

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option :

Hydrogéologie

THEME

***ASPECTS QUANTITATIFS ET QUALITATIFS DE LA
NAPPE DU CONTINENTALE INTERCALAIRE (CI)
DE LA REGION D'OUARGLA***

Soutenu publiquement par :

KHOULDI Fatima

Le --/--/2016

Devant le jury :

Président :	M. NEZLI Imed Eddine	Pr. Univ. Ouargla
Promoteur :	M. ZERROUKI Hicham	M. C. B Univ. Ouargla
Examineur :	Mme. ZEDDOURI Samia	Pr. Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016

Dédicace

... A l'esprit de ma chère mère, que Dieu l'offre le paradis...

... A mon cher père, que Dieu lui donne longue vie et santé...

... Je dédie ce travail...

...A mes sœurs...

...A mes frères...

...A toute ma famille et tous mes amis...

...A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail...

...KHOUILDI Fatima

Remerciement

Au terme de ce travail.

Avant tous ; de plus profonde de notre cours...

الحمد والشكر لله

...pour tous ; la santé, le courage, la volonté et la patience, afin de faire ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance :

- * ***M. ZERROUKI Hichem.**, notre promoteur, pour son aide précieuse et son confiance et pour leur suivi et braquement à avoir d'avancer dans le travail et de finaliser cette étude, malgré tous les obstacles multiples. Il nous a conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et de multiples suggestions. Ses critiques fructueuses ont été, pour nous, une source d'enrichissement. Je lui exprime ma profonde gratitude.*

Je tiens à exprime ma profonde gratitude et vifs remerciements aussi à:

- ↳ ***M. NEZLI Imed Eddine**, pour l'honneur qu'il nous a fait, en présidant le jury.*
- ↳ ***Mme. ZEDDOURI Samia**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, et les autres dont j'ai utilisé leurs documents sans avoir cité dans les remerciements ou dans la bibliographie, et les responsables et les ingénieurs de d'organismes suivants :

- ↳ *Hydraulique-Ouargla*
- ↳ *ANRH-Ouargla*
- ↳ *ADE-Ouargla*

*Nous remercions **M. CHETTI**, de la faculté des hydrocarbures qui a signé sur tous les papiers qui ont permis d'aide nous de faire ce travail, ainsi qu'a tous les enseignants et les personnels du département des sciences de la terre de l'université d'Ouargla.*

Sommaire :

**N° de
page**

Introduction générale..... 1

Chapitre. I : la situation géographique, aperçu géomorphologique et la géologie de la zone d'étude

1. Introduction.....	3
2. Localisation géographique et limites.....	3
2.1.La situation géographique	3
2.2.Situation administrative	3
3. Aperçu Géomorphologique	4
4. Réseaux hydrographique	6
5. Cadre géologique	6
5.1.Introduction	6
5.2.Définition de la plate-forme Saharienne	7
5.3.Litho-stratigraphique	8
5.3.1. Le Secondaire.....	9
a. Le barrémien.....	9
b. Aptien.....	9
c. Albien.....	9
d. Vraconien.....	9
e. Cénomaniens	9
f. Turonien	10
g. Sénonien.....	10
5.3.2. Le Tertiaire.....	10
a. L'Eocène	10
b. Mio-Pliocène.....	11
5.3.3. Quaternaire :	12
6. Conclusion	14

Chapitre. II : Cadre Climatologique

1. Introduction.....	16
2. Etude des éléments climatiques.....	16
2.1. Température	16

2.2. La pluviométrie.....	17
2.3. Humidité relative	18
2.4. Le vent	19
2.5. L'insolation.....	20
2.6. L'évaporation.....	20
3. Classification du climat.....	20
3.1. le diagramme Ombro.thermique par méthode d'HENRI GASSEN.....	20
3.2. Indice d'Aridité de DEMARTONE	21
4. Conclusion	22
<i>Chapitre. III : Etude hydrogéologique</i>	
Hydrogéologie du Sahara Septentrional.....	24
1. la nappe phréatique	24
2. Les systèmes aquifères du Sahara Septentrional (SASS).....	24
a. Le Complexe Terminal	25
b. Le Continental Intercalaire (CI)	29
le continentale intercalaire du la région d'étude	32
1. Géomètres de la aquifère CI.....	34
1.1. Substratum de CI	34
1. le mur de CI	35
2. Le toit de CI	35
3. L'épaisseur de la nappe CI	36
2. Aperçu hydrodynamique	37
2.1. Pompages d'essais	37
2.2. Paramètres hydrodynamique de la nappe	38
2.3. Interprétation des essais de pompages	38
Conclusion.....	41
<i>Chapitre VI : Etude hydrochimie</i>	
1. Introduction	43
2. Etude des paramètres physico-chimiques	43
2. 1. Paramètres physiques	43
2. 1. 1. Potentiel d'Hydrogène (pH).....	43
2. 1. 2. Température (T)	43
2. 1. 3. Conductivité électrique (CE).....	44

2. 2. Les cations majeurs	44
2. 2. 1. Calcium (Ca^{2+})	44
2. 2. 2. Magnésiums (Mg^{2+}).....	44
2. 2. 3. Potassium (K^+) et Sodium (Na^+)	45
2. 3. Les anions majeurs	45
2. 3. 1. Chlorures (Cl^-)	45
2. 3. 2. Sulfates (SO_4^{2-}).....	45
2. 3. 3. Bicarbonates (HCO_3^-).....	46
3. Résultats et discussions	47
3.1. Répartition des familles des eaux	47
3.2. Etude des rapports caractéristiques	50
3.3. Qualité des eaux d'irrigation	51
4. Evolution chronologique	53
4.1. Interprétation d'analyse F1	53
4.1.1. La conductivité	53
4.1.2. Les paramètres chimiques.....	53
4.2. Interprétation d'analyse F2	54
4.2.1. Conductivité	54
4.2.2. Les paramètres chimiques.....	54
5. Conclusion	56
Conclusion générale	58

Fig.1	Carte de situation géographique de la région d'Ouargla.	4
Fig.2	Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla	5
Fig.3	Formes géomorphologiques de la région de Ouargla (ZEDDOURI ; 2010)	6
Fig.4	carte géologique régionale (OSS, 2003)	8
Fig.5	coupe litho-stratigraphique (A A'), Ouest-est.	12
Fig.6	Colonne stratigraphique synthétique de la région d'Ouargla	13
Fig.7	Températures moyenne mensuelle (°C)	17
Fig. 8	Précipitation moyenne annuelle (mm)	18
Fig.09	Humidité relative moyenne mensuelle (mm)	19
Fig.10	diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN	21
Fig.11	Carte hydrogéologique du système aquifère du Sahara Septentrional	25
Fig.12	Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)	26
Fig.13	Carte piézométrique de référence du "CT" (OSS, 2003)	28
Fig.14	Modèle 3D du système aquifère du complexe terminale CT.	29
Fig.15	Modèle 3D de substratum de systèmes aquifères de CT.	29
Fig.16	Coupe hydrogéologique représenter les zone d'affleurement utile de l'aquifère CI.	30
Fig.17	Carte piézométrique de référence du "CI" (OSS, 2003)	32
Fig.18	carte présente les localisations des forages.	33
Fig.19	Modèle 3D présent les logs stratigraphique des forages de la nappe CI.	33
Fig. 20	Modèle 3D de la aquifères de Continentale Intercalaire CI.	34
Fig.21	Modèle 3D de substratum de CI.	35
Fig.22	Modèle 3D du mur de CI.	35
Fig.23	Modèle 3D de Toit de CI.	36

Fig.24	Modèle 3D de la nappe CI.	36
Fig.25	carte isobathe de la nappe CI.	37
Fig.26	Courbe de descente de F3.	39
Fig.27	carte représentant les cotes piézométriques du CI durant 2011/2012, dans la région d'Ouargla	40
Fig.28	Carte présente les Localisations des forages dans le champ d'étude.	46
Fig.29	Famille des faciès selon le diagramme de STABLER.	48
Fig.30	Famille des faciès selon le SCHOELLER et BARKALOFF.	49
Fig.31	Diagramme de Riverside.	51
Fig.32	Diagramme de Wilcox.	52
Fig.33	Evolution de conductivité au niveau de F1 (2011 à 2015)	53
Fig.34	Evolution temporaire des paramètres chimiques au niveau de F1	54
Fig.35	Evolution de conductivité au niveau de F2 (2009 à 2015)	54
Fig.36	Evolution temporaire des paramètres chimiques au niveau de F2	55

Liste des Tableaux

	N° de page
Tab.1 Température moyenne mensuelle (°C), (station d'Ouargla, 199-2014).	17
Tab.2 Précipitation moyenne mensuelle (mm), (station d'Ouargla, 1996-2014).	17
Tab.3 Humidité relative moyenne de l'aire (station d'Ouargla, 1996-2014).	18
Tab.4 Force du vent max moyen mensuelle en km/h (station d'Ouargla, 1996-2014).	19
Tab.5 La durée d'insolation moyenne mensuelle en h (station d'Ouargla, 1996-2014).	20
Tab.6 Evaporation moyenne mensuelle en mm (station d'Ouargla, 1996-2014).	20
Tab.7 Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE.	22
Tab.8 les valeurs des paramètres hydrodynamiques des forages CI.	40
Tab.9 les analyses physico-chimiques en mg/l, des eaux de la nappe CI de la région d'Ouargla.	47
Tab.10 les faciès chimiques des eaux des forages de la nappe CI.	49
Tab.11 Les valeurs des rapports caractéristiques.	50

Liste des abréviations

ADE	<i>Algérienne Des Eaux</i>
ANRH	<i>Agence Nationale Des Ressources Hydraulique</i>
CI	<i>Continente Intercale</i>
CT	<i>Complexe Terminale</i>
ERSS	<i>Etude Des Ressources En Eau Du Sahara Septentrional (Unesco 1972)</i>
ET p	<i>Evapotranspiration potentielle</i>
ET r	<i>Evapotranspiration réelle</i>
NP	<i>Niveau piézométrique</i>
ONM	<i>Office National de la Météorologie</i>
OSS	<i>Observation Du Sahara Et Du Sahel</i>
SASS	<i>Système Aquifère Du Sahara Septentrional</i>

Introduction générale

Introduction générale




La région d'étude se situe dans le Sahara algérien. Ouargla, occupe la frange la plus centre du bas Sahara, incluse dans la grande dépression de la vallée fossile Oued M'ya, s'étend sur une superficie de 990 Km², située dans le grandes système aquifères de Sahara Septentrional, qui comporte deux grands nappes aquifères principales ; le complexe terminale CT, et le continentale intercalaire CI.

Dans le cadre de développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide, les deux ressources d'eau sont exploitées dans la région étudiée, pour la demande en eau potable(AEP) et pour d'autre utilisation principalement pour l'irrigation. Le plus exploiter est le complexe terminal CT, l'exploitation des eaux de continentale intercalaire CI est rare, car ces eaux sont très profondes.

Ce travail consiste en une détermination des aspects quantitatifs et qualitatifs de la nappe continentale intercalaire CI. On suivant sur les études suivantes :

- ↳ Etude géologique et aperçu géomorphologique de terrain (chapitre I), suivant la de marches :
 - ✓ Présentation de la région d'étude et aperçu sur le réseau hydrographique.
 - ✓ Description de la litho-stratigraphique de la région.
- ↳ Etude climatologique (chapitre II)
 - ✓ Etude des paramètres climatologique(T°, E, P, ETP, ETR...etc.) pendant la période de 1996 à 2014.
- ↳ Etude hydrogéologique (chapitre III), suivant les axes :
 - ✓ Hydrogéologie de Sahara septentrionale.
 - ✓ Le continentale intercalaire de la région d'étude (modèle en 3D de la nappe de continentale intercalaire, aperçu hydrodynamique).
- ↳ Etude hydro chimique des eaux de la nappe de continentale intercalaire (chapitre VI), selon des pointes suivant :
 - ✓ Etude des caractéristiques physico-chimiques des eaux.
 - ✓ Etude des rapportes caractéristiques.
 - ✓ Etude de qualité des eaux pour l'irrigation.

Chapitre. I :

-  **Présentation de la région d'étude**
-  **Aperçu Géomorphologique**
-  **Cadre Géologique**

I.1. Introduction :

Ouargla est l'une des plus vieilles villes sahariennes d'Algérie et le chef lieu d'une immense wilaya du sud, distante de 850 km de la capitale Alger. Elle est aussi une destination touristique et l'un des pôles économiques des plus importants du pays en raison de la présence des champs pétroliers de Hassi-Messaoud et autres importants gisements. C'est également une wilaya à vocation agropastorale, jouissant de grandes potentialités agricoles.

I.2. Localisation géographique et limites :**I.2.1. La situation géographique :**

La région d'Ouargla fait partie du Sahara septentrional Algérien; l'un des plus grands déserts du monde. Elle correspond à une grande dépression, limitée au nord par l'Atlas Saharien et au sud par le plateau de Tademaït, à l'est et à l'ouest par les ergs oriental et occidental, la cuvette s'étend sur une superficie de 990 Km², dans le lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'oued M'ya. De longueur 45km dans la direction Sud-ouest avec une largeur de 2à 5 km Nord-est et entre 32 de latitude Nord et 5 20' de longitude Ouest, avec altitude moyenne 134 m.

S'étend entre les coordonnées (UTM, Clarke 1880) suivant :

X min =710 000 Y min=3 530 000

X max=730 000 Y max= 3 600 000

Limite par la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est et par les wilayas de Djelfa, d'el oued au Nord et par la wilaya de Ghardaïa Ouest au Sud par les wilayas d'Illizi et Tamanrasset.

I.2.2. Situation administrative :

La wilaya d'Ouargla est superficie de 211 980 km², comprend plusieurs municipalités. La plus importante est la commune d'Ouargla, les autres agglomérations sont Rouissat, Aïn Beïda, Sidi Khouiled et N'Goussa. L'agglomération d'Ouargla comprend, Rouissat et Aïn Beïda qui forment une seule unité urbaine. Sidi Khouiled est situé à l'Est d'Ouargla et N'Goussa se trouve à 22 km au Nord.

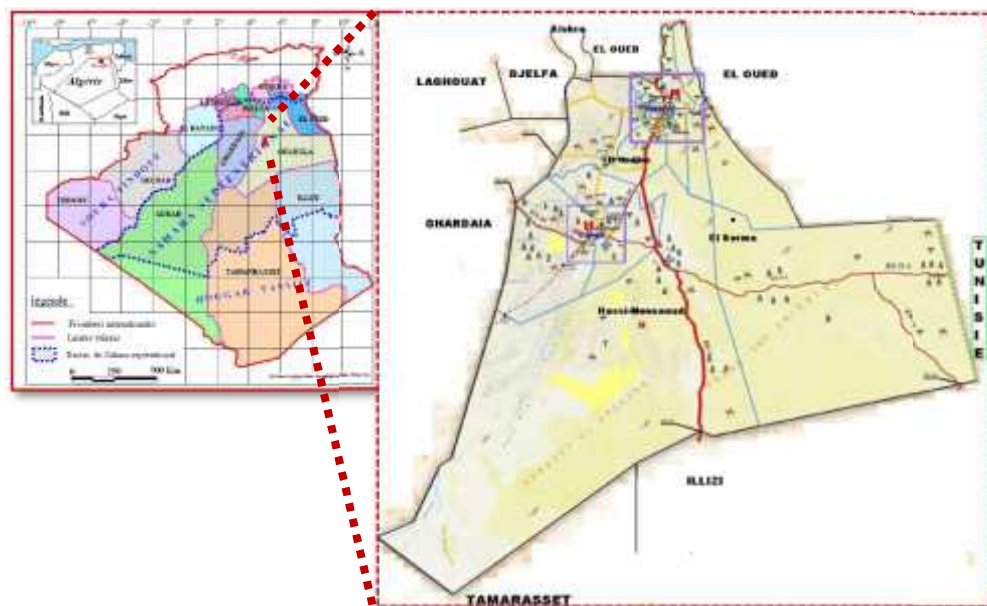


Fig.01: Carte de situation géographique de la région d'Ouargla.

I.3. Aperçu Géomorphologique :

D'après les anciennes études, la région d'étude, est constituée par les éléments géomorphologiques suivants :

- *A l'Ouest*, de notre région étudiée, la cuvette est limitée par le plateau de Gantera, dit généralement **Hamada de Mio-Pliocène** sont des formations continentales détritiques, d'altitude entre 200m et 250m s'abaisse légèrement d'Ouest en Est et très fortement érodé.

Les seuls terrains affleurent dans des endroits recouverts par des formations de dépôts datant quaternaire forme des ergs et des dunes.

