

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Hydrocarbures, des Energies renouvelables et des Sciences
De la Terre et des l'Univers
Département 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

Thème

***ETUDE LITHOLOGIQUE DES RESERVOIRES D'EAU SOUTERRAIN
DANS LA CUVETTE D'OUARGLA***

Présenté par :

GHETTAS Amal

Soutenu publiquement

Le 01/ 06 /2017

Devant le jury :

Mr. BELOUER Abd Elaziz	MA(A)	Président	UKM Ouargla
Mr. HOUARI Idir Menad	MA(A)	Encadreur	UKM Ouargla
Mr. BOUSELSAL Boualem	MC(A)	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2016/2017

REMERCEMENTS

En premier lieu je tiens à remercier DJEU tout puissant de m'avoir donné la force pour accomplir ce modeste travail.

Au terme de travail présenté dans le cadre de mémoire fin d'étude pour l'obtention du

Diplôme : Master Option Hydrogéologie, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur HOUARJ Jdir Menad A et tout les Monsieur Département science de la terre Monsieur chef de Département ANRH. Et sonatrach Haoud Barkaoui effectué à Ouargla.

Mes remerciements également à tout ma famille et tout la famille Ghettas.

Mes remerciements tout les collègues Département Géologie.

Enfin, je tiens à remercier tous les travailleurs de Département science de la terre en générale

Tous ceux qui ont participé de prêt ou de loi à l'établissement de ce Modest travail.

J'espère que je sois à la hauteur et je souhaite le bon courage à toute la promotion..

Merci à tous

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale01

Chapitre I :

CADRE PHYSIQUE

1-Situation Géographique	02
2-La Géomorphologie	02
2.a-Les Hamadas	02
2.b-Les glaciers.....	03
2.c-Les chotts et les sebkhas	03
2.d-Les dunes.....	03
3-Aperçu tectonique	03
4-La Géologie	03
4.1-Cadre géologique régional.....	03
4.1.1-La plate forme saharienne	03
4.1.2-Le bas-sahara et la cuvette d'Ouargla.....	05
✚ Aperçu lithostratigraphique.....	05
a-Le paléozoïque.....	05
b-Le mésozoïque.....	07
c-Le cénozoïque.....	10
4.2-Cadre géologique local.....	11

✚ Lithostratigraphie	12
a-Tertiaire.....	12
b-Quaternaire.....	12
5-Contexte hydrogéologique.....	13
5.1- Contexte hydrogéologique régional.....	13
5.1.1-Le continental intercalaire.....	13
5.1.2-Le complexe terminal.....	15
5.2- Cadre hydrogéologique local.....	15
5.2.1-La nappe du continental intercalaire.....	15
a-La nappe de l'albien.....	15
5.2.2-Les nappes du complexe terminal.....	16
a-La nappe de sénono-eocène.....	16
b-La nappe des sables du mi-pliocène.....	16
c-La nappe phréatique.....	16
5.3-Bilan hydrique de la nappe superficielle.....	16
6-Description des composants climatiques.....	17
6.1- Températures.....	17
6.2-L'insolation.....	18
6.3-Les précipitations.....	18
6.4-Les vents.....	18
6.5-L'humidité relative de l'air.....	19
6.6-L'évaporation.....	19
7-Caractérisés bioclimatique.....	20
8-Conclusion.....	20

Chapitre II :

MATERIELS ET METHODES

1-Introduction.....	21
2-Recherche bibliographique.....	21
3-Traitement des données géologique.....	21
4-Echantillons pour analyse par diffraction X.....	21
5-Outil informatique.....	22

5.1-Rock Works 15.....	22
5.2-Match! 2.....	22
5.3-Surfer 9.....	22
6-Conclusion.....	22

Chapitre III :

RESULTANTS ET DISCUSSIONS

1-Introduction	23
2-Reconnaissance géologique de la région	23
2.1-Emplacement des forages et directions des coupes.....	23
2.2-Les colonnes stratigraphiques des forages.....	24
2.3-Les coupes géologique et la description.....	30
Coupe A.....	31
Coupe B.....	33
3-Interprétation des spectres de diffractométrie des rayons X.....	34
4-Géométrie des Aquifères.....	35
4.1-Albien et sénonien.....	35
4.2-Moi-pliocène.....	35
5- Hydrogéochimie:.....	36
5.1-Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien.....	36
5.2- Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène.....	38
5.3- Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène.....	41
6-Conclusion	43
Conclusion Général.....	44
Bibliographie	45

LISTE DES TABLEAUX

Tab-01 : Aquifère du CI et CT a Ouargla.

Tab-02 : Données climatique de la station météorologique d'Ain Beida O.N.M Ouargla.

Tab-3: Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien .

Tab.4: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène .

Tab.5: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène.

LISTE DES FIGURES

Fig.01 : Situation géographique de la région d'étude.

Fig.02 : Situation du Bas-Sahara.

Fig.03 : Coupe géologique NW-ES de l'Algérie.

Fig.04 : Les affleurements de la région du Bas-Sahara.

Fig.05 : Contexte géologique de la cuvette d'Ouargla.

Fig.06 : Stratigraphie du tertiaire.

Fig.07 : Relief géologique de la région d'Ouargla.

Fig.08 : Cadre général du système aquifère du Sahara.

Fig.09 : Coupe Hydrogéologie du système aquifère CT et CI.

Fig.10 : Précipitation moyenne annuelles.

Fig.11 : Evolution de l'Humidité relative.

Fig.12 : Carte de situation du forage.

Fig.13 : Colonne stratigraphique du forage GLSW1.

Fig.14 : Colonne stratigraphique du forage GLSW2.

Fig.15 : Colonne stratigraphique du forage BKO6.

Fig.16 : Colonne stratigraphique du forage OKN641.

Fig.17 : Colonne stratigraphique du forage BKHP1.

Fig.18 : Colonne stratigraphique du forage J10-583.

Fig.29 : Colonne stratigraphique du forage F2.

Fig.20 : Coupe géologique synthétique de la région Haoud Berkaoui.

Fig.21 : Coupe géologique synthétique de la cuvette d'Ouargla.

Fig.22 : Spectre de diffraction et minéraux présents d'Ouargla.

Fig.23 : Géométrie et sens d'écoulement des eaux des aquifères Albien et Sénon-Eocène.

Fig.24 : Géométrie et sens d'écoulement des eaux des aquifères Mio-pliocène.

Fig.25: Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien.

Fig.26: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène.

Fig.27: Carte de situation des forages du Sénono-Eocène.

Fig.28: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène.

Fig.29: Carte de situation des forages du Mio-Pliocène.

INTRODUCTION

Introduction

En Algérie, la zone saharienne, aride, couvre les deux tiers de la superficie du pays. Malgré le caractère hyperaride du climat, cette région renferme deux grands systèmes aquifères dans son sous sol:

- ☞ les nappes du « Continental Intercalaire », très profondes dans le bassin nord oriental, et contenant des eaux chaudes et souvent très minéralisées,
- ☞ les nappes du « Complexe Terminal », moins profondes mais salées.

Ces différentes nappes recèlent des potentialités hydriques importantes, qui sont actuellement abondamment exploitées pour les usages domestiques, industriels et l'irrigation des palmeraies.

La région de Ouargla fait partie de cet immense désert, elle 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.

Notre travail consistera à reconnaître la géologie de cette région en nous basant essentiellement sur les caractéristiques lithologiques, minéralogiques et hydrodynamiques des formations aquifères les plus utiles.

Le problème qui se pose est le manque d'informations sur la géologie et la minéralogie des aquifères de cette région, pour cela, les méthodes d'approche utilisées sont 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 des aquifères. Sur le terrain, nous avons bénéficié du soutien de l'équipe locale de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) et SONATRACH (Direction régionale de Haoud Berkaoui) et d'autres services et bureaux d'études locaux intéressés par ce sujet.

Ce mémoire comporte 04 parties:

- ⊙ L'introduction générale expose les activités économiques de la région, l'aspect agricole et les besoins en ressources en eau.
- ⊙ Cadre physique caractérise:
 - ✓ La partie géologique décrit la colonne stratigraphique locale et les formations susceptibles d'être aquifères.
 - ✓ L'Etude hydrogéologique définit les particularités hydrogéologiques et piézométriques de chaque aquifère.
 - ✓ Les paramètres climatiques.
- ⊙ Matériel et méthodes:
Collecte des données de forage et traitement à l'aide de l'outil informatique.
- ⊙ Résultats et discussions :
Constitue la partie principale de notre étude, terminerons par un travail de terrain en prenant des échantillons du Mio-Pliocène affleurant en surface dans la région d'Ouargla et tracer un profil géologique de cette région.

Chapitre I

Cadre physique

1- Situation Géographique : (Fig.1)

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla » qui couvre une superficie de 140 000 hectares dans le Sud-Est de l'Algérie, à vol d'oiseau, elle est à 580 Km au Sud-Sud-Est d'Alger. Elle se trouve limitée au Nord par la wilaya de Biskra, au Sud par la wilaya de Tamanrasset, au Nord-Ouest par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa, à l'Est par la wilaya d'El Oued, et au Sud-Est par la wilaya d'Illizi. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied. Elle s'étend entre les coordonnées.

X = 710'000; Y = 3'530'000 et

X = 730'000; Y = 3'600'000

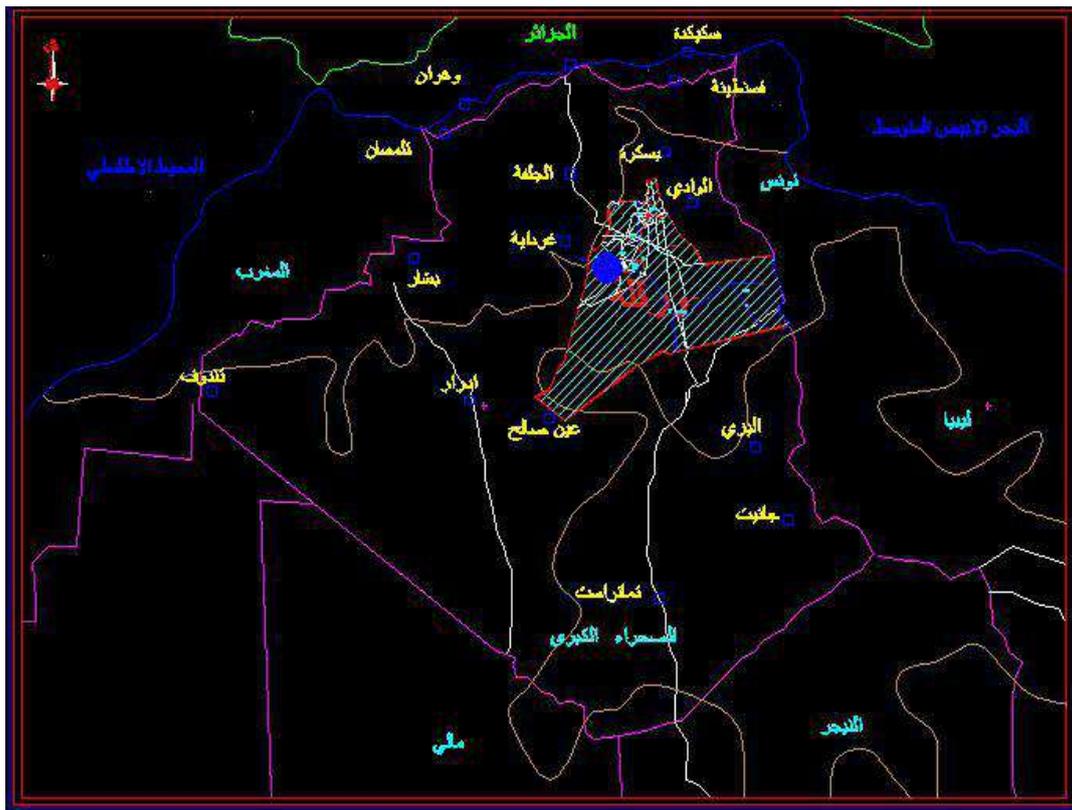


Fig.1: Situation Géographique de la région d'étude.

2- La Géomorphologie:

Les principaux ensembles paysagiques de la cuvette de Ouargla sont les hamadas, les glacis, les sebkhas et chotts, et les dunes de sable. Le relief de Ouargla est constitué de roches sédimentaires et des alluvions et colluvions issus de ces dernières (G.Busson, 1969).

- **Les plateaux ou hamadas:**

A l'ouest de Ouargla, la vallée de Oued Mya est bordée par le plateau de la Hamada Pliocène de 200 à 250m d'altitude à faible pendage dans la direction Est. Sa fin est marquée par la dépression ovale de la sebkha Mellala (30 Km de long, de 6 à 10 Km de large, 80 à 90 m de profondeur). Fortement érodée, elle nous offre un beau paysage de buttes témoins (Goures).

- **Les glacis:**

Le versant Ouest de la cuvette, présente quatre niveaux étagés de glacis. Le plus ancien est marqué par une couverture très caractéristique formée d'une croûte gypso-calcaire, épaisse de 1,5 m; son

altitude s'abaisse de 225m à l'Ouest, à 200m à l'Est. Le deuxième glacis, à une altitude de 180m, est caractérisé par l'affleurement du substrat gréseux de Mio-Pliocène. Le troisième à 160m d'altitude est souvent recouvert de sable et de graviers gréseux plus ou moins encroutés de gypse. Ce dernier a été fortement démantelé par le dernier glacis qui est à 140m d'altitude sur lequel sont installées quelques palmerais de Ba-Mendil (Hamid Aissa, 2009).

- **Les chotts et les sebkhas:**

Installés dans les plus basses altitudes, ils sont constitués de sols gypseux en surface et forment des grandes zones d'épandage de matériel alluvial, sableux le plus souvent (Dutil, 1971). Les grands chotts se trouvent dans le Sahara septentrional, particulièrement dans le Bas-Sahara, où ils s'allongent dans de larges vallées fossiles (Oued Rhir, souf, mya, igharghar).

- **Dunes:**

Ce sont de dépôts actuels constitués des sables éoliens d'origine gréseuse issus de la Hamada mio-pliocène. Ils occupent les talwegs, les bordures des sebkhas et les versants rocheux.

3- Aperçu Tectonique:

La cuvette d'Ouargla fait partie de la dépression d'Oued M'ya. Cette dernière, occupe la plus grande partie du bas-Sahara. L'épaisseur totale de la couverture sédimentaire atteint 400 m dans la partie Sud et la partie West de la dépression, et elle augmente dans la partie Nord jusqu'à 6000 m. Dans son ensemble la dépression d'Oued M'ya est une structure dissymétrique assez plate.

4- La Géologie:

4.1-Cadre géologique régional:

4.1.1. La plate-forme saharienne:

La cuvette de Ouargla se trouve dans le Bas-Sahara (Fig. 2), qui fait partie de la plateforme saharienne. Cette dernière, avec l'Atlas saharien et l'Atlas tellien, forment les principales unités géo-structurales de l'Algérie.

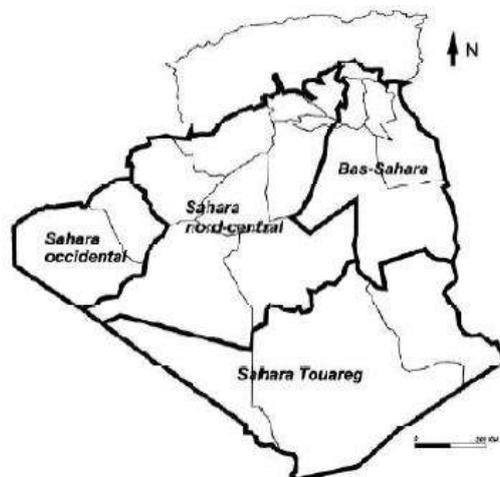
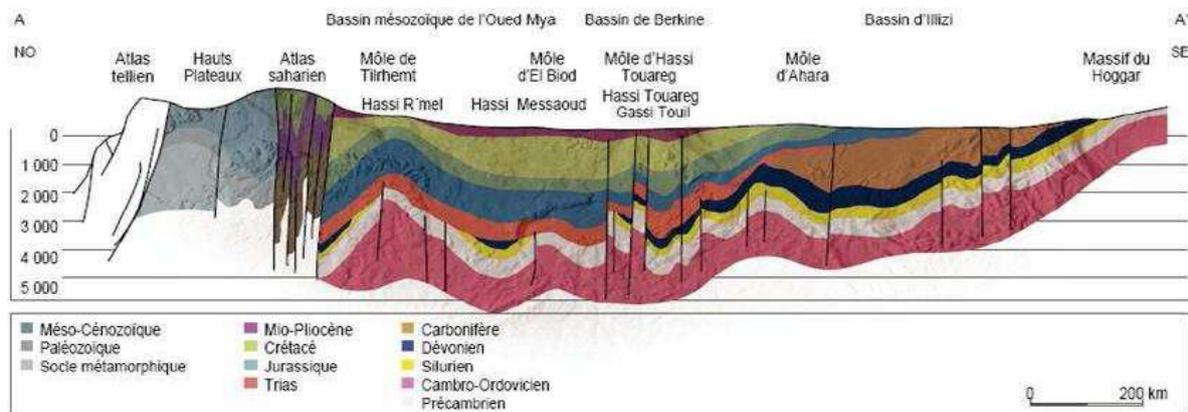


Fig.2: Situation du Bas-Sahara

La géologie de la plate-forme saharienne a été connue grâce aux études de terrains aux niveaux des affleurements, mais surtout grâce aux forages de pétrole et de gaz. Le bouclier précambrien constitue le socle (substratum) de la plate-forme saharienne, il est composé de roches éruptives et métamorphiques, qui affleurent dans le Sahara Central (Massif du Hoggar) et Occidental (Massif de Eglab) (UNESCO, 1972). Ailleurs, le socle il est surmonté par une couverture sédimentaire (Fig. 3) d'âge paléozoïque, mésozoïque et cénozoïque. Les dépôts d'âge paléozoïque sont plus ou moins plissés, les terrains mésozoïque et cénozoïque y sont subhorizontaux. L'épaisseur totale de la couverture varie de 400 m dans les parties Sud et Ouest de la dépression, à 6000 m dans la partie Nord (Aliev, 1972), formant ainsi un grand bassin dissymétrique. Les données de la sismique montrent que la dépression est affectée par les failles hercyniennes du Hoggar (Aliev, 1972; Fabre, 1976) du Cambrien jusqu'au Sénonien Inférieur (Fig. 3). Ces failles sont orientées Sud-Est Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'Est. Elles seraient à l'origine de communications inter aquifères dans cette zone (Guendouz et al, 1992; 2003).

**Fig.3: Coupe géologique NW-ES de l'Algérie. (WEC 2007)**

4.1.2. Le Bas-Sahara et la cuvette de Ouargla:

Le Bas-Sahara, qui fait partie du Sahara oriental, se présente comme une vaste cuvette limitée à l'Ouest par la dorsale du Mزاب, au Sud par les hamadas du Tadmaït et de Tinghert, à l'Est par les plateaux du Dahar tunisien (Fig. 4) et au Nord par les monts des Ouled Nail, de l'Aurès et des Nememcha.

