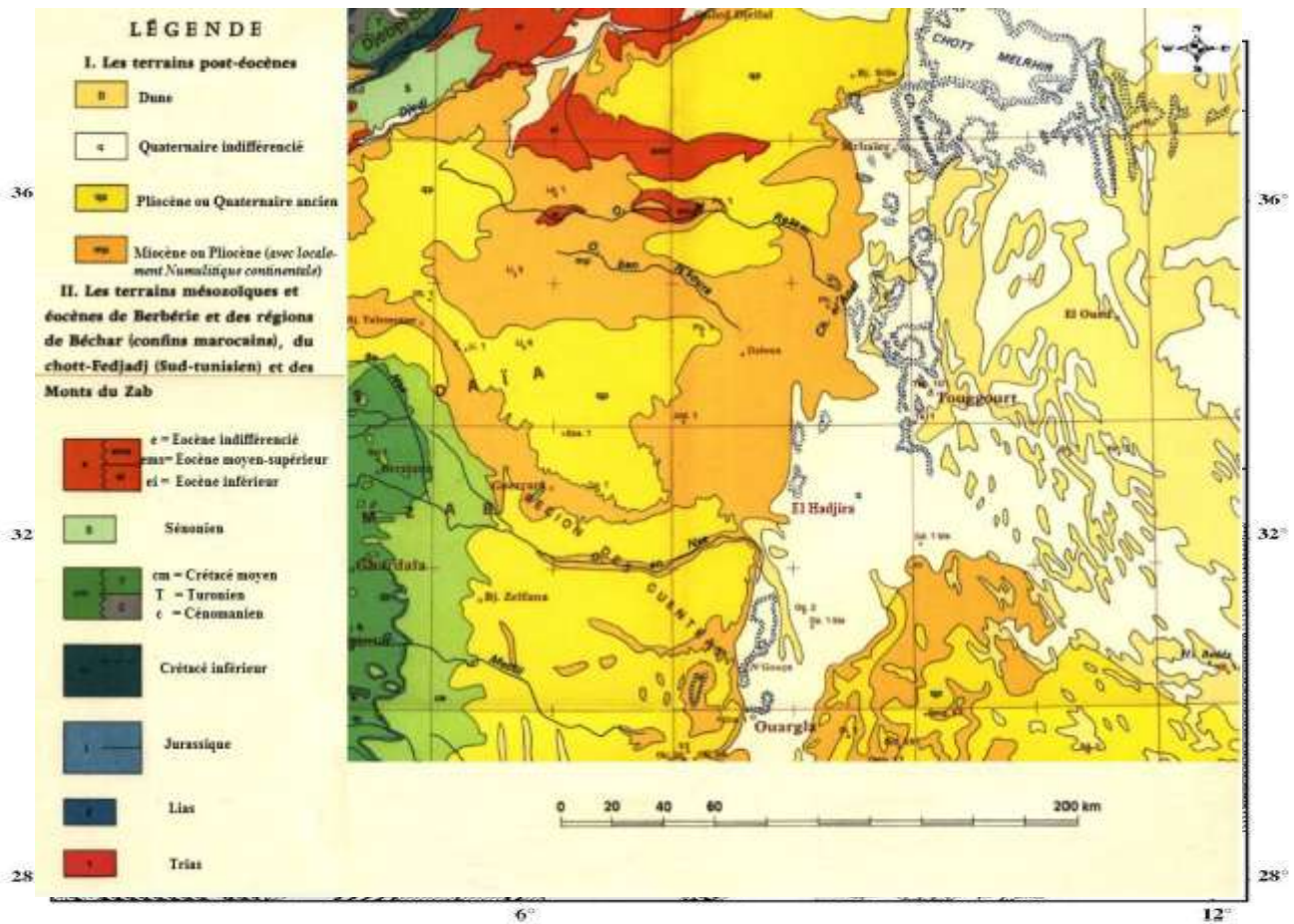


Figure. 5: Carte géologique du Sahara septentrional (d'après G-Busson G, 1967)

II.3. Stratigraphie

Les formations qui se représentent dans la zone d'étude sont (Fig. 6):

II.3.1. Le Paléozoïque

II.3.1.1. Le cambrien

Les dépôts cambriens reposent sur le socle cristallin et sont représentés par des grès et des quartzites à passées conglomératiques. L'origine de ces ensembles est azoïque grés-conglomératique. Ce sont continentales (fluviale).

II.3.1.2. L'Ordovicien

L'Ordovicien dans la région de Sahara septentrional est comme celle dans le sud tunisien, les premiers sédiments de l'ordovicien sont datés du Trémadoc, ils sont des grès bien classés, dits « grès isométriques d'El Gassi ». Les sondages pétroliers ont traversé, sous le grand Erg orientale, un ordovicien « moyen » argileux ou argilo-gréseux. Ce sont les formations de Hassi Touareg. Celui-ci comporte un membre argileux médian (Azal), riche en fossiles (graptolites, brachiopodes, lamellibranches, trilobites), encadré de deux membres gréseux, les grès d'Ouargla à la base, et ceux de l'Oued Saret au-dessus. Les superpositions des autres

séries gréseux tel que grès d'El Hamra grès El Atchan contiennent de mince intercalations argileuses. Elles ont livré des graptolites de l'Arenig inférieur. Épaisseur de cette série et de 300 à 400m.

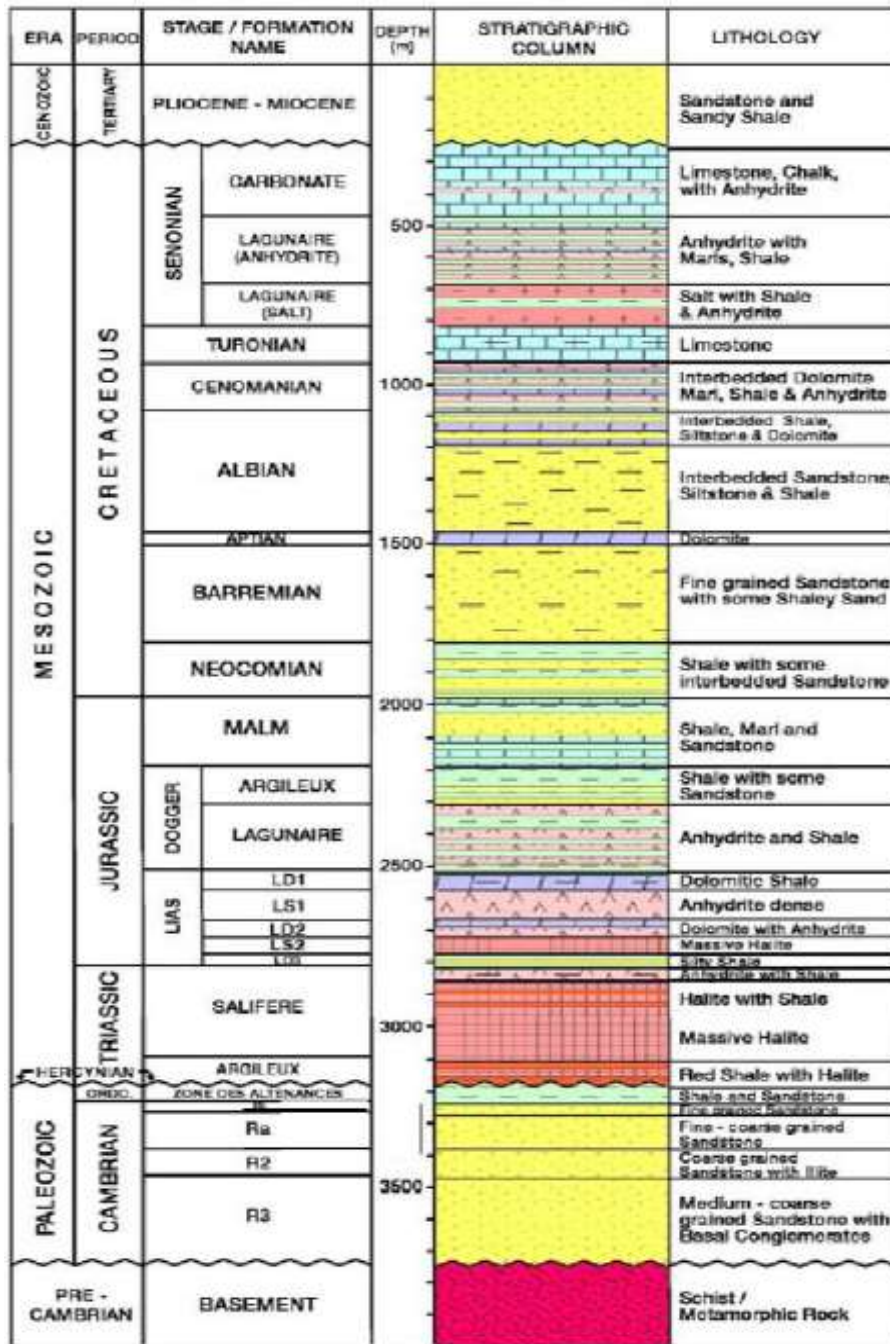


Figure 6 : Colonne stratigraphique typique du Sahara septentrional (Sonatrach Division Forage, 2004)

II.3.1.3. Le Silurien

Le silurien est caractérisé par une sédimentation terrigène fine, argileuse en milieu marin. Il est formé des argiles noires et siltites à graptolite, des argiles à passées gréseuses et rares bancs carbonatés sont bien développées au Sahara septentrional d'environ 600m d'épaisseur. Des nombreux sondages pétroliers les ont rencontrées sous une couverture de terrains méso-cénozoïques. Les fossiles caractérisant de silurien du sahara septentrional sont des orthocéres, quelques petits trilobites (Phacops), des lamellibranches (Cardiola) qui caractérise du silurien, des débris de poissons cuirassés (Massa et al, 1965) et des graptolites.