- *Au même direction*, le versant de la cuvette s'étagent du plus ancien au plus récent, quatre niveaux étages de glacis, d'altitude 225m à l'Ouest et 200m à l'Est, est une croûte gypso- calcaire d'épaisseur de 1,5m difficile à distinguer de la surface de plateau Hamada, le plus visible est le second glacis d'altitude 180m, le troisième niveau située à l'Est; est un vestige glacis alluvial à 160m d'altitude, caractérisé par l'affleurement de substrat gréseux de Mio- Pliocène, recouvert par des formations de sable et graviers gréseux, le dernier glacis situé sur une croûte de gypse du troisième glacis, à environ 140m d'altitude.

Topographiquement la position des glacis sont élevées par rapport au niveau de sebkhas, donc il est bien protégé de phénomènes de remonté des eaux de la nappe phréatique dans le bas fond de la cuvette.

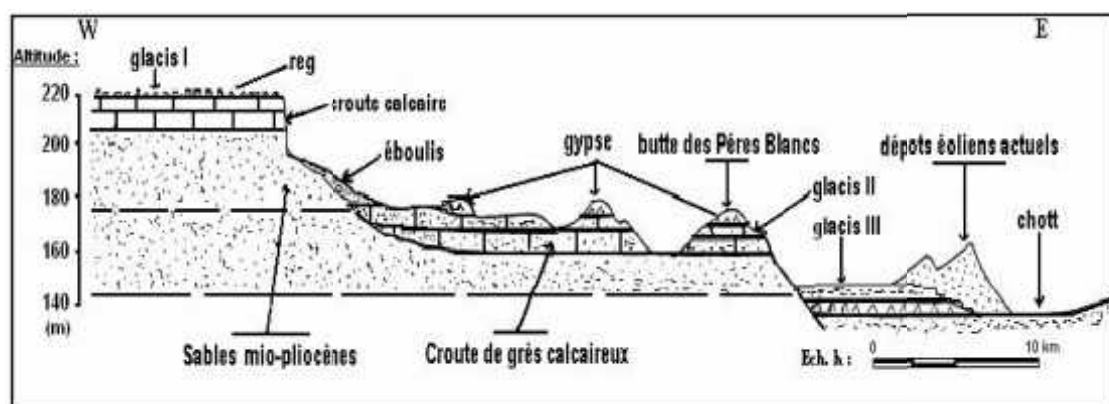


Fig.02: Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla
(Lelièvre, 1969).

- **Les sebkhas(ou chott) :** Les grands chotts se trouvent dans le Sahara septentrional particulièrement dans le Bas-Sahara, où il s'allonge dans de larges vallées fossiles (Oued My'a, Oued Righ, Souf, Igharghar, ...etc.).

Dans notre zone d'étude, qui est un bassin sédimentaire ; le niveau le plus bas du paysage est un très vaste glacis constitue les Sebkhas (le centre d'une dépression fermée et salée), ou Chott (zone entourant une Sebkhha, par extension, le mot désigne parfois la sebkhha elle-même, par exemple: chott de Ouargla). Occupé par des formations quaternaires constitué de sable siliceux(les sables des accumulations éoliennes sont de deux catégories: des sables rouge à grains fins issus probablement des sables rouges Mio-Pliocènes du plateau, et des sables clairs plus grossiers et gypseux) et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface et de sub-surface issus probablement de l'altération physique, avec les formations alluviales subactuelles.

- la cuvette a été occupée par un lac au fond duquel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique; calcédoines et évaporites, reposant sur des alluvions des oueds descendants de la dorsale de M'zab à l'Ouest (Oued M'zab, N'sa et Z'gag) ou du Tademaït (Oued M'ya) au Sud.

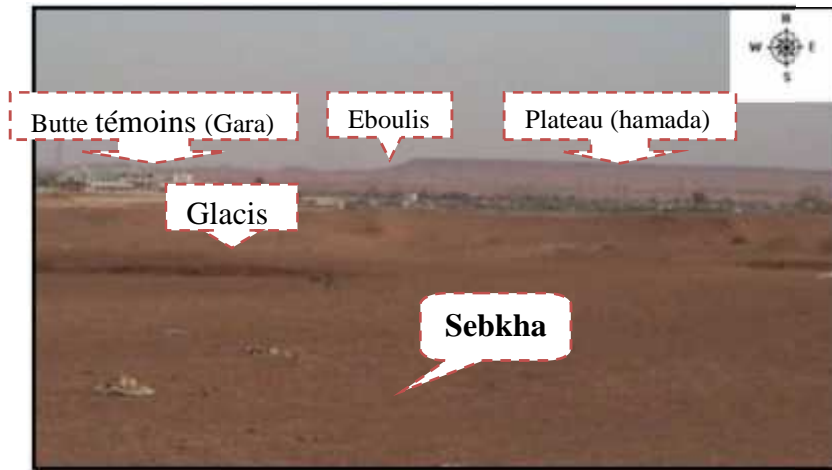


Fig.03: Formes géomorphologiques de la région d'Ouargla (ZEDDOURI ; 2010).

I.4. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique traversant la région est composé des oueds suivants :

- **Au Sud** : Oued M'ya draine la partie orientale du plateau de Tademaït. Le bassin de l'oued M'ya a la forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800 m) avec une pente très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-est. Il s'étend sur 198 00 km², le cours fossile de l'oued M'ya inférieur est jalonné par de vastes sebkhas jusqu'à Ouargla, distant de 200 km environ du point externe. Si l'on admet cependant que l'oued M'ya se jetait dans le chott Melrghir actuel, sa longueur devrait atteindre les 900 km.
- **A l'Ouest** : Oued M'Zab; leur bassin versant est de superficie d'environ 5000 km², à une altitude de 750 m de la région de Batma E'Rouilla écoulé à la direction Ouest-Est d'une distance de 350 Km vers Sebkhet Safione d'une altitude de 104 m. Les crues peuvent accéder Sebkhet Safione.
- **Au Nord-ouest** : Oued N'sa ; leur Le bassin versant couvre une superficie de 7800 Km², peut présenter des crues importants (RADJA Belaid.2014).

I.5. Cadre géologique :

I.5.1. Introduction :

Le Sahara; a une superficie plus de 1 000 000Km², caractérisé par le même ensemble, inclut dans le grand craton Africain, stable depuis les temps panafricains (600MA) raconter une histoire de plus de 600MA.

Divisée à quatre grandes unités structurales de substratums géologiques :

- ✓ Le massif ancien cristallin du Hoggar et ses couronnes Tassiliennes.

- ✓ **La cuvette du bas Sahara** (la plate-forme Saharienne)
- ✓ La dorsale du M'Zab.
- ✓ Le synclinal de Tindouf et la vallée de la Saoura.

I.5.2. Définition de la plate-forme Saharienne :

La plate-forme Saharienne ; est une partie de bouclier africain qui est formé de roches éruptives et métamorphiques que se sont déposés plusieurs milliers de mètres de terrains sédimentaires allant du Cambrien au Quaternaire. Subdivisent en deux (02) sous domaines : le **bassin occidental** et le **bassin oriental**, séparés par l'anticlinal du M'Zab. Ouargla ou Vallée de l'Oued M'ya s'inscrit dans cette vaste cuvette sédimentaire occupant dès le Secondaire l'emplacement de l'actuel Sahara Nord-oriental (septentrional).

Le bassin oriental du Sahara, est un vaste synclinal ouvert vers le Nord, au Sud traversé par un grand axe anticlinal Nord-Sud, mieux connu grâce aux recherches pétrolières. À couverture sédimentaire, d'âge paléozoïque, les sédiments à la base sont plissés. Limité à l'Ouest par la dorsale du M'Zab au Sud par les plateaux du Tademaït et du Tinrhert, se plonge vers l'Est en Tunisie et en Libye. Comporte l'orogénèse hercynienne dominée par des sédiments variés (marins et continentaux), du Secondaire et du Tertiaire sur une épaisseur de 2000 mètres environ.

Au haut-fond d'Amguid-El Biod à l'ancien, superpose l'axe de l'actuel synclinal Mio-Pliocène. Dans le bassin du Sahara septentrional, une seconde zone haute a existé, du Cénomaniens au Mio-Pliocène, entre Hassi-Messaoud et la frontière tunisienne. Cette structure est orientée Est-ouest, elle sépare la fosse des chotts, au Nord, le reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région. (**NEZLI Imed Eddine.2004**).

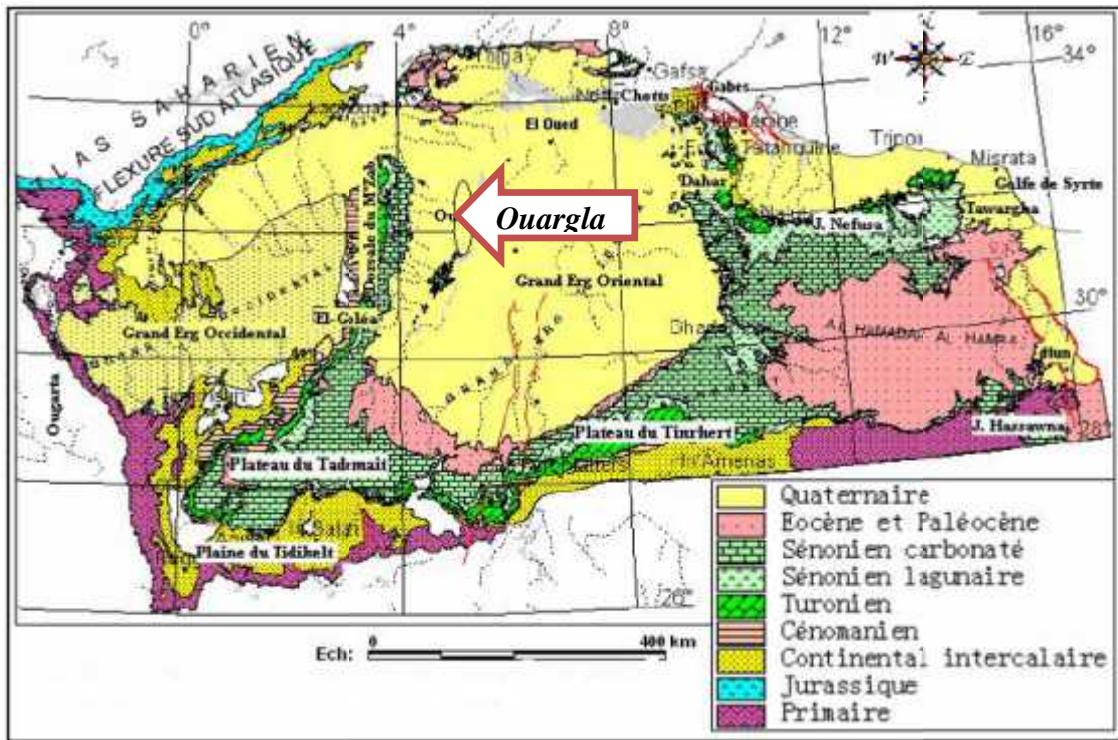


Fig.04: carte géologique régionale (OSS, 2003).

• L'échelle stratigraphique du bas Sahara

Les données brutes des coupes de forages ont été réorganisées selon cette échelle qui se présente de haut en bas comme suit :

- 1- Quaternaire
- 2- Continental terminal (désigne les formations datées du Sénonien au Mio-pliocène.)
- 3- Turonien
- 4- Cénomanién
- 5- Continental intercalaire (les formations du Crétacé inférieur datées du Berriasien à l'Albien)
- 6- Jurassique
- 7- Trias
- 8- Paléozoïque (Les étages datés du Primaire et les formations du socle).

I.5.3. Litho-stratigraphique :

A partir des données de forages pétroliers et celles des forages hydrauliques, la Litho-stratigraphie est connue, comme suit :

I.5.3.1. Le Secondaire

a. barrémien :

Il est constitué de grès fins à moyens, et des carbonates, d'intercalés de niveau d'argile gréseuse et dolomitique, d'épaisseur moyen 276 m.

b. Aptien :

Il est constitué par la « barre aptien » dans la région d'Ouargla, est considéré comme imperméable dans son ensemble, son épaisseur est variable, compris entre 20 et 26 m, formé de marne dolomitique, grès verte, brunes ou blanches, et dolomies cristallines.

c. Albien :

Sur la région d'Ouargla, l'albien correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire; correspond à un horizon aquifère d'épaisseur variable entre 417-432 m, Ce sont des grès, argiles et sables. Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 900%) et sont représentés par des grès fins à ciment argileux ou carbonaté, avec des passées de grès moyens et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux ou souvent carbonatés et des passées d'argiles pélitiques et sableuses brun-rouge. On note des passées d'argiles brun-rougeâtre.

d. Vraconien :

L'intercalation Albo-varconien caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès Albien et les argiles Cénomaniennes, leur épaisseur est de 75 m, Il est formé de:

- Dolomies microcristallines et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques,
- Argiles pélitiques et marnes dolomitiques de couleur brune ou rouge et des éléments détritiques.

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)

e. Cénomaniens :

Il est formé de deux séries :

- la série inférieure d'épaisseur varie entre 65 et 80 m ; est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brun-rougeâtre ou gris-verdâtre, et quelques intercalation de calcaires dolomitiques en particuliers à la partie médiane de la série.
- la série supérieure d'épaisseur d'ordre de 70 m ; est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, avec quelques intercalations dolomitiques, et de passées de sel gemme, (L'épaisseur des bancs est de 1 à 5m).

f. Turonien :

Il se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne", il est de l'ordre de 73 m. Il s'agit d'une série essentiellement calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique à rares passées argileuses.

Parmi toutes celles du bassin oriental du Sahara algérien, la formation sédimentaire la mieux caractérisée.

g. Sénonien :

Dans tout le bassin oriental du Sahara Algérien, le Sénonien est constitué de deux formations lithologiques superposées :

- ✓ le Sénonien lagunaire à la base.
- ✓ le Sénonien carbonaté au sommet.

Sénonien lagunaire: dans le bassin oriental, a une épaisseur qui varie de 0 à 500 mètres (350 m environ à Ouargla).formé par des bancs métriques d'anhydrite blanche, à intercalations d'argiles grises (1 à 2 mètres), à passées d'argiles dolomitiques rouge, marnes et calcaires dolomitiques. La dolomie constitue parfois des barres plus importantes (10 à 15 mètres).

Il est formé de :

- **Sénonien salifère :** ayant une épaisseur moyenne de 200 m.
- **Sénonien anhydritique :** son épaisseur moyenne atteint 300 m.

Sénonien carbonaté : dans la région d'Ouargla est d'épaisseurs de 90 mètres environ, est formé de calcaire crayeux fossilifère et argileux, dolomies beiges vacuolaires, dolomies calcaires à débris, marnes dolomitiques et marnes grises.

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.

I.5.3.2. Le Tertiaire :**a. L'Eocène :**

Dans l'Eocène, on distingue deux formations lithologiques:

- l'Eocène carbonaté à la base.
- l'Eocène évaporitique au sommet.

↳ **L'Eocène carbonaté(Yprésien)**

L'Eocène inférieur, a été rencontré au Nord de Ouargla, d'épaisseur de 140 mètres environ. Formé par une alternance de dolomies et de calcaires dolomitiques microcristallins

vacuolaires beiges très fossilifères (Nummulites, Operculines et Algues), calcaires crayeux à rognons de silex et à passage de marnes et argiles plastiques grises. Leurs caractéristiques lithologiques, rendent difficile à distinguer des calcaires et des dolomies sénoniennes; seule la présence ou l'absence de certains fossiles caractéristiques, permet de faire la différence.

↳ **L'Eocène évaporitique (Lutetien)**

Au-dessus de l'Eocène carbonaté est de faible épaisseur, Au Nord de la région d'étude, on trouve une formation lagunaire, constituée d'une alternance de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites, surmontées par des argiles beiges pélitiques et sableuses à traces de silex. A cette formation est associée une microfaune, d'âge éocène (moyen), constituée de nummulites, de milioles et de globigérines.

Dans le bas Sahara, cette formation est connue sous l'appellation d'Eocène évaporitique.

b. Mio-Pliocène :

Le Mio-Pliocène correspond au Continental Terminal. Leurs formations résultent du démantèlement de reliefs bordiers engendrés par l'orogénèse alpine, au cours d'une période pendant laquelle le Sahara était complètement exondé. 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 :

- **A la base**, un dépôt argileux peu épais recouvrant dans la partie centrale de la cuvette, et suivant une bande Nord-Sud, le Sénonien et l'Eocène.
Ce niveau de 1 à 20 mètres d'épaisseur, est représenté à Ouargla par un banc d'argile rouge sableuse.
- **Deuxième niveau** : est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène le plus épais (maximum à Gassi-Touil : 400m) et le plus constant, c'est un dépôt grésosableux qui devient argileux vers le sommet.
Cet horizon est de 12 à 35 mètres à Ouargla, est un ensemble détritique de sables grossiers blancs ou jaunes, contenant la nappe du Mio-Pliocène.
- **Troisième niveau** : Dans notre région, de 15 C'est une formation argilo-sableuse dont les limites inférieures et supérieures, sont assez mal définies. Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones. À 20 mètres de calcaires et de marnes lacustres, généralement très durs, la formation sus-indiquée, est un imperméable, dont la base est formé par un banc d'argile plus ou moins sableuse.
- **Quatrième niveau** :
On ne peut le distinguer que lorsqu'il repose sur le niveau 3 ; d'ailleurs les niveaux 2

et 4 sont confondus. Il est très épais dans la zone des chotts, le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surface ; est souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux.