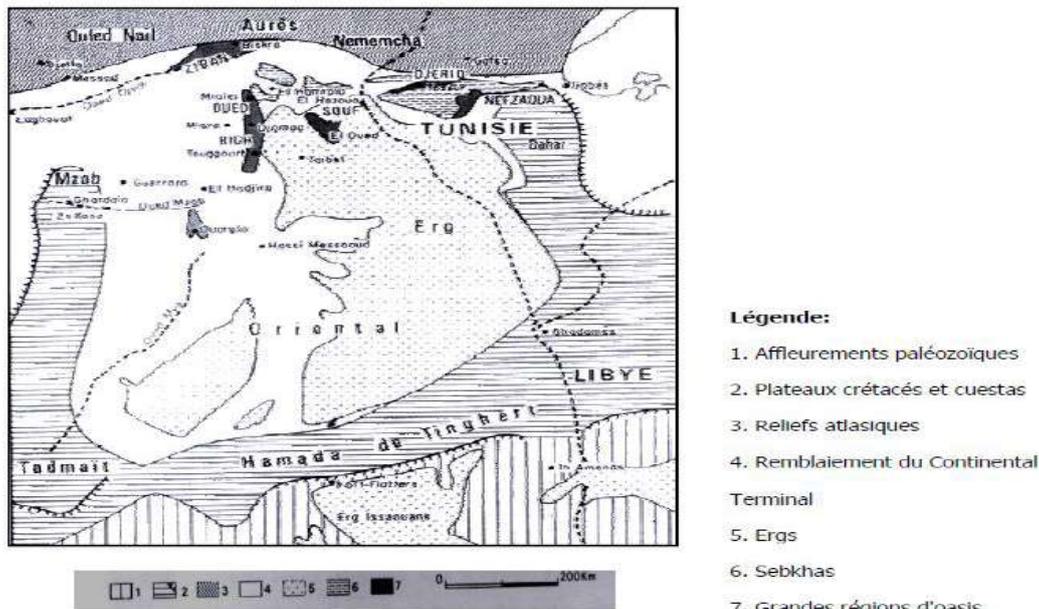


Fig. 4: Les affleurements de la région du Bas-Sahara

***Aperçu lithostratigraphique:**

Sur le plan stratigraphique et lithologique, la cuvette Ouargla est partie intégrante du bassin triasique (Fig. 5). En étudiant l'évolution structurale du bassin triasique, (Boudjema, 1987) a donné un aperçu stratigraphique et lithologique de la couverture sédimentaire. Cet aperçu est le fruit des premières études des géologues universitaires sur le socle des boucliers Touareg et Réguibat et leur couverture sédimentaire.

a-Le Paléozoïque:

❖ **Socle:**

J.M.BERTRAND et R. CABY (1978), en se basant sur des études géochronologiques de terrains, distinguent six unités lithostratigraphiques du socle. Elles sont:

- _ Unités d'âge archéen (>2700 MA)
- _ Unités d'âge protérozoïque inférieur (2000 à 2700 MA)
- _ Unités d'âge protérozoïque moyen (1000 à 2000 MA)
- _ Unités d'âge protérozoïque supérieur (800 à 1000 MA)
- _ Unités d'âge protérozoïque supérieur (650 à 800 MA)
- _ Unités d'âge Eo-Cambrien à Cambrien (800 à 1000 MA)

Sur ce socle sont déposées en discordance les formations paléozoïques.

❖ **Cambrien:**

Il est représenté par la formation des grès de Hassi Messaoud, qui est subdivisée en trois termes: R3, R2 et Ra.

_ Le terme R3: grès grossiers à conglomératiques à la base, mal classés, feldspathiques et argileux.

_ Le terme R2: grès généralement moyen à grossier, mal classés, très argileux à nombreuses passées d'argile.

_ Le terme Ra: grès grossier à fin, anisométriques, quartzitiques avec passées d'argile. Le passage entre le Cambrien et l'Ordovicien n'est pas net, c'est pourquoi on peut distinguer une zone de passage appelée Cambro-ordovicien.

❖ Cambro-ordovicien:

Ce terme comprend la zone Ri et la zone des alternances.

_ La zone Ri: grès isométriques bien classés, glauconieux avec abondance de Tigillites.

_ La zone des alternances: constitué d'une alternance d'argiles et de grès.

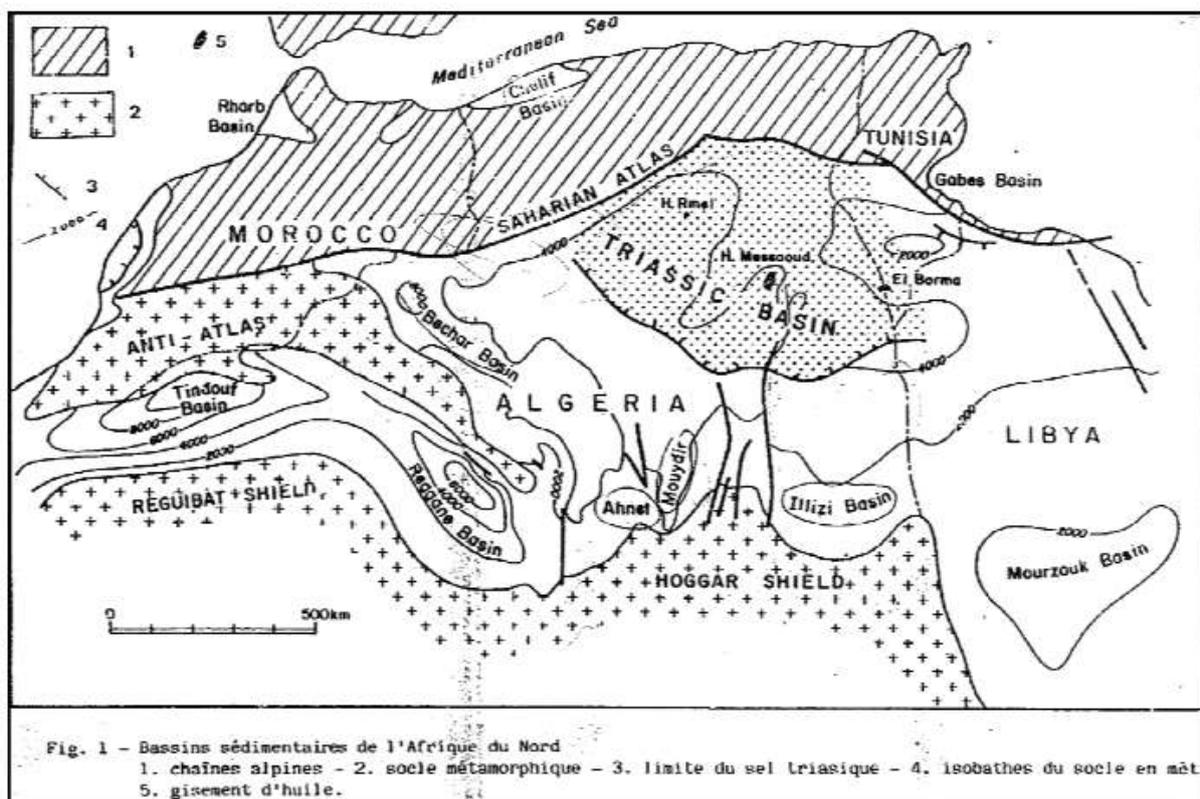


Fig. 5: Contexte géologique de la cuvette de Ouargla (Boudjema A, 1987)

❖ Ordovicien:

Ce système est subdivisé en huit formations qui sont, de bas en haut:

_ Les argiles d'El Gassi: argiles noires, parfois verdâtres ou rougeâtres, carbonatées, glauconieuses.

_ Les grès d'El Atchane: grès feldspathiques et localement conglomératiques, glauconieux.

- _ Les quartzites de Hamra: quartzites à rares intercalations d'argile, azoïques.
- _ Les grès de Ouargla: grès fin à moyen, quartzitiques, argileux comportant une faune.
- _ Les argiles d'Azzel: argiles noires, micacées, riches en Graptolites pélagiques, Brachiopodes, Lamellibranches et Trilobites.
- _ Les grès de l'Oued Saret: grès argileux ou quartzitiques et à zones conglomératiques. Au sommet, un banc de calcaire ou de dolomie.
- _ Les argiles microconglomératiques: argiles noires, silteuses, à nombreuses dragées de quartz.
- _ Les grès de Ramade: ils sont parfois subdivisés en deux sous-membres: la série de grès de Taboulet, à la base, représentée par des grès quartzitiques, et de fines passées d'argiles, et la dalle de M'Kratta, au sommet, constituée de grès quartzitiques. Les six premières unités correspondent à la formation d'In Tahouite (Hoggar), caractérisée par un milieu de dépôt franchement marin, alors que les deux dernières correspondent à la formation de Tamajert (Illizi) d'origine glaciaire.

❖ **Silurien:**

Il est constitué d'argiles noires, riches exclusivement en graptolites. Les trilobites sont rares et ne se rencontrent qu'à de rares niveaux particuliers (Ph. LEGRAND, 1981). Ce sont les roches mères qui ont généré les hydrocarbures des gisements algériens.

❖ **Dévonien:**

Il est érodé sur une grande partie du bassin triasique, il n'est épargné que dans la partie Nord-Ouest (Nord de Hassi R'mel).

_ Dévonien inférieur (Gédinnien-Siegénien) : Dans la partie Nord-Ouest du bassin triasique, il est représenté par deux membres: A la base, la Formation des Argiles de Mehaiguene qui comprend une série d'argiles, suivie d'une autre argilo-gréseuse. Au dessus, la Formation des grès et des argiles de Oued Namouss, constituée à la base par des argiles et devenant gréseuse vers le haut.

_ Emsien: Dans les zones septentrionales du Sahara, il est représenté par des dépôts argileux à argilo-carbonatés de facies pélagique.

❖ **Carbonifère:**

Dans les zones septentrionales du bassin, le Carbonifère n'est présent que dans la région de Bordj-Nili. Il est représenté par une série argilo-gréseuse, suivie de calcaires à Fusulines et d'argiles dolomitiques. Il repose en discordance sur les différents termes du Paléozoïque.

b-Le Mésozoïque:

❖ **Trias:**

Le Trias est caractérisé par des dépôts volcano-détritiques et lagunaires. Dans le secteur de Oued Mya, qui forme une vaste dépression NE-SW, située entre deux axes structuraux, le haut fond du M'Zab-Talemzane au NW et celui d'El Gassi-Hassi Messaoud au SE. Il comprend:

_ La série inférieure: Dans le secteur Sud-Est, les roches éruptives reposent directement sur le substratum faillépaléozoïque (DEVAUX J et al., 1976), tandis que vers le Nord-Ouest, la série se complète par sa base en matériel détritique pour devenir complètement argilo-gréseuse.

Dans la zone intermédiaire, la série est représentée par:

-une alternance d'argile silteuse brune à verte, et de grès blanc, brun rouge à verdâtre, fin d'origine fluviale.

-une épaisse série de roches éruptives gris-foncé à vert-sombre, dures et parfois brunrouge lorsqu'elle est altérée.

_ Niveaux T1 et T2: Ce sont des niveaux grés-argileux. Les Grès sont brun-rouge, fin, parfois moyens et les argiles sont brun-rouge, silteuses et légèrement dolomitiques.

_ Niveau argilo-salifère:

De la base au sommet, il comporte deux termes:

-une série d'argiles brun-rouge tendres, parfois indurées, légèrement dolomitiques et salifères au sommet;

-une série de sel blanc à translucide avec passées d'argile brun-rouge plastique.

❖ **Jurassique:**

_ Lias

_ Lias argileux supérieur ou supérieur : Il est constitué par des argiles brun-rouge, légèrement dolomitiques, plastiques avec quelquefois quelques passées de sel.

_ Lias S3: Il est représenté essentiellement par des sels massifs, translucides avec quelques fines passées d'argile brun-rouge plastiques.

_ Lias S1+S2: C'est un complexe évaporitique, formé par d'alternances d'anhydrite blanche à beige, de sel et d'argile brun-rouge plastique.

_ Horizon B: Représenté par des dolomies, des calcaires parfois oolitiques, avec intercalations de marnes.

_ Lias:Niveau salifère: Constitué de sel avec des intercalations d'argiles brun-rouge et gris-verdâtre.

_ Lias:Niveau anhydritique: Bien développé dans la partie centrale et septentrionale du bassin, il devient argilogréseux avec quelques passées d'anhydrite vers le Sud.

_ Dogger: Du SSE au NNW, les sédiments passent d'un facies détritique à un facies carbonaté, en transitant par un facies lagunaire. Dans la région d'Ouargla, il y est anhydritique (Busson, 1971).

_ Malm: La base du Malm est placée au mur du repère E7 Défini par Busson, (1970, p, 445). Le sommet à la barre carbonatée, passant latéralement à des anhydrites (repère E8 de Busson). Il présente une polarité de facies en allant du SSE au NNW. Dans les zones septentrionales, il est composé essentiellement des roches carbonatées avec des passées de marnes, d'argiles et de quelques passées gréseuses. Dans les zones méridionales, on assiste à une sédimentation essentiellement détritique.

❖ Crétacé:

_ Néocomien: Il est constitué à la base de grès et de quelques passées d'argile, au sommet d'argiles grises, pâteuses avec de nombreuses intercalations de calcaire et de dolomie surtout au Nord. On assiste donc à une sédimentation détritique généralisée, déjà amorcée au cours

du Malm par l'arrivée d'éléments détritiques dans le Nord du bassin.

_ Barrémien: Il est caractérisée par une sédimentation surtout gréseuse, régulière sur l'ensemble du bassin.

_ Aptien: Il est représenté par une barre carbonatée présente sur l'ensemble du bassin avec une augmentation de facies détritiques sur les bordures.

_ Albien: Il est représenté essentiellement par des grès fins et des argiles dans la majeure partie du bassin. Dans les zones septentrionales et orientales, sa partie supérieure est envahie par des facies carbonatés. Il présente une variation de facies, depuis les dépôts détritiques au

Sud-Ouest à des dépôts argilo-gréseux et en fin carbonatés au Nord et Nord-Est. Le changement du régime sédimentaire et l'arrivée en masse de sédiments détritiques s'est produit entre le Néocomien et le Barrémien et au cours de l'Albien (Fabre, 1976). Cette période correspond au dernier épandage détritique important mésozoïque et constitue un immense réservoir d'eau douce.

_ Cénomaniens: Il présente des marnes à gypse avec passées d'anhydrites et de bancs carbonatés sur l'ensemble du bassin (Boudjema, 1987).

_ Turonien: Il est représenté par un banc de calcaire fossilifère assez homogène sur une grande partie du bassin. Cette période est caractérisée par un milieu marin franc sur l'ensemble du bassin.

_ Sénonien: Il présente deux termes:

-Sénonien inférieur à sédimentation lagunaire caractérisé par des formations argileuses et salifères à anhydrite, très peu perméable (Busson, 1970).

-Sénonien supérieur à dépôts carbonatés perméables.

c-Le Cénozoïque:**❖ Tertiaire:**

Swezey, 2009, a fait une synthèse bibliographique sur le Tertiaire à l'échelle du Sahara dont le résultat est la stratigraphie de cet ère au niveau du chaque région. Dans le bassin des chotts et le plateau de Tademaït (Fig. 6), le Tertiaire est constitué de carbonates, d'argiles marines, de sables, d'argiles continentales, de gypse et de conglomérats.

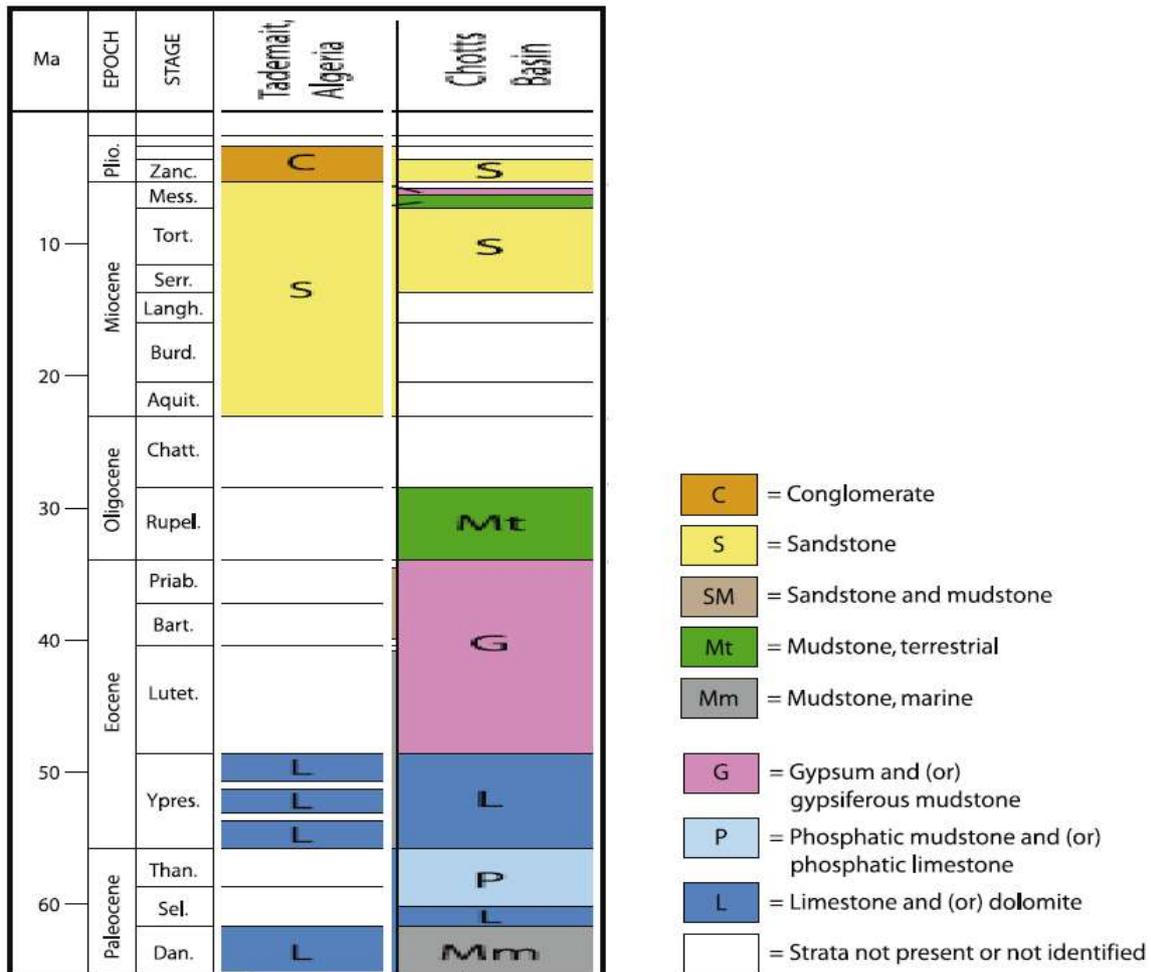


Fig.6: Stratigraphie du Tertiaire (Christopher S. Swezey, 2009)

Dans le Tademaït:

- _ Paléocène Inférieur (Danien): Il est représenté par carbonates.
- _ Eocène inférieur (Yprésien): Il est aussi constitué aussi de carbonates.
- _ Miocène: Il est formé essentiellement de sables.
- _ Pliocène: Il est constitué de conglomérats.

Dans le Bassin des chotts:

- _ Paléocène: Représenté par des argiles marines à la base, surmontée par des carbonates dans la partie médiane et une épaisse série de d'argile et/ou de calcaire phosphatés au sommet.
- _ Eocène: Il présente un niveau de carbonates à la base, et un autre plus épais du gypse au sommet.
- _ Oligocène inférieur: Il est formé essentiellement d'argiles terrestres.
- _ Miocène Supérieur: Il est constitué de trois niveaux, un niveau sableux à la base, épais, deux autres nettement moins épais de gypse et d'argiles continentales.
- _ Pliocène Inférieur: Il est sableux.

L'Eocène constitue le dernier épisode marin du Sahara algérien (Busson, 1970). Le Mio-Plio-Quaternaire forme le Tertiaire continental du Sahara, son épaisseur moyenne est de 150 m. Dans le Bas-Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses connues sous le nom du Continental Terminal (Mio-Pliocène) dont l'épaisseur peut atteindre, dans la région des Chotts algéro-tunisiens, quelques centaines de mètres.