II.3.1.4. Le Dévonien

Le Dévonien du Sahara oriental apparaissait autrefois comme un mégacycle sédimentaire bien caractérisé. Le passage du silurien au Dévonien se fait au sein d'une sédimentation argileuse continue. Plus tard, reprise de sédimentation sableuse fine (formation des grès de Zeilmet) à laquelle succède une sédimentation argileuse parfois interrompue par des dépôts calcaires

II.3.1.5. Permo-Carbonifère

Le Carbonifère correspond au cycle sédimentaire paléozoïque final. On peut l'observer dans les domaines occidentaux et orientaux, séparés par le môle d'Amguid-El Biod- Messaoud d'où les dépôts sont absents. Les faciès varient, de marin profond jusqu'à continental. De même, les épaisseurs varient de 900m à l'est pour atteindre 2800m à l'ouest.

II.3.2. Le Secondaire

II.3.2.1. L'Albien

A la base de l'albien, les grès fins rouges avec des intercalations argileuses, Suivi des couches d'une épaisseur de 50 à 60 m. La partie inférieure est entièrement continentale alors que la partie supérieure comprend des argiles, des marnes, des anhydrites, des calcaires et des dolomies. Au sommet, l'Albien, avec une puissance de 400 m, et qui renferme principalement des grès rouges avec des intercalations argileuses L'ensemble a une épaisseur de l'ordre de 500 m. On y trouve peu de fossiles : des débris de bois, des mollusques.

II.3.2.2. Le Vraconien

Le Vraconien est représenté par des dépôts de 70 m à 100 m de calcaire dans le nord du grand erg oriental. Il est représenté par des dolomies microcristallines et de calcaires dolomitiques à intercalation d'argiles pélitiques et de marnes dolomitiques de couleur brune ou rouge. Ce Vraconien carbonaté n'est qu'un terme de passage entre l'Albien gréseux (sommet du Continental Intercalaire), et le Cénomaniens argilo-carbonaté (base de Complexe Terminal).

II.3.2.3. Le Cénomanién

Busson et Cornée (1991) remarquent que du gypse, de l'anydrite et des argiles de Cénomanién se déposent dans le Sahara juste avant la transgression marine cénomanién. L'argile verte de Cénomanién est riche en bancs de gypse (évaaporites) et son épaisseur semble varier d'environ 100 à 200m d'épaisseur, La faciès caractéristiques ce sont des argiles et gypse de faciès laguno-marin qui marquent le début de la grande transgression néo-crétacée après la phase d'émersion du « Continental intercalaire ». Ces dépôts, parfaitement imperméables, constituent le « toit » de la nappe aquifère en charge contenue dans les grès sous-jacents. L'épaisseur est de 300 à 500 m.

Au cénomanién supérieur, la mer s'avance sur une pénéplaine en parle de la transgression Cénomanién. A cet âge en remarque des faciès de calcaire à ammonites.

II.3.2.4. Le Turonien

Le Turonien du Sahara septentrional est constitué des calcaires crayeux en gros bancs à silex, ces formations affleurant sont formés par les plateaux, les cuestas de Tademaït, du Tinrhert et du Dahar. Ils sont d'épaisseur de 120 m environ.

II.3.2.5. Le Sénonien

Le Sénonien est constitué de deux formations lithologiques superposées :

- ❖ **Le sénonien inférieur (lagunaire)**
- ❖ **le Sénonien supérieur carbonaté**

II.3.2.5.1. Le Sénonien lagunaire

Le sénonien lagunaire est marqué par des formations argileuses et salifères à anhydrite et de sel gemme. Quelques lits de lignite mais aussi de marnes dolomitiques, de dolomies ou de calcaire oolitique y sont interstratifiés. Ces derniers ont livré des poissons, des ostracodes, des foraminifères, des algues calcaires et des polypiers. Ces faciès indiquent tantôt un golfe à demi fermé et des lagunes où se déposent des évaaporites, tantôt un milieu continental de lacs d'eau douce ou de marais à lignites. Le Sénonien lagunaire a une épaisseur qui varie de 0 à 500 mètres.

II.3.2.5.2. Le Sénonien carbonaté (Maestrichtien)

Le Sénonien carbonaté est essentiellement constitué de calcaire crayeux fossilifère et argileux, dolomies beiges vacuolaires, dolomies calcaires à débris, marnes dolomitiques et marnes grises. L'épaisseur du Sénonien carbonaté dans la région d'Ouargla est de 90 mètres environ. La transition Sénonien lagunaire-Sénonien carbonaté est floue. On peut prendre comme limite supérieure du Sénonien lagunaire : soit le toit du dernier banc d'anhydrite lorsque le

changement est franc, soit le niveau où le pourcentage des carbonates devient supérieure à celui des évaporites, lorsque le changement de faciès est progressif.

II.3.3. Le Tertiaire

II.3.3.1. L'Eocène

Dans l'Eocène, on distingue deux formations lithologiques, comme dans le Sénonien :

- l'Eocène inférieure carbonaté à la base
- l'Eocène moyen évaporitique au sommet

II.3.3.2. L'Eocène carbonaté (Yprésien)

En Bordure du Grand Erg Oriental, l'Eocène est représenté dans la majeure partie du Bas-Sahara et jusque sur la bordure sahara septentrionale par des calcaires, des dolomies et des marno-calcaires à Nummulites et Operculines. Ces formations sont surmontés par des grès, marnes et calcaire à Globorotalia (Busson, 1964). Dans la région des Ziban ce sont ces calcaires qui, associés aux calcaires massifs du Sénonien terminal de la bordure atlasique, renferment la nappe aquifère alimentant les oasis du groupe de Tolga. Son épaisseur est de 140 mètres environ.

II.3.3.3. L'Eocène moyen évaporitique (Lutétien)

Les formations de L'Eocène moyen sont des séries lagunaires, à anhydrite, argiles et rares calcaires. A cette formation est associée une microfaune, d'âge éocène (moyen), constituée de nummulites, de milioles et de globigérines. A l'Eocène moyen annonçant l'émersion définitive de tout le Sahara septentrional algérien. Généralement, l'épaisseur de ces formations est faible

II.3.3.4. Le Mio-Pliocène

Le formations de Mio-Pliocène sont continentales de remblaiement constituées par une alternance d'argiles, d'argiles sableuses et de sables plus ou moins consolidés en grès dont la puissance est de l'ordre de 150 à 200 m. Des calcaires sont présents à la base dans la région de El Hadjira. Le Mio-Pliocène est donc caractérisé par une forte hétérogénéité, aussi bien dans la direction verticale que dans les directions horizontales. Bel et Dermagne (1966) ont tenté de différencier à l'échelle du bassin oriental du Sahara Algérien,

II.3.4. Le Quaternaire

La série tertiaire se termine par des formations argilo-sableuses rouges, avec dépôts évaporitiques, puis par quelques bancs calcaires assez épais. Une croûte de grès conglomératiques à ciment siliceux en forme la surface. Cette période, d'abord nettement sub-aride atténuée, correspond vraisemblablement au Plio-Villafranchien (Aumassip. et al, 1972).

Mais ces dernières formations n'apparaissent pas dans la vallée. Que ce soit par érosion fluviale (la subsidence récente des chotts Melghir et Merouane provoquant l'encaissement progressif de l'Oued Mya dans le plateau des Gantra), ou par déflation éolienne, les couches supérieures de la série tertiaire ont disparu du fossé et le remblaiement quaternaire, constitué de sables alluviaux ou éoliens, fins à moyen, et sables gypseux et parfois argileux ou carbonaté, vient reposer en discordance et irrégulièrement dans la vallée sur les séries moyennes du Continental Terminal. Les épaisseurs de ce dépôt détritique augmentent considérablement du Sud au Nord du bassin de 10 mètres environ. (Voir Fig. 7).

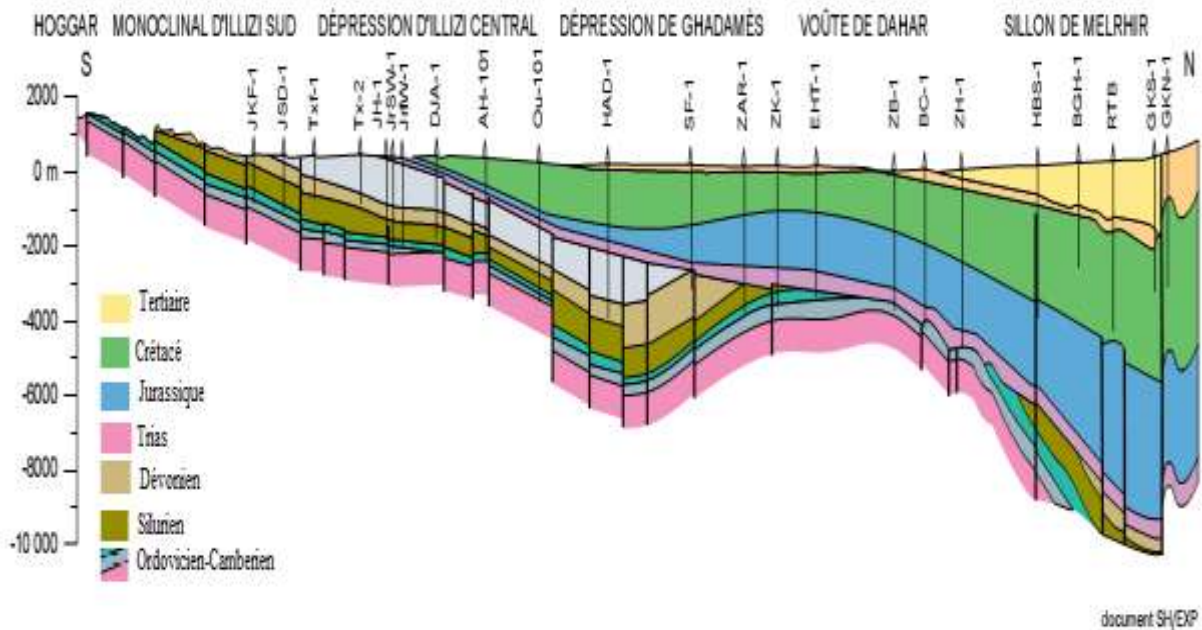


Figure. 7 : Coupe géologique du Sahara (Sonatrach, 1972).

II.4. Reconstitution paléogéographique

Pendant toute la première moitié de l'ère secondaire ; la sédimentation sur la plateforme saharienne a été de type continentale. Du trias à l'albien se sont en effet déposés des argiles et des sables d'origine éolienne ou fluviatile et des évaporites. On note cependant quelques rares intrusions marines en particulier au jurassique et à l'Albien. Ces dépôts constituent le continental intercalaire et contiennent la plus importante ressource aquifère du Sahara.