Ce niveau difficile à distinguer des sables quaternaires qui les surmontent, à Ouargla est de 10 à 25 mètres de sables généralement rose ou rouges, avec intercalation de bancs de grès rose.

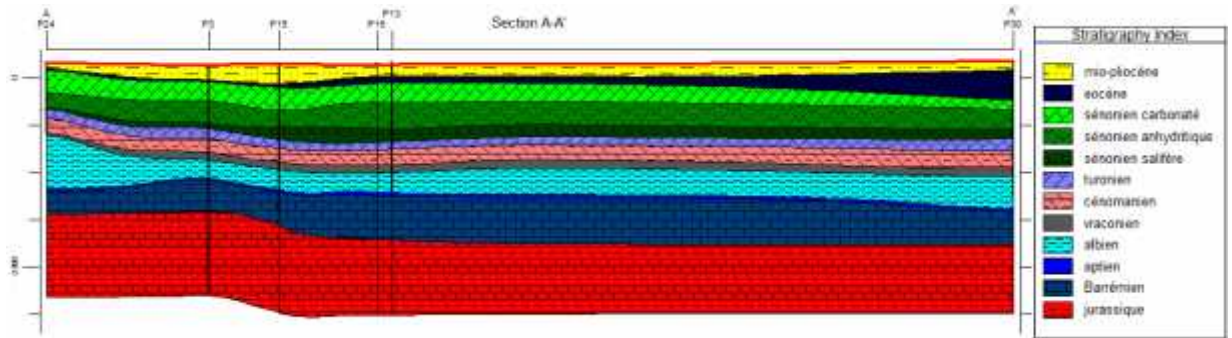


Fig.05: coupe litho-stratigraphique (A A'), est-Ouest.

I.5.3.3. Quaternaire :

À la base du quaternaire, il existe un niveau argilo-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Ce niveau met en charge les aquifères du Mio-Pliocène à Ouargla. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et des produits de remaniement des terrains Mio-Pliocène. Les nappes phréatiques sont généralement contenues dans ce dernier niveau. Les sondages superficiels (profondeur moins de 30 m) effectuées dans différente localité de la cuvette, ont permis de rencontré les ensembles suivants :

- * Sur le plateau, le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritique, hérité de l'altération du grès à sable rouge du Mio-Pliocène. C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région ; jusqu'à 8 m de profondeur, il ne présente aucun niveau d'encroûtement ; entre 25 et 75 cm de profondeur, il s'agit d'un sol sableux à graviers.
- * Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse ou polygonale, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sable éolien gypso-siliceux et de sebkha associés à une végétation gypso halophile. De 15 à 20 cm d'épaisseur on trouve un encroûtement gypseux induré de 40 cm d'épaisseur. En dessous un tuf présente un teneur de gypse décroissante.
- * Les Sebkha sont caractérisées par une salure extrêmement élevée, ces croutes salines reposent sur des matériaux limono-sableux.

- * Les dunes sont de sable éolien d'origine gréseux provenant de Hamada Mio-Pliocène. Il existe dans les talwegs, sur les bords des sebkhas, et sur les versants rocheux. D'après la carte géologique réalisée par G. Busson, le relief d'Ouargla est constitué des roches sédimentaires et alluvions et colluvions dérivées de ces roches :

Marne jaunâtres, plus ou moins gréseuses, salées ou gypseuses ; Calcaire ocre, gréseux ou marneux ; Argile sableuses rouges à ocres salées et gypseuse ; Grès, sable et conglomérats ; Calcaire lacustres ; Sable récents du quaternaire (Djidel Mohamed.2008).

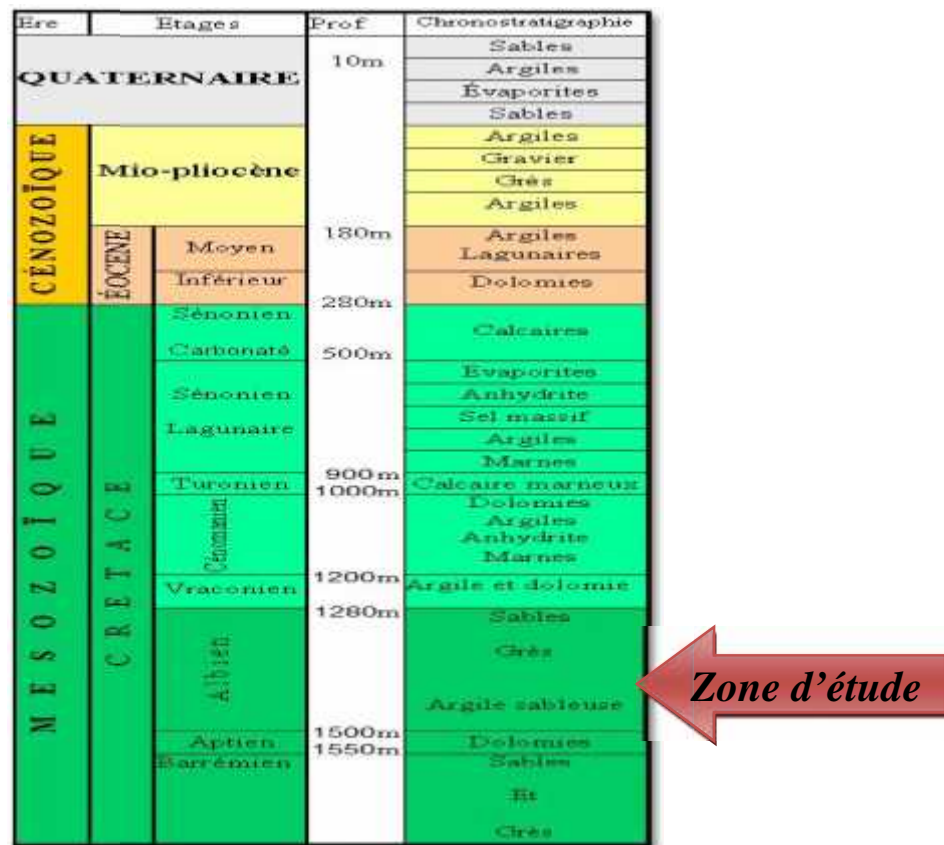


Fig.06: Colonne stratigraphique synthétique de la région de Ouargla (ANRH, 2004).

I.6. Conclusion :

Notre zone d'étude fait partie du Sahara Algérien, inclut dans la grande unité structurales de substratums géologiques, qu'il est le bassin sédimentaire du Sahara septentrional ; est présente une tectonique relativement stable, la vallée de l'Oued M'ya s'inscrit dans un dépôt détritique de terrains tertiaires (mi-pliocènes) et quaternaires, dans lequel les sables dominant avec alternance des argiles, des calcaires et du gypse. Les conditions géologiques dans la cuvette du Bas-Sahara et la disposition des formations sédimentaires permet une circulation souterraine des eaux précipitées sur les affleurements, et à l'aide de l'agencement de terrains perméables et imperméables favorables à emmagasiner l'eau. Constituée un grande système des nappes souterraines qui alimentent la région.

Chapitre. II :



Etude Climatologique

II.1. Introduction :

Pour avoir une idée sur les phénomènes météorologiques qui caractérisent la région d'Ouargla, et déterminé les caractéristiques climatiques qui sont nécessaire pour toute les études hydrogéologique, et aussi permet d'une part d'évaluer l'alimentation des nappes souterraines.

La région d'Ouargla se caractérise comme l'ensemble du bas Sahara par un climat de type désertique dont les amplitudes thermique entre les maxima sont importantes (températures constatées entre le jour et la nuit) et par une pluviométrie très faible. Il est à souligner que ce type de climat se distingue par une forte évaporation. Quant à l'humidité de l'air, elle est très faible en hiver.

Pour étudié le climat d'Ouargla, on a utilise les données climatique de la période (1996-2014) de l'Office National de la Météorologie (ONM) d'Ouargla.

III.2. Etude des éléments climatiques :

III-2-1.Température

La température de l'air résulte de nombreux facteurs : rayonnement solaire incident, rayonnement émis par le substrat, éventuels apports issus de la mobilité de l'air, densité de l'air, et quantité d'énergie consommée par l'évapotranspiration. C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région.

La température est très élevée en été, avec une moyenne mensuelle du mois le plus chaud (Juillet) qui dépasse 35°C, et celle du mois le plus froid (Janvier) est de 11°C.

▪ La température moyenne annuelle :

La température moyenne annuelle pour un climat aride comme celui d'Ouargla, n'a pas une grande signification. Les plus intéressantes sont les températures moyennes mensuelles.

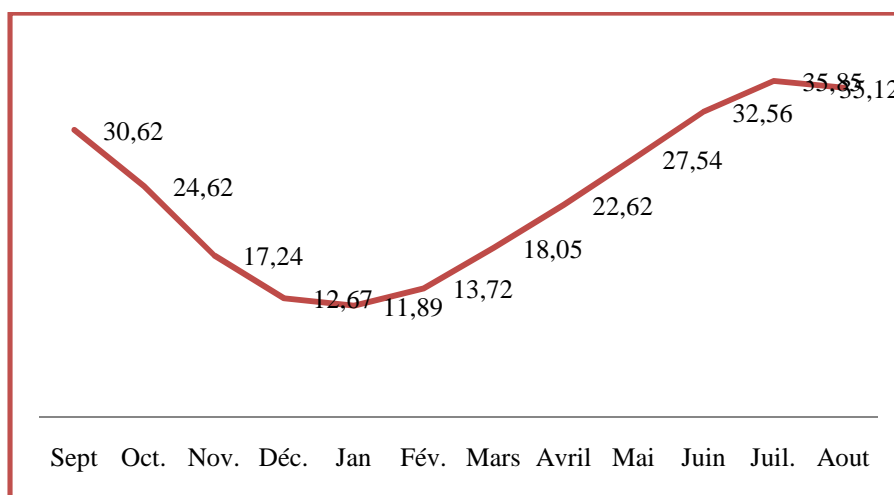
Les valeurs moyennes enregistrées pendant la période années étudié, présentent une légère constance de 23°C.

▪ La température moyenne mensuelle :

Le tableau ci-dessous présent les températures moyennes mensuelles, qui ont été reportées dans la figure.

Tab. 01: Température moyenne mensuelle (en °C), (station d'Ouargla, 1996-2014).

mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
T en °C	30,62	24,62	17,24	12,67	11,89	13,72	18,05	22,62	27,54	32,56	35,85	35,12

**Fig.07: Températures moyenne mensuelle (°C)**

La station d'Ouargla (Période 1996-2014)

On remarque que les températures au mois d'été sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32 et 35°C. Le maximum se situe en Juillet. Pour la température au mois du hiver, elle varie entre 11 et 13°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène à dire que la région d'Ouargla a un Hiver doux et un Eté très chaud.

III-2-2.La pluviométrie :

Fondamental le climat saharien, est caractérisé par la faiblesse de la précipitation.

▪ La Précipitation moyenne mensuelle :

Le tableau et la figure ci-dessous ; montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

Tab.02: Précipitation moyenne mensuelle (mm), (station de Ouargla, 1996-2014).

mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
P en (mm)	3,17	6,08	5,26	2,99	8,43	1,29	3,70	1,80	3,84	0,48	0,25	1,13

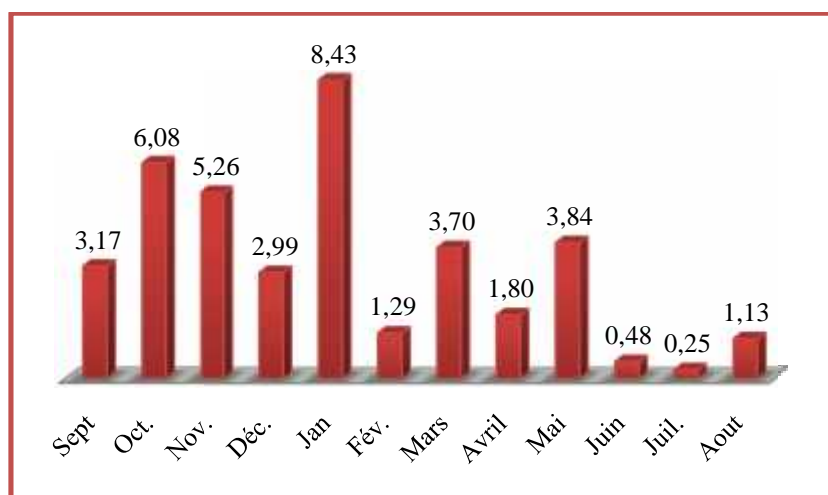


Fig.08: Précipitation moyenne mensuelle (mm)

La station d'Ouargla (Période 1996-2014)

On remarque une grande irrégularité de la pluie; d'après les données relatives aux précipitations moyennes mensuelles de la période (1996-2014), permettent de distinguer:

- ✓ Une période de pluies allant de mois de septembre à mois avril (la moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de Janvier avec une valeur de **8.43 mm**)
- ✓ le reste de l'année est une période sèche (la moyenne mensuelle minimale est enregistrée au mois de Juillet de l'ordre de **0.25 mm**).

-Ces précipitations sont réparties d'une manière assez anarchique au cours de l'année elles sont de l'ordre de **2,02 mm/an**

III-2-3.Humidité relative :

L'humidité relative est le rapport de la pression réelle de la vapeur d'eau à de vapeur saturante à la même température.

Le tableau ci-dessous, présente la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (période 1996 - 2014).

Tab.03: humidité relative moyenne de l'aire (station d'Ouargla, 1996-2014).

mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
H en %	38,97	46,79	55,43	60,38	61,27	52,71	45,76	38,92	34,63	29,25	26,04	29,17

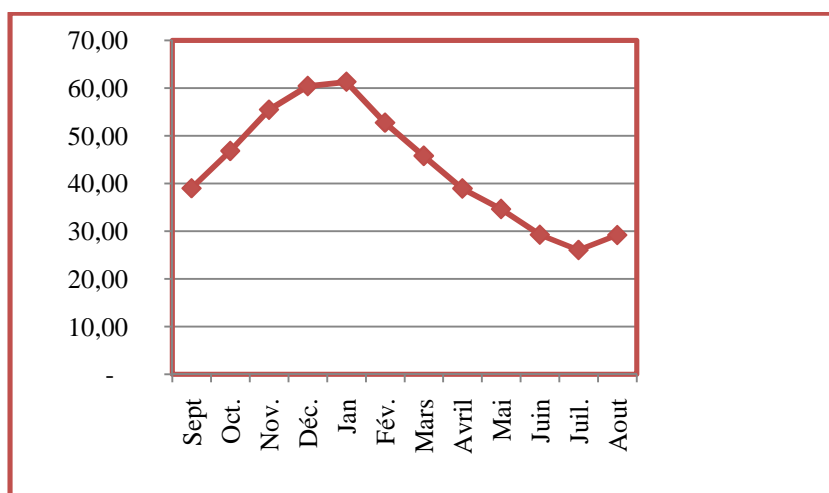


Fig.9: Humidité relative moyenne mensuelle (mm)

La station d'Ouargla (Période 1996-2014)

D'après les données représentées dans le tableau, au mois de décembre et janvier, l'humidité relative moyenne atteint le maximum (61,27% et 60,38%). au mois de juillet a une valeur minimale qui est de 34,63 %. La faiblesse des valeurs de l'humidité indique la sècheresse atmosphérique pendant une grande partie de l'année.

L'humidité moyenne annuelle ne dépasse les 43,27%.

III-2-4.Le vent :

Nous pouvons dire que le vent est le paramètre climatique le plus régulier dans la région d'Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse. Les vents jouent et continuent à jouer un rôle primordial dans les formations des reliefs et des sols par l'érosion éolienne qui transporte les particules sableuses, et les sédimentent sous forme de dunes de sable.

Tab.04: Force du vent max moyen mensuelle en km/h (station d'Ouargla, 1996-2014).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
Vent en Km/h	60,53	52,27	51,58	46,72	52,08	57,33	61,12	73,87	70,31	56,95	64,64	58,44

On remarque que les vents les plus forts se produisent durant les mois d'Avril à Juillet avec un maximum de 73,87 Km/h en Mai, tandis que le reste des mois on a une vitesse faible (min 46,72 Km/h).

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 58,81 Km/h.