❖ Quaternaire:

Le quaternaire est représenté par des dépôts argilo-gréseux à la base, formant une croûte ancienne, de sables éoliens parfois gypseux et des remaniements des terrains Mio- Pliocène dans la partie sommitale.

4.2-Cadre géologique local:

D'après G. Busson, 1967, les affleurements géologiques à Ouargla et ses environs sont le Quaternaire indifférencié (q) et dunes (D), le Pliocène ou Quaternaire ancien (qp), le Miocène ou Pliocène (mp) et plus loin vers le Sud-ouest le Sénonien et Eocène indistinguables (Fig. 7). A partir des données de forages pétroliers et hydrauliques, la colonne lithostratigraphique des formations traversées au niveau de cette région ont été établie par les compagnies pétrolières.

Vu la nature de la présente étude, on se limitera à la description des terrains post barrémiens.

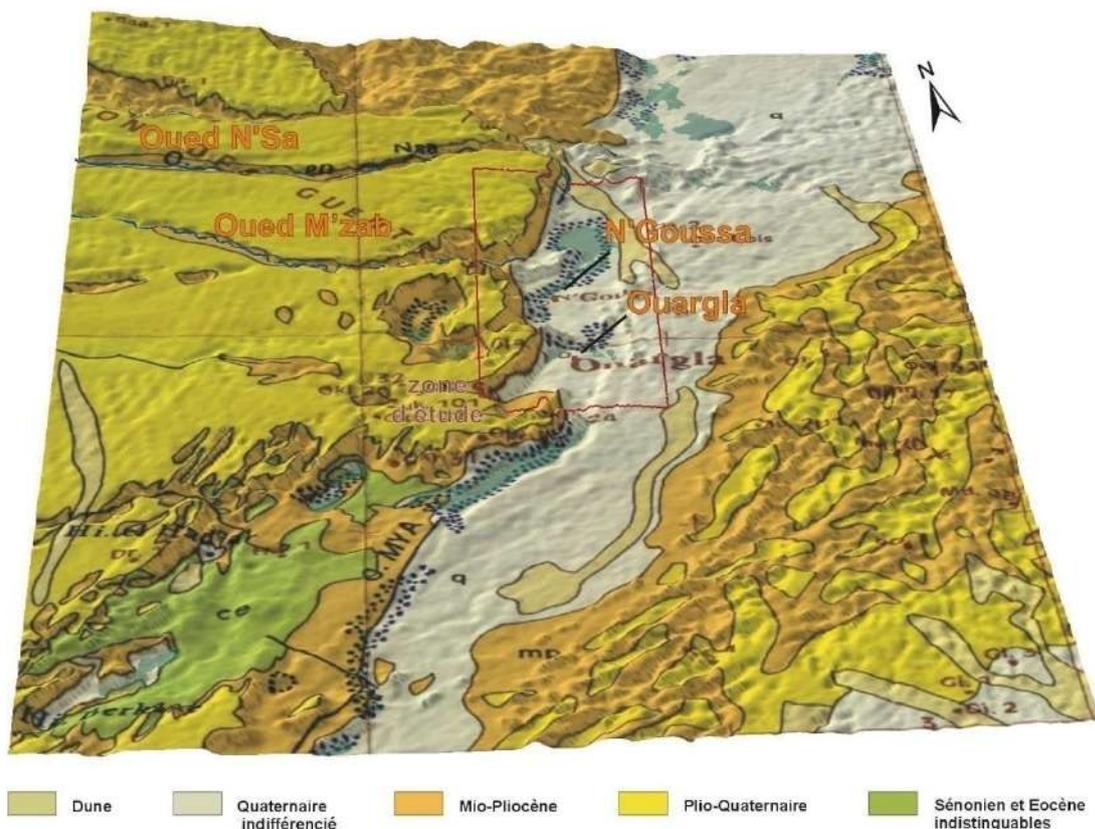


Fig.7: Relief géologique de la region d'Ouargla

Lithostratigraphie:*a-Tertiaire (post Barrémien):****❖ Aptien:**

Il est représenté par des marnes dolomitiques, gris verte, brunes ou blanches, et des dolomies cristallines. Sa puissance est comprise entre 20 et 26 m. Appelé la dale aptienne, cet étage est imperméable.

❖ Albien:

Il s'agit de la partie supérieure du Continental Intercalaire, il est constitué de grès, d'argiles et de sables. Son épaisseur varie de 417 m à 432 m. Les faciès détritiques propres (non argileux) prédominent (70 à 90%) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyen et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux, souvent carbonatés. Des passées d'argiles brun-rougeâtre, pélitiques et sableuses ont été signalées au niveau des sondages septentrionaux (OKJ-20, OKJ-60).

❖ Vraconien:

Il est formé de dolomies, de calcaires dolomitiques parfois argileux, à rares débris de mollusques et d'argiles et marnes dolomitiques avec des éléments détritiques.

❖ Cénomaniens: Il est constitué de deux séries:

-la série inférieure est constituée d'argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtre ou gris-verdâtre, son épaisseur varie entre 65 m et 80 m. Quelques passées de calcaires dolomitiques, en particuliers à la partie médiane de la série ont été décrites.

-la série supérieure est formée d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, de quelques intercalations dolomitiques, et de passées de sel. Son épaisseur est de l'ordre de 70 m.

❖ Turonien:

D'une épaisseur de 73 m. Il est représenté par des calcaires blancs, parfois grisâtres, pulvérulents, par endroits dolomitiques, poreux, devenant beige et dolomitique.

❖ Sénonien lagunaire:

Particulièrement épais (>400 m). Il présente trois termes distincts: le Sénonien salifère, le Sénonien anhydritique et Sénonien carbonaté.

❖ Sénonien-Eocène:

Cet ensemble est essentiellement carbonaté, son épaisseur est comprise entre 150 m et 200 m. Il est constitué de calcaires dolomitiques, cristallins à microcristallins, crayeux, parfois vacuolaires et par endroits argileux.

❖ Mio-Pliocène:

Il correspond au Continental Terminal. C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénonien et l'Eocène.

On distingue quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène à Ouargla.

_ Premier niveau : Basal, représenté par un dépôt argileux, peu épais, qui repose sur le Sénonien et l'Eocène dans la partie centrale de la cuvette suivant une bande Nord-Sud.

_ Deuxième niveau : C'est un dépôt grés-sableux devenant argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais et forme le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.

_ Troisième niveau : n'apparaissant que dans certains endroits, ce niveau est caractérisé par des sédiments argilo-sableux.

_ Quatrième niveau : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. Il est très épais dans la zone des chotts où il affleure sur de grandes surfaces. Il est reconnu par une croûte de calcaire gréseux (croûte des Hamadas).

b-Quaternaire:

Les sondages superficiels effectués dans différentes localités de la cuvette de Ouargla ont rencontré les ensembles suivants:

- **Sur le plateau**, le sol est constitué de sédiments exclusivement détritiques, hérités de l'altération du Mio-Pliocène (grès et sable rouge). C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région. Entre 25 cm et 75 cm, ce sol sableux contient du gravier.

- **Sur les chotts et les terrains intermédiaires**, l'horizon de surface est une croûte blanchâtre, parfois polygonale, gypseuse. Elle est couverte par des voiles de sable éolien gypso-siliceux et de sebkhas associés à une végétation gypsohalophiles. De 15 cm à 20 cm d'épaisseur, on trouve un encroûtement gypseux, jaune rougeâtre, très clair, pulvérulent et homogène. Plus bas, un encroûtement gypseux, induré de 40 cm d'épaisseur, suivi d'un tuf à teneur de gypse décroissante.

- **Les Sebkhas**, sont caractérisées par des croûtes salines qui reposent sur des matériaux limono-sableux.

- **Les dunes**, sont formées de sable éolien d'origine gréseuse provenant de Hamada Mio-Pliocène qui se trouve dans les talwegs, sur les bordures des Sebkhas et sur les versants rocheux.

5- Contexte hydrogéologique:

5.1-Contexte hydrogéologique régional:

Dans le bassin du Sahara septentrional, il existe des formations aquifères vorables à la circulation souterraine des eaux. Il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional (SASS, 2003), qui englobe le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Sa surface est d'environ 1.000.000 Km², partagée entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Ses réserves sont estimées à 31.000×10⁹ m³.

5.1.1-Le Continental Intercalaire:

Cet aquifère s'étale du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar, et d'Ouest en Est, depuis la vallée du Guir et de la Saoura jusqu'au désert libyen (Fig.8). Il occupe les terrains sableux et argilo-gréseux du Néocomien, du Barrémien, de Aptien, et de l'Albien (Cornet, 1964 ; Cornet et Gouscov, 1952)(fig.9).Son alimentation provient du piémont de l'Atlas saharien au Nord-Ouest avec un débit de 7.7 m³/s (Ould Baba Sy, 2005 ; Ould Baba Sy, et al, 2006), du Tinrhert au Sud, Dahar à l'Est, Jebel Nafusa au Nord-Est et du Jebel Hassawna au Sud (Ould Baba Sy, 2005).

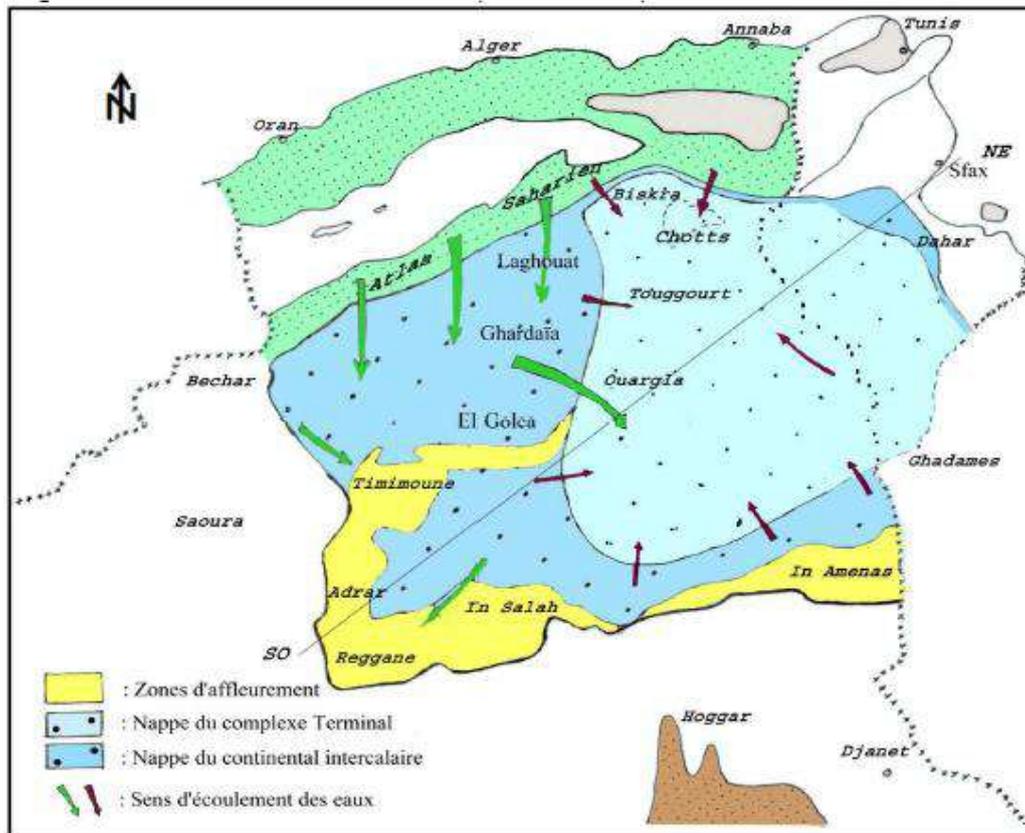


Fig.8: Cadre général du système aquifère post-paléozoïque du Sahara.

Les zones d'exutoire sont le Touat-Gourara, le Tidikelt, El-Hamma en Tunisie et AinTawargha en Libye.

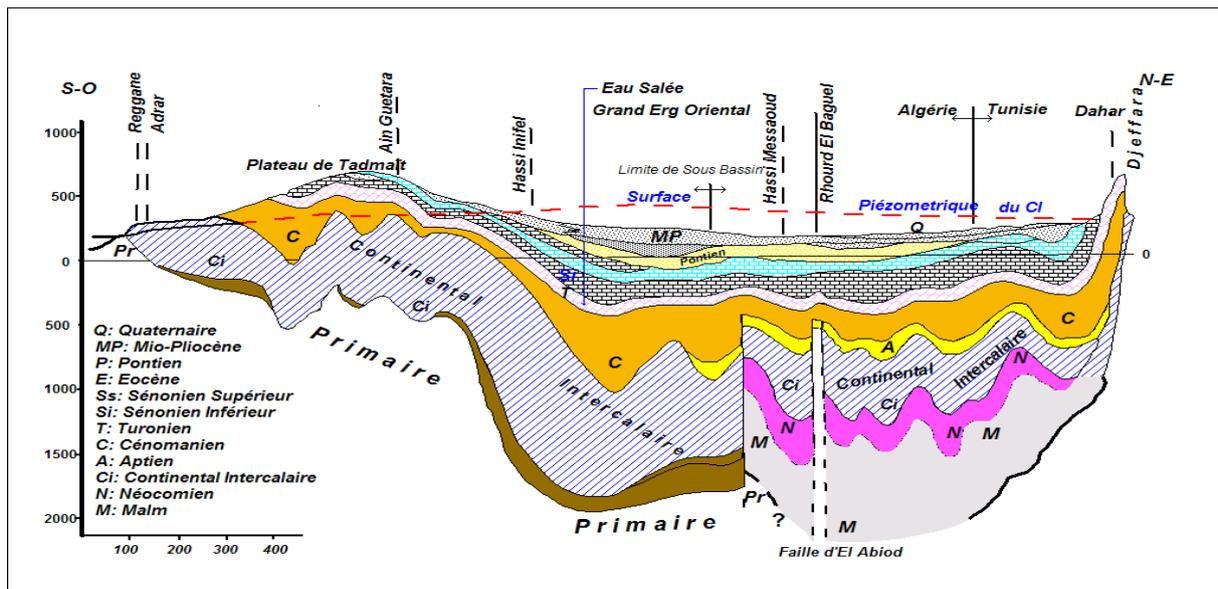


Fig.9: Coupe hydrogéologique du système aquifère CT et du CI (UNESCO, 1972)

5.1.2- Le Complexe Terminal:

Kilian, 1922, désigne par le Continental Terminal les formations continentales sableuses et argileuses du Mio-pliocène. Pour Bel et Dermagne (1966), ce terme représentait toute la série allant du Cénomanién au Mio-Piocène. Il s'agit d'une même unité hydrogéologique multicouches (Bel et Cuche, 1969 ; UNESCO, 1972 ; OSS, 2003). Au Bas-Sahara, le Turonien, le Sénonien, l'Eocène, le Mio-Pliocène et le Quaternaire sont les dernières formations déposées. Elles sont le siège de trois aquifères Selon (Cornet, 1964; UNESCO, 1972, 1972).

Les zones d'alimentation du Continental Terminal sont: l'Atlas saharién au Nord-Ouest, le Dahar à l'Est, le Jbel Nafusa au Nord-Est et le Tinrhert au Sud (OSS (2003a et b), Bel et Cuche (1969), le Projet UNESCO, 1972 (1972c), Levassor (1975), Pallas (1978), Srivastava (1981), et Mamou (1990). Les zones d'exutoires sont principalement les Chotts algéro (OSS (2003a et b).

5.2- Cadre hydrogéologique local:

Au niveau de Ouargla, les aquifères utilisables à des fins urbaines et agricoles, sont illustrés sur le tableau (Tab.01)

- _ La nappe dite de L'Albien dans les grès et argiles sableuses du CI;
- _ La nappe des calcaires au niveau du Sénono-Eocène;
- _ La nappe des sables dans les dépôts détritiques du Mio-Piocène;
- _ La nappe libre (phréatique) contenue par les sables fins argileux et gypseux du Quaternaire.

Chronostratigraphie	Unités hydrogéologiques		Prof	Lithostratigraphie	Lithologie
Quaternaire	Nappe phréatique		20m		
Tertiaire	Nappe du Complexe Terminal	Nappe des sables	120m	Mio-Pliocène	
		Impermeable		Eocène évaporitique	
		Nappe des calcaires (Sénono-Eocène)	520m	Eocène carbonaté	
		Impermeable	700m	Sénonien carbonaté	
		Nappe du turonien		Turonien	
Secondaire	Crétacé	Impermeable	1100m	Cénomanién	
		Nappe du Continental Intercalaire		Vraconien	
		Nappe de l'Albien		Albien	
			2000m	Aptien	
				Barrémien	

Tab.01: Aquifères du CI et CT à Ouargla (ANRH, 2004)

5.2.1-Les nappes du continental intercalaire:

a- La nappe de l'Albien:

Elle est constituée de grès fins, gris, à ciment argileux, parfois dolomitiques, avec intercalation de marnes dolomitiques et d'argiles sableuses. Elle est rencontrée à une profondeur allant de 1100 m à 1400 m, avec une épaisseur utile d'environ 640 m. cette nappe jaillissante est exploitée par des forages destinés à l'alimentation en eau potable.

5.2.2- Les nappes du complexe terminal:

a- La nappe du Sénono-Eocène: très coquilliers, gris jaunâtre, à intercalations de marnes blanches et dolomitiques, ses eaux sont également exploitées essentiellement pour l'alimentation en eau potable. Elle se situe entre 120 m et 200 m de profondeur. Formée de calcaire poreux à silex.

b- La nappe des sables du Mio-Pliocène:

Cette nappe est constituée de sables fins à grossiers, parfois graveleux, à intercalation de calcaires blanc, tendres et de marnes sableuses, d'argiles sableuses rose et passées de grès et de gypses. Elle est située à une profondeur allant de 20 m à 100 m. Son exploitation remonte à longtemps par des puits traditionnels. Actuellement, elle est exploitée pour l'irrigation des palmeraies et des cultures sus-jacentes par le biais de plusieurs centaines de forages.

c-La nappe superficielle ou phréatique:

Omniprésente à l'échelle de la région, son épaisseur varie de 1 m à 8 m. son substratum est un niveau imperméable étanche occupant tout le fond de la vallée d'Ouargla. Sa frange capillaire surgie souvent à la surface du sol sous forme de chotts. Elle est relativement profonde au niveau des hautes altitudes (Ergs), et moins profonde à proximité des palmeraies irriguées. Le sens de l'écoulement principal des eaux de la nappe phréatique suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est à dire du Sud vers le Nord (Nezli, 2008).

Les eaux de rejets urbains et agricoles (palmeraies) maintiennent des niveaux piézométriques très élevées par rapport à la topographie, se traduisant par une remontée de la nappe en surface (Lelièvre, 1969 ; Idder, 1998 ; BG, 2004 ; Nezli, 2004 ; Nezli, 2007).

La lithologie des formations qui la constituent est connue grâce aux sondages (piézomètres), de 6 m à 10 m de profondeurs, qui la traversent. Au Sud de Ouargla la nappe est constituée de sable fin à moyen, rarement grossier, argileux. Vers le Nord, N'Goussa et Sebkhet Safioune, les sables sont riches en gypse et deviennent dominants à Sebkhet Safioune.

La continuité lithologique entre les sables mio-pliocènes et quaternaires suggère que les deux formations constituent pratiquement le même aquifère (Nezli, 2008).

La présente étude traite des eaux libres du chott de Ain El Beida qui sont en relation directe avec la nappe phréatique. Le bilan hydrique est un des éléments clé de raisonnement pour la compréhension du cycle géochimique de ces eaux. C'est pour cela qu'on va présenter la synthèse des résultats des études récentes du bilan hydrique de cette nappe.