Au dessus des grès continentaux Albien, viennent en transgression, les calcaires marins du cénomaniens. Ces calcaires alternent avec des argiles et des évaporites. Cette alternance est l'indice d'un régime marin peu profond où les régressions sont responsables du dépôt d'évaporites et d'argiles gypsifères. La transgression Cénomaniens est très

vraisemblablement, venue du Nord- Est comme le montre l'épaississement de la série et l'augmentation du pourcentage des carbonates dans cette direction. Au Turonien, le régime marin s'est stabilisé permettant le dépôt d'une barre calcaire homogène atteignant, par endroit plus de 100m d'épaisseur. La transgression marine Turonien est venue comme la précédente, Nord- Est. Du Sud au Nord, le Turonien passe d'un faciès légèrement lagunaire (marnes vertes à anhydrites du Tademaït et Tinhert) à un faciès marin franc. Cette variation de faciès s'accompagne d'un épaississement des sédiments. La stabilisation du régime marin durant le Turonien n'est que passagère. En effet, dès le début du Sénonien, dans tout le Sahara oriental, se dépose en alternance, de l'Anhydrite, des sels, des argiles, des dolomies et aussi quelques bancs calcaires

En particulier, le dépôt en certains points, de plus de cent mètres de sel, témoigne du régime lagunaire qui s'est établi au Sahara oriental durant tout le Sénonien inférieur. Il est important de noter que le sénonien lagunaire n'existe que dans le bassin du Sahara oriental. On ne le connaît pas à l'Ouest de Laghouat.

Le régime marin franc se rétablit, une nouvelle fois au Sénonien supérieur et dépose la deuxième falaise calcaire. Cette transgression Sénonienne semble moins importante que la transgression Turonienne.

En effet ; d'une part, on trouve toujours dans les calcaires Sénoniens des petites intercalations d'évaporites, ce qui n'existe pas au Turonien. D'autre part, il est possible aussi que les dépôts du Sénonien supérieur aient été décapés par l'érosion avant la sédimentation du Mio-Pliocène. Au début du Tertiaire, pendant l'Eocène inférieur, la mer continue à recouvrir le Sahara oriental. Les calcaires à Nummulites semblent toujours concordants sur le Sénonien. Il est d'ailleurs très difficile de les distinguer les uns des autres.

Durant l'Eocène moyen et supérieur, les sédiments marins de L'Eocène inférieur sont peu à peu remplacés par des dépôts lagunaires où alternent les argiles, les évaporites et les calcaires .Ce dernier golf marin du Saharien est très réduit en surface. Il ne recouvre plus que le bas Sahara au Nord de Ouargla.

Ce sont les derniers dépôts de la mer Saharienne dont la disparition définitive se place vers la fin de l'Eocène, le Sahara se présente donc comme une grande plateforme émergée. Pendant tout l'Oligocène, l'érosion va pouvoir agir.

Au Mio-pliocène, après des modifications des structures apportées par les contres-coups de la tectonique Alpine, des sédiments argileux et sableux continentaux se déposent sur l'ensemble

du Sahara, à l'exception vraisemblablement du M'Zab, sans doute émergés à cette époque. Les dépôts du Mio-pliocène sont particulièrement épais (2000m) dans la fosse Sud-Atlantique.

II.5. Géologie locale :

Dans cette partie on a essayé de reconstituer le modèle géologique locale dans la région d'El Hadjira en se basant sur les logs de forages. Malheureusement le nombre de logs lithostratigraphiques disponibles était très limité, il y avait seulement 07 logs ce qui a compliqué notre tâche.

En utilisant le logiciel Rockworks, nous avons introduit les données relatives à la lithologie et les tops de chaque couche pour tous les puits disponibles. Les coordonnées des forages ont été convertis en UTM.

La première étape était d'établir une carte de situation des forages utilisés avec les altitudes.

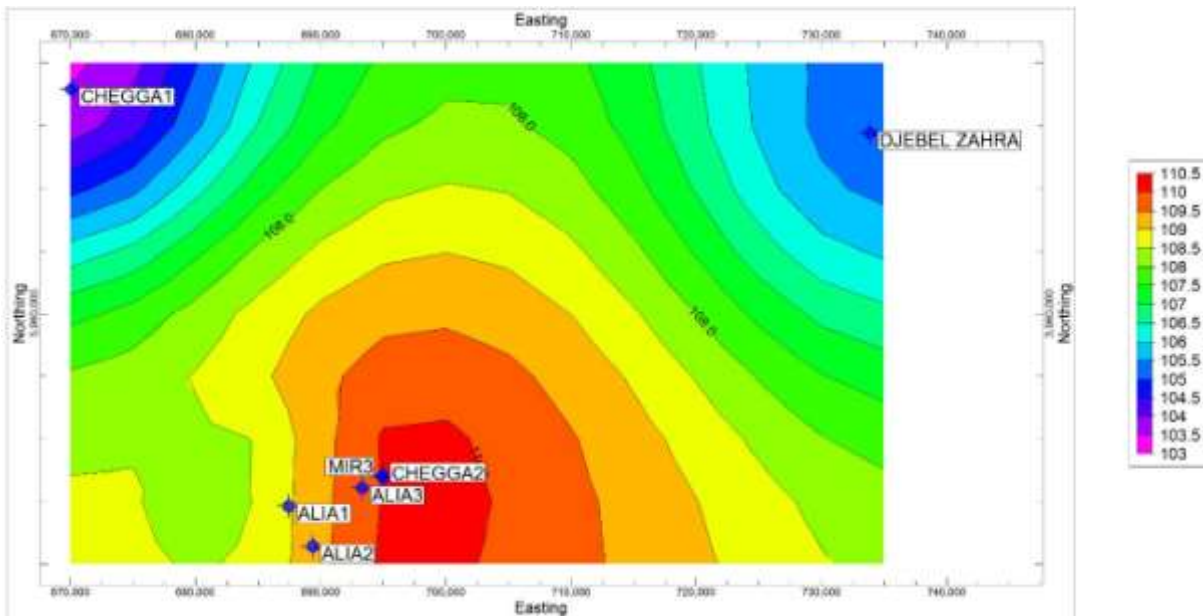
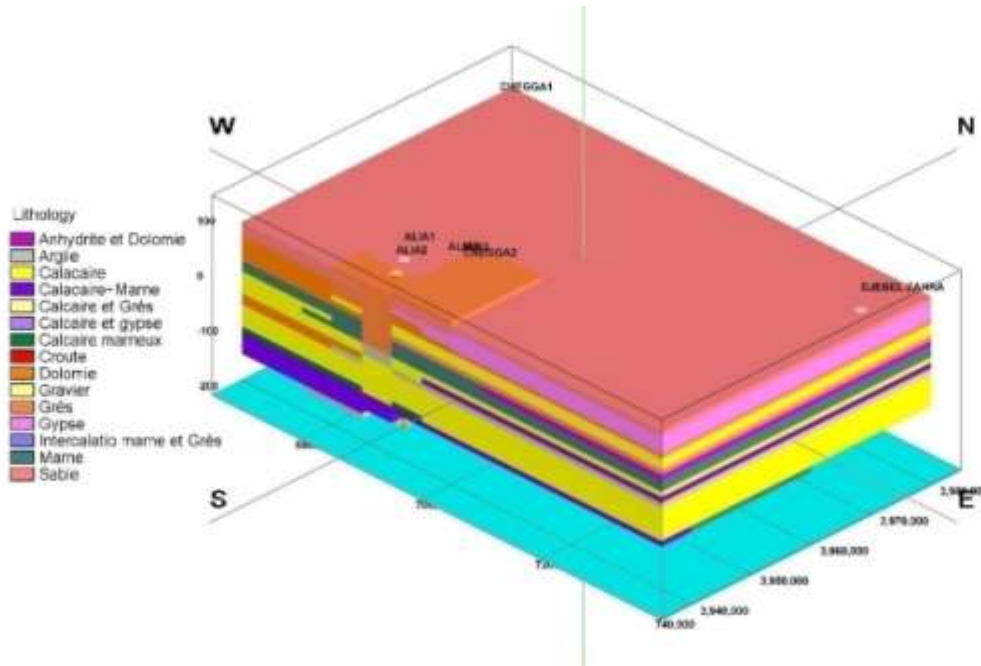


Fig. 8 : Carte de situation des forages de la région d'el hadjira

L'étape suivante était de construire un modèle lithologique globale qui permet par la suite d'établir des coupes lithologiques dans des endroits précis. Les formations géologiques sont tabulaires et majoritairement horizontales. Cependant, la continuité latérale n'est pas assurée ce qui se traduit par une grande hétérogénéité dans l'espace limité. De point de vue lithologique, on remarque une dominance évaporitique en surface, puis une tendance vers le faciès carbonaté en profondeur.



La première coupe lithologique établie est d'orientation sud-ouest nord-est reliant les forages Chegga 2, Alia 3 et Alia 2.

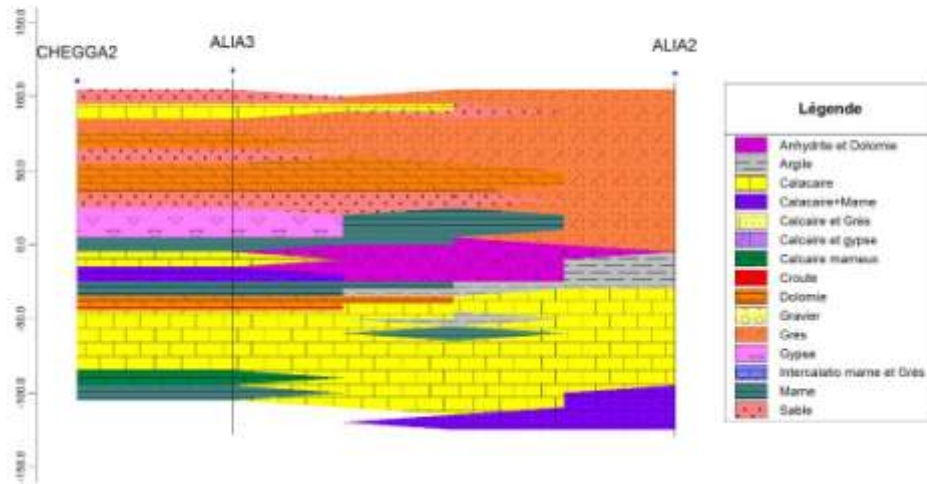


Fig. 9 : Coupe lithologique N°1

La deuxième coupe tracée été de même orientation ord-sud, elle relie les forages Alia 2, Alia 1 et Chegga 1. On observe un changement de faciès important au niveau du forge Alia 1 avec des intercalations de dolomite et anhydrite avec les calcaires. Cependant, la dominance des carbonates dans les niveaux profonds marque toujours L'Eocène et le toit du Sénonien.