Généralement, les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction S-N et SO-NE, tandis que les vents dirigés vers le Sud et le Sud-ouest ne dominant qu'au mois de Janvier. On peut penser que l'orientation grossièrement N-S de la vallée joue un rôle dans la direction des vents.

III-2-5.L'insolation :

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé.

Tab.05: La durée d'insolation moyen mensuelle en h (station d'Ouargla, 1996-2014).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
D.M.I en (h)	250,97	249,59	228,46	199,87	230,01	242,55	270,71	283,73	296,71	284,05	313,46	310,23

On remarque que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août", la valeur maximum est en juillet (313,46 h). Le minimum en Novembre à Février correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 199,87 h.

D'une manière générale, la durée moyenne est de l'ordre de 263,36 h/an, soit 125 jours de soleil par an.

III-2-6.L'évaporation

Le phénomène d'évaporation intervient dans le cycle de l'eau au moment où les précipitations atteignent la surface du sol. Le maximum est enregistré au mois de Juillet avec 455,42 mm et le minimum au mois de Janvier avec une évaporation de 91,75 mm.

Tab.06: évaporation moyenne mensuelle en mm (station d'Ouargla, 1996-2014).

mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
E en mm	308,58	226,07	131,77	94,90	91,75	127,77	200,13	259,63	331,18	398,46	455,42	393,49

III-3.Classification du climat :

III-3-1.le diagramme Ombro-thermique par méthode d'HENRI GASSEN :

Le diagramme ombro-thermique de BAGNOULS et GASSEN (botaniste-biogéographe) (1953) ayant propose une classification et une représentation des climats à partir de la température et la pluviométrie qui définissent le mois sec.

Le diagramme est un graphique qui représente la durée (en mois) et l'intensité de la saison sèche à partir de la température moyenne et de la pluviométrie.

Il permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté:

- En abscisse par les moi de l'année
- En ordonnées à gauche par les précipitations en (mm).
- En ordonnées à droit par les températures moyennes en (°C)
- Une échelle de P=2T.

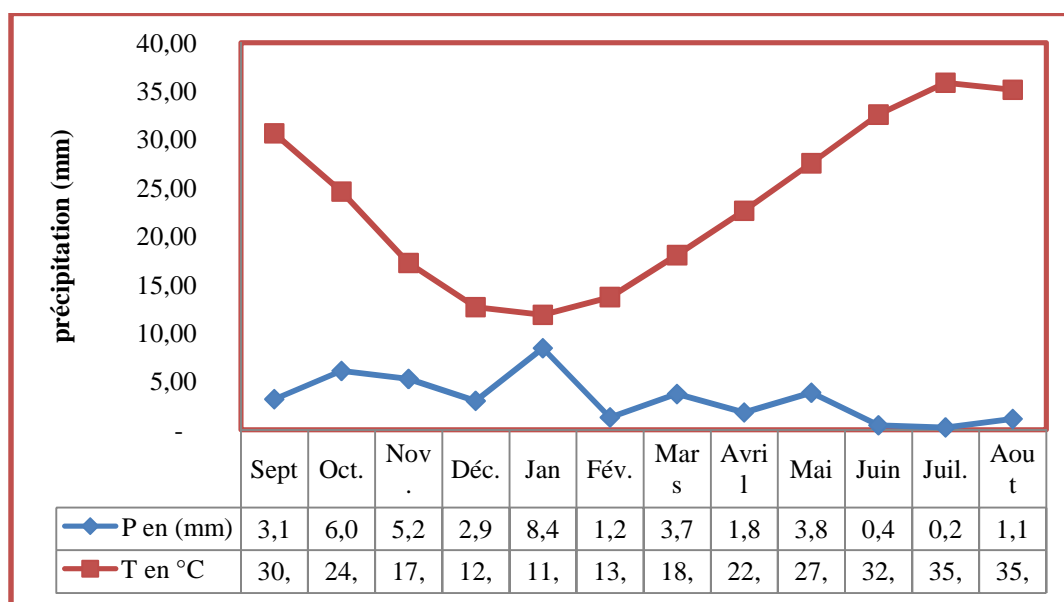


Fig.10: diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN pour la période (1996-2014)

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région d'Ouargla, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

III-3-2. Indice d'Aridité de DEMARTONE :

D'après DEMARTONNE l'indice de l'aridité est exprimé comme suit :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec :

I : indice d'aridité de DEMARTONNE.

P : les précipitations moyennes annuelles.

T : la température moyenne annuelle.

Tab.07: Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE

Valeur de l'indice	$0 < I < 5$	$5 < I < 10$	$10 < I < 20$	$20 < I < 30$	$30 < I < 55$
Type de climat	Hyper-aride	Aride	Semi-aride	Semi-humide	Humide

Dans notre cas :

$$I = 3,20 / 23,54 + 10$$

$$I = 0,09$$

Pour les valeurs de **I** comprises entre 0 et 5 le milieu est considéré comme Hyperaride.

III-4.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect climatique de la région d'Ouargla, caractérisée par un climat désertique ou hyperaride.

-Les températures sont élevées, 23,54°C en moyenne annuelle et 35,85°C au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation.

-Les précipitations sont faibles et irrégulières, de l'ordre de 3,20 mm/an et ne jouent généralement aucun rôle dans la recharge directe des nappes, à l'exception des quelques orages violents qui génèrent des ruissellements.

-L'humidité relative moyenne annuelle est de 43,28% avec 60,38% au mois de décembre et 26,04 % en Juillet. Tandis que L'évaporation moyenne interannuelle est de 251,54mm.

Chapitre. III :



Etude Hydrogéologique

Introduction :

Le bassin du Sahara Septentrional est une entité géographique relativement étendue (près de 1000.000 km²). Sur le plan orographique, cette entité est limitée sur les bordures, par des reliefs qui sont principalement des chaînes montagneuses (l'Atlas Saharien) et des plateaux (Dahar, Tademaït, Tnirhert, etc..). Avec un réseau hydrographique relativement peu dense et à moitié fossilisé, ce bassin s'individualise en trois sous-entités qui sont les deux sous bassin du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental et le plateau de la Hamada El Hamra. Les deux premières sous entités sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées qui sont « sebkhas et des chotts ». Le plateau de la Hamada El Hamra est un reg légèrement incliné.

Hydrogéologie du Sahara Septentrional:**1. La nappe phréatique:**

Dans le Sahara sont présenter partout, et d'intérêt très important, peut exploiter pour l'irrigation de petites Oasis. Dans notre région d'étude, Situient généralement dans les zones de dépressions creusé dans les sables de surface du Quaternaires renferment la nappe phréatique de l'Oued M'ya, qu'est présente partout à l'échelle de la région, sa frange capillaire affleure souvent sur la surface du sol, sous forme de petits chotts qu'on trouve de part, et d'autre de la vile d'Ouargla (**NEZLI Imed Eddine.2004**). Généralement d'épaisseur de 1à 8 m, déposé sur un niveau imperméable étendre, isolé à des nappe artésiennes de cuvette, puisque le taux de sel contiennent les eaux de la nappe est élevée, l'exploitation de nappe est nul, ou la salinité des eaux de moins 50 g/l (ville Ouargla) la plus part est d'origine géologique (des formations gypseuses et argileuses). Leur alimentation provient essentiellement de :

- ✓ des rejets d'eaux usées d'origine domestique.
- ✓ de l'eau excédentaire liée à une irrigation irrationnelles des palmeraies.
- ✓ des eaux de ruissellement venant des parties hautes et des apports des crues des trois Oued dans la cuvette (N'sa, M'Zab, M'ya).

2. Les systèmes aquifères du Sahara Septentrional (SASS):

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes :

- a) la formation du **Continental Intercalaire**, CI, qui est la plus étendue et la plus profonde.
- b) celle du **Complexe Terminal**, CT, très sollicitée dans la région des Chotts algéro-tunisiens

et dans le golfe de Syrte en Libye.

Ce Système recouvre une étendue de plus de un Million de km², dont 60% se trouvent en Algérie, un peu moins de 10% en Tunisie, et 30% en Libye. Ce bassin possède une envergure de 1800 km E-O et de 900 km N-S.

Les limites attribuées à la zone du SASS sont : l'Atlas Saharien au Nord-Ouest ; les affleurements paléozoïques de l'Ougarta à l'Ouest, des Tassilis et du Dj. Hassaouna au Sud, la limite à eau saumâtre à l'Est du graben de Hun, les affleurements du CI sur le Dj. Nefussa et le Dahar au NE, enfin l'accident sud Atlasique au Nord, relayé vers le Golfe de Gabès par la faille d'EL Hamma.

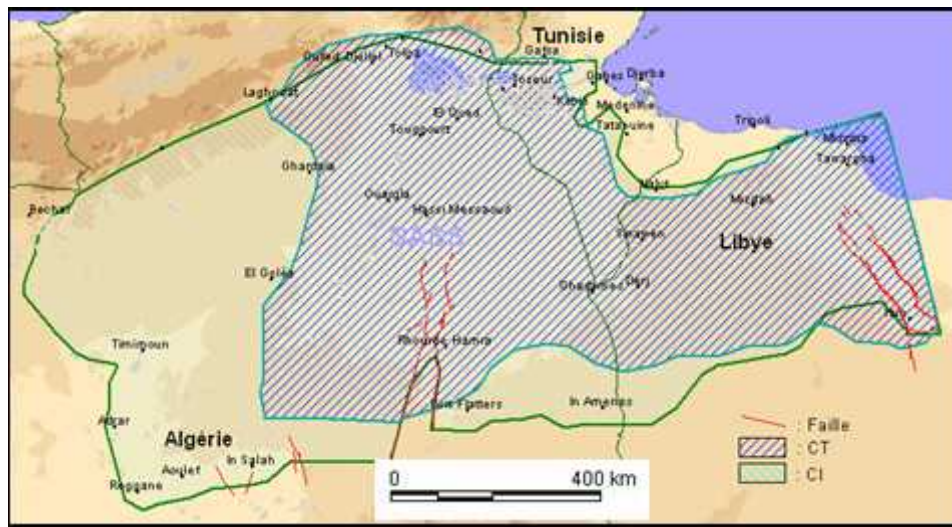


Fig.11: Carte hydrogéologique du système aquifère du Sahara Septentrional (Site inter).

Le substratum imperméable général du système : est constitué, suivant les zones, par le Trias ou le Jurassique argilo-marneux et évaporitique ou plus communément par les formations argileuses ou argilo-sableuses du Paléozoïque (OSS, Octobre.2002).

On distingue deux systèmes principaux : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT), dans notre région d'étude ; vallée d'Oued M'ya, leur géomorphologie et la nature lithologique de sous-sol permet la présence d'un troisième nappe dite la nappe phréatique.

a. Le Complexe Terminal :

Le Bas-Sahara est caractérisées par l'absence de déformations tectoniques importantes, et les surfaces limitent sont quasi horizontales ou ont de très grands rayons de courbure. Avec les formations du Turonien, du Sénonien, d'Eocène et du Mio-Pliocène, du Quaternaire ; qui sont les dernières formations déposées. Elles couvrent la majeure partie du territoire saharien septentrional.

Donc toute la série allant du Cénomanién au Mio-Pliocène. Et les aquifères contenues dans les formations perméables, sont groupés sous le nom de « aquifère du Complexe Terminal »; un terme qui est utilisé pour désigner une unité hydrogéologique. C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion de Complexe Terminal, appellation publiée pour la première fois par Bel et Cuche (1969). Selon (Cornet, 1964 ; UNESCO, 1972), elles abritent trois aquifères:

- * **L'aquifère du Turonien.**
- * **L'aquifère du Sénonien et de l'Eocène carbonatés.**
- * **L'aquifère du Mio-Pliocène.**

Leur profondeur est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m, affleure aux endroits suivants :

- Au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens.
- A l'Est, le long du flanc oriental du Dahar.
- Au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït.
- A l'Ouest, sur la dorsale du M'Zab (NEZLI Imed Eddine.2004).

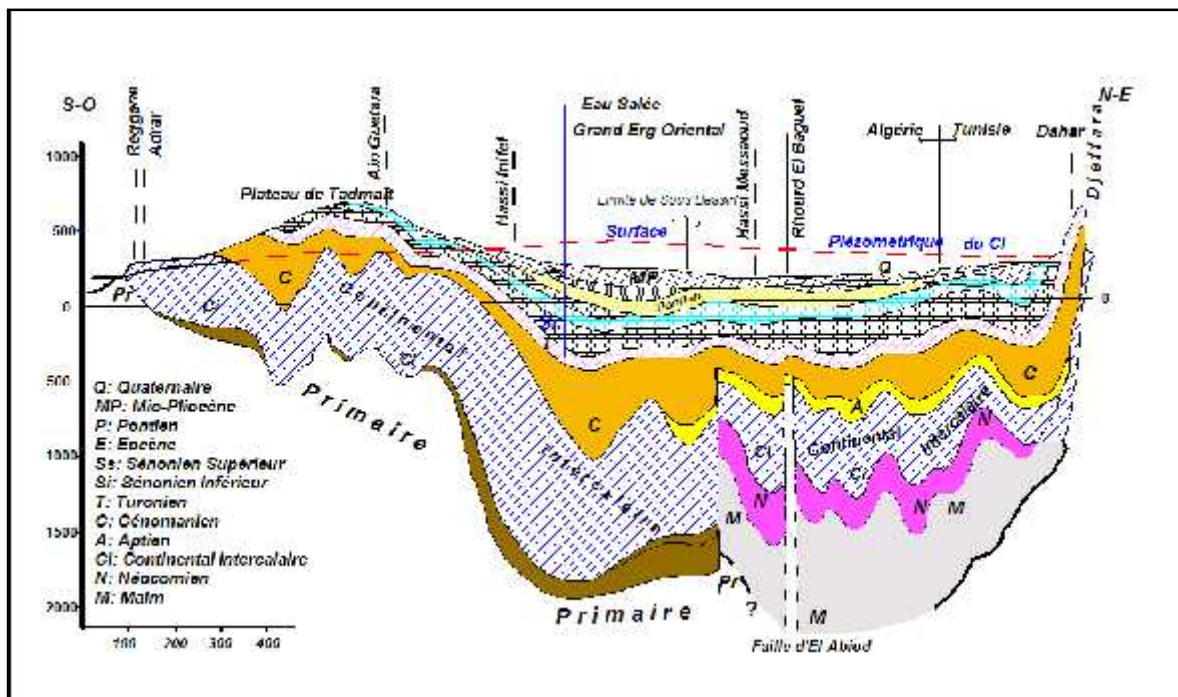


Fig.12: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

➤ Alimentation du CT :

La nappe peut être alimentée par les zones de bordures suivantes :

➤ Alimentation à partir de l'Atlas saharien

Entre Biskra et la frontière tunisienne, les courbes iso pièzes sont parallèles à l'Atlas, l'alimentation peut avoir deux origines :

- A travers la flexure Sud-atlasique.
- Par infiltration des crues des Oueds à l'aval de l'accident atlasique.

➤ ***Alimentation par le plateau du Tademaït et Tinrhert :***

L'infiltration des eaux dans les plateaux de Tademaït et du Tinrhert, s'écoulent vers le Nord et convergent vers l'exutoire principal : la zone des chotts Merouane et Melhir.

➤ ***Alimentation par les monts du M'Zab :***

L'alimentation de la nappe des sable Moi-Pliocène lors des crues exceptionnelles (crus de Oued N'sa et M'Zab qui atteignent Sebkhia Safioune au Nord de la cuvette).car le versant orientale du M'Zab est de réseau très dense des Oueds, qui joue un rôle important pour l'alimentation de la nappe (**Djidel Mohamed.2008**).

➤ ***Alimentation par le continental intercalaire:***

L'hypothèse d'une contribution de la nappe captive du Continental Intercalaire à alimenter les nappes sus-jacentes du C.T est admise, soit par drainance (ascensum) à travers son toit semi-perméable, soit par contournement et relais successif des eaux en bordure du bassin (**Gouscov, 1952**).

➤ ***Alimentation par les failles :***

Comme le montre la fig.17, on peut dire qu'il y a une forte probabilité d'une alimentation à travers les failles, à l'instar de la grande faille Nord-Sud d'El Biode, qui peut être le lieu d'un vecteur d'échange entre les deux nappes continentale intercalaire et le complexe terminale.

↳ **Piézométrie du CT:**

Cette piézométrie a concerné les formations calcaires sénoniennes et éocènes ainsi que de sables du Pontien assez souvent en relais hydrogéologiques. Elle se raccorde parfaitement et permet d'avoir la continuité de l'écoulement souterrain en passant d'une zone à l'autre (**OSS, 2003**).