5.3-Bilan hydrique de la nappe superficielle

Il s'agit d'une évaluation de débits d'alimentation et d'exhaure de la nappe superficielle. Il a été établi par le bureau d'Etudes Lausannois B&G (Bonnard & Gardel) en 2004; et par Bellaouer en 2008.

D'après Bellaouer, les débits d'alimentation à l'échelle de l'agglomération de Ouargla, sont de l'ordre de 31760000 m³/an. Ce sont les écoulements naturels, les précipitations et les débits produits à partir des forages du CI et du CT. Les débits d'exhaure sont évalués à 31708800 m³/an. Il s'agit du pompage des eaux d'assainissement, urbaines et agricoles, vers l'exutoire d'Oum Erraneb, de l'évapotranspiration des végétaux, de l'évaporation à l'air libre dans la Sebkha et le Chott et de l'écoulement naturel des eaux de la nappe vers le Nord.

Dans les agglomérations, les palmeraies et les sebkhas, L'eau se trouve proche de la surface du sol. Elle est exprimée par le solde positif de la réserve (Q) de **51 200 m³/an**.

Cette étude a conclu que la station de pompage de Chott et les canaux de drainage, permettent de remédier aux zones inondées.

6- Description des composants climatiques:

L'analyse des données climatiques (tableau Tab. 2) de la station météorologiques de Ain El Beida, qui couvrent une période de 28 ans, fournie par l'O.N.M de Ouargla, nous a permis de caractériser le climat de Ouargla et de décrire chacun de ses composants.

	T moy (°C)	P (mm)	H (%)	I (h/an)	E (mm)	V.V (m/s)
Janvier	11.87	5.90	62.38	238.28	90.89	3.39
Février	14.93	0.65	50.60	220.77	140.03	4.27
Mars	18.70	2.69	41.17	279.91	226.31	5.08
Avril	23.12	1.49	38.33	240.20	279.08	5.45
Mai	27.62	0.74	31.91	255.24	368.79	5.57
Juin	32.64	1.52	24.83	284.16	453.36	5.94
Juillet	35.49	0.75	24.69	350.40	448.07	4.85
Août	35.29	0.90	26.97	317.41	446.45	4.78
Septembre	30.46	7.52	35.50	267.38	317.09	5.09
Octobre	26.41	4.91	43.74	266.39	239.58	4.35
Novembre	16.80	9.48	52.69	253.85	124.91	3.69
Décembre	12.50	2.24	62.35	223.31	93.90	3.72
Moyenne annuelle	23.82	38.78^C	41.26	3197.30^C	3228.49^C	4.68

**Tab. 2: Données climatiques de la station météorologiques de Ain El Beida (1982-2010),
O.N.M., Ouargla.**

T moy: température moyenne, **P** : précipitation, **H** : humidité relative, **I** : insolation

E: évaporation, **V.V** : vitesse du vent, **C**: cumul annuel

6.1- Les Temperatures:

Au cours de trois dernières décennies, la température moyenne annuelle est de 23,82°C avec un maximum en juillet de 35,49°C, et un minimum en janvier de 11,87°C.

Les extrêmes absolus observés depuis quarante ans environ varient entre 52,7°C et -6,9 °C (DUBIEF, 1963). Les moyennes annuelles des minima sont comprises entre 10 et 15 °C, et les maxima entre 25 et 30 °C (DUBOST, 1992). Par rapport aux autres oasis sahariennes, les températures de Ouargla sont nettement plus contrastées (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

6.2- L'Insolation:

La durée moyenne annuelle de l'insolation est de 3186,90 h/an. Elle enregistre un maximum de 342,21 heures en juillet et un minimum de 219,31 heures en février. D'après Khadraoui (2005), le climat dans lequel évolue la région d'étude est justement distingué par cette forte insolation.

6.3- Les précipitations:

Elles sont rares et irrégulières d'un mois à un autre et à travers les années. Les pluies tombent essentiellement au printemps et en automne avec un maximum en novembre de 9,48 mm après une période sèche du mois d'avril à août. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 38.78 mm.

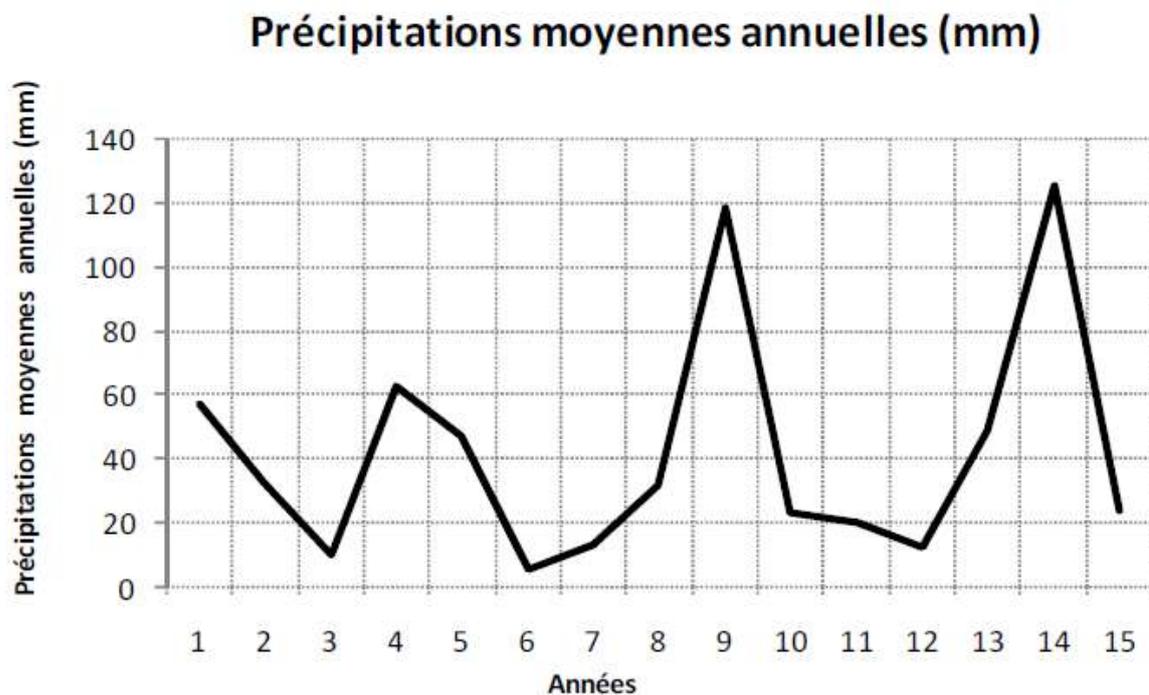


Fig.10: Précipitation moyennes annuelles durant les quinze dernières années.

La figure (Fig. 10) montre la forte variabilité des précipitations durant les quinze dernières années. Ce qui confirme l'irrégularité des précipitations. Le Box plot (Fig. 15) montre que les précipitations sont variées principalement de 17.1 à 53 mm avec une valeur atypique de 124.8 mm qui traduit une année exceptionnellement pluvieuse dans la région, il s'agit de l'année 2009.

6.4- Les vents:

Le vent souffle pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 3,39 m/s en janvier à 5,94 m/s en juin pour la période étudiée. Les plus forts (vents de sables) à vitesse supérieure à 20 m/s (72 km/h) viennent du Nord-Est et du Sud et fréquemment du Nord (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Les vents de l'Ouest prédominent en hiver; ceux du Nord, du Nord-Ouest et de l'Ouest au printemps, et ceux du Nord vers le Sud sont plus fréquents en été et en automne (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975, DUBIEF, 1963).

6.5- L'humidité relative de l'air:

C'est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air, elle s'exprime souvent en % par rapport à la saturation. Dans la zone d'étude, l'humidité relative n'est pas faible, sa moyenne annuelle est de 41,26%, elle est inversement proportionnel à la température (Fig. 11). Elle décroît progressivement de janvier 62,38% pour atteindre un minimum de 24,69% en juillet, puis elle remonte progressivement pour revenir à sa valeur initiale en décembre. Elle est surtout influencée par les températures ; le vent ne semble l'affecter. Les hivers sont humides par rapport au climat désertiques (>60%).

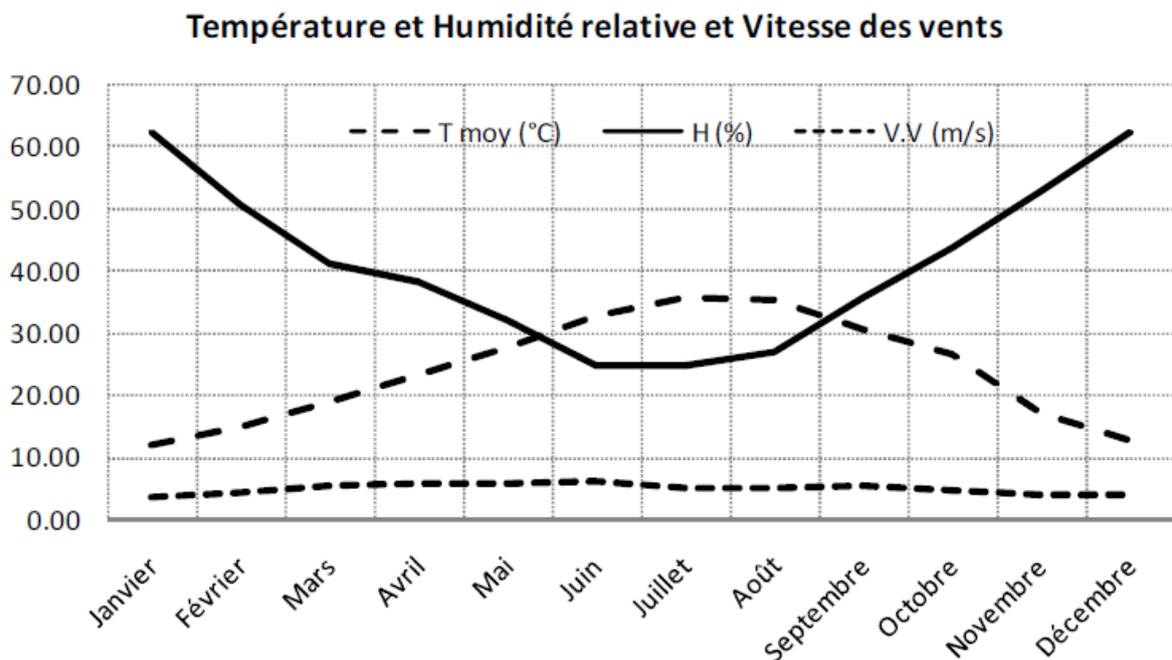


Fig. 11: Evolution de l'humidité relative, température et vitesse du vent durant l'année.

6.6- L'évaporation:

Régie par la température et accentuée par le pouvoir évaporant des vents secs, l'évaporation enregistre des grandes valeurs dans la zone d'étude. Sa moyenne est de 3228.49 mm/an avec un minimum de 90,89 mm en janvier et un maximum de 453,36 mm en juin. C'est la principale source du déficit hydrique au niveau de Ouargla. Cependant, son influence sur l'évaporation des eaux libres du chott (Ain El Beida) est amoindrie en raison de la forte salinité de ces eaux. En effet, après les expériences menées aux Etats-Unis en zones arides et semi-arides, Sami et Dutil (1960), ont proposé un facteur de réduction de 0,80 pour les chotts de Ouargla.

7- Caractérisés bioclimatique:

Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux, elle est caractérisée par une sécheresse presque permanente et une très forte aridité. La température annuelle moyenne, enregistrée pour la période de 1982 à 2010 est de 23.82 °C, le minima moyen est en mois de janvier avec 4.47 °C et le maxima moyen est en mois de juillet avec 44.09 °C. L'amplitude thermique annuelle est donc de 39.60 °C. Les précipitations sont faibles et très irrégulières, 5.9 mm en 2001 et 124 mm en 2009. La moyenne annuelle des précipitations est de 42.4 mm avec une variance de 1323, ce qui traduit leur grande variabilité et leur caractère irrégulier. L'insolation est très importante, le cumul annuel est de 3197.3 h/an, soit une moyenne de 266.44 h/mois.

L'évaporation annuelle est de 3228.49 mm, soit 12.18 mm par jour. La vitesse moyenne des vents est de 4.68 m/s avec des rafales exceptionnelles qui peuvent atteindre 120 Km/h. La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 41,26%, cependant les hivers sont relativement humides atteignant la valeur de 62.38 % en janvier et décembre.

8-Conclusion :

La région d'étude est située au Sud-Est de l'Algérie. Elle est caractérisé par :

L'étude Géomorphologie : les Hamadas ; les glacis;les Accumulations sableuses (dunes); les chotts et les sebkhas.

Et l'étude climatologique de la région d'Ouargla basée sue les données fournies par l'A.N.R.H et l'O.N.M nous informe que notre région de Sahara SE se caractérise par :

- Des hautes températures avec une insolation importante.
- De faibles précipitations avec des pluies rares et aléatoires.
- Un climat très sec et très aride.
- beaucoup de vents de sable.
- Et pendant les périodes ou ces paramètres sont importants et atteignent leurs valeurs maximales on a une faibles humidité.

Chapitre II

Matériel et méthodes

1- Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons présenter les étapes de notre travail commençant par la reconnaissance géologique et lithologique de la région d'étude par établissement des coupes litho-stratigraphiques et analyse d'échantillon par diffraction des rayons X, suivant le sens d'écoulement des eaux de cette nappe en utilisant les logiciels informatiques spécialisés.

2-Recherche bibliographique:

Notre recherche bibliographique est basée essentiellement sur les travaux des grands géologues et hydrogéologues sur la région; Busson, Dubief...etc., les travaux des sociétés et compagnies économiques; SONATRACH, BG, ANRH...etc.

Nous avons consulté aussi les thèses et les mémoires de fin d'études de plusieurs chercheurs sur la région, et à partir de toutes ces références, nous avons pu établir une synthèse bibliographique contenant des informations sur la géologie et l'hydrogéologie à l'échelle locale et régionale.

3-Traitement des données géologiques:

Au niveau de cette partie, nous allons nous baser essentiellement sur le traitement des données des différents forages réalisés soit par la société nationale SONATRACH dans le cadre de l'exploitation des réserves en hydrocarbures, ou bien les forages d'eau réalisés par l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH) dont le but d'établir des coupes géologiques descriptives de la lithologie des aquifères de toute la zone d'étude.

4-Echantillons pour analyse par diffraction X:

Un (1) échantillon ont été prélevé dans la région couvrant toute la zone d'étude sur les affleurements mio-pliocènes, les points d'échantillonnage se situent dans les mêmes régions où les échantillons d'eaux ont été prélevé (Ouargla). Ces échantillons ont été prélevés à 30 cm de profondeur, séchés et broyés puis analysé par diffractomètre de rayons X.

Les corps cristallins peuvent être considérés comme des assemblages de plans réticulaires plus ou moins denses. Les plans contiennent les atomes : certains plans contiennent bien plus d'atomes que d'autres en fonction de la formule chimique du minéral. Ces plans réticulaires sont séparés par des distances caractéristiques (d) selon la nature du cristal ou du minéral considéré. Trois ou quatre distances réticulaires bien choisies permettent une reconstitution du réseau cristallin du minéral.

Les rayons X, comme toutes les ondes électromagnétiques, provoquent un déplacement du nuage électronique par rapport au noyau dans les atomes ; ces oscillations induites provoquent une réémission d'ondes électromagnétiques de même fréquence ; ce Phénomène est appelé diffusion Rayleigh.

La longueur d'onde des rayons X étant de l'ordre de grandeur des distances interatomiques (quelque angström), les interférences des rayons diffusés vont être alternativement constructives ou destructives. Selon la direction de l'espace, on va donc avoir un flux important de photons X, ou au contraire très faible ; ces variations selon les directions forment le phénomène de diffraction X.

5-Outil informatique :

5.1- Rock Works 15:

Le logiciel Rock Works établis des logs et des coupes géologiques en introduisant les données des forages: la profondeur totale du forage, son altitude (Z), le toit et le mur de chaque couche, sa nature lithologique en prenant en considération les figurés conventionnels de chaque formation géologique (calcaire, marne, argile, sable...etc.), la stratigraphie si nous travaillons sur plusieurs étages (Albien, Cénomaniens, Turonien...etc.)

Le logiciel Rock Works peut établir des corrélations entre plusieurs logs stratigraphiques et nous donne en suite des coupes géologiques significatives.

5.2- Match! 2:

Ce logiciel permet de traiter et d'interpréter les spectres de diffraction des rayons X en appliquant la loi de Bragg, chaque raie observée sur les spectres correspond à une distance inter-réticulaire d_{hkl} d'un minéral qui est calculée selon la formule de Bragg :

$$D_{hkl} = \lambda / 2 \sin \theta$$

Où : λ est la longueur d'onde et θ est l'angle de faisceau incident. Les mesures sont effectuées sur le domaine de $2\theta = 10$ à 90° .

5.3- Surfer 11:

C'est avec ce logiciel qu'on a pu réaliser les cartes d'emplacements des échantillons et celles de l'évolution des paramètres étudiés. Après avoir introduit les données en un fichier Excel, on choisit la méthode d'interpolation convenable ; le Krigeage. Après la sélection de la méthode, on obtient des cartes de courbes de niveau (courbes d'isovaleurs) liant les points ayant les mêmes valeurs.

6-Conclusion:

Afin de concrétiser une étude se rapportant à l'hydrogéochimie de l'aquifère du Mio-Pliocène de la région d'étude, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages ayant une bonne répartition significative dans toute la région, ainsi que des échantillons de roche. Des programmes informatiques ont été utilisés pour représenter les paramètres ces indiqués.

Chapitre III

Résultats et discussions

1-Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats obtenus après le traitement des données géologiques, l'analyse par diffraction des rayons X.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en relation les caractéristiques géologiques et lithologiques de notre zone d'étude avec les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux dans le but de déterminer l'influence de la lithologie sur la composition géochimique des eaux.

2- Reconnaissance géologique de la région:

2.1-Emplacement des forages et directions des coupes :

Les données de forages allongés selon une direction (SSW/NNE) (SW/NE) et une distance d'environ de 70 Km; ont été utilisés pour établir la coupe géologique de la région de Ouargla à l'aide du logiciel Rock Works.