**CHAPITRE III : CONTEXTE
HYDROGEOLOGIQUE**

III.1. Cadre Hydrogéologiques de la zone d'étude

Les études géologiques (Cornet, 1964; Busson, 1971; ERESS, 1972 Fabre, 1974;) et hydrogéologiques ont permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de part leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères sont de haut en bas :

- ✓ Nappe phréatique du Quaternaire
- ✓ Nappe Complexe Terminale (sables du Mio-Pliocène, des calcaires de l'Eocène inférieur et de Sénonien)
- ✓ Nappe des grés du Continental Intercalaire.

III.1.1. La nappe phréatique

La nappe phréatique ou nappe superficielle contenue dans les alluvions dont la profondeur varie dans l'agglomération entre 0,5 m et 1,5 m par rapport au niveau du sol, mais dans les zones les plus basses, elle se trouve pratiquement en surface. Cette nappe repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla jusqu'à la région d'El Hadjira extrémité nord de oued N'sa. Ce substratum imperméable isole des nappes artésiennes sous-jacentes. La nappe phréatique est essentiellement alimentée par les précipitations et les crues des oueds alimentée et par les eaux de drainage de la palmeraie et par les eaux usées. Les nappes le plus importants de la région d'El Hadjira sont celles de L'oued N'sa.

III.1.2. La nappe de Complexe Terminal

Cette nappe a été dessinée sous le nom de complexe terminal car elle est contenue dans les divers horizons perméables du crétacé supérieur et du tertiaire, essentiellement :

Le sénonien supérieur carbonaté (surtout le Maestrichtien) l'Eocène inférieur carbonaté et parfois alternance des niveaux d'argile, sable, et cailloutis, sableux d'âge Mio-pliocène. Ces couches aquifères étant en plus ou moins étroite relation.

Dans le bassin oriental, le complexe terminal s'étend sur une superficie de l'ordre de 350.000Km². La nappe du complexe Terminal est en charge à l'intérieur de la limite d'extension des argiles du Mio-pliocène. Elle est donc jaillissante dans le centre du bassin et libre sur les bordures (Dahar- M'Zab). Elle est en général peu profonde (100 à 400 mètres), de température peu élevée et de bonne composition chimique sur les bordures et moyenne dans le centre du bassin.

III.1.3. La nappe du Continental Intercalaire

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'albien. Il s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional sur une superficie de 600 000 km².

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux, sablo-argileux et de marne du Crétacé Inférieur (Albien et Barrémien). Il est considéré comme un réservoir très important dans l'exploitation des aquifères. Cependant, bien que l'intérêt majeur de ce système aquifère soit constitué par les grandes quantités d'eau qui ont été stockées pendant les périodes pluvieuses du quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées. La plus grande partie de l'eau de cette ressource a été remplie pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. Il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques au niveau des cours d'eau de l'Atlas saharien et de quantité inférieure au plateau du Tademaït (manque de pluviométrie). C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. dans la région d'El Hadjira, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur et d'une température d'eau qui dépasse les 60 °C.

Les eaux du Continental Intercalaire sont caractérisées par :

- ✓ Une température qui dépasse les 60°C sauf aux endroits où l'aquifère est proche de la surface du sol.
- ✓ Une charge en H₂S et CO₂ qui lui donne un caractère corrosif.
- ✓ La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2g/l de résidu sec et peut atteindre les 5g/l (Gassi Touil).
- ✓ L'alimentation de la nappe, relativement faible, se fait par ruissellement à la périphérie du réservoir, tout au long et à l'extrémité des Oueds, qui descendent des monts de l'Atlas saharien, du Dahar tunisien, du plateau de Tademaït et Tihert et par les pluies exceptionnelles sur les grands ergs.
- ✓ L'écoulement des eaux de cette nappe se fait dans la partie occidentale du Nord vers le Sud et dans sa partie orientale de l'Ouest vers l'Est (Tunisie) et du Sud vers le Nord (voir l'étude de ERESS, (1969). il montre que la nappe du complexe terminal se divise dans le chott par percolation de quantité importante d'eau (par drainance) de l'ordre 62.34 x 10⁶ m³/an (fig. 11).

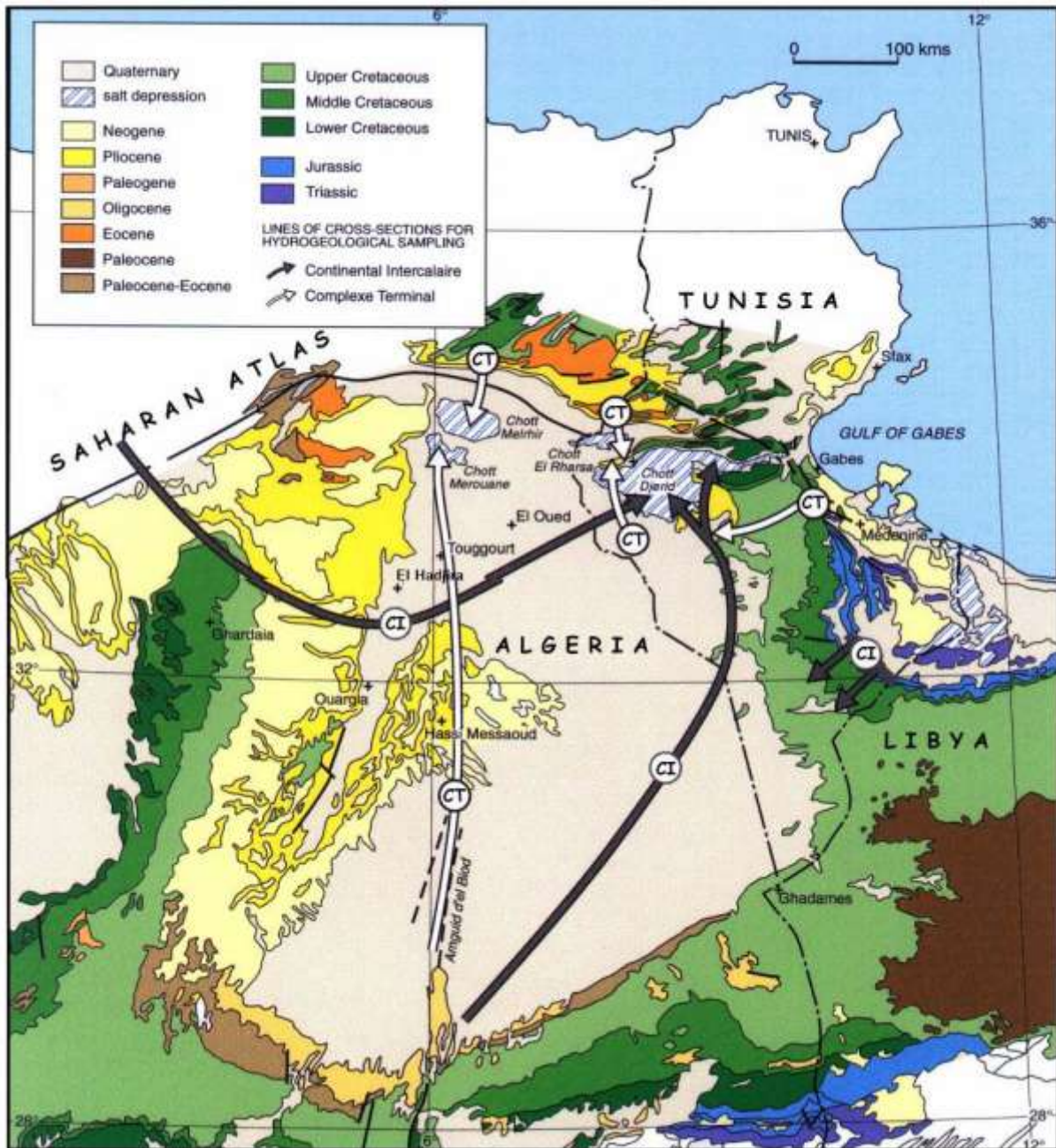


Figure. 11 : Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec le sens d'écoulement des deux nappes. (D'après ERESS, 1969)

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

IV.1. Introduction

Avant d'exposer les résultats des mesures et d'analyses physico-chimiques d'eau obtenus dans notre zone d'étude (EL HADJIRA), nous jugeons utile de présenter les conditions et le mode d'échantillonnage, ainsi que les techniques de mesure et d'analyse de nos échantillons. Des outils informatiques (logiciels), employés pour le traitement de nos résultats, nécessitent d'être brièvement présentés.

IV.2. Méthode de travail

L'objectif de notre étude est de caractériser la nappe Mio pliocène de la région d'El Hadjira. Pour cela, nous avons procédé à la méthode d'étude suivante :

- ✓ Une étude documentaire sur la région d'El Hadjira
- ✓ Un échantillonnage depuis le mois d'Avril jusqu'au mois du Juin.
- ✓ Des analyses in situ
- ✓ Prélèvement des échantillons d'eaux pour analyses au laboratoire

IV.3. Protocole d'échantillonnage des solutions

La séquence de mise en flaconnage lors des prélèvements est ainsi : anions, cations. Cet ordre n'est pas choisi au hasard. Tout d'abord, la quantité nécessaire pour l'analyse des éléments majeurs est prélevée sans acidification. Le flacon de prélèvement est rincé avec un peu d'échantillon avant de le remplir. Ensuite, Tous les échantillons une fois prélevés sont conservés dans une glacière, et dans un délai maximal de 12 heures placés dans un frigo à 5°C.