La permanence d'une alimentation actuelle est équivalente à 750 hm³/an, l'écoulement de cette nappe se produit :

- A partir de la dorsale du M'Zab, où l'ensemble de l'écoulement converge vers la zone des Chotts (c'est-à-dire qu'il se renverse et s'effectue du Sud vers le Nord sous le Grand Erg Oriental); Dans le sens Ouest-Est, où les eaux en provenance de l'Atlas Saharien, se convergent vers la zone des Chotts.

-Dans le sens Sud-Nord, du plateau du Tinhert vers la zone des Chotts et le Golfe de Syrte.
La carte piézométrique, dressée à l'échelle locale (cuvette d'Ouargla), montre un écoulement qui se produit :

-Dans le sens Sud-Nord, du centre ville de Ouargla -Rouissat vers la zone de N'Goussa.

-Dans le sens SO-NE, de la ville de Ouargla vers la zone des Chotts (Oum-Raneb).

Généralement, la nappe présente un sens d'écoulement vers le Nord- Est, c'est-à-dire, qu'il coïncide avec cela précité, du M'Zab vers la zone des Chotts Algéro-tunisiens.

Les paramètres hydrodynamiques au niveau de la zone d'étude sont définis comme ce suit : pour la transmissivité (8.10^{-3} à 9.10^{-2} m²/s), et pour le coefficient d'emménagement. (5.10^{-3} à 3.10^{-2}) (BELLAOUEUR Abd El Aziz.2008).

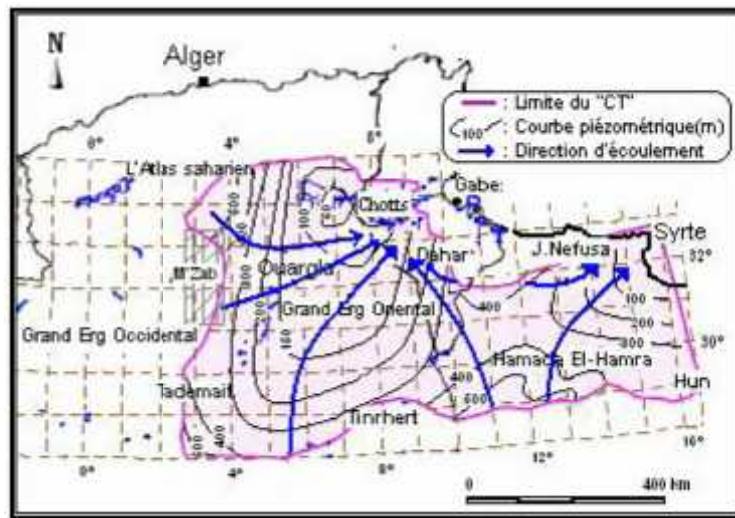


Fig.13: Carte piézométrique de référence du "CT" (OSS, 2003)

↳ Les nappes de l'aquifère CT :

a. La nappe du Turonien :

Est un nappe de formation calcaire-dolomitique d'âge Turonien ; peut être considéré comme aquifère étendue. Au nord du Sahara oriental, Il devient imperméable dans l'extrême où il est très marneux. Sa faible potentialité et sa forte minéralisation ne lui confèrent une nappe moins exploitable.

b. La nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonatés :

Est un nappe contient dans les formations du Sénonien et d'Eocène carbonatés forment un seul et même ensemble litho-stratigraphique, formé de calcaire, dont l'épaisseur varie de 50 à 250 mètres. Cet aquifère est de faible perméabilité à l'échelle du bassin oriental du Sahara. Localement, comme à Biskra et à Ouargla et dans d'autres points du Sahara, la fissuration secondaire confère à cet ensemble des propriétés hydrogéologiques intéressantes.

c. La nappe du Mio-Pliocène :

Le Mio-Pliocène, dont épaisseur de 50 à 100 mètres, augmente dans la direction Sud-ouest / Nord-est. Est une formation globalement aquifère, exploitée un peu partout dans le Sahara septentrional,

La partie supérieure de cet aquifère est difficile à schématiser, suite au changement rapide de faciès ; plus argileux à l'intérieur du bassin (NEZLI Imed Eddine.2004).

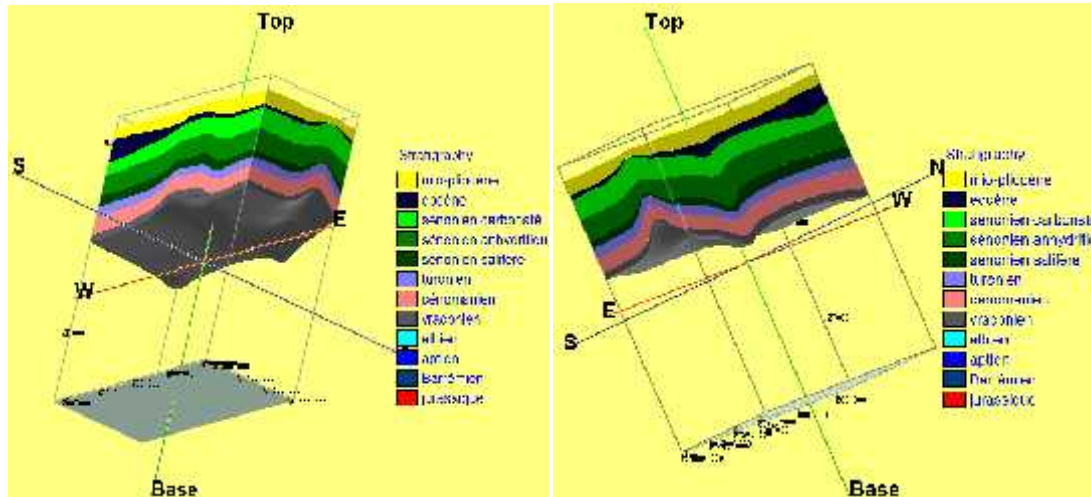


Fig.14: Modèle 3D du système aquifère du complexe terminale CT.

Le modèle en 3D de complexe terminale représente, la stratification des différentes formations perméable et imperméable qui formant le système aquifères, les formations sont tabulaires, où on remarque que un soulèvement dans la coté Est, et une bassement au coté Nord.

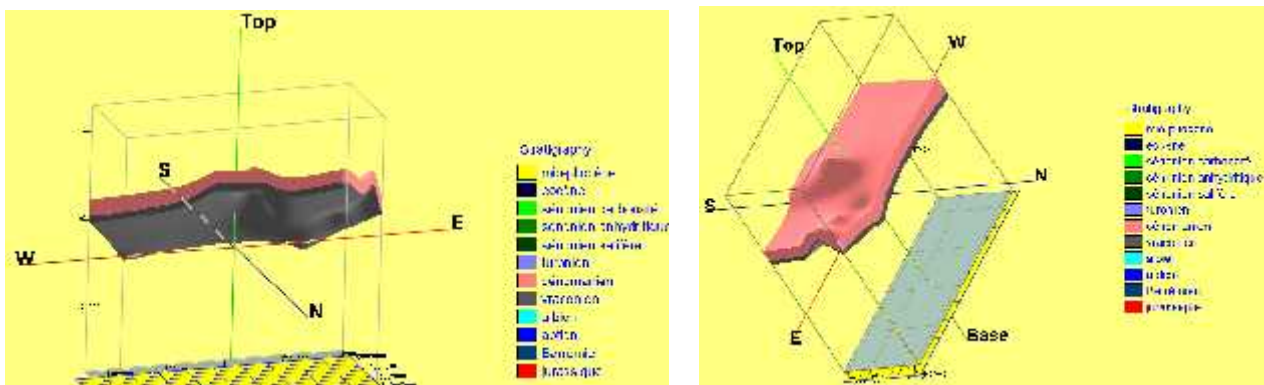


Fig.15 : Modèle 3D de substratum de systèmes aquifères de CT.

b. Le Continental Intercalaire (CI) :

Continu dans des formations sableuses et argilo-gréseuse du Barrémien et de l'Albien. C'est l'un des aquifères les plus étendus de la planète. Il s'étend sur plus de 600 000 Km², dont l'une des particularités, est de constituer une ressource en eau souterraine fossile, puisque très peu alimenté avec les conditions climatiques actuelles (UNESCO, 1972).

↪ **Le réservoir aquifère du Continental intercalaire** : est associé aux séries détritiques du toit du Paléozoïque au Cénomaniens supérieur. Cependant, dans le bassin du Grand Erg oriental en Algérie, sur une grande partie du territoire tunisien et dans la partie Nord-ouest du bassin en Libye, la sédimentation jurassique et triasique est nettement individualisée en cycles marins successifs. Elle constitue alors le substratum du Continental intercalaire composé uniquement du Crétacé inférieur parfois associé (en Tunisie et en Libye) au Jurassique supérieur détritique.

↪ **Toit du CI :**

Le toit du CI est défini comme étant la première formation surmontant les séries sableuses du Crétacé inférieur. Ce toit varie d'un endroit à l'autre du bassin, de la dolomie de l'Aptien aux argiles et marnes du Vraconien. A l'échelle du bassin saharien, le Continental intercalaire affleure sur les bordures du bassin aux endroits suivants :

- ❖ au Nord, le long de la flexure saharienne et au cœur de l'anticlinal du Chott Fedjej,
- ❖ à l'Est, le long du flanc oriental du Dahar et du Dj Nafusa,
- ❖ au Sud, sur les plateaux de Tinghert et de Tadmait,
- ❖ à l'Ouest, sous les dunes du Grand Erg occidental et entre Reggane et El Goléa.

La configuration de la position du toit du CI est étroitement liée à l'épaisseur de ses formations géologiques et à l'évolution des faciès depuis celui de la plate forme à ceux du sillon fluvio-lacustre des Chotts.

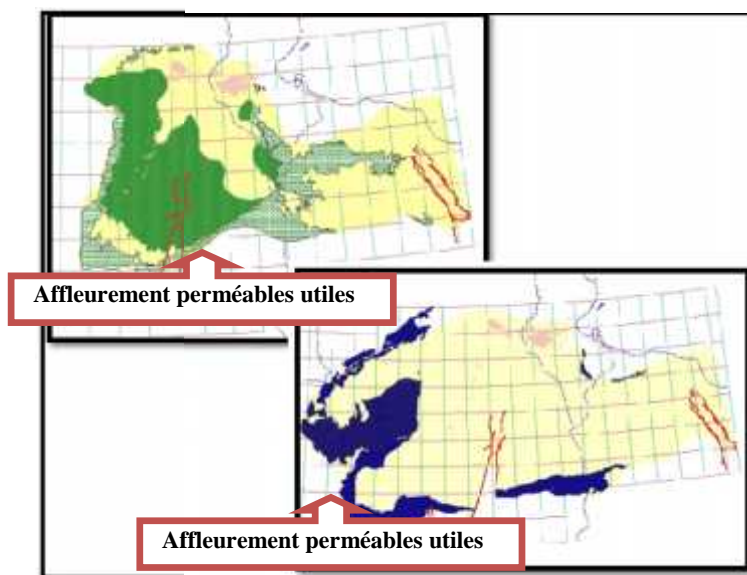


Fig.16: Coupe hydrogéologique représenter les zone d'affleurement utile de l'aquifère CI.

↳ Mur du CI :

Les séries du Continental intercalaire qui traduisent le début d'un cycle continental largement étendu, se sont déposées sur différentes formations géologiques souvent rabotées par l'érosion et en discordance. L'écorché géologique du mur du CI est constitué suivant les endroits, du Primaire, Trias, Jurassique. Les principales formations détritiques aquifères varient de position et s'échelonnent entre le Néocomien et l'Albien.

Le mur du CI du bassin saharien est le moins profond à proximité des affleurements (-250 m sur le Dahar à -500m à Jabal Hassawnah). Il devient particulièrement profond dans deux principales gouttières qui sont : le sillon des chotts algéro-tunisiens (-1570 à - 3500m) et le Graben de Hun (-1200 à -1900m). Il accuse un approfondissement local dans la Dorsale d'Amguid et sa prolongation vers le Nord (- 1000 à - 1500m).

↳ L'épaisseur du CI :

L'épaisseur moyenne du CI est de l'ordre de 125 à 150m sous la partie occidentale de Hamada El Hamra et l'extrême sud tunisien. Elle devient plus importante (125 à 375m) dans la partie orientale d'El Hamada .Un épaissement notable de ces formations est noté le long de la vallée d'Oued M'ya et sous le Grand Erg Occidental à proximité de la flexure sud-atlasique (500 à 1000 m). La tectonique ne semble jouer un certain rôle dans l'épaississement de ces séries que le long de la Dorsale d'Amguid et du Graben de Hun. De même, à proximité de la flexure sud-atlasique, les séries deviennent plus épaisses.

↳ Les zones exutoires CI :

Suggérées par les points d'aboutissement des lignes de courant dessinées par la carte piézométrique, qui sont :

- ✓ le Touat-Gourara et le Tidkelt.
- ✓ l'exutoire tunisien marqué par la faille d'El Hamma.
- ✓ l'exutoire libyen au niveau d'Ain Tawargha.

↳ La piézométrie du CI :

La piézométrie de la nappe du CI montre, dans le sous-bassin du Grand Erg Occidental, une indépendance quasi totale du reste de la nappe avec un écoulement de l'atlas saharien vers le Sud puis le Sud-ouest, une ligne de partage des eaux souterraines sépare l'écoulement s'effectuant vers l'Ouest de celui qui intéresse la partie orientale du bassin. L'exutoire de la nappe était au départ, présenté sous forme de sources transformées par l'homme, en foggaras, suite à la baisse de la surface piézométrique.

Les écoulements en provenance de l'Atlas vont s'infiltrer dans les sables dunaires du Grand Erg Occidental pour rejoindre finalement le Continental intercalaire.

Malheureusement, aucune étude hydrologique n'a pu être menée dans cette zone qui aurait pu fournir des estimations même approximatives, des volumes annuels ruisselés et infiltrés. Des études de synthèse sont à encourager dans ce sens à l'avenir.

La dorsale du M'Zab, bien que peu arrosée, est cependant le siège d'écoulements dans les oueds qui se dirigent vers l'Est et participent à l'alimentation des calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène appartenant au Complexe terminal. Là encore aucune étude n'est venue fournir des estimations des quantités ruisselées. Cet aspect hydrologique du Sahara algérien est à renforcer par des études spécifiques à mener ultérieurement même dans le cadre des travaux de recherche (OSS ; Octobre.2002).

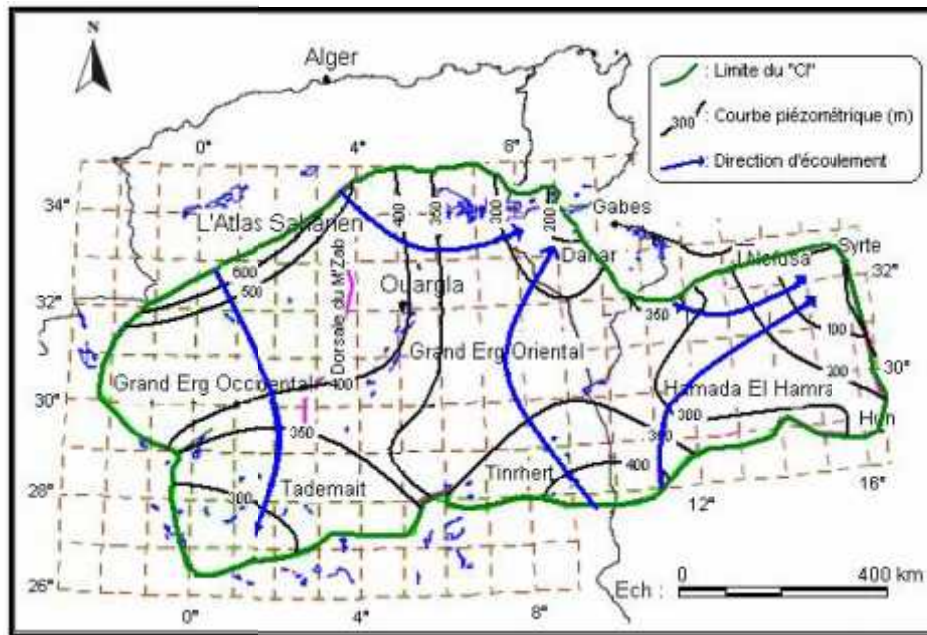


Fig.17: Carte piézométrique de référence du "CI" (OSS, 2003)

Le continentale intercalaire de la région d'étude :

Les études faites sur la wilaya d'Ouargla, montrent que l'hydrogéologie de cette région reste toujours dans le même contexte du système aquifère de Sahara septentrionale, cependant elle s'identifie par ses propres caractéristiques typiques de la région.

Dans cette partie nous allons essayer de mettre en évidence la géométrie des différentes couches constituant l'aquifère du CI ainsi que leurs structures à partir des données de 26 logs de forage captant l'ensemble de l'aquifère, et également la détermination de l'état hydrodynamique dans notre région d'étude, cette approche va être supportée par les logiciels RockWorks15 et AquifèreTest.