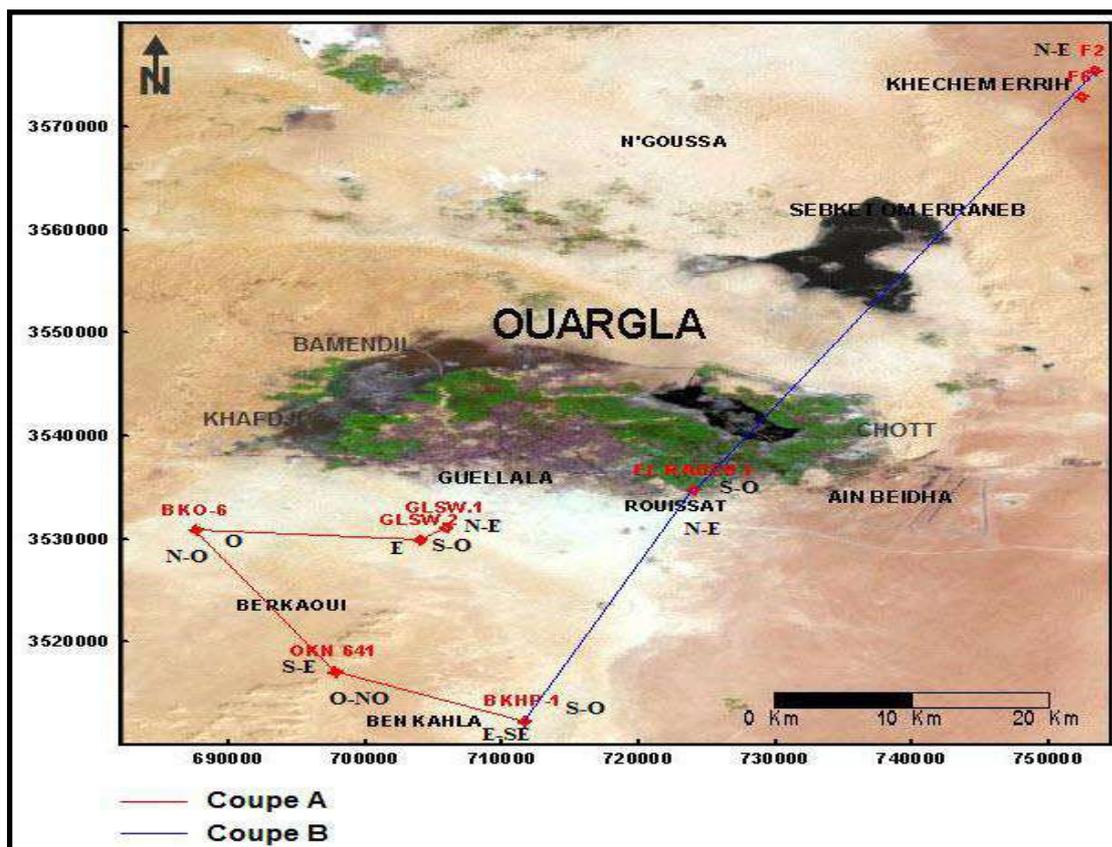


Fig.12: Carte de situation des forages.

2.2- Les colonnes stratigraphiques des forages:

La coupe géologique de la région d'Ouargla a été établie en basant sur les données lithologiques des forages:

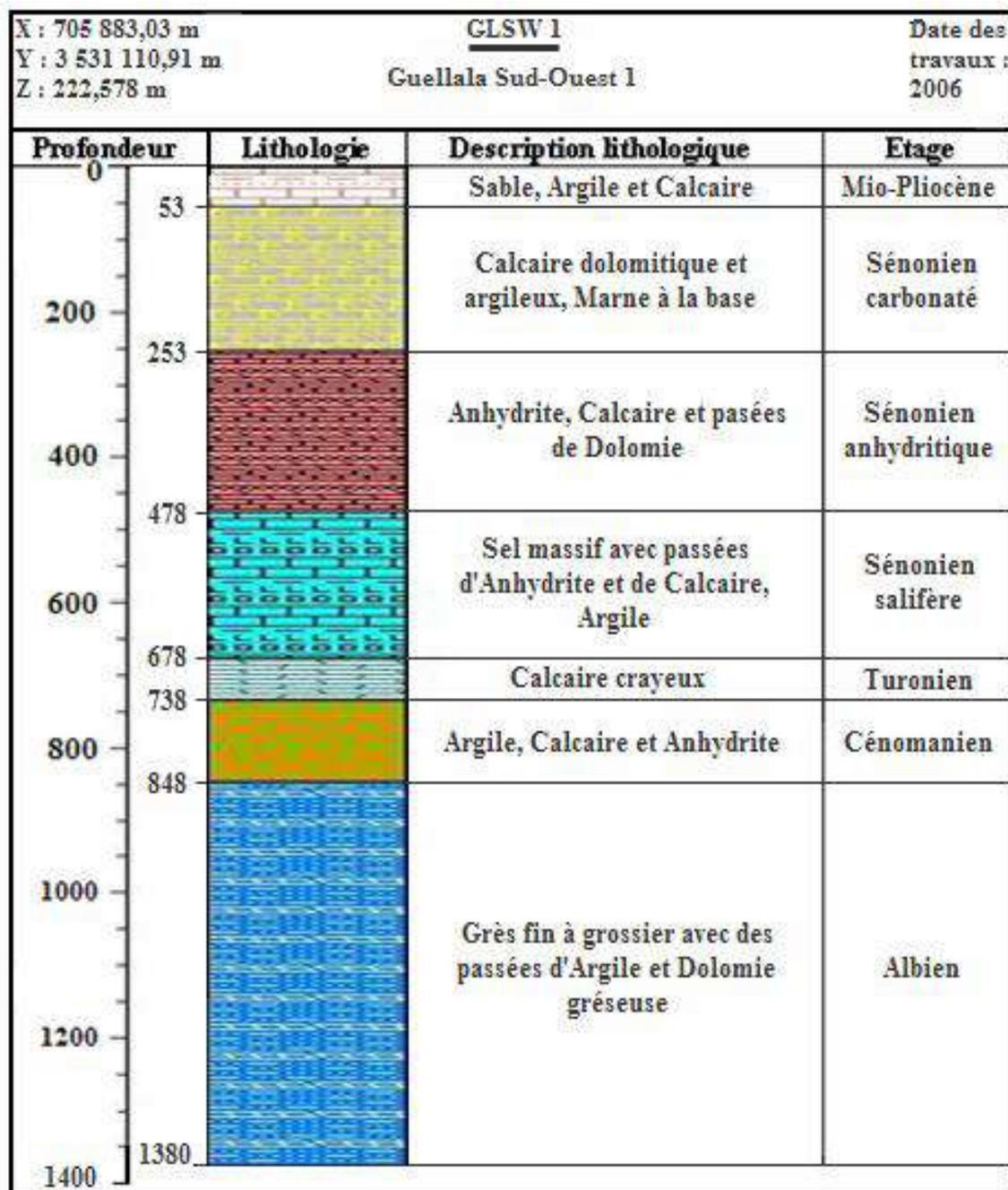


Fig.13: Colonne stratigraphique du forage GLSW 1.

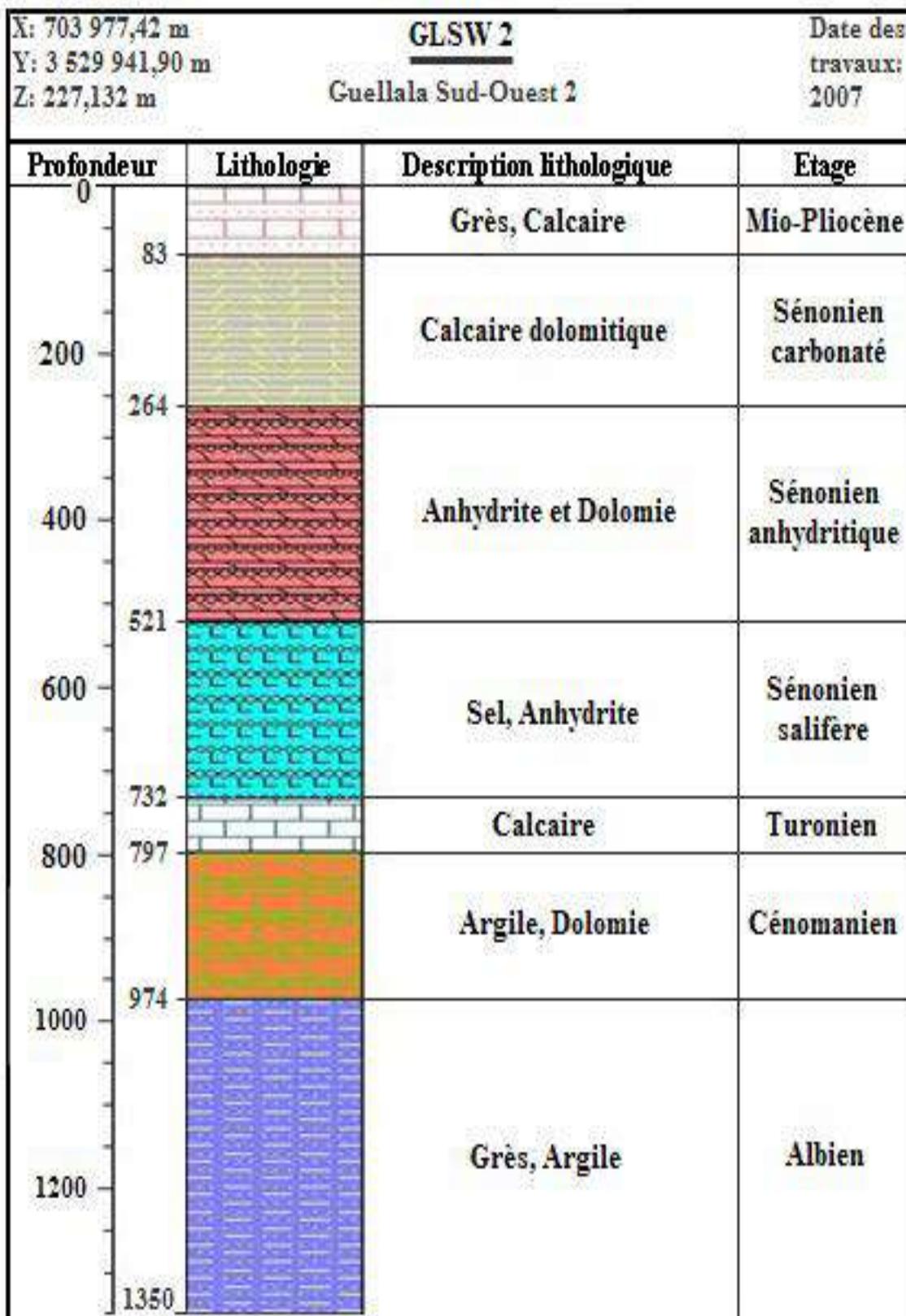


Fig.14: Colonne stratigraphique du forage GLSW 2.

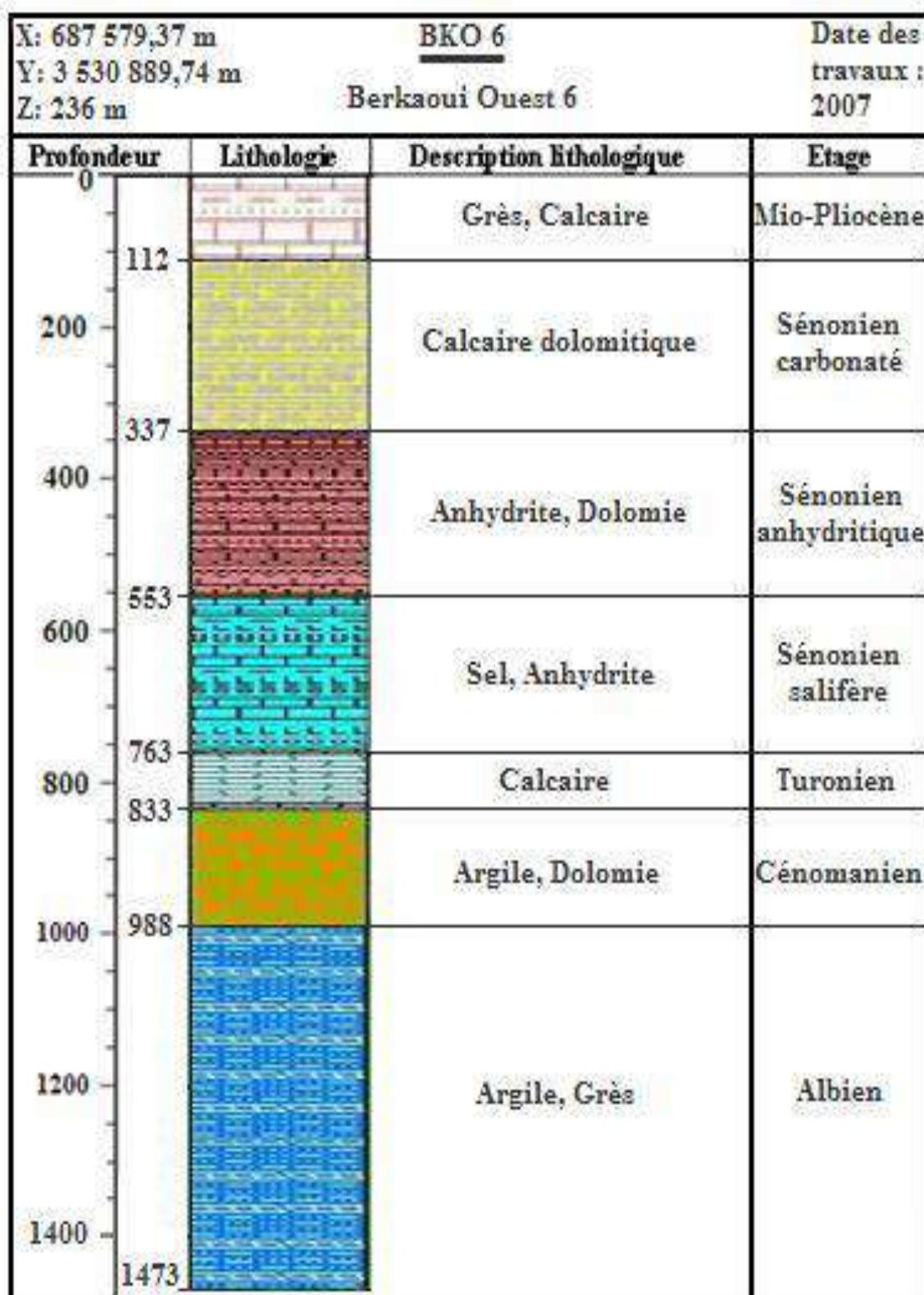


Fig.15: Colonne stratigraphique du forage BKO 6.