Plusieurs paramètres ont été mesurés in situ pratiquement en tous les points prélevés. Cela concerne : la température, le pH, la conductivité et le positionnement géographique. La qualité des mesures des paramètres chimiques et physiques sur le terrain a été contrôlée grâce à la balance ionique pour la fiabilité des résultats.

Pour les analyses physico-chimique : Les trois prélèvements sont repartis comme suite ; les prélèvements pendant période de Trois mois (Avril jusque Juin).

IV.4. Techniques de mesures et d'analyses des solutions

IV.4.1. Mesures in situ

Les analyses comprennent les mesures des variables suivantes de l'eau :

La température en °C, Il était mesuré à l'aide d'un thermomètre. Le pH, Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre avec une résolution de 0,1. troisième paramètre si la conductivité en mS/cm, Il été mesuré à l'aide d'un conductimètre de sonde type DS 307.

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

Les mesures ont été réalisées à partir d'Avril 2018 jusque Juin 2018. Les variables sont mesurées généralement entre 08h00 -00h00 sur notre site d'étude. Les mesures sont effectuées avec des sondes électroniques appropriées pour chacun des paramètres.

IV.4.2. Analyses au laboratoire

IV.4.2.1. Spectrophotométrie

C'est la méthode analytique la plus utilisée en analyse d'eau. Elle nécessite la mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de l'élément recherché. Elle s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière ne laisse passer qu'une fraction de la lumière incidente; la quantité de la lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché (loi de Beer-Lambert).

IV.4.2.1.1. Caractéristiques de l'appareil DR-2000

L'appareil est un spectrophotomètre type DR-2000 dans le domaine du visible (325 à 900 nm) Il est préprogrammé pour la quantification de divers éléments et composés minéraux « inorganiques » contenus dans l'eau. L'analyse de l'élément ou du composé est réalisée suite à une complexation de celui-ci avec le réactif ajouté ce qui développe certaines couleurs. L'intensité de la couleur obtenue et le choix approprié de la longueur d'onde permettent l'analyse (i.e. l'obtention de la concentration) de l'élément ou du composé dans l'échantillon.

IV.4.2.1.2. Mode opératoire

1. mettre l'appareil sous tension;
2. choisir la méthode no 0, pour lecture de l'absorbance;
3. ajuster la longueur d'onde à 560 nm;
4. emplir une cellule d'eau déionisée et faire le zéro de l'appareil avec cette cellule;
5. emplir une cellule avec une solution standard;
6. ajouter le contenu d'une gélule de réactifs à la cellule, bien agiter, attendre au moins 2 minutes pour permettre au complexe de se former complètement;
7. mesurer l'absorbance de la solution.

Les sulfates ont été analysés par un spectrophotomètre type DR2000, marque HACH, avec des réactifs en gélules :

Élément ; Longueur d'onde ; Réactif.

Les sulfates (SO_4^{2-}) 450nm SulfaVer 4

IV.4.2.2. Émission de flamme

L'émission de flamme est principalement une méthode d'analyse quantitative. La pratique de cette méthode, on réalise une courbe d'étalonnage avec une gamme étalon ou l'intensité émise est proportionnelle à la concentration. Pour les concentrations faibles (quelques mg/l en général), l'absorbance est proportionnelle à la concentration si la loi de Beer-Lambert est on obtient une droite. En revanche, pour les concentrations plus élevées les cas des eaux salés. On procédera à des dilutions suffisantes pour travailler dans le domaine linéaire ou quasi-linéaire.

Par un calcul très simple qui sera développé, on remonte facilement à la concentration initiale de l'élément ou niveau de notre échantillon. Il faut cependant se trouver dans le domaine de validité de la loi de Beer-Lambert pour obtenir des résultats précis.

Le sodium Na^+ , et le potassium K^+ : sont analysés par le photomètre à flamme, de marque Sherwood flamme photomètre. Photomètres de flamme Modèle 410, de précision : < 0.2 ppms.

Les réactifs sont des solutions étalons de chaque élément qui sont préparé au niveau du LGEO (Laboratoire Géotechnique et Environnement).

IV.4.2.3. La titrimétrie

La titrimétrie c'est l'opération qui consiste à déterminer la concentration d'une espèce chimique (Ca, Mg, Cl, SO_4 , HCO_3 ...etc.) en solution à l'aide d'une transformation chimique.

Avant le titrage, les réactifs sont séparés en deux solutions. Dans l'une des deux se trouve l'espèce dont la concentration est inconnue, il s'agit de la solution titrée. Dans l'autre se trouve un réactif dont la concentration est parfaitement connue, il s'agit de la solution titrant. Lors du titrage, on ajoute progressivement l'une des solutions à l'autre. Pour cela, on place un volume parfaitement connu d'une des solutions dans un bécher. L'autre solution est mise dans une burette graduée qui permet d'en ajouter un volume mesurable dans le bécher.

En outre, on dispose une agitation magnétique pour la solution de bécher afin qu'elle soit toujours homogène. En général, la solution titrée est placée dans le bécher et la solution titrant dans la burette.

Les Chlorures, les carbonates et les bicarbonates (HCO_3), ainsi que le calcium et le magnésium ont été dosés par la méthode de titrimétrie.

IV.4.2.3.1. Protocole expérimental typique d'un titrage (Fig. 12)

- On prélève dans un bécher à l'aide d'une pipette jaugée ou graduée, un volume V_A déterminer de la solution aqueuse contenant l'espèce chimique A à titrer, de concentration inconnue C_A .
- On verse progressivement, dans le bécher à l'aide d'une burette graduée, une solution aqueuse du réactif titrant B, de concentration C_B connue, appelée solution titrant.
- On arrête de verser la solution titrant

lorsque l'on a atteint l'équivalence du titrage (cf repérage de l'équivalence) pour la colorimétrie si le changement de couleur.

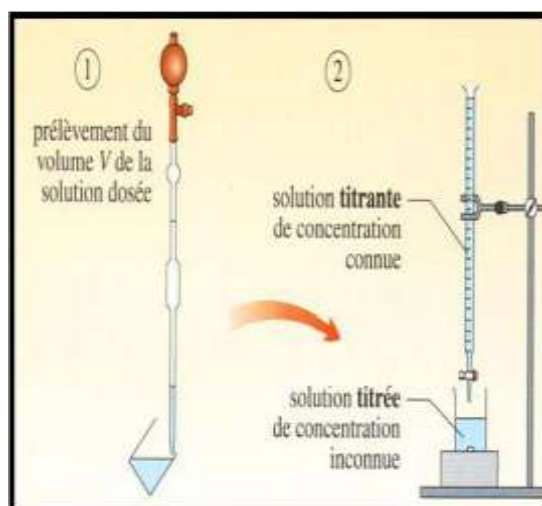


Figure. 12: Mode typique d'un titrage

On mesure alors le volume équivalent V_{equiv} c'est dire le volume de solution titrant versé pour atteindre l'équivalence ; la détermination expérimentale de V_{equiv} permet de calculer la concentration inconnue C_A (cf plus loin (détermination de la concentration de l'espèce à titrer)).

NB : Les valeurs de concentration qui sont calculé doit être multiplié par le facteur de dilution. Dans notre analyse, nous étions utilisés (utilisions) un simple software qui donne directement les résultats. Généralement, les dilutions sont d'ordre 1000.

III.4.2.3.2 Détermination du Chlorure : Cl^-

A) Préparation des solutions

- ✓ Solution de nitrate d'argent à 0,01 N: 4.7791 g $\text{AgNO}_3 \rightarrow 1000$ ml d'eau distillée
- ✓ Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10 %: 10g de $\text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow$ Q.S.P 100 ml d' H_2O dist.
- ✓ Solution de chlorures à mg/l: 1.648g de $\text{NaCl} \dots \dots \dots 1000$ ml d'eau distillée

B) La Titrations

- ✓ 0,1 ml + 100 ml eau distillé
- ✓ Ajouté 1ml de chromate de potassium Cr K (solution tempo)

Titration avec nitrate d'argent ($\text{NO}_3 \text{ Ag}$) jusqu' à l'apparition permanente d'un faible précipité rouge brique.

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

NB : effectuez le titrage d'un blanc en procédant de la même façon qu'aux étapes de titration, mais en remplace la solution d'eau analysé par une même quantité d'eau distillée. Cette opération permet de déterminer la quantité de titrant requise pour observer le point de virage. Ce volume de titrant devra être retranché (en guise de correction) des volumes de AgNO_3 requis pour les titrages des échantillons lors de vos calculs

III.4.2.3.3 Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

A) Préparation des solutions

- Solution d'E.D.T.A N/50 ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) : (0,02N ou 0,01M)
 - ✓ EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.
 - ✓ H_2O distillée q.s.p 1000 ml.
 - ✓ H S N : 0.2 g de acide de calcone carboxylique +100 g de NaCl ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$)
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :
 - ✓ NaOH (pastilles) 80 g.
 - ✓ H_2O distillée q.s.p 1000 ml.
- Solution tampon (NH_4Cl) pH = 10,1:
 - ✓ Chlorure d'ammonium 67,5 g.
 - ✓ NH_4OH (25%) 570 ml
 - ✓ Sel di-sodique de magnésium E.D.T.A. ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$). 5g
 - ✓ H_2O distillée q.s.p 1000
 - ✓ Noir Eriochrome 0,5 g
 - ✓ éthanol 25 ml

B) La Titrations de Ca^{2+}

- 0,5ml prise d'essai+50 ml de l'eau distillé
- Ajouté 2 mg de HSN
- 2 ml de solution tempo hydroxyde de sodium Na OH
- Titration avec EDTA de Na jusque couleur bleu

C) La Titrations de TH

- 0,5ml prise d'essai+50 ml de l'eau distillé
- Ajouté 4 ml de Chlorure d'ammonium

3 gouttes de noire Eriochrome

- Titration avec EDTA de Na

IV.4.2.3.4 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

A) Préparation des solutions

- Solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) à N/50 :
- (H_2SO_4) à N /50 (0.5ml de (H_2SO_4) ...dans. 1000 ml de l'eau distillé
- Solution de NaOH de N/50 (0.8 g dans 1000 ml de l'eau distillé)
- méthyle orange (0.5 g dans 100 ml de l'eau distillé)

B) La Titration

- 0,1ml prise d'essai+100 ml de l'eau distillé
- Ajouté 2 gouttes de méthylorange
- Titration avec H_2SO_4 jusqu' à l'apparition de couleur rouge brique.