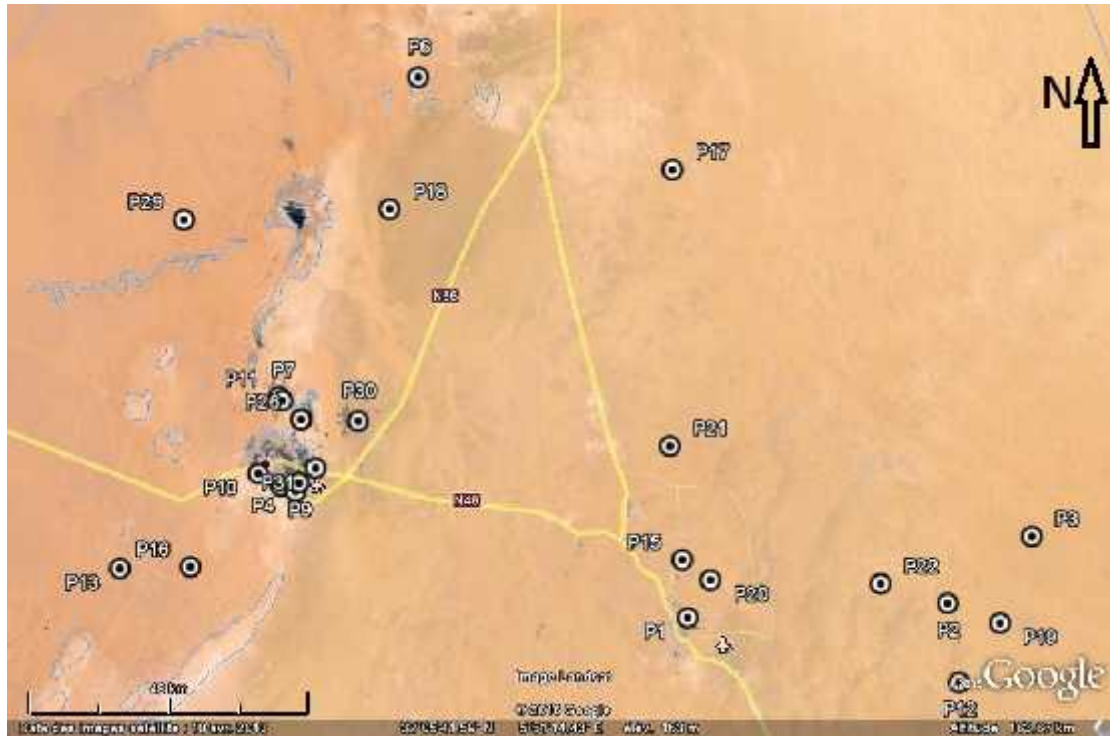


Fig.18: carte de localisations des forages.

Le modèle en 3D (fig.19) représenté les 26 logs stratigraphique qui on travaille sur lesquelles.

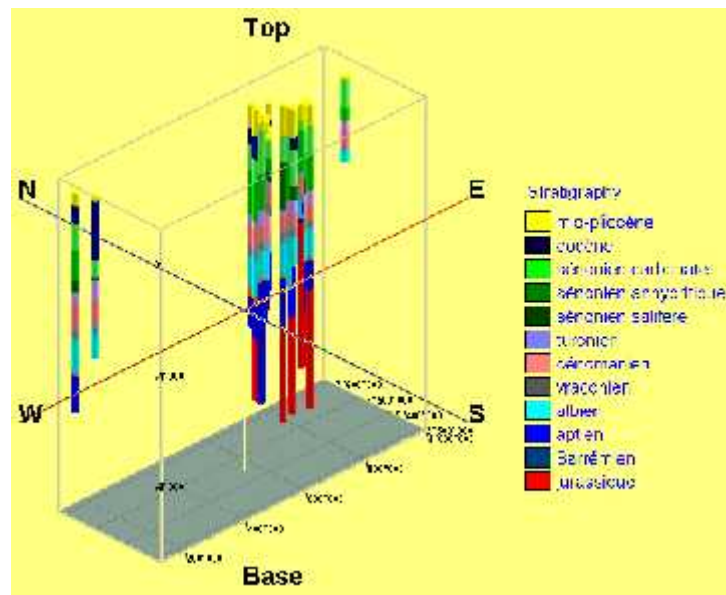


Fig.19: Modèle 3D présent les logs stratigraphiques des forages captant la nappe CI

☞ La nappe du continentale intercalaire CI dans la zone d'étude:

Le continentale intercalaire est un ensemble des formations géologiques d'âge Barrémien, Aptien et Albien, ils constituent une alternance perméables et imperméables, le mieux

connu et exploitable par rapport aux autres réservoirs, est l'Albien, dans la région d'Ouargla, C'est un aquifère profond avec une configuration géométrique et géologique complexe, capté à des grandes profondeurs arrivant à plus de 1000 m.

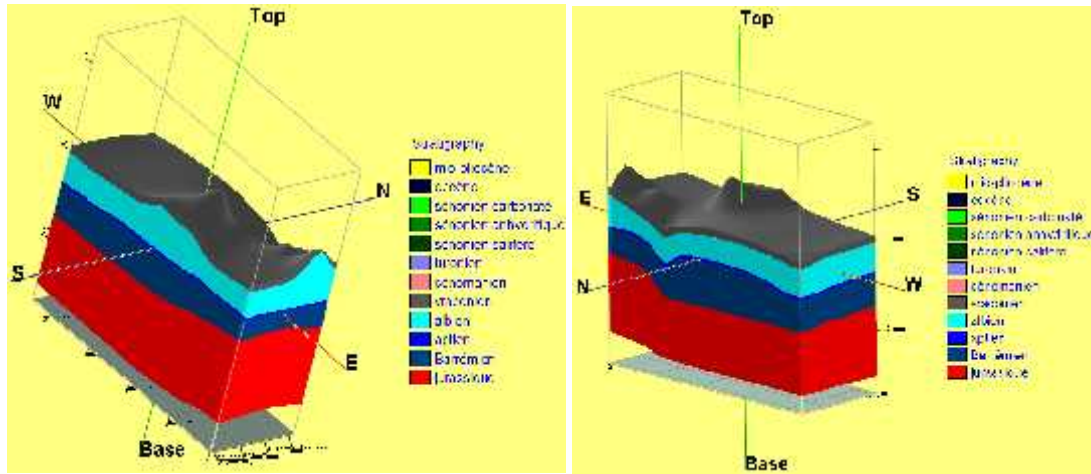


Fig20: Modèle 3D présentant l'ensemble du système aquifère du CI.

La nappe CI est moins exploitable et peu connu, par rapport aux aquifères du complexe terminale, les 26 logs des forages sur lesquels on a travaillé, sont distribués entre les régions ; Ouargla, Hedjira et Hessi Massoud.

Les eaux de CI, sont emmagasiner dans des formations d'une lithologie très hétérogène, généralement selon l'examen des logs des forages, sont des grès, sables et argile et parfois des sable-argileux ou argile-sableuse. C'est une nappe de type artésienne jaillissante; (sous pression d'une moyenne d'environ 15 bar à la tête de forage), et d'une température élevée influencée par l'importante profondeur d'enfouissement (gradient géothermique) variant entre 50°C et 60°C.

1. Géométrie de la aquifère CI :

1.1. Substratum de la nappe CI:

Le CI représente un substratum des formations d'âge Jurassique supérieur formé généralement d'anhydrite, de calcaire et par fois d'argile. Le modèle 3D montre une augmentation relative d'épaisseur, en allant de l'Ouest à l'Est le pendage de toit du substratum diminue, se trouvant à des profondeurs qui atteignent environ 1000 m (P22) à l'Est (**fig.21**).

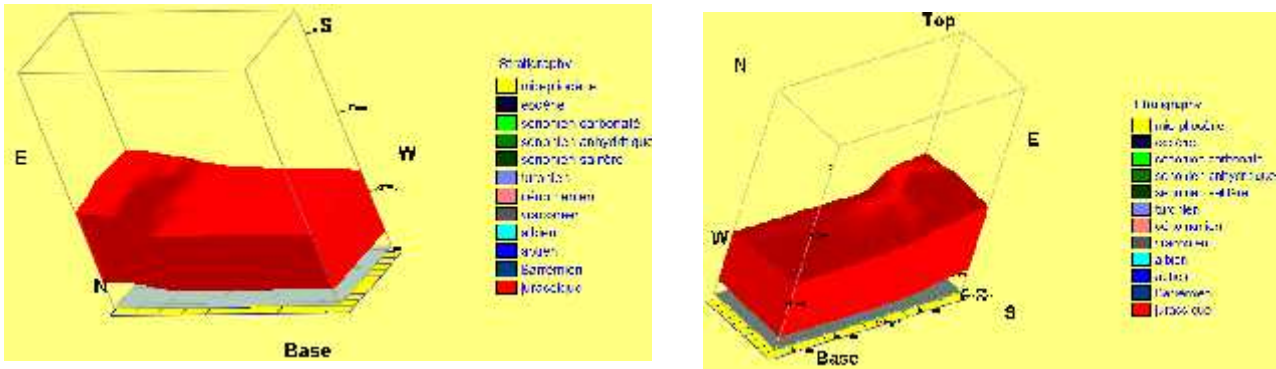


Fig.21 : Modèle 3D de substratum de CI.

1.2. Mur de la nappe CI:

Il est remarquable que le mur de la nappe, est un peu tabulaire, sauf un soulèvement à l'extrême Nord-est et une dépression sur la bordure Nord du modèle.

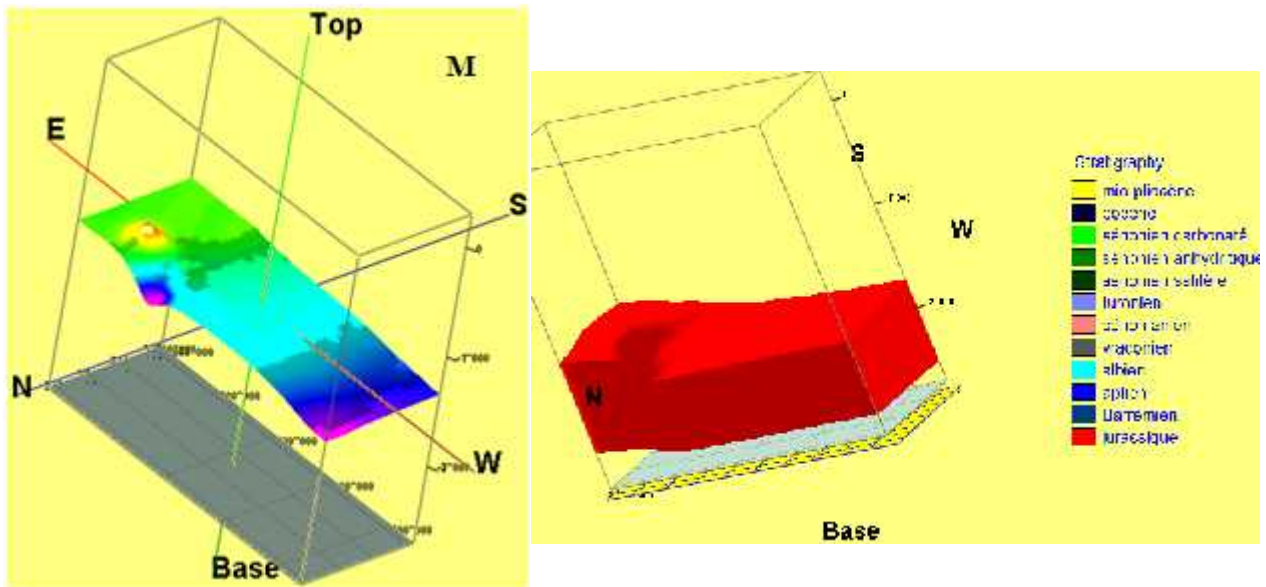


Fig.22 : Modèle 3D du mur de CI.

1.3. Toit de la nappe CI:

Se sont des formations imperméable du Crétacé supérieur, Cénomanien (argile, dolomie et marne), Craconien (dolomie, calcaire et argile), constituant le toit de notre aquifère.

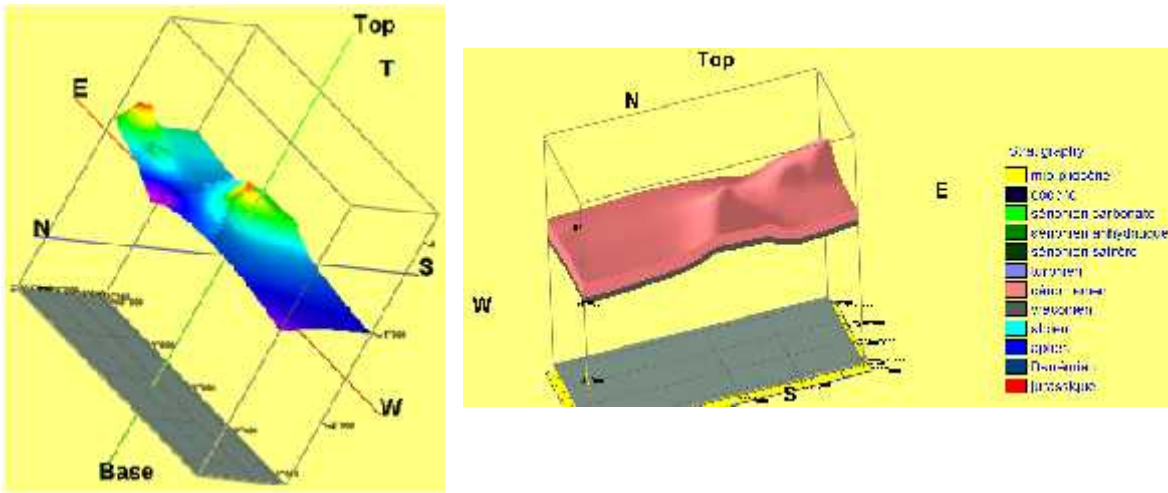


Fig.23 : Modèle 3D de Toit de CI.

On observe que le toit de la nappe est plus accidenté que son mur, où on distingue deux dômes alignés SO-NE (Fig.23)

1.4. L'épaisseur de la nappe CI :

L'épaisseur de la nappe CI est variable selon les régions, la carte isobathe (Fig.30) et le modèle 3D de la nappe (Fig.24), et d'après les données d'interprétation tous montre, qu'elle a au moyen 280 m d'épaisseur.

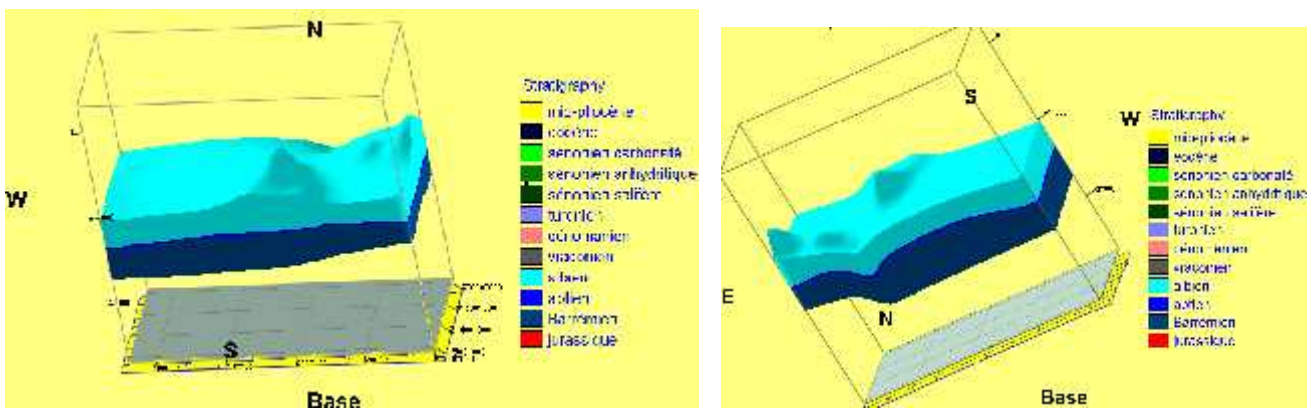


Fig.24: Modèle 3D de la nappe CI.