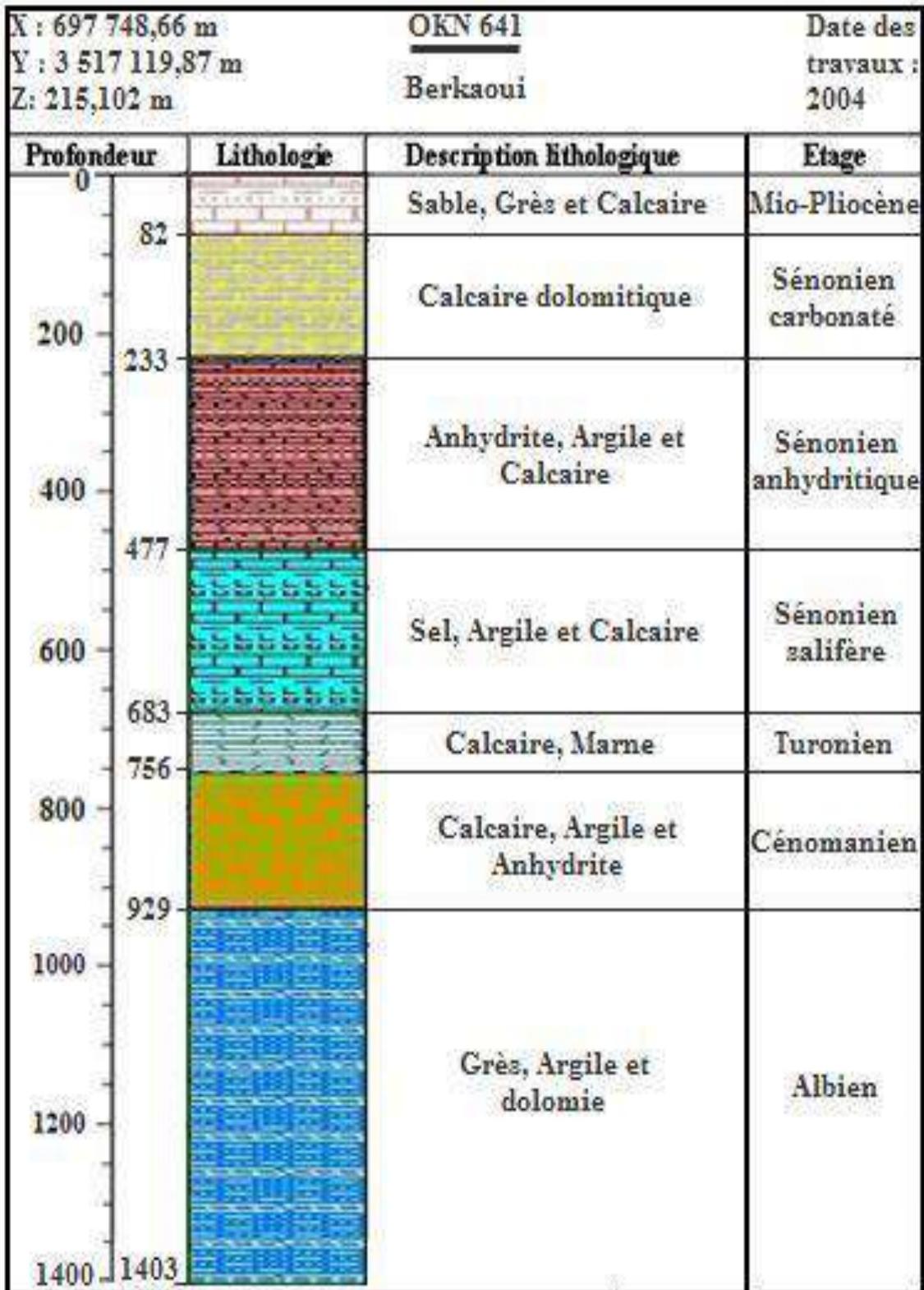


Fig.16: Colonne stratigraphique du forage OKN 641

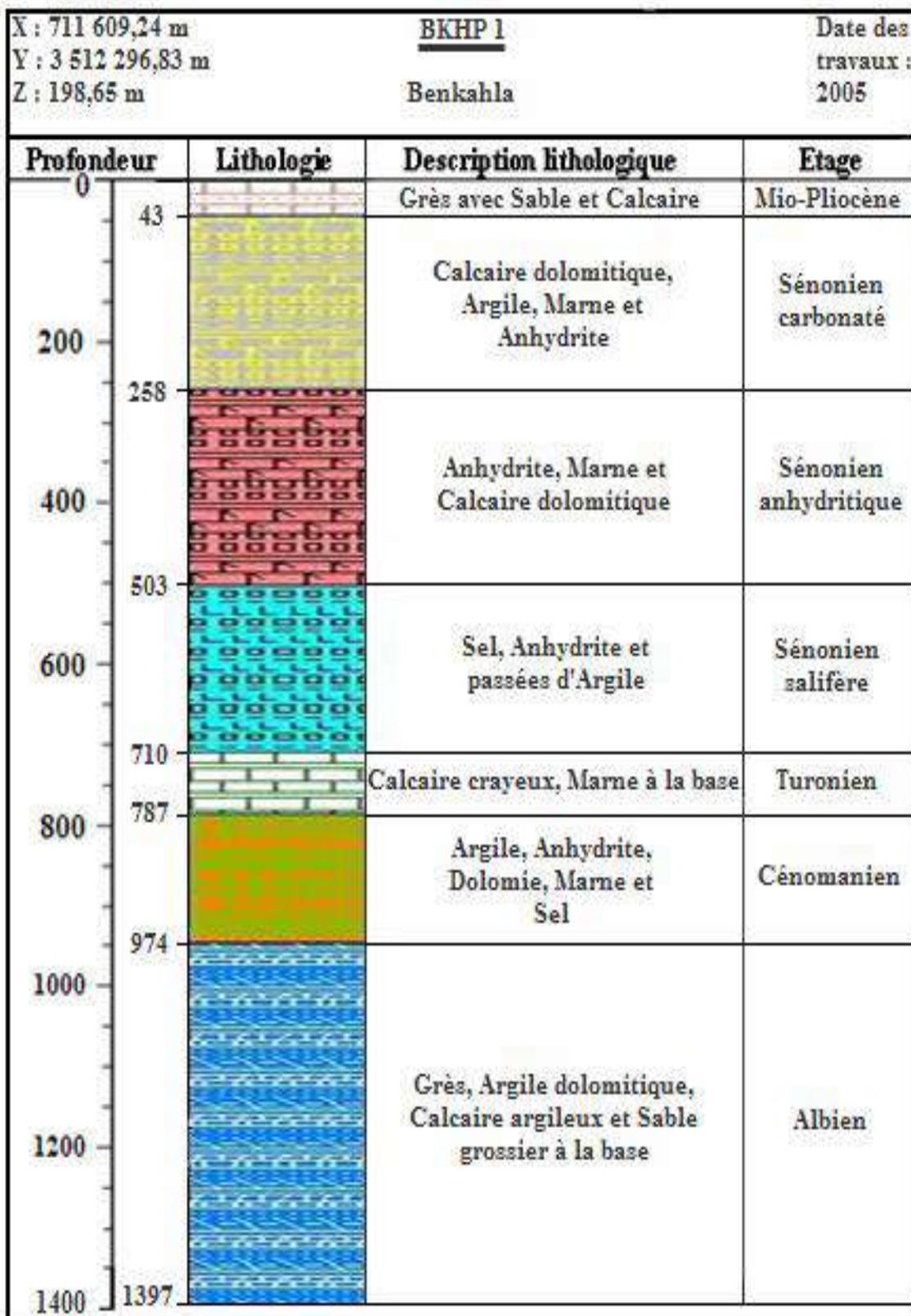


Fig.17:Colonne stratigraphique du forage BKHP 1

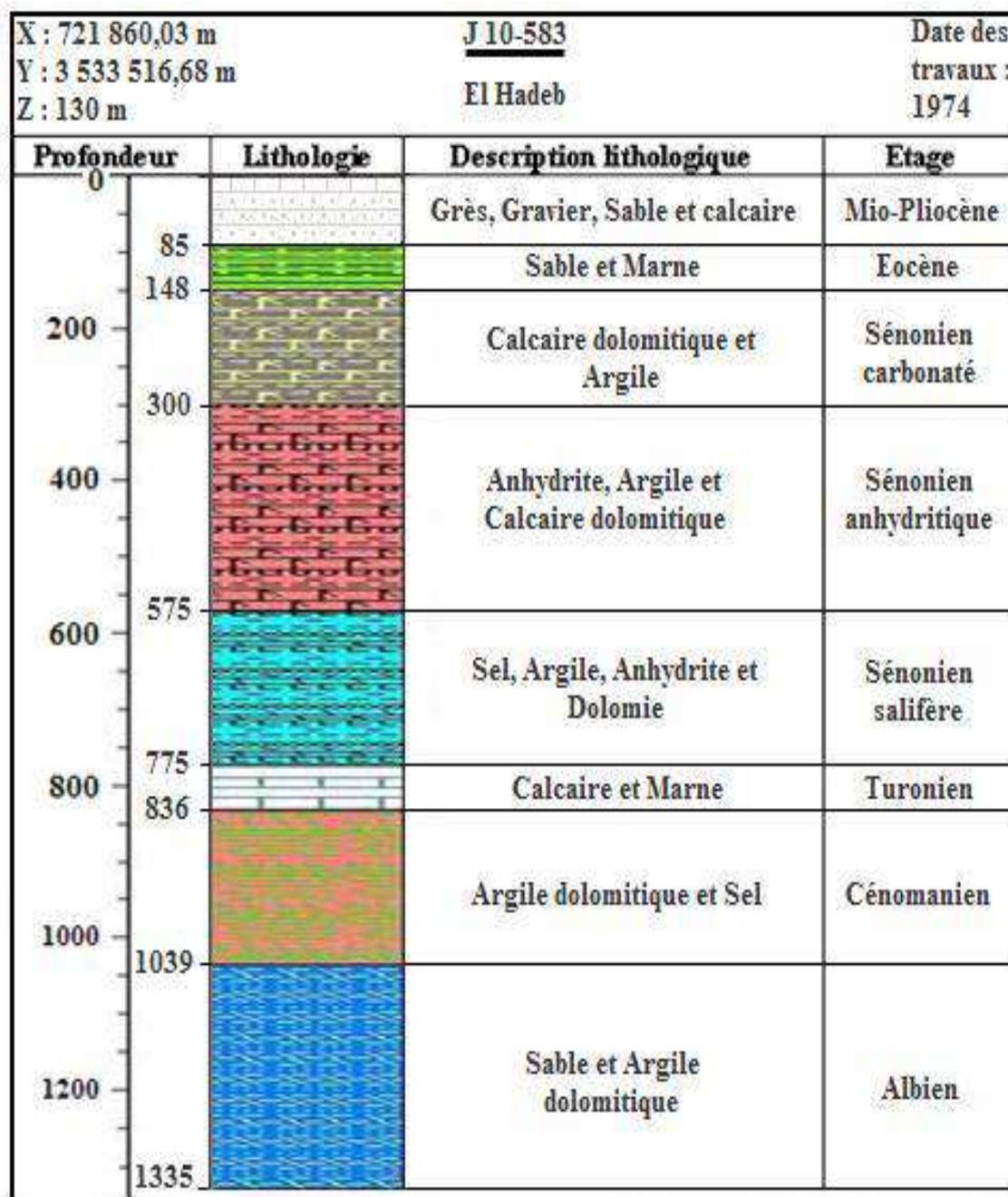


Fig.18: Colonne stratigraphique du forage J 10-583 (El Hadeb)

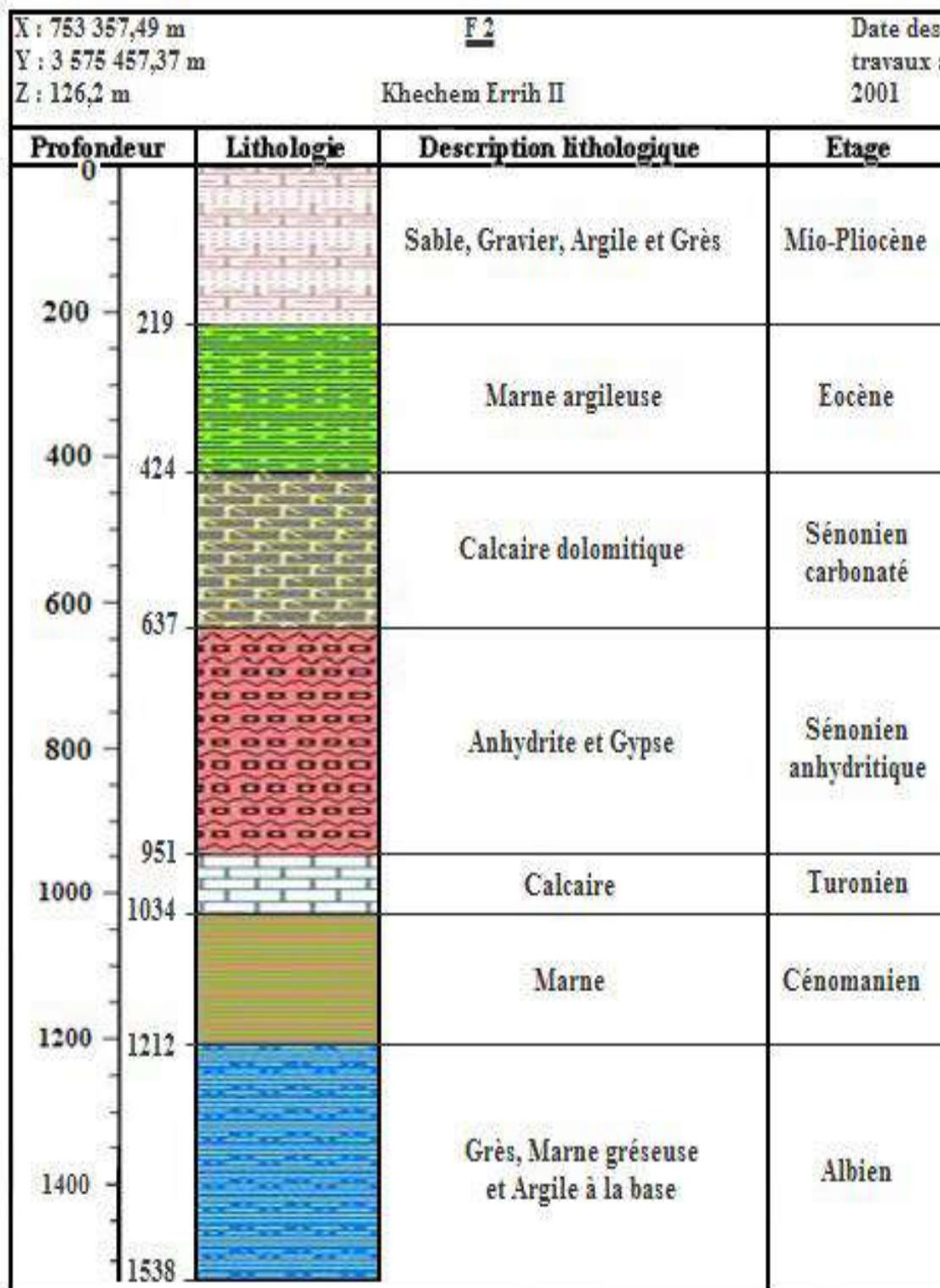


Fig.19: Colonne stratigraphique du forage F2 (Khechem Errih)

2.3-Les coupes Géologique et la description:

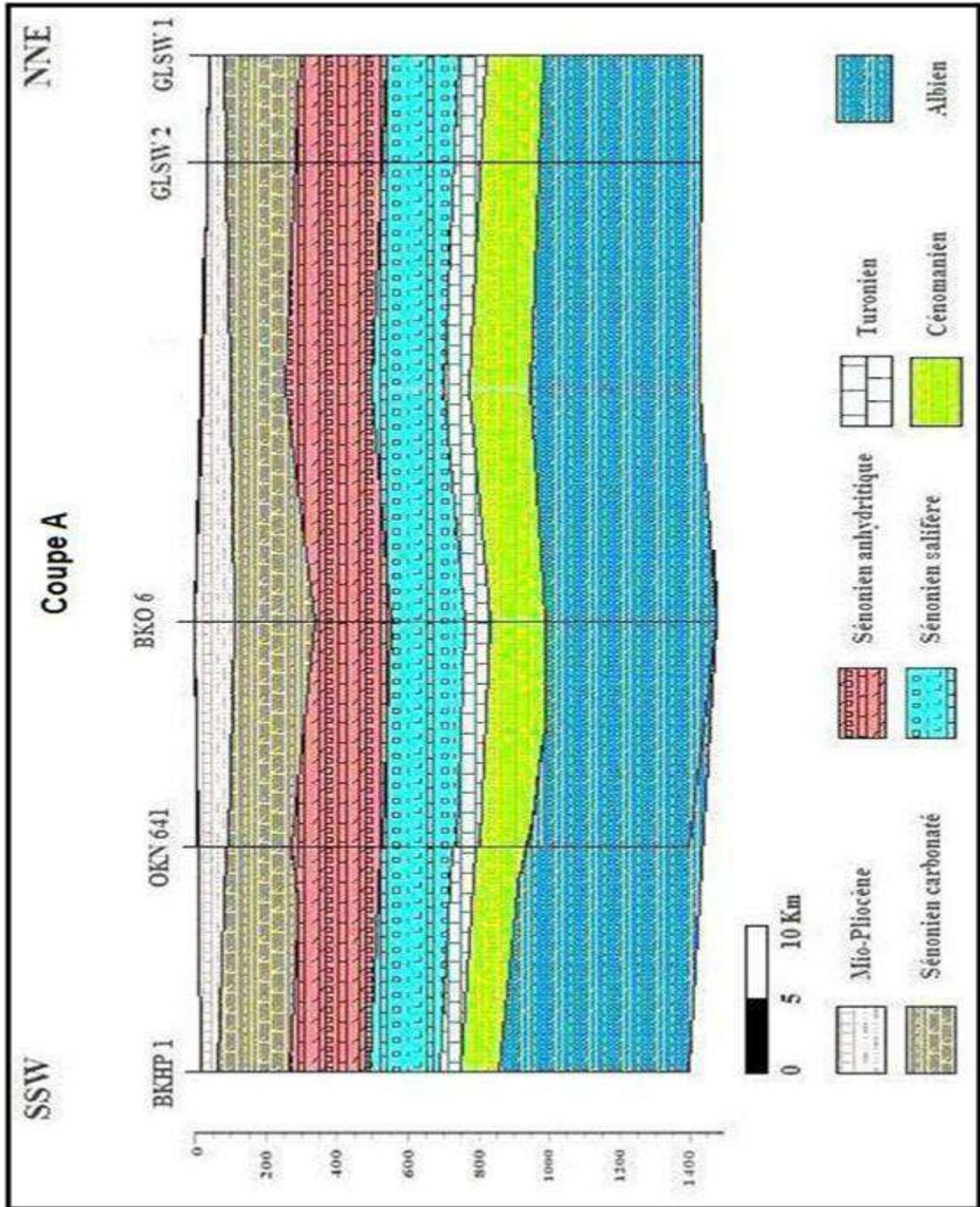


Fig.20: Coupe géologique synthétique de la région de Haoud Berkaoui (Sud-Ouest de la cuvette de Ouargla)

 **Coupe A:**

On remarque par une simple analyse de cette coupe qui traverse la région de Haoud Berkaoui du SSW vers le NNE l'abondance des formations carbonatées (calcaire, dolomie), l'absence du Paléogène (Paléocène, Eocène et Oligocène), une homogénéité des couches, une stratification quasi horizontale. En ce qui concerne la lithologie de chaque étage, on remarque ce qui suit:

L'Albien est caractérisé par une grande épaisseur (>400 m) dans presque tous les forages, il est marqué essentiellement par des formations détritiques: grès, sables, parfois argiles et marnes et très rarement des calcaires.

Le Cénomaniens est caractérisé surtout par des formations argileuses dolomitiques, on trouve parfois des calcaires, de l'anhydrite et rarement des sels, son épaisseur balance dans les environs de 200 m.

Le Turonien se manifeste sous forme de bancs calcaires d'une épaisseur ne dépassant pas les 100 m dans la plupart des cas, parfois crayeux avec des marnes.

Le Sénonien est subdivisé en trois sous étages, de bas en haut, on rencontre: le Sénonien salifère, le Sénonien anhydritique et le Sénonien carbonaté, ce dernier est caractérisé par des formations carbonatées (calcaire dolomitique en majorité), son épaisseur varie au voisinage de 200 m. Le deuxième est anhydritique, mais cela n'empêche pas de trouver quelquefois des calcaires, des argiles, des dolomies...etc., son épaisseur moyenne est de l'ordre de 240 m. Le Sénonien salifère comme son nom l'indique est connu par le sel massif, on trouve parfois des argiles, des calcaires et de l'anhydrite, l'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 205 m en moyenne des cinq forages.

Le Sénonien salifère peut causer de grands problèmes aux opérations de forages pétroliers surtout dans le cas des mauvaises cimentations des puits lorsque les eaux de l'Albien remontent et engendrent de grandes dissolutions des sels de cette formation, d'importants effondrements peuvent être mis en place; c'est le cas du puits OKN 32. (Planche photographique 3)

La limite entre l'Albien et le Sénonien est remarquablement épaisse car elle est formée par le Cénomaniens (≈ 180 m) qui est une formation imperméable (argiles et marnes), donc on peut confirmer l'absence de tout contact entre les eaux des deux aquifères (à l'exception des cas de présence de failles et fissures).

Le Mio-Pliocène de la région de Berkaoui est formé des sables et des grès et parfois des calcaires et rarement des argiles, l'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 75 m en moyenne. Il peut y avoir des contacts (drainance) entre les deux nappes sus-jacentes: Mio-Pliocène et Sénonien à cause de l'absence d'une limite imperméable claire, des changements d'eaux et des éléments chimiques peuvent être mis en place.

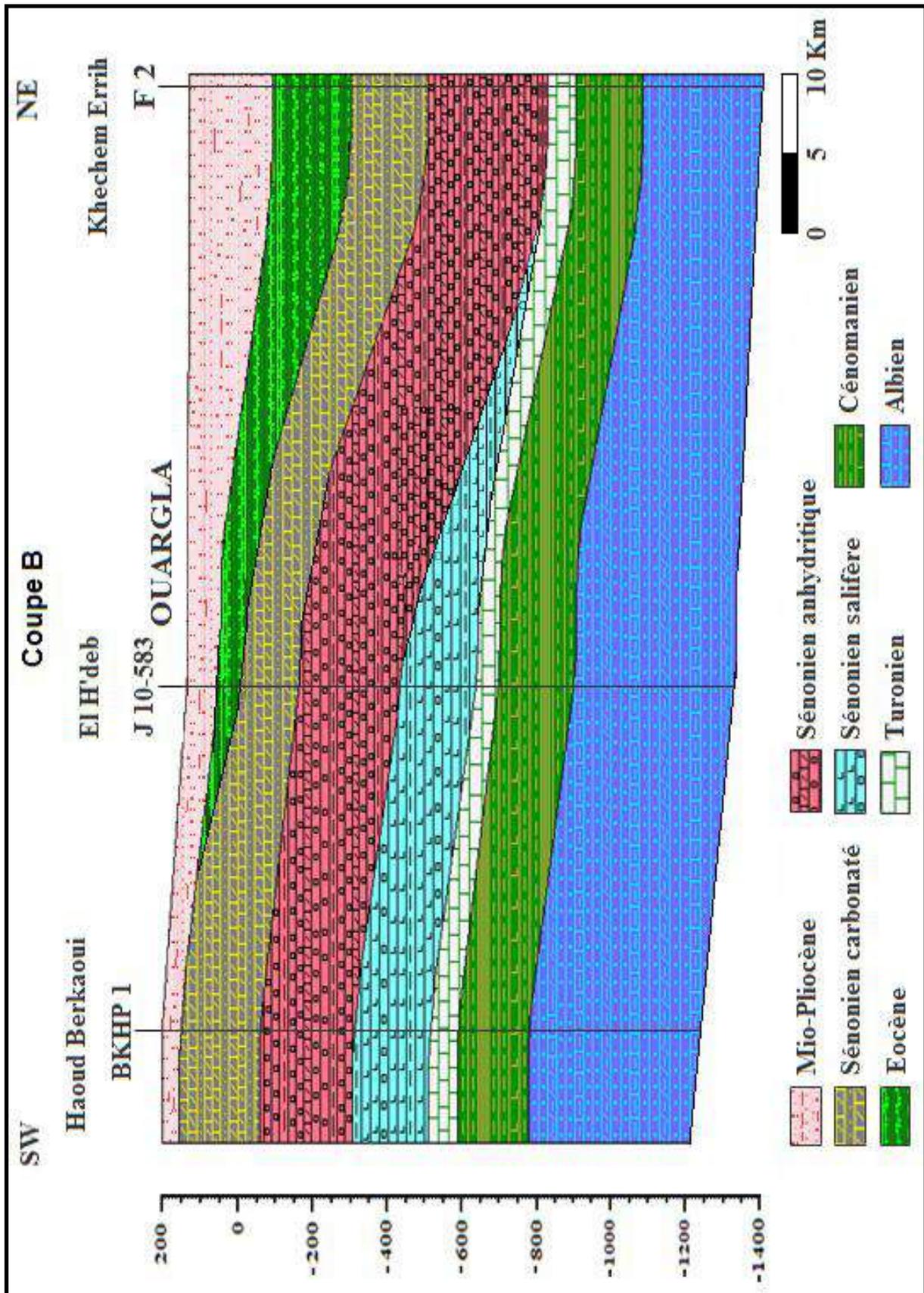


Fig.21: Coupe géologique synthétique de la cuvette d'Ouargla

Coupe B:

Le phénomène le plus remarquable en analysant cette coupe est l'apparition de l'Eocène au centre et au Nord de notre zone d'étude et la disparition du Sénonien salifère vers le Nord, la géométrie des aquifères reste presque la même que celle de la région Sud (sauf le Mio-Pliocène qui augmente en matière d'épaisseur), les limites sont également les mêmes et la lithologie ne présente que de petits changements.