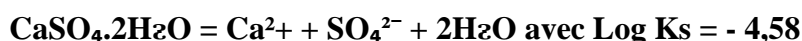
CHAPITRE V : HYDROGEOCHIMIE

V.1. Introduction :

Selon les études antérieures (Guendouz et al, 2003 ; Bouchahem et al, 2008 ; Nezli,2009, Houari, 2012) effectuées sur les eaux de la nappe du CT à l'échelle locale et régionale, la température des eaux du Mio-Pliocène de la région est de l'ordre de 20,5° à 28,6° C, ces variations ne sont pas contrôlées par la profondeur, mais plutôt par la température de l'air et les saisons.

Les eaux sont très dures (pH < 8,3), et affichent des minéralisations excessives, exprimées par des conductivités électriques oscillant entre 2000 et 6000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, et allant jusqu'à 8000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ dans les cas les plus exceptionnels, la minéralisation augmente à partir des zones d'alimentation, vers l'exutoire, se chargent, de plus en plus, par les éléments : Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , et Mg^{2+} , par conséquent, un faciès exclusivement, chloruré et/ ou sulfaté.

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée principalement à la dissolution des formations gypseuses, selon la relation :



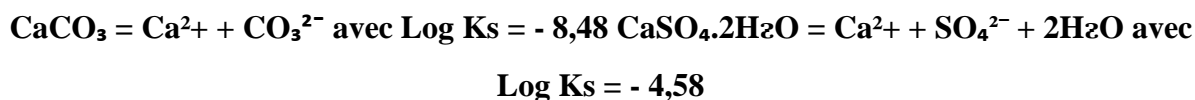
L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution de l'Halite (NaCl), qui se fait selon la relation suivante :



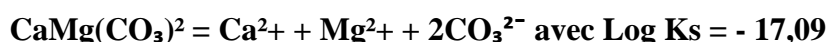
La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire. dolomite...etc.) par des eaux chargées en gaz carbonique. L'équation de dissolution est donnée comme suit :



La présence des ions Ca^{2+} dans les eaux est liée principalement à la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3) ainsi que les formations gypseuses (CaSO_4) selon les équations suivantes :



Cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium en l'occurrence ; la Dolomite selon la relation suivante :



Il provient, essentiellement, des évaporites, en l'occurrence la Sylvite (KCl), ou par suite d'altération des argiles potassiques.



V.2. Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux:

Tableau 03 : Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux

ECH	Ph	Conductivité μS. m	Calcium Ca ²⁺ mg/l	Magnésium Mg mg/l	Sodium Na ⁺ mg/l	Potassium K ⁺ mg/l	Chlorure Cl ⁻ mg/l	Sulfate So ₄ ⁻ mg/l	Carbonate CO ₃ mg/l	Balance %
CHAGGA 1	7.85	3892	219	192	392	14.5	588	1318	173	-6
EL ALIA 2	7.5	6217	261	256	592	14.5	919	1600	183	-4
D'BIDIBI 3	7	181	76	33	26	16	18	254	137.25	-13

V.3. Faciès chimiques des eaux :

Selon le diagramme de Piper, le faciès chimique des eaux du Mio-Pliocène de la région de Chagga et El Alia est sulfaté calcique.

La qualité de l'eau de Dbidibi est meilleure avec une très faible charge minéralogique.

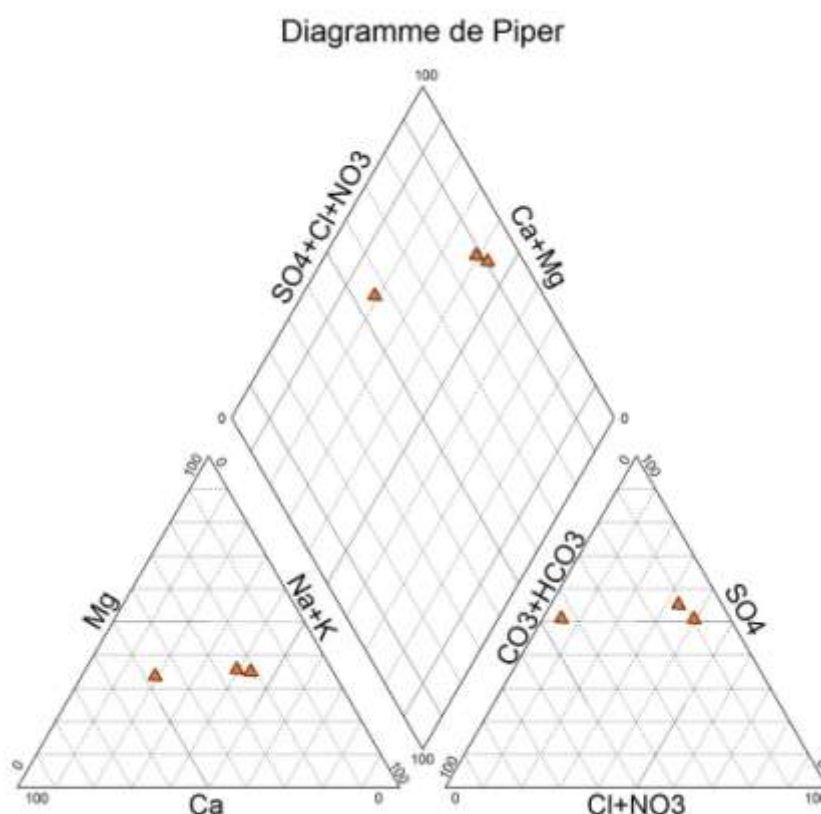


Figure. 13: Diagramme de piper des eaux de la nappe Mio – pliocène d'El Hadjira

V.4. Origine des éléments chimiques :

V.4.1. Origine de chlorures Cl^- et sodium Na^+ :

La Figure. 14 montre un alignement parfait du nuage de points du Cl^- et Na^+ . Lesodium et les chlorures évoluent de la même manière, et doivent avoir la même origine qui est la dissolution de l'halite, La relation entre Cl^- et Na^+ est nettement étroite avec ($r=0.98$).

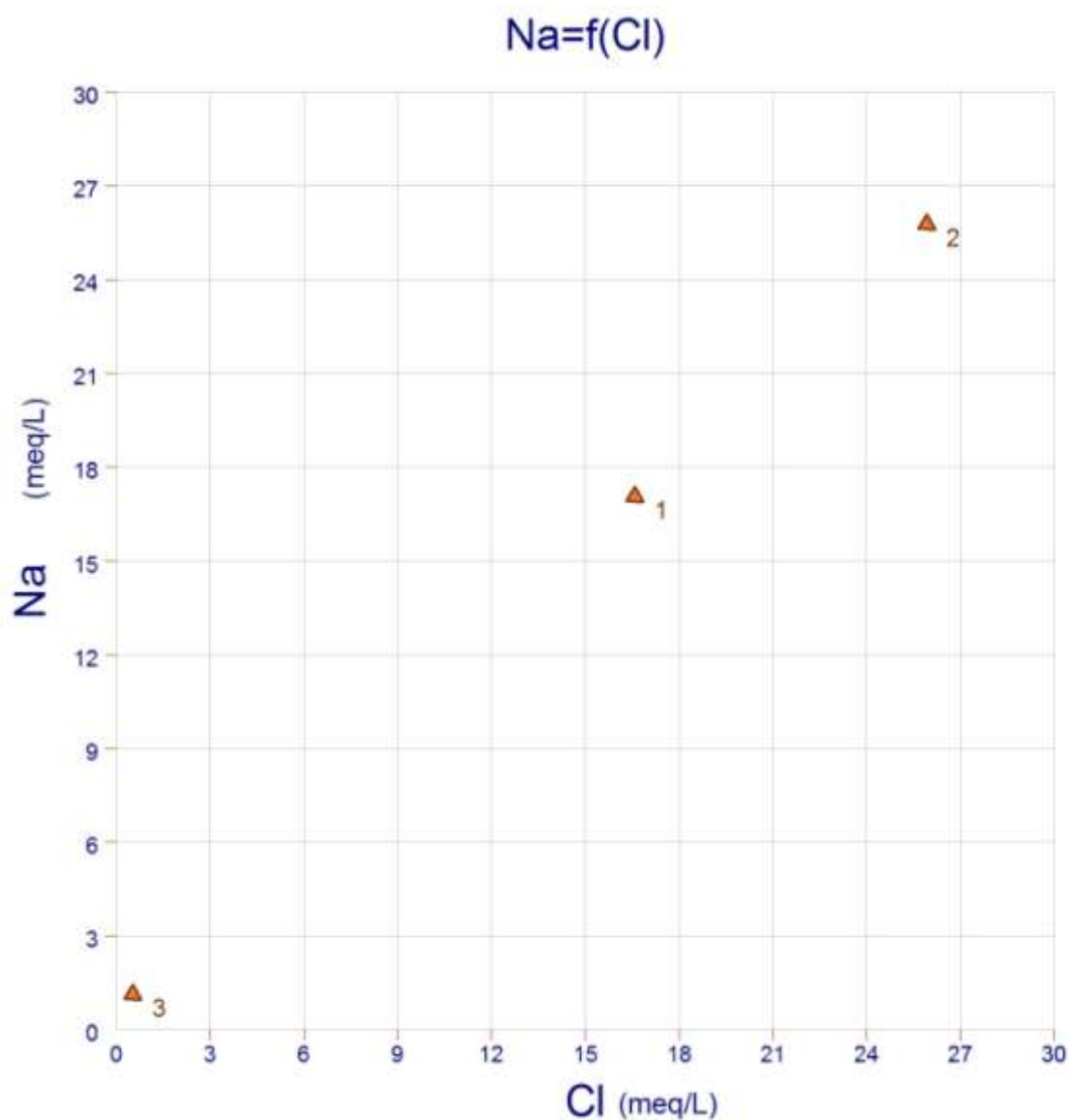


Figure. 14: La relation Cl^- et Na^+

V.4.2. Origine des sulfates (SO_4^{2-}) et du magnésium (Mg^{2+}) :

Pour les sulfates et le magnésium, les roches évaporitiques (gypse, anhydrite et epsomite), sont sans doute, à l'origine de cet élément dans les eaux de notre région d'étude, la Figure. 15 montre une relation étroite entre le Mg^{2+} et le SO_4^{2-} ($r=0.64$).