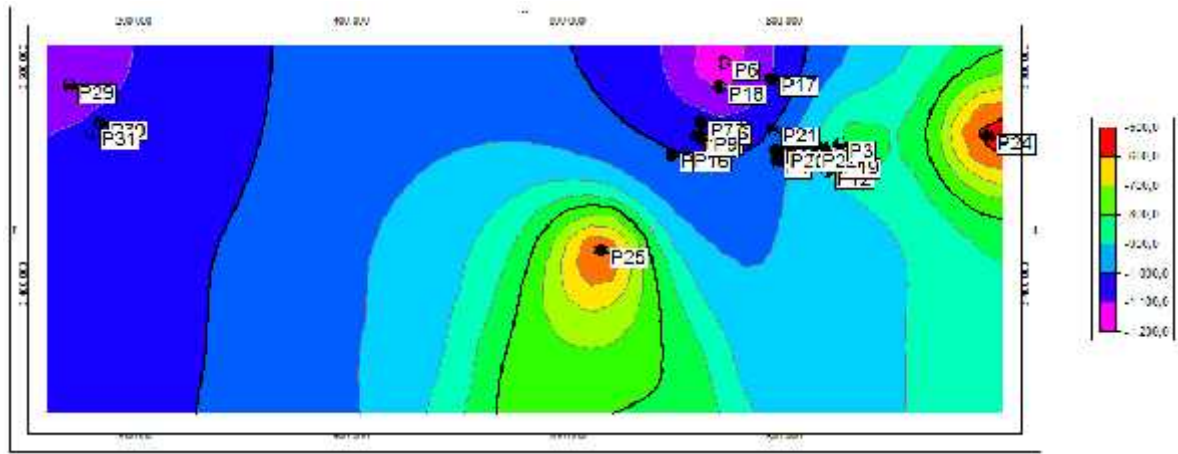


Fig.25 : carte isobathe de la nappe CI.

La carte isobathe montre que les profondeurs de la aquifère CI sont variées généralement entre 500 m à 1200 m au niveau de puits 25 la profondeur compris entre 600 et 500 m, et au niveau des puits 29 et 6 atteindre le 1200m.

2. Aperçu hydrodynamique :

Pour réaliser notre travail et compléter l'étude hydrogéologique, on a étudié l'état hydrodynamique de la nappe CI pour la région d'Ouargla, pour déterminer les paramètres hydrodynamiques (**T**, **S** et **K**), à l'aide d'interprétation des essais de pompages de 04 forages réalisés par le service d'hydraulique Ouargla, qui captent la nappe étudiée, par l'utilisation du logiciel AquiferTest,

2.1. Pompages d'essais :

Dans notre étude nous sommes basées sur les essais de nappe de longue durée à débit constant (*Essai de nappe*) ; Il permet d'évaluer :

- ✓ les paramètres hydrodynamiques de la nappe.
- ✓ de préciser ses conditions aux limites et ses éventuelles hétérogénéités.
- ✓ prévoir l'évolution du rabattement en fonction du débit pompé, ainsi que ses effets éventuels sur son environnement plus ou moins éloigné.

Le principe est réalisé à débit constant sur une période de 1 à 3 jours, voire plus pour les essais de longue durée, et nécessite la création d'un réseau périphérique de piézomètres, les contrôles comprennent le suivi des débits exhaures et ceux du niveau de la nappe dans l'ouvrage et dans les piézomètres. On observe également la remontée des niveaux dans l'ouvrage et dans les piézomètres dès l'arrêt du pompage

2.2. Paramètres hydrodynamique de la nappe :

- * **La perméabilité K** ; d'un réservoir caractérise la facilité avec laquelle l'eau le traverse sous l'effet d'un gradient hydraulique. Il s'agit d'un coefficient, défini par la loi de Darcy, qui correspond au débit Q (en m³/s) traversant une unité de section A (en m²), sous l'effet d'un gradient hydraulique unitaire (i). Donné par l'expression $K = Q/A.i$, il est assimilable à une vitesse de filtration et s'exprime en mètres par seconde (m/s). Sa valeur évolue de 10⁻¹ ou 10⁻² m/s dans les terrains les plus perméables à 10⁻⁷ m/s pour les formations peu perméables.
- * **La transmissivité T** ; représente le débit d'un niveau aquifère sur toute son épaisseur, par unité de largeur et sous un gradient hydraulique unitaire. Elle correspond donc au produit de la perméabilité moyenne K (en m/s) par l'épaisseur du niveau e (en m), soit $T = K.e$, et s'exprime en m²/s.
- * **Le coefficient d'emmagasinement S** ; est le rapport du volume d'eau libéré par unité de surface, sous une charge hydraulique unitaire, et détermine la fonction capacitive du réservoir. Il exprime, en nappe libre, la capacité de vidange des pores de la roche et peut donc être assimilé à sa porosité efficace. En nappe captive, il résulte de la décompression de la roche et de l'eau contenue dans ses pores, sa valeur varie de 10⁻³ à 10⁻⁶ pour les nappes captives.

2.3. Interprétation des essais de pompages :

Pour l'interprétation des données des essais de pompages du CI, nous avons fait recours à la méthode de JACOB, par l'application du logiciel AquiferTeste.

↳ Méthode de Jacob :

La méthode de Jacob basée sur l'équation suivante

$$s = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{x^2S}$$

$$\text{Avec :} \quad T = \frac{0.183Q}{\Delta s} \quad S = \frac{2.25Tt_0}{x^2}$$

s : rabattement (m)

Q : débit de pompage constant (m³/s)

T : transmissivité (m²/s)

x : distance de piézomètre par rapport au puits de pompage.

S : coefficient d'emmagasinement.

Et par l'application de l'équation pour la remontée

$$Sr = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{t+tt}{tt}$$

Cette est équation utilisée pour confirmer l'équation de la descente, on conséquence :

∞ Résultats d'interprétation des courbes de descentes :

Les calculs les différents paramètres de l'essai de pompage à débit constant en régime transitoire, sont faits au niveau des forages :

Commune d'Ain Beidha F1- commune de Ruisset F2- Hai Nasser F3- commune de Hedjira F4.

Essai de Hai Nasser F3:

X : 05°22'31''E.

Y : 31°54'28''N.

Z : 155 m.

Pression : 11,7 bar.

Débits : 175 l/s.

Niveau statique : 119,42 m.

Epaisseur: 354 m.

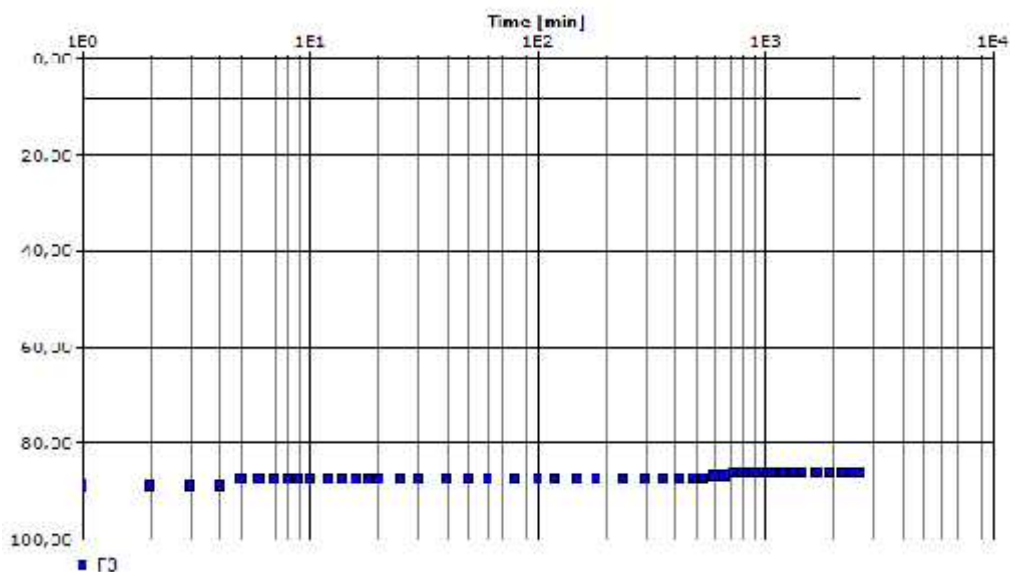


Fig.26: Courbe de descente de F3.

∞ Interprétation de la courbe représentative (s=f(logt)) :

Le remarquable en générale, que tous les formes de la courbe sont horizontale, dans les plus partes des graphes des descentes, on observe une stabilisation de rabattement dans les forages.

D’après les résultats, on trouve que les valeurs de transmissivité et celles de perméabilité sont importantes au niveau des forages étudiées.

Tab.08 : les valeurs des paramètres hydrodynamiques des forages CI.

Forages	Epaisseur (m)	T m ² /s	K m/s	S
Essai de F1	288	1,2 10 ⁻⁴	4,167 10 ⁻⁷	1,09 10 ⁻⁴
Essai de F2	240,26	1,26 10 ⁻³	5,244 10 ⁻⁶	1,80 10 ⁻⁴
Essai de F3	354	1,7 10 ⁻³	4,802 10 ⁻⁶	1,80 10 ⁻⁴
Essai de F4	300	1,42 10 ⁻⁴	4,733 10 ⁻⁷	1,27 10 ⁻⁴

1. La piézométrie du CI :

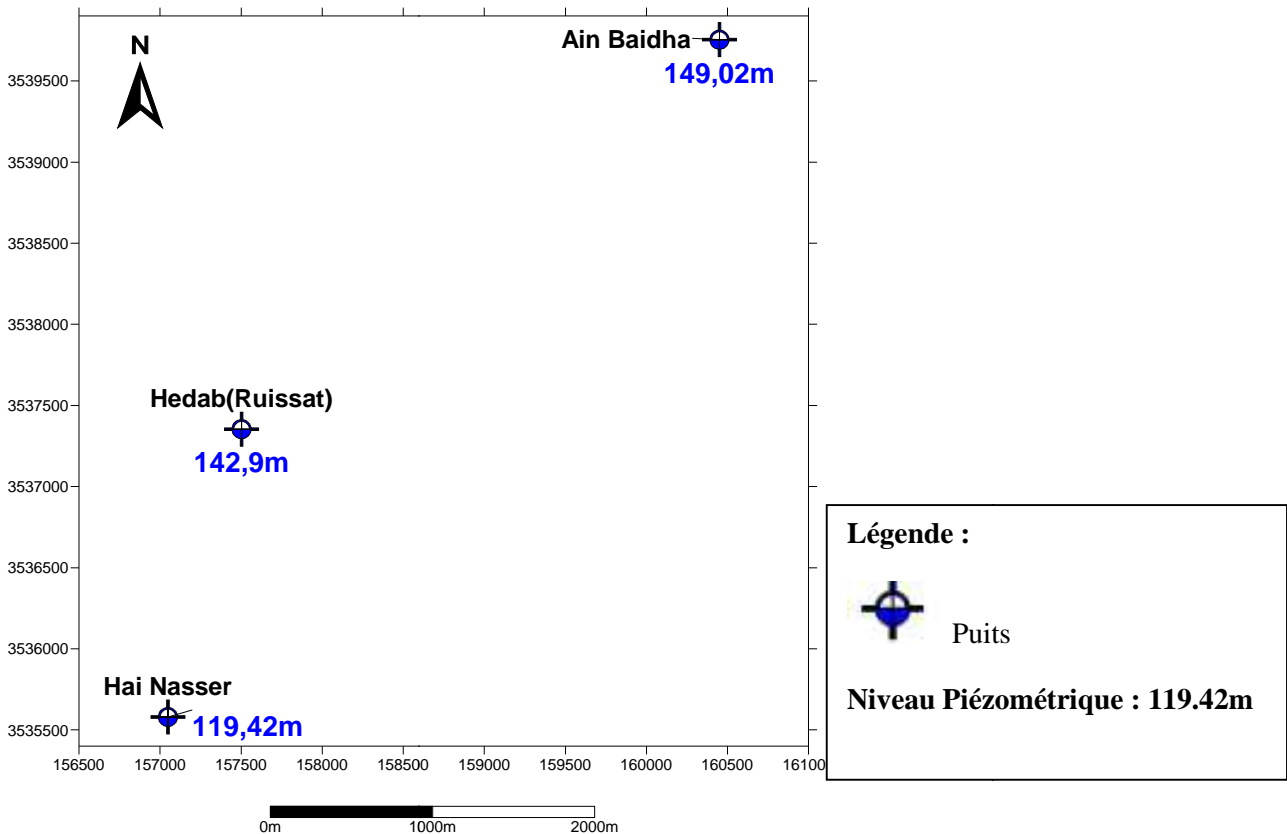


Fig.27: carte représentant les cotes piézométriques du CI durant 2011/2012, dans la région d’Ouargla

La carte (**fig.27**) représente les cotes piézométriques des trois forages disponible mesuré entre les années 2011 et 2012, où on remarque que le niveau piézométrique diminue en allant vers le Sud, et ça traduit une chute de pression de la nappe du côté Sud. Malgré que le nombre de forages est très peu, mais ça va de soit avec le sens global de l'hydrodynamisme de l'aquifère de CI, engendré par le changement du type de la nappe qui se transforme progressivement d'une nappe captive à une nappe libre dans sa partie méridionale.

Conclusion:

Le modèle stratigraphique montre que les formations géologiques du système aquifère du CI constitué par des formations hétérogènes d'origine marines et continentales d'âge d'Albien, aptien et Barrémien, reposant sur un substratum d'âge Jurassique. le plus exploitable est l'Albien d'une lithologie formée généralement de grés sable et argile, de grande extension horizontale et d'une importante puissance verticale (d'épaisseur moyenne 280m).

L'aperçu hydrodynamique montre que, l'emmagasinement de la nappe entre dans la fourchette des nappes captives (10^{-6} à 10^{-3}), le maximum enregistré est de $1,80 \cdot 10^{-4}$, les valeurs de perméabilité varie entre $4,167 \cdot 10^{-7}$ et $5,244 \cdot 10^{-6}$ m/s, et à l'aide de la classification de perméabilité, notre aquifère d'étude est de mauvaise perméabilité, ce que confirment, la nature lithologique de la nappe CI, qui sont des formations perméables très hétérogène, généralement des sables argile et des grés par fois argile sableuse.

Après ce modeste travail le continentale intercalaire reste un système aquifère mal connu, il doit faire objet d'autres études pour le définir et mieux le connaîtait région étude.

Chapitre. VI :



Etude Hydrochimique

VI.1. Introduction :

Les sources chaudes sont connues de tous temps et utilisées depuis l'Antiquité, hormis leur température, ces eaux possèdent généralement des caractéristiques particulières : gaz, odeur, minéralisation.

Dans ce chapitre nous allons étudier la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la nappe CI de la région d'Ouargla. Ces eaux situées à de grandes profondeurs, plus de 1000 m, l'effet d'augmentation de température et de pression permet, la dissolution des sels et de gaz qui vont enrichir l'eau de manière anormale. On peut alors parler d'usage de ces eaux, fait appel aux caractéristiques physico-chimiques (La température, le pH, la conductivité et les sels dissous) de l'eau qui permet la détermination de sa qualité, ainsi que le choix de son usage (alimentation en eau potable **AEP**, irrigation **IR**, industrie,...etc.), et les caractéristiques hydrochimiques des aquifères et leurs natures lithologiques.

Pour réaliser notre travail, nous avons caractérisé le type d'eau, par la détermination du faciès chimique, et étudié les rapports caractéristiques, et les influences lithologiques des matériaux aquifères sur la minéralisation.

VI.2. Etude des paramètres physico-chimiques :

VI.2. 1. Paramètres physiques

Le pH, la température, et la conductivité ont été mesurés in situ au moyen d'appareillage de terrain (pH-mètre, conductivimètre).

VI.2. 1. 1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le PH ; est la mesure de la concentration en protons (ion hydrogène ou H) dans une solution donnée. Pour les eaux souterraines de CI, le PH varie entre 7,50 et 8.13 et ne dépassent pas la norme d'OMS (6.5 à 8.8).

VI.2. 1. 2. Température (T)

Il est difficile de savoir jusqu'à les eaux peuvent s'enfoncer sous terre et de ce fait quelle peut être la température maximale. L'augmentation de pression permet à l'eau de circuler sous forme liquide à des températures supérieures à 100 °C.

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol, la température augmente progressivement avec un gradient proche de 1 °C pour 30 m. L'eau qui circule en profondeur se charge donc en calories qui pourront parvenir jusqu'en surface.

Les eaux de la nappe CI, est caractérisé généralement par une température élevée varié entre 50 et 55°C.

VI.2. 1. 3. Conductivité électrique (CE)

Elle est liée à la présence des espèces ioniques en solution, s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$), pour les eaux de la nappe étudiée, elle est varié entre 2220 et 3430($\mu\text{s/cm}$). La variation de la minéralisation de l'eau est régie par plusieurs facteurs:

- * Temps de séjour et échange eaux encaissant
- * Sens générale d'écoulement de la nappe
- * Échanges avec nappes adjacentes
- * la nature lithologique des formations géologiques et leur profondeur
- * L'augmentation de la pression et de température peut aussi favoriser la dissolution de certains minéraux, comme la silice, ou au contraire favoriser leur précipitation comme les carbonates, le lessivage des formations géologique entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sel (bicarbonates, chlorures, sulfates, sodium...etc.) et provoque un accroissement de la conductivité.