La région d'El Hadeb se situe presque au centre de notre zone d'étude, la lithologie y présente un événement particulier; il s'agit de l'apparition de l'étage Eocène qui était absent au Sud (Berkaoui), il est caractérisé par des marnes, de l'anhydrite et parfois des sables au sommet, dit Eocène évaporitique (Lutétien), et des calcaires et des dolomies à la base, dit Eocène carbonaté (Yprésien). L'Eocène de la région d'El Hadeb a une épaisseur relativement faible (63 m). Busson (1972) voit que la cause de cette apparition s'explique par un passage latéral vers des formations argilo-gréseuses datées d'âge Mio-Pliocène.

Autrement, on remarque presque les mêmes caractéristiques géologiques de la région Sud (même épaisseurs, même lithologie...etc.).

En allant toujours vers le Nord, vers Khechem Errih, des changements remarquables rencontrés,, la première chose à citer c'est l'augmentation de l'épaisseur du Mio-Pliocène (de 50-80 m au Sud et au centre vers 200 m au Nord), même chose pour l'Eocène (de 60 m au centre vers 200 m au Nord). Mais la chose la plus importante est la disparition totale du Sénonien salifère. Busson (1972) a donné aussi une explication à ce phénomène; le sel est passé latéralement à un autre constituant (l'Anhydrite dans notre région), autre hypothèse: soit que le sel ne se soit jamais déposé, soit qu'il ait été érodé peu après son dépôt.

3- Interprétation des spectres de diffractométrie des rayons X:

L'ensemble des spectres de diffraction des rayons X établis révèlent une dominance du Quartz et du gypse, synonymes d'affleurements riches en sables et évaporites (gypses).

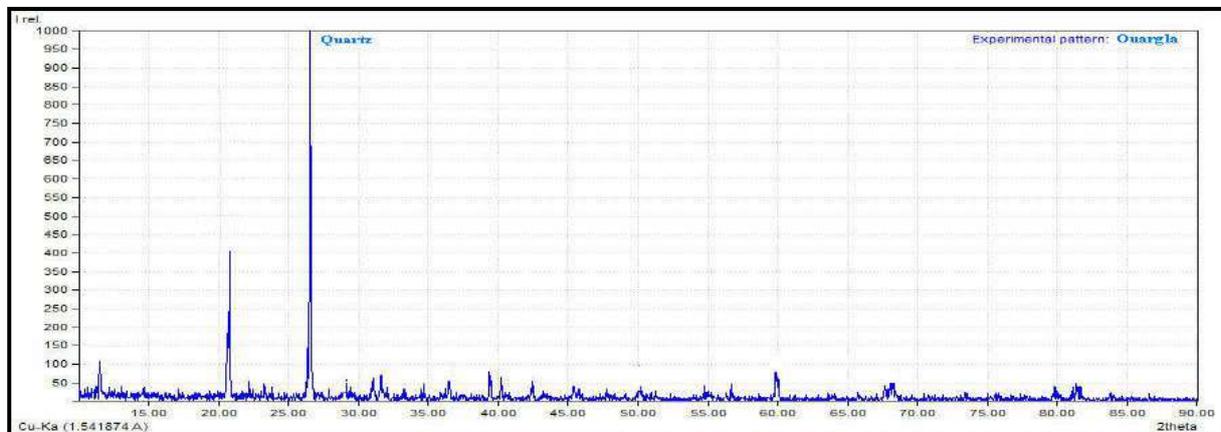


Fig.22: Spectre de diffraction et minéraux présents d'Ouargla

4- Géométrie des aquifères:

L'apport de notre travail sur le coté hydrogéologie est surtout la détermination des dimensions des différents aquifères, le sens d'écoulement des eaux et la possibilité d'avoir des changements entre les aquifères sous jacents.

4.1- Albien et Sénonien:

La géométrie et le sens d'écoulement des eaux des aquifère albien et sénonien sont présentés dans les coupes hydrogéologiques ci-dessous:

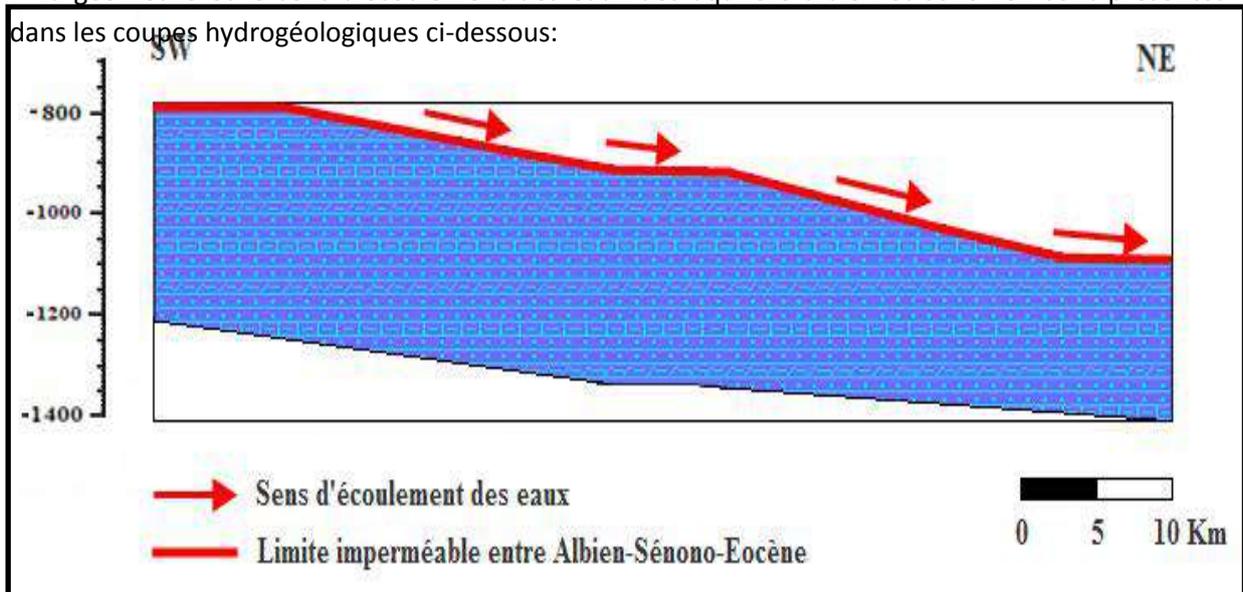


Fig.23: Géométrie et sens d'écoulement des eaux des aquifères Albien (gauche) et Sénono-Eocène (droite)

4.2- Mio-Pliocène:

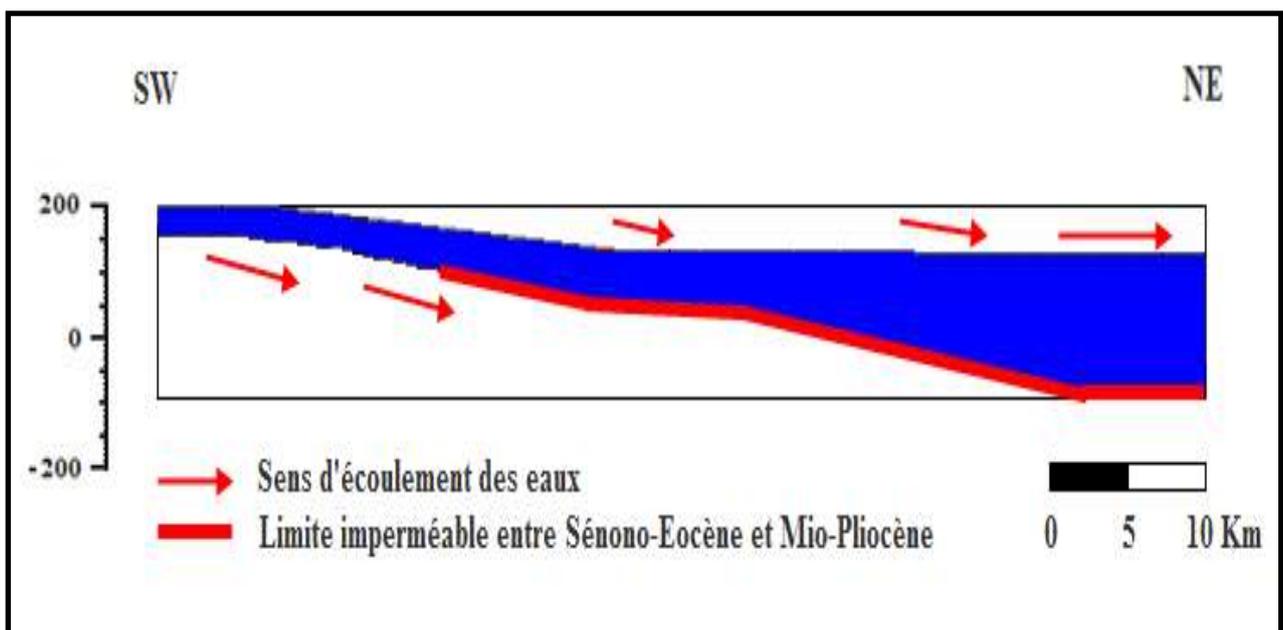


Fig.24: Géométrie et sens d'écoulement des eaux de l'aquifère du Mio-Pliocène.

Par une simple analyse les deux coupes hydrogéologiques, on fait ressortir les informations suivantes:

Le sens d'écoulement des eaux des trois aquifères se fait d'une direction Sud-Nord du fait de la gravité, les couches géologiques, comme la topographie, ont une pente en allant du Sud vers le Nord. Ce sens d'écoulement nous amène à penser que le lessivage des formations géologiques se fait d'une direction Sud-Nord, c'est-à-dire; les eaux se chargent en minéralisation en allant vers le Nord.

En ce qui concerne les échanges inter-aquifères; entre Albien et Sénonien carbonaté, à cause des couches imperméables du Cénomaniens, il n'y a aucun échange entre ces deux aquifères sauf dans des cas très exceptionnels ou il se trouve des grandes failles et diaclases.

Entre Sénonien et Mio-Pliocène, il y a une très grande possibilité d'avoir des échanges d'eaux car ces deux sont superposés et il n'y a pas de limite imperméable, c'est le cas de la région Sud (Haoud Berkaoui) et dans des endroits au niveau de la ville de Ouargla elle même.

Vers le Nord, l'Eocène inférieur qui est carbonaté forme avec le Sénonien carbonaté un aquifère appelé "Sénono-Eocène", cet ensemble est directement surmonté par les argiles et marnes de l'Eocène moyen et supérieur ce qui forme une limite imperméable entre les deux aquifères, donc on pense qu'il n'y a aucun contact entre eux.

5- Hydrogéochimie:

Dans cette partie, on va confronter les résultats obtenus en ce qui concerne les caractéristiques lithologiques et hydrodynamiques des formations aquifères avec les caractéristiques physico-chimiques des eaux de chaque nappe.

5.1-Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien:

Forage	SO4	Cl	HCO3	NO3	Na	K	Mg	Ca	Fe
BKHP 1	580	470	152,5	0	240	38	63	180	0,299
Hadeb 1	675	511,2	183	4,87	230	43	95	186	0,391
F 2	675	650	200	0	240	50	120	180	0,547

Tab.3: Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien (ANRH, 2004)

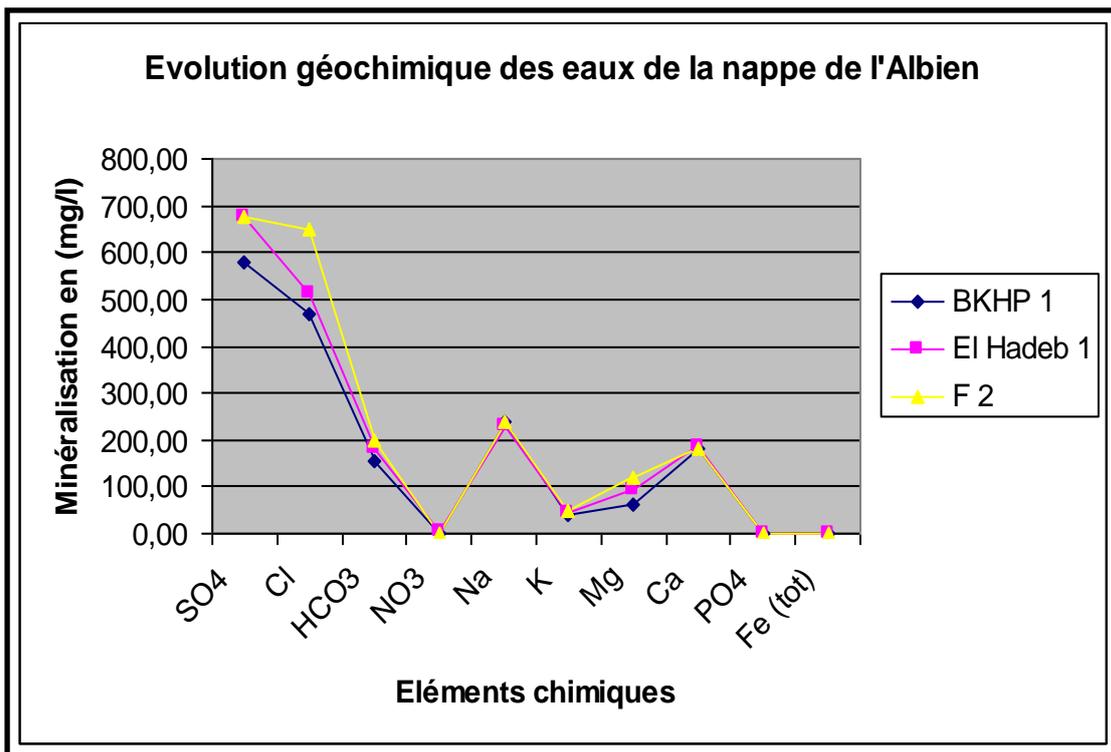


Fig.25: Evolution géochimique des eaux de la nappe de l'Albien.

Ces forages choisis pour montrer l'évolution géochimique des eaux de l'Albien sont les mêmes que ceux avec lesquels nous avons tracé la coupe géologique. Les résultats analytiques des paramètres physicochimiques (2007), enregistrés dans ces forages se présentent comme suit:

- **Les sulfates (SO₄²⁻) :**

On remarque une augmentation du Sud au Nord de notre coupe; de Haoud Berkaoui à El Hadeb, cette augmentation peut être expliquée par la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄) abondantes dans les grès de l'Albien de notre zone d'étude.

- **Les chlorures (Cl⁻) :**

Il y a une augmentation de cet élément le long du sens d'écoulement, elle peut être expliquée par la dissolution du sel par lessivage des formations salifères (Halite), mais cette évolution reste toujours faible à cause de la pauvreté de l'Albien de ces formations.

- **Les bicarbonates (HCO₃⁻) :**

Elles proviennent de la dissolution des formations carbonatées de l'aquifère en présence du CO₂ et en fonction de la température et le pH, dans notre cas, l'évolution est faible à cause toujours de la pauvreté de notre Albien des formations carbonatées.

- **Les nitrates (NO₃⁻) :**

Se sont de bons indicateurs de pollution d'origine agricole et de l'activité biologique, elles sont rares dans les eaux souterraines, dans notre cas, il semble que la région d'El Hadeb est soumise à une faible pollution agricole.

- **Le Sodium (Na⁺) :**

Il provient de la dissolution des formations salifères, son évolution dans notre cas est faible à cause de la rareté de la Halite au niveau de l'Albien. Il peut provient aussi des phénomènes modificateurs (échanges de base) au niveau des argiles surtout.

- **Le Potassium (K⁺) :**

Il est abondant dans les roches magmatiques, mais il semble qu'il provient-dans notre région- des formations évaporitiques (Sylvite KCl) qui peuvent être présentes mais de façon très faible, ou bien de l'altération des argiles (feldspaths) sous l'effet de la température élevée. Mais son évolution n'est presque remarquable.

- **Le Magnésium (Mg²⁺) :**

On remarque une faible évolution de cet élément, il provient essentiellement des dolomies et des argiles dolomitiques abondantes au niveau des formations de cet aquifères.

- **Le Calcium (Ca²⁺) :**

Lui aussi ne présente pas une grande évolution peut être à cause de la saturation des eaux en cet élément, il provient de la dissolution des formations carbonatées.

- **Le fer (Fe) :**

C'est un élément mineur et il se trouve dans les eaux à faible concentration, il semble qu'il provient de contaminations causées par l'activité humaine; la corrosion du tubage de forage.

5.2- Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène:

On aurait aimé suivre l'évolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène dans les mêmes forages utilisés pour tracer la coupe géologique, mais à cause du manque des données, nous allons seulement faire des confrontations avec des eaux de quelques forages Sénono-éocènes sans prendre en compte le sens d'écoulement des eaux.

Forage	SO4	Cl	HCO3	NO3	Na	K	Mg	Ca	Fe
SE9	975,0	510,60	137,25	0,00	214,00	24,00	128,00	260	0,319
SE5	1175	1228,3	100,00	25,68	780,00	58,00	132,00	278	0,179
SE8	760,0	738,40	366,00	17,71	351,58	23,00	102,00	256	0,270

Tab.4: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène (ANRH, 2004)

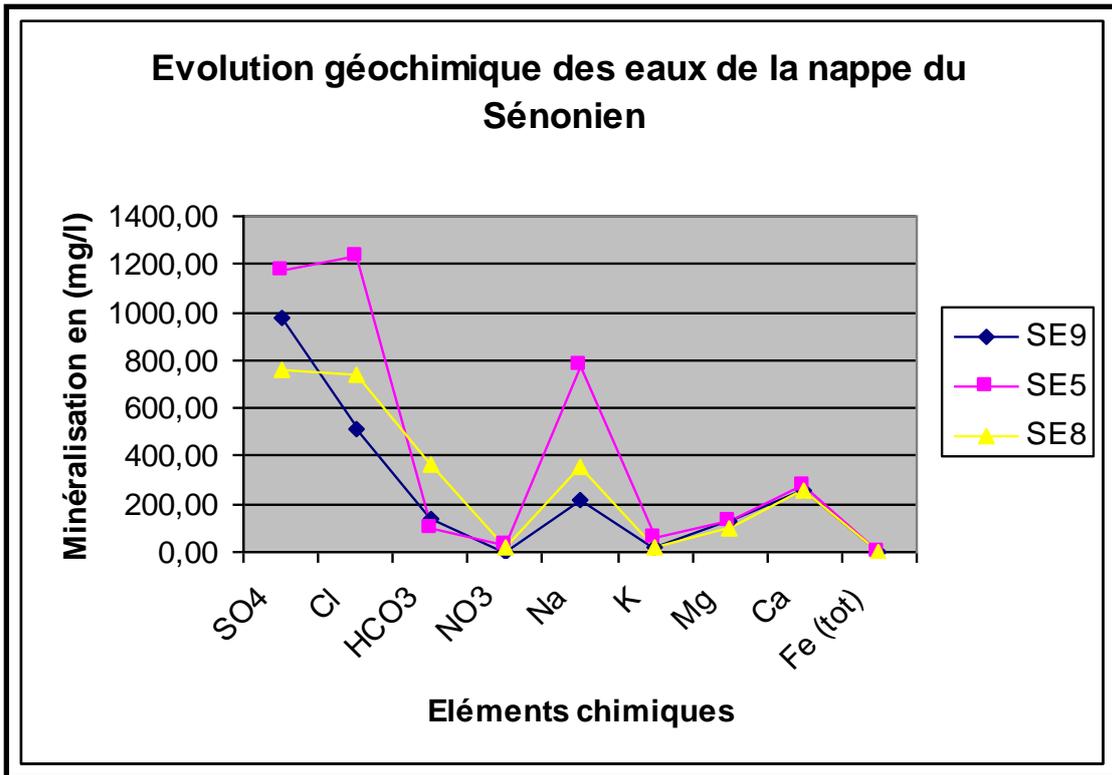


Fig.26: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Sénono-Eocène.