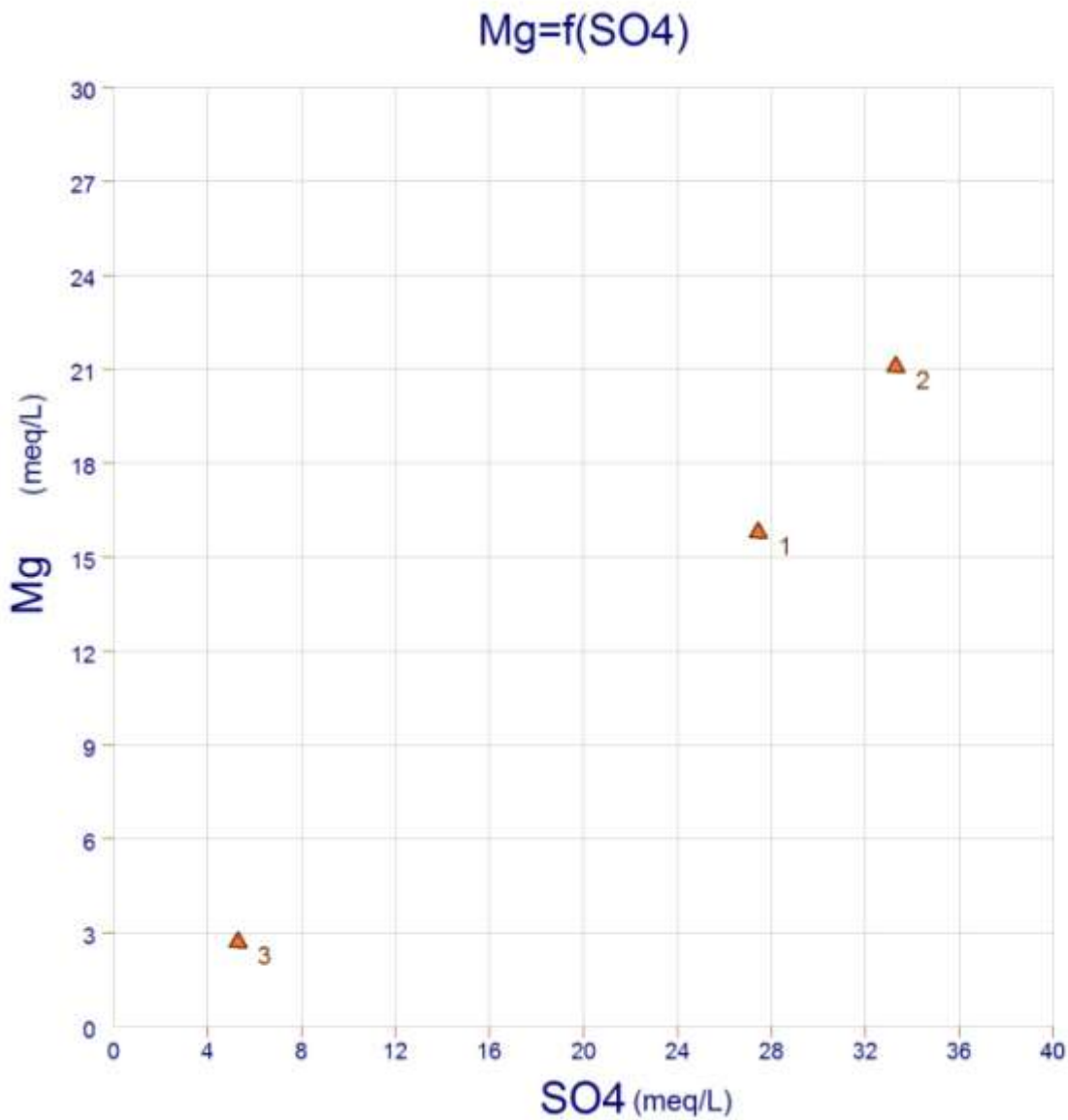


Figure. 15: La relation le SO_4^{2-} et Mg^{2+}

V.4.3. Origine de calcium Ca^{2+} :

L'origine du calcium est en majorité, la dissolution des roches gypseuses, ou des roches calcaires (les carbonates) dans les eaux, la Figure. 16 montre une relation étroite entre le Ca^{2+} et le SO_4^{2-} , ce qui favorise l'origine évaporitique par rapport à celle carbonatée ($r=0.32$).

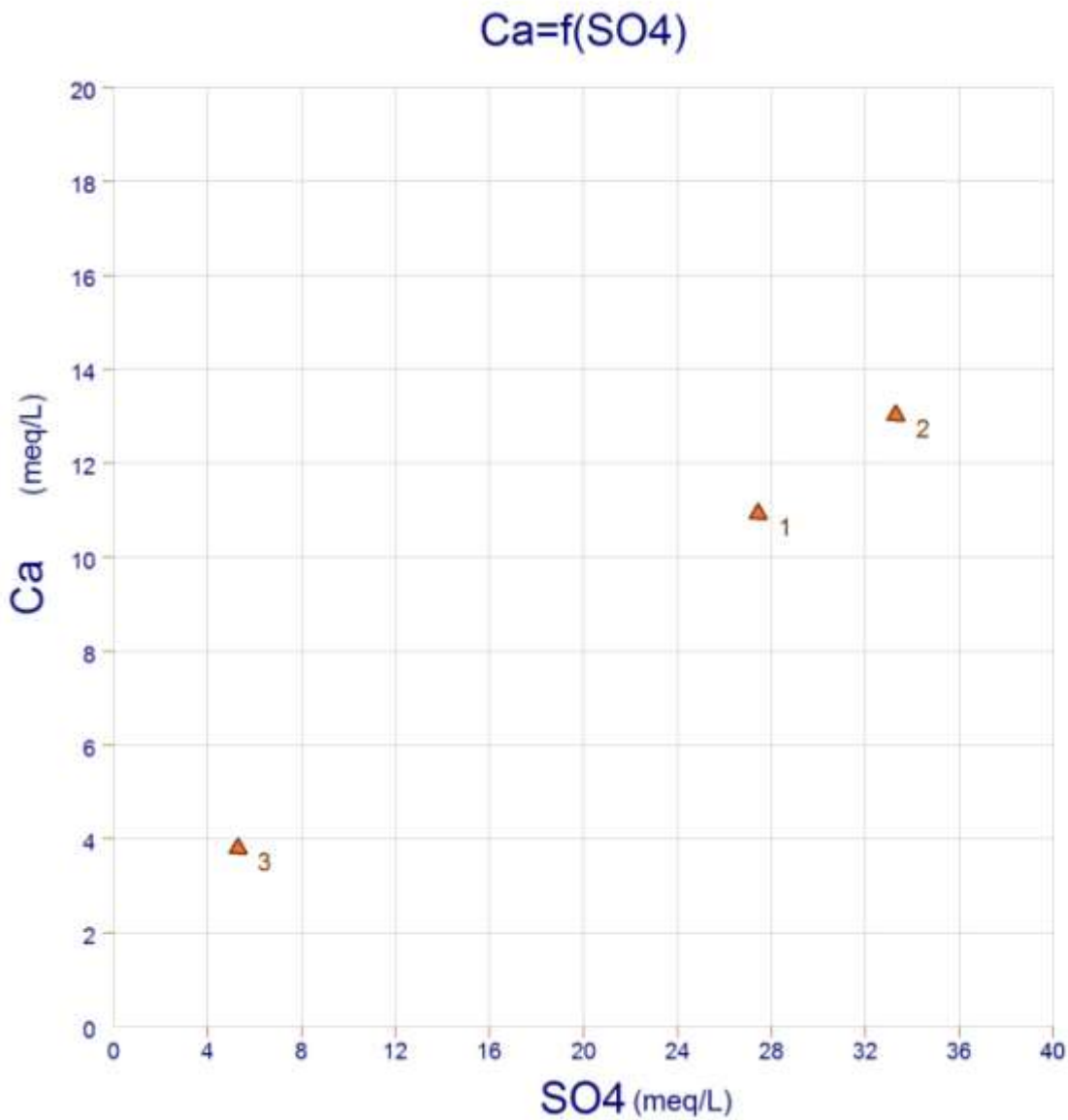


Figure. 16: La relation SO_4^{2-} et Ca^{2+}

V.4.4. Origine des carbonates CO_3^{2-} :

Le diagramme dans la Figure. 17 montre un alignement de points ce qui indique une évolution de même manière du calcium et des carbonates, ces derniers, et par leur faible vitesse d'évolution dans les eaux, on peut dire que leur origine est due essentiellement aux formations carbonatées ayant de faibles degrés de solubilité ($r=5.62$).