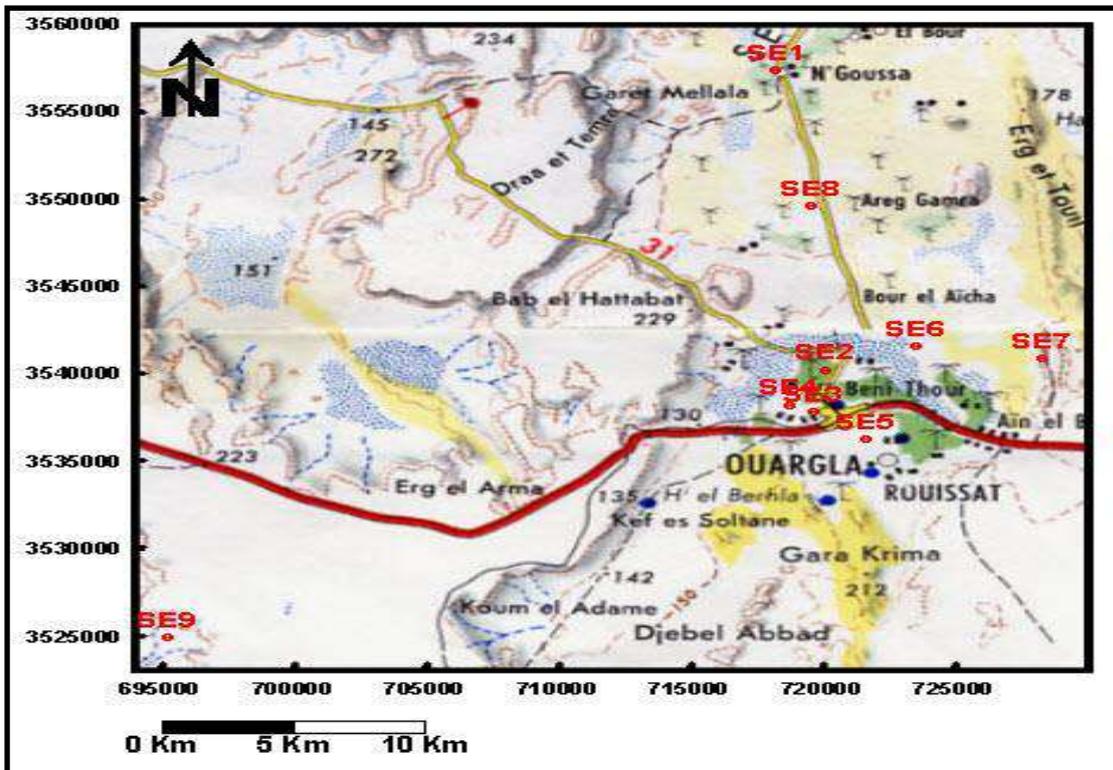


Fig.27: Carte de situation des forages du Sénono-Eocène.

- **Les sulfates (SO_4^{2-}) :**

On ne remarque pas une nette évolution soit à cause du rapprochement des forages d'où on a consulté les caractéristiques physico-chimiques des eaux, ou bien du fait de la saturation des eaux en sulfates du calcium (CaSO_4), mais cela n'empêche pas de dire que les teneurs en sulfates sont très importantes du fait de l'abondance des formations évaporitiques dans notre aquifère. Le pic qu'on a rencontré au niveau du forage SE5 peut être expliqué par la présence d'une lentille de gypse ou d'anhydrite, à savoir le log stratigraphique.

- **Les chlorures (Cl^-) :**

Les teneurs sont toujours importantes, ils proviennent des formations salifères abondantes dans la matrice de l'aquifère du Sénono-Eocène, on remarque un pic au niveau du forage SE5 (Ouargla), cette teneur extrême peut être expliquée par la présence d'une lentille de sel.

- **Les bicarbonates (HCO_3^-) :**

Il y a une augmentation des bicarbonates en allant vers le Nord, la dissolution des formations carbonatées qui sont très abondantes au niveau de l'aquifère du Sénono-Eocène le long du sens d'écoulement des eaux est à l'origine de cette évolution.

- **Les nitrates (NO_3^-) :**

Il y a une augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux de cet aquifère par rapport à celui de l'Albien, ceci s'explique du fait que la nappe du Sénono-Eocène est plus sujette à la pollution agricole que celle de l'Albien. L'activité biologique peut causer aussi cette augmentation.

- **Le Sodium (Na^+) :**

Sa présence dans les eaux de la nappe du Sénono-Eocène est presque identique à celle de l'aquifère albien, il y a pas de grands changements, Il provient de la dissolution des formations salifères (Halite).

- **Le Potassium (K^+) :**

Il ne présente pas de grande évolution et sa teneur dans les eaux est relativement faible, il provient des formations évaporitiques présentes dans la matrice de l'aquifère du Sénono-Eocène.

- **Le Magnésium (Mg^{2+}) :**

Il est abondant dans les eaux, il provient de l'altération des formations carbonatées abondantes dans cet aquifère (dolomies).

- **Le Calcium (Ca^{2+}) :**

Sa teneur dans les eaux du Sénono-Eocène est importante et presque la même dans les trois forages, il provient des formations carbonatées qui sont la matrice de cet aquifère.

- **Le fer (Fe) :**

Il est présent dans les eaux mais à faibles concentrations, il provient de la corrosion de tubage du forage.

5.3- Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène:

Même chose pour le Mio-Pliocène, on ne peut pas suivre l'évolution géochimique des eaux à cause du rapprochement des forages, on va seulement trouver l'origine et la provenance de chaque élément chimique en fonction de la lithologie.

Forage	SO4	Cl	HCO3	NO3	Na	K	Mg	Ca
MP5	925,00	754,02	244,00	25,23	330,00	33,94	135,50	260,00
MP9	760,00	490,50	153,00	35,86	222,00	13,50	96,00	220,00
MP8	850,00	702,90	161,50	15,05	335,00	25,00	112,00	240,00

Tab.5: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène (ANRH, 2004)

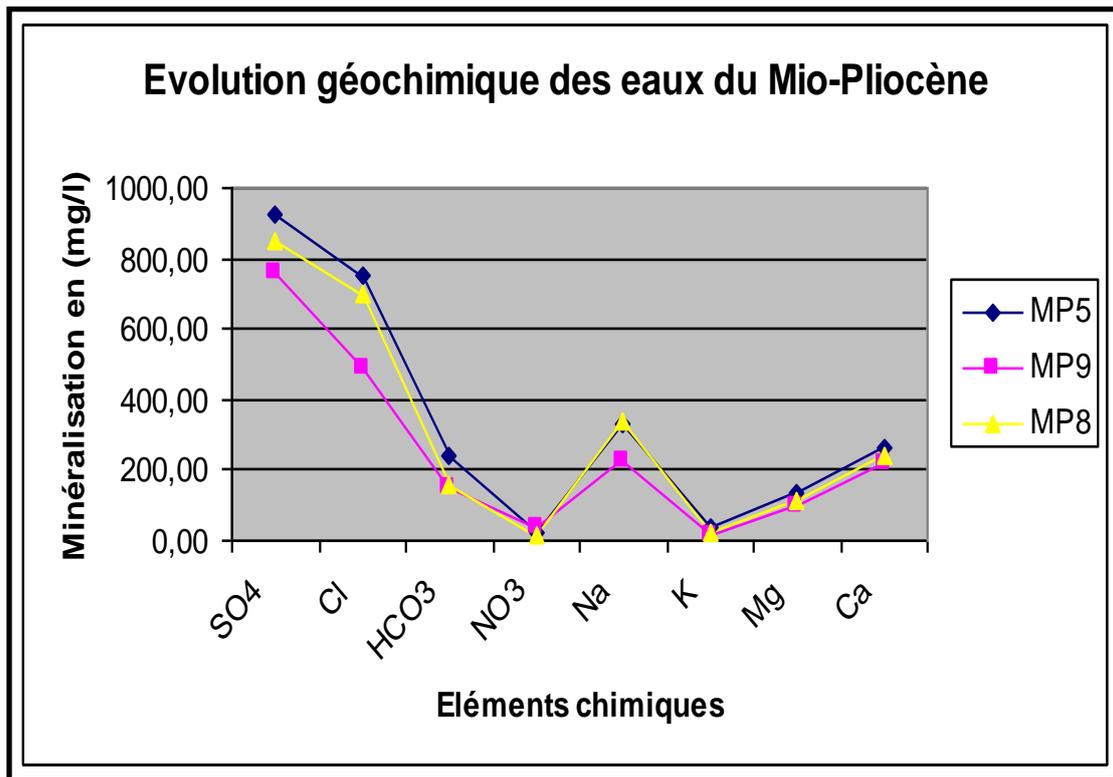


Fig.28: Evolution géochimique des eaux de la nappe du Mio-Pliocène.

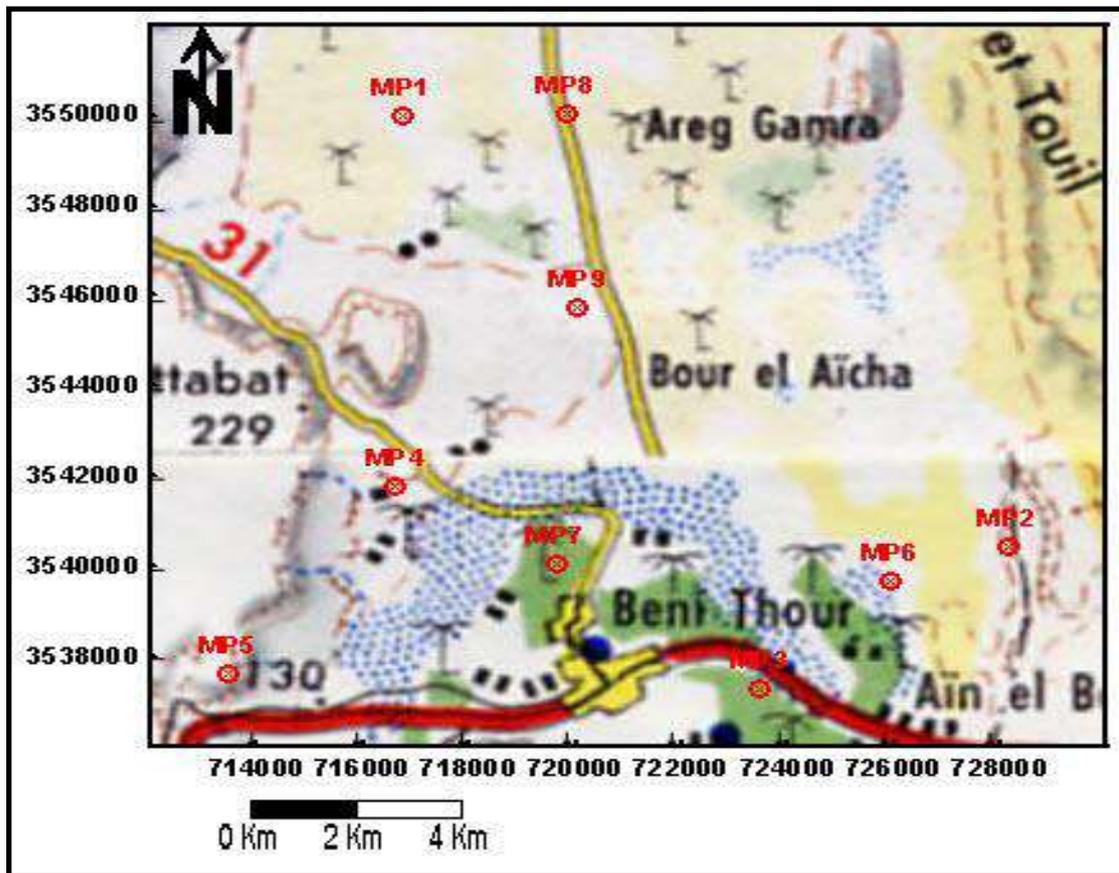


Fig.29: Carte de situation des forages du Mio-Pliocène.

- **Les sulfates (SO_4^{2-}) :**

Ils sont très abondants dans les eaux de l'aquifère du Mio-Pliocène de la région de Ouargla malgré les eaux ne sont pas saturées, leur origine peut être l'abondance des formations évaporitiques telles que les gypses et l'anhydrite et aussi les grès gypseux.

- **Les chlorures (Cl⁻) :**

Ils sont aussi très abondants dans les eaux de cet aquifère, ils proviennent des formations salifères (Halite).

- **Les bicarbonates (HCO_3^-) :**

Ils présentent de grandes teneurs dans les eaux, ils proviennent de la dissolution des formations carbonatées (calcaires) abondantes au niveau de l'aquifère du Mio-Pliocène.

- **Les nitrates (NO_3^-) :**

Par rapport aux deux aquifères précédents, on trouve que les nitrates sont très abondants dans les eaux, cela est sûrement à l'origine de la pollution causée par les activités humaines telles que celles de l'agriculture.

- **Le Sodium (Na^+) :**

Il est très abondant dans les eaux du Mio-Pliocène, il provient de la dissolution des formations salifères telle que la (Halite).

- **Le Potassium (K^+) :**

Il est présent dans les eaux à faibles teneurs, il peut provenir de l'altération des formations argileuses ou bien de quelques évaporites (Sylvite KCl).

- **Le Magnésium (Mg^{2+}) :**

Il est présent dans les eaux à teneurs importantes, la dolomite est suggérée comme étant, par son altération, l'origine de cette présence.

- **Le Calcium (Ca^{2+}) :**

Sa teneur dans les eaux du Mio-Pliocène est très importante et presque la même dans les trois forages, il provient de la dissolution des formations carbonatées qui sont abondantes dans la matrice de cet aquifère

6-Conclusion:

L'aquifère du Mio-Pliocène de la cuvette d'Ouargla se caractérise par une lithologie très hétérogène. L'analyse des coupes géologiques et des diffractogrammes des rayons X montre l'abondance des évaporites (gypse et anhydrite), et des argiles.

Ouargla : Evaporites, et d'un degré moins les carbonates puis les argiles.

CONCLUSION

Conclusion

Notre zone d'étude fait partie de la région Est du Sahara septentrional algérien, elle est caractérisée par un climat désertique aride avec des températures extrêmes en été (plus de 50 °C) et des précipitations faibles, inférieures à l'évaporation potentielle annuelle. La morphologie est relativement plane, le paysage général se manifeste par des dunes de sable, des regs, des hamadas et des chotts et sebkhas.

Géologiquement, notre région est composée de 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, géostructuralement, le Mio-Pliocène qui fait l'objet de notre étude, n'est pas affecté par des accidents tectoniques à l'instar du reste de la série sédimentaire sous-jacente du Sahara septentrional, la lithologie y est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, avec quelquefois des carbonates.

Au niveau de la cuvette de Ouargla, seuls les terrains mio-pliocènes affleurent, il s'agit des formations détritiques continentales; grès, sables, graviers et argiles.

En descendant en bas, on rencontre les formations marines (calcaires et dolomies) du Sénonien carbonaté, parfois des argiles et évaporites de l'Eocène, l'anhydrite et les sels du Sénonien lagunaire, les bancs calcaires du Turonien, les argiles et marnes du Cénomaniens et les formations gréseuses et argilo-gréseuses de l'Albien

La région d'Ouargla 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 ont été regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) et qui couvre une superficie d'environ 1 000 000 km² dont 70 % se trouve en Algérie, 24 % en Lybie et 6 % en Tunisie.

Trois aquifères utiles existent dans le sous-sol de la région d'Ouargla, de bas en haut nous avons:

- Les grès et les argiles sableuses du CI, c'est la nappe dite "*Albienne*".
- Les calcaires de la nappe du *Sénono-Eocène carbonatés*.
- L'ensemble déritique (sables et argiles) des formations continentales de la nappe du *Mio-Pliocène*.

Les eaux des aquifères de la région de Ouargla se caractérisent par leur forte minéralisation, cette minéralisation qui est due essentiellement aux contacts avec les formations géologiques, évolue le long des sens d'écoulement, les composants chimiques les plus abondants sont les sulfates, les chlorures, les bicarbonates, le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium, l'eau acquiert cette minéralisation par lessivage des formations lithologiques qu'elle traverse le long de son sens d'écoulement; il s'agit des formations carbonatées (calcaires et dolomies) pour les bicarbonates, le magnésium et le calcium, des formations évaporitiques (Halite, gypse, anhydrite...etc.) pour les sulfates, chlorures et sodium, et parfois par altération des formations argileuses pour le potassium.

BIBLIOGRAPHIE

1-ANRH (2001) : Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la Wilaya d'Ouargla. Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ouargla, Algérie.

2-BG (2004) : Projet de protection de la cuvette d'Ouargla contre la remontée des eaux, études de reconnaissance et rapports internes.

3-BUSSON G. (1972) : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris, 464p.

4-FABRE J. (1976) : Introduction à la géologie du Sahara algérien. SNED, Alger, Algérie, 422p.

5-SONATRACH (2009) : Direction régionale de Haoud Berkaoui, Service surveillance géologiques, rapports internes de fin de forages.

6-Mémoire fin d'étude d'Ingenieur et mémoire magistère : Mr HOUARI Idir Menad.

ETUDE LITHOLOGIQUE DES RESERVOIRES D'EAU SOUTERRAIN DANS LA CUVETTE D'OUARGLA

Résumé :

Vue au manque de données et des études détaillée sur la géologie et la lithologie des formations aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Ouargla, on peut considérer ce travail comme contribution à la reconnaissance géologique et géométrique des différentes formations aquifères et leur influence sur la composition hydrogéochimique des eaux des nappes de ces aquifères étudiés.

Les résultats obtenus révèlent la richesse de ces formations en évaporites qui confèrent aux eaux une minéralisation excessives, exprimée par de fortes teneurs en chlorures, en sulfates et en sodium.

Mots clés: Ouargla, Continental Intercalaire, Complexe Terminal, lithologie, aquifères, évaporites.

Abstract:

View of lack of data and studies on the geological and lithological of Continental Intercalaire and Complex Terminal aquifers in the area of Ouargla, this work can be seen as a contribution to the knowledge of the geological and geometrical of these various aquifer formations, as well as to determine their effects on the chemical composition of the waters.

Results obtained reveal the abundance of evaporitic formations, which gives to waters a hardness mineral composition illustrated by the high levels of chloride, sulphate and sodium.

Keywords: Ouargla, Continental Intercalaire, Complex Terminal, lithology, aquifer, evaporates.

دراسة الليتولوجية للخزان المياه الجوفية وتركيبته لمنطقة ورقلة

ملخص:

نظرا لنقص المعطيات والدراساتال معمقة حول جيولوجية وليتولوجية الطبقات المائية للقاري المحشور والمركب النهائي في منطقة ورقلة , يمكن اعتبار هذا العمل مساهمة في معرفة البنية الجيولوجية والمرفولوجية لمختلف هذه الطبقات وكذا تحديد تأثيرها على التركيبة الكيميائية لمياهها .

النتائج المحصل عليها تكشف عن غنى هذه التكوينات الليتولوجية بالعناصر التبخرية التي تمنح للمياه تركيبة معدنية قاسية تتضح جليا من خلال النسب العالية للكور , والكبريتات ، والصوديوم .

الكلمات المفتاحية: ورقلة , قاري محشور , مركب نهائي , ليتولوجيا , سماط مائي , معادن تبخرية.