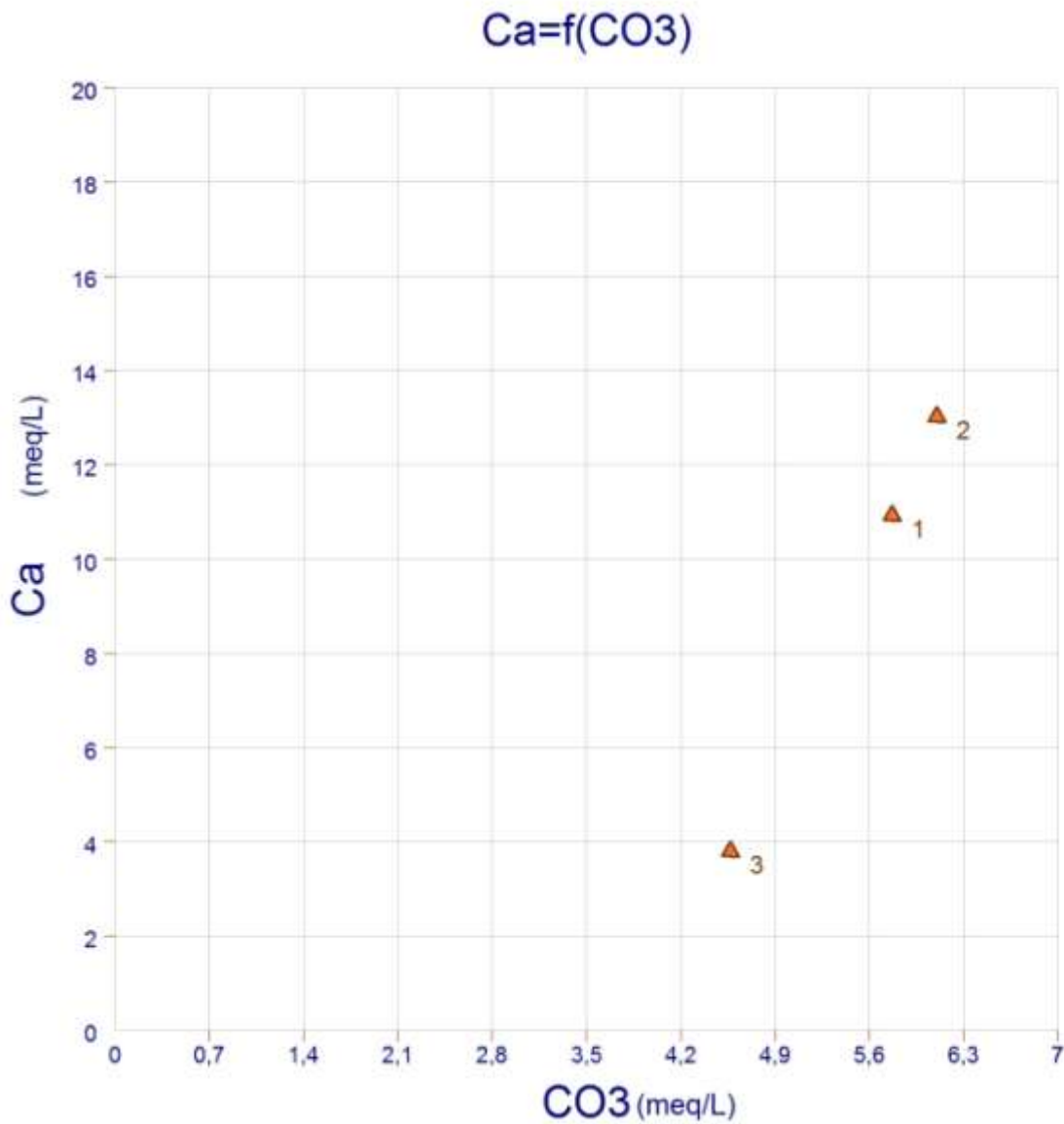


Figure. 17: La relation CO_3^- et Ca^{2+}

V.4.5. Origine du potassium K^+ :

Les valeurs de potassium dans les eaux étudiées n'évoluent pas le long du sens d'écoulement, mais c'est bien de montrer que son origine ne peut pas être liée seulement à la dissolution de la sylvite (KCl) et des argiles potassiques, mais aussi à l'infiltration des eaux d'irrigation chargées en potassium provenant des engrais de type NPK.

Conclusion :

L'aquifère du Mio-Pliocène dans la région d'El Hadjirase caractérise par une lithologie très hétérogène et très variable, on y retrouve des sables, des graviers, des argiles et marne, des carbonates et des évaporites.

Les eaux du Mio-Pliocène dans la région d'étude, en contact avec une lithologie riche en Carbonates, ont une forte minéralisation, exprimée par des valeurs de conductivité électrique très élevées, variant dans la plupart des cas, entre 3000 et 7000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La minéralisation totale des eaux résulte de la dissolution des roches carbonatées (calcaire, dolomie). Le point d'eau de D'bidibi est une exception avec une conductivité électrique de l'ordre de 183 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ceci peut être expliqué par un milieu de dépôt fermé isolé qui a favorisé la création d'une nappe dans des matériaux non évaporitiques (grès ne contenant pas de gypse). Une autre explication peut avoir liaison avec la recharge dans cette zone par les eaux de l'oued N'sa et ses affluents qui descend de la dorsale du M'zab.

Conclusion Générale :

La région d'El Hadjira, est située dans le Nord -Est du Sahara Algérien. Sur un plan climatique aride, caractérisée par une température importante, un apport des pluies et humidité faibles et des vents fréquents. Ces conditions influent directement sur l'évaporation des eaux.

Pour le cadre Géologique, notre région est caractérisée par deux unités structurales ; le socle précambrien composé de roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire.

Le Mio-Pliocène qui fait l'objet de notre étude, n'est pas affecté par des accidents tectoniques la lithologie y est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, sableuse, avec quelque fois des carbonates.

Du point vue hydrogéologique La région d'El Hadjira repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui on été regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) et qui couvre une superficie d'environ 1 000000 km².

Les eaux de la nappe du Mio-Pliocène de notre zone d'étude sont en contact avec une lithologie riche en évaporites, et montrent une forte minéralisation exprimées par des valeurs de conductivité électrique très élevées, qui augmentent le long du sens d'écoulement deseaux. Le faciès chimique des eaux est sulfaté (Chegga et El Alia), résulte à partir de la dissolution des formations évaporitiques.

Pour une reconnaissance géologique complète et détaillée de cette région, l'étude doit être appuyée et renforcée par d'autres analyses de la lithologie, à savoir, la confection des lames minces, des analyses de cuttings par diffractométrie des rayons X, et effectuer des analyses géochimiques plus poussée afin de bien connaître la minéralisation des eaux souterraines de la région. Le sujet reste ouvert et à compléter.

Référence Bibliographie :

A.N.R.H. Agence national des ressources hydrique, (Ouargla), les logs stratigraphiques des forages.

BEL F. & CUCHE D. (1969) : Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal, ERESS, Ouargla, Algérie.

BEL F. & DERMAGNE F. (1966) : Etude géologique du Continental Terminal, ANRH Alger, Algérie.

BUSSON G. 1972 : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris.

CHELLAT S. 2014 : Cadre Sédimentologique et Paléo environnemental des Formations Mio-pliocènes de la région de Guerrara (Ghardaïa, Algérie), Mémoire de Doctorat en Sciences en Géologie université Constantine 1

ERESS, 1972 Etude de ressources en eau dans le Sahara septentrional. UNESCO Rapportfinal, annexe 7.Paris.

FABRE J. (1976) : Introduction à la géologie du Sahara Algérien. SNED, Alger Algérie,

HOUARI I., 2012, contribution a l'étude de l'évolution géochimique des eaux de la nappe du complexe terminal du Sahara septentrional, Mémoire de Magister En géologie Université Kasdi Merbah Ouargla.

KHADRAOULA BOUNEGAB.B., 2014, Reconnaissance géologique de l'aquifère du Mio-pliocène de la région de Touggourt, Mémoire d'ingénieur d'état En géologie Université Kasdi Merbah Ouargla.

LATRECHE B., 2015, contribution a l'étude hydrochimique des eaux des lacs de la vallée d'oued righ, Mémoire de Master Hydraulique Université Kasdi Merbah Ouargla.

O.N.M.2015, Office National de la Météorologie, Synthèse de données climatiques.

SAYAH LEMBAREK M., 2008, Etude hydraulique du canal Oued Righ. Mémoire de Magister en géologie Université Kasdi Merbah Ouargla.

RESUMÉ : La zone d'El Hadjira est située dans le prolongement du grand bassin de la partie Nord Est du Sahara Algérien. Le climat est aride, avec une pluviométrie moyenne à faible, et une évaporation potentielle très élevée.

Le Mio-Pliocène qui fait l'objet de notre étude, n'est pas affecté par des accidents tectoniques la lithologie y est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, sableuse, avec quelque fois des carbonates.

La minéralisation totale des eaux résulte de la dissolution des roches carbonatées (calcaire, dolomie). Le point d'eau de D'bidibi est une exception avec une conductivité électrique de l'ordre de 183 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ceci peut être expliqué par un milieu de dépôt fermé isolé qui a favorisé la création d'une nappe dans des matériaux non évaporitiques (grès ne contenant pas de gypse).

Mots Clés: lithologie, Mio-Pliocène, El hadjira.

ABSTRACT: The area of El Hadjira is located in the extension of the large basin of the northeastern part of the Algerian Sahara. The climate is arid, with average to low rainfall, and very high potential evaporation.

The Mio-Pliocene, which is the subject of our study, is not affected by tectonic accidents, the lithology is very varied, and the abundance of evaporitic (gypsum and anhydrite) and clay, sandy formations with some times carbonates.

The total mineralization of the water results from the dissolution of the carbonate rocks (limestone, dolomite). The water point of D'bidibi is an exception with an electrical conductivity of the order of 183 $\mu\text{S} / \text{cm}$ this can be explained by an isolated closed depositing medium that has favored the creation of a sheet in non-evaporitic materials (sandstone not containing gypsum).

Keywords: lithology, Mio-Pliocene, El Hadjira.

ملخص: تقع منطقة الحجة في امتداد الحوض الكبير في الجزء الشمالي الشرقي من الصحراء الجزائرية. المناخ قاحل ، مع معدل سقوط أمطار منخفض ، وتبخر عالي جداً.

لا يتأثر الميولبوسين، الذي هو موضوع دراستنا ، بالحوادث التكتونية ، فالطبقات متنوعة للغاية ، وفرة التبخر (الجبس والأنهيدريت) والطين ، والتكوينات الرملية مع بعض مرات الكربونات.

ينتج التمدن الكلي للمياه عن انحلال صخور الكربونات (الحجر الجيري والدولوميت). عينة المياه من الديدبيبي هي استثناء من حيث الناقلية الكهربائية التي تكون في حدود 183 $\mu\text{S} / \text{سم}$ يمكن تفسير ذلك من خلال وسيط ترسيب مغلق معزول انشأ ورقة في مواد غير تبخرية (الحجر الرملي لا يحتوي على الجبس).

كلمات المفتاح: ليثولوجي، ميولبوسين، الحجيرة.