VI.2. 2. Les cations majeurs

VI.2. 2. 1. Calcium (Ca^{2+})

La teneur en ce cation dans les eaux souterraines carbonatées, a toujours une origine interne au système. Leur abondance relative est fonction de l'état du système calco-carbonique. On peut retenir parmi les différents facteurs qui contrôlent la teneur en Ca^{2+} :

- L'agressivité de l'eau qui entre dans le système, régie par sa teneur en CO_2 dissous et son pH (c'est elle qui détermine le potentiel de cette eau à dissoudre).
- Le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère. En effet, la dissolution étant contrôlée par la cinétique des réactions chimiques, un certain temps est nécessaire à sa réalisation. Toutefois, même si la réaction chimique n'est pas terminée, la dissolution des carbonates commence dès le contact de l'eau avec la roche.

Les valeurs de Ca^{2+} varient entre 145 mg/l et 245 mg/l, avec une moyenne de 175,77 mg/l, leur teneur dans la pluparts des forages est inférieur et parfois conformes à la norme de potabilité d'après l'OMS (200 mg/l).

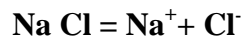
VI.2. 2. 2. Magnésiums (Mg^{2+})

La présence de Mg^{2+} dans les eaux souterraines a toujours une origine interne au système, elle témoigne de la dissolution de dolomies, de calcaires ou éventuellement de marnes dolomitiques. L'acquisition de cet élément est lente (la cinétique de dissolution est longue, supérieur à celle des calcaires). Le magnésium est donc un bon indicateur d'eaux à temps de séjour prolongé dans l'aquifère.

Les teneurs de Mg^{2+} compris entre 73 mg/l et 145.9 mg/l, avec une moyenne de 95,87 mg/l, on remarque que les valeurs de Mg dans l'eau est inférieur de 150 mg/l, une eau potable de bonne qualité renferme de 150 mg/l d'après l'OMS.

VI.2. 2. 3. Potassium (K^+) et Sodium (Na^+)

Ils peuvent provenir soit de l'altération des minéraux silicatés dans l'aquifère. Soit d'échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques, et au lessivage des terrains évaporitiques. La dissolution des minéraux salifères se fait par la relation suivant :



D'après tableau d'analyses, la teneur de l'ion sodium est supérieur de norme de potabilité d'OMS (200 mg/l) au moyenne 288,75 mg/l, peut atteindre parfois 360 mg/l(F5) et 485 mg/l (F12).

Les teneurs observées (tab), montrent que les concentrations en potassium varient entre 6.77 mg/l et 71 mg/l, avec une moyenne de 42,56 mg/l, on remarque que les eaux de F13 est la seul inférieur à la norme de potabilité d'OMS (10 mg/l), et les restes sont supérieurs à la norme.

2. 3. Les anions majeurs

2. 3. 1. Chlorures (Cl^-)

C'est un élément conservatif; possède des caractéristiques différente, de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimique et reste très mobile, leur origine est en générale exclusivement facilement identifiables en fonction de la géologie des systèmes étudiés:

- Dépôts évaporitiques.
- Intercalation des strates salifères.

D'après la norme d'OMS de potabilité des eaux, la valeur de chlorure est fixée à 250 mg/l, les teneurs enregistrées dans notre région d'étude sont comprise entre 331.7 mg/l et 688 mg/l, avec une moyenne de 459,81 mg/l, on remarque que tous les concentrations en chlorure dépassent la norme de potabilité pour tous les forages.

VI.2. 3. 2. Sulfates (SO_4^{2-}) :

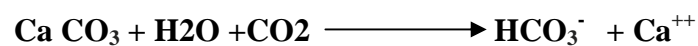
La présence des ions de sulfate dans l'eau est liée essentiellement à la dissolution des formations gypseuses. Il y a des origines diverses :

- Origine interne au système: par oxydation des minéraux sulfurés présent dans les calcaires (pyrite) ou par dissolution de gypse ou d'anhydrite dans les terrains traversés
- Origine biologique: la dégradation de la matière organique produit des teneurs faibles en sulfates.

Les valeurs des concentrations en sulfates varie entre 544 mg/l et 1150 mg/l, avec une moyenne de 689,75 mg/l, tous les teneurs en sulfate enregistrées sont supérieurs à la norme de potabilité d'OMS ; 200 mg/l.

VI.2. 3. 3. Bicarbonates (HCO_3^-) :

La dissolution des formations carbonatées par l'eau chargées en gaz carbonique, est le principe d'origine des bicarbonates dans les eaux souterraines, l'équation de dissolution est donnée comme suit :



Les concentrations enregistrées, montre ne que les teneurs en HCO_3^- varient entre 172,33 mg/l et 247, 05 mg/l, avec une moyenne de 221,35 mg/l. On remarque que les valeurs sont inférieurs à la norme de potabilité qui fixé à 250 mg/l.

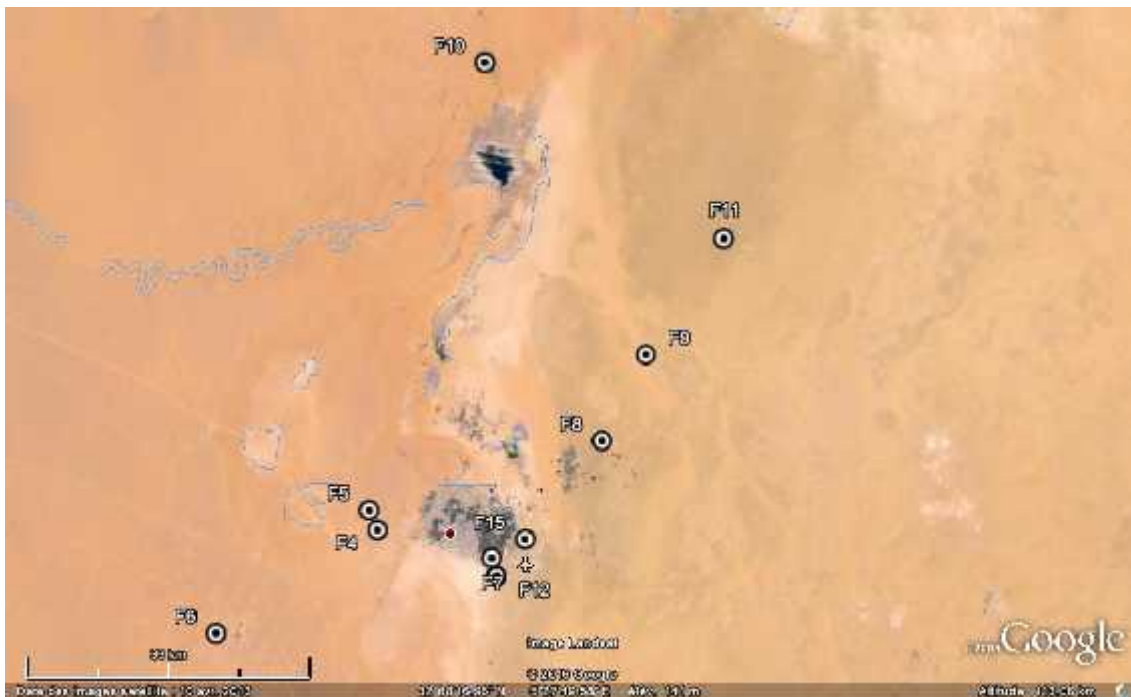


Fig.28: Carte présente les Localisations des forages dans le champ d'étude.

Tab.09: les analyses physico-chimiques en mg/l, des eaux de la nappe Albien de la région d'Ouargla.

Année	Forages	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	CE (µS/cm)	pH
2013	F4	155	85.8	237.5	22	172.33	563	375	2220	7.73
2013	F5	245	145.9	360	60.5	213.5	1150	565	3430	8.02
2013	F6	185	94.7	297.5	39.5	219.6	663	420	2460	8.06
2012	F7	175	88.3	257.5	71	237.9	638	450	2460	7.5
2012	F8	145	92.2	275	49.5	231.8	625	440	2440	7.6
2012	F9	145	92.2	280	49.5	228.75	544	460	2430	8.13
2012	F10	172.5	90.9	232.5	47	244	556	425	2280	7.88
2012	F11	207.5	73	287.5	54	234.85	619	565	2660	7.66
2012	F12	182.5	115.2	485	35	247.05	738	688	3260	7.55
2011	F13	200.4	81.42	250	6.77	217.72	900	331.7	2840	7.68
2013	F14	150	92.2	247.5	45.5	186.05	681	395	2430	7.81
2015	F15	146.3	98.6	255	30.5	222.65	600	403	2730	7.81
Normes OMS		200	150	200	10	250	200	250	1000 à 3000	6.5 à 8.8

VI.3. Résultats et discussions :

VI.3.1. Répartition des familles des eaux :

L'observation du diagramme de Piper et celui des Stiff, et Stabler, montre que le faciès chimique dominant est **sulfaté sodique** de tous les forages d'eau étudiés.

Pour la classification des eaux souterraines naturelle, il y a plusieurs classifications, on distingue deux critères fondamentaux de classification :

- ✓ la composition chimique.
- ✓ origine et le gisement des eaux.

Les principales classifications, basées sur la composition chimique des eaux naturelles, les plus utilisées sont celles de STABLER, PIPER, SCHOELLER.

Selon la classification de STABLER :

La formule caractéristique de STABLER consiste à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale, on obtient la quantité en réaction chimique pourcent r%, puis on classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant de gauche à droite, les résultats obtenus permettent de distinguer le faciès chimique des eaux.

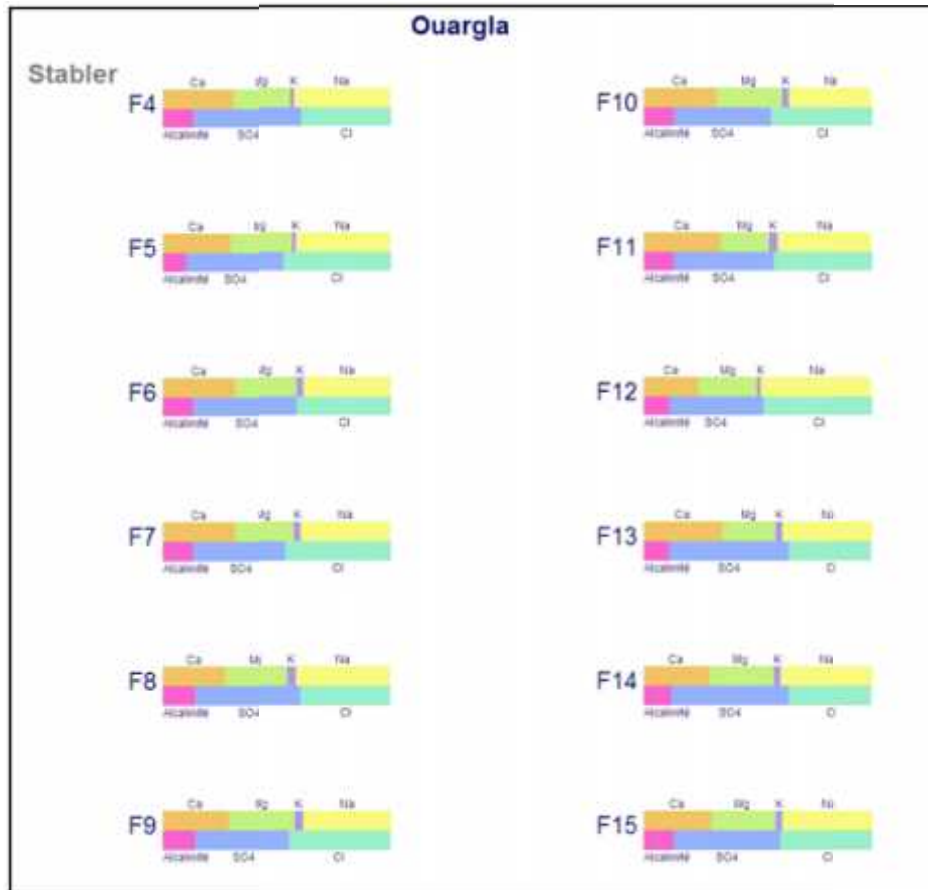
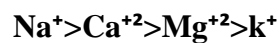


Fig.29: Famille des faciès selon le diagramme de STABLER.

Selon le diagramme de Stabler (**fig.29**), on remarque que tous les forages sont de faciès chimique **sulfaté sodique**. Représenter par la formule caractéristique suivante :



 **Selon le diagramme de SCHOELLER et BERKALLOF :**

Ce diagramme à échelle logarithmique, permet de distinguer par simple lecture des échelles, les concentrations des ions dominants et donc de déduire rapidement les différentes familles chimiques, le report des teneurs sur le diagramme, permet de distinguer les faciès chimiques présent au tableau 13.

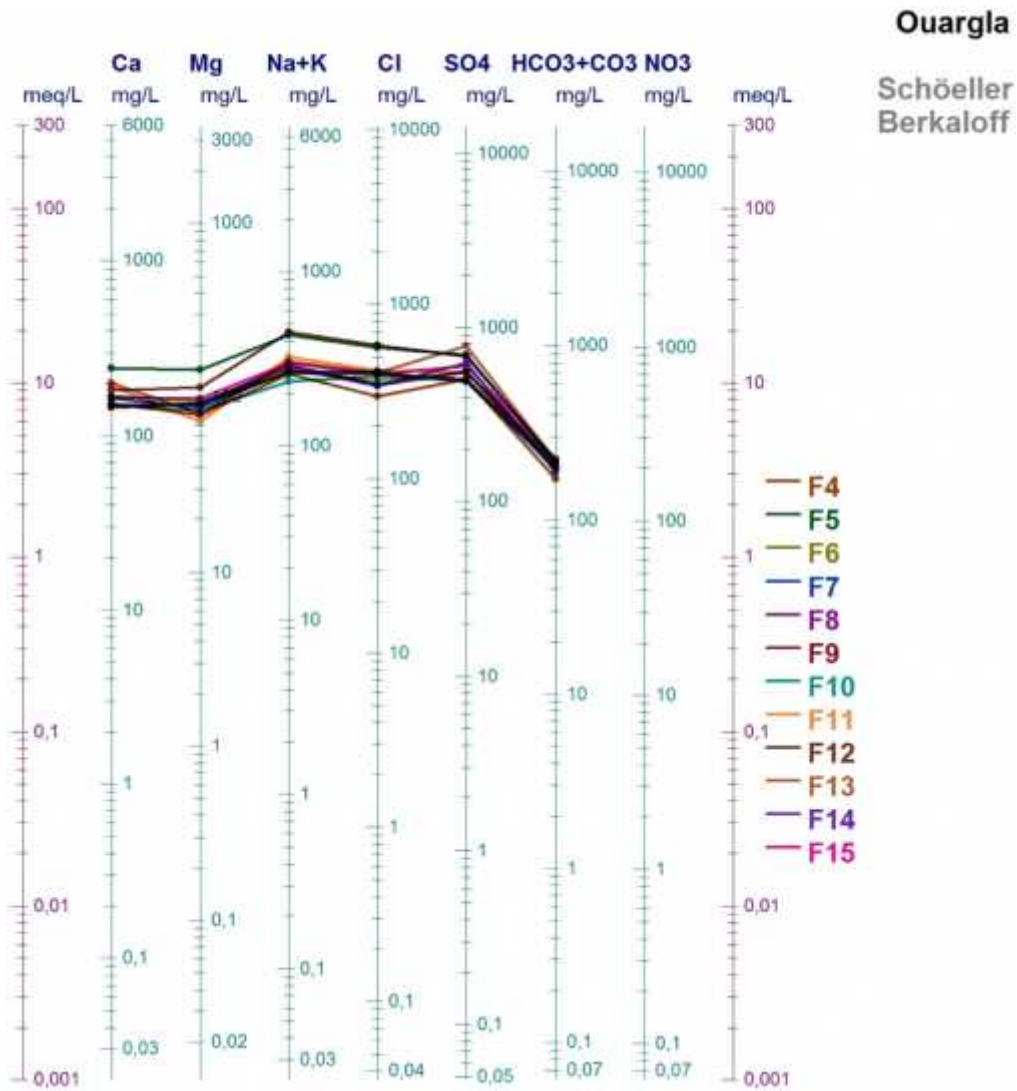


Fig.30: Famille des faciès selon le SCHOELLER et BARKALOFF.

Tab.10 : les faciès chimiques des eaux des forages de la nappe CI.

Les forages de CI	Les faciès chimique	Les Formules caractéristiques
F4, F6, F8, F13 F14, F15	Sulfaté Sodique	$\text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{k}^+$
F5, F12	Chloruré Sodique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{k}^+$
F9, F10, F11, F7	Chloruré Sulfaté Sodique	$\text{Cl}^- \geq \text{SO}_4^{-2} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{k}^+$

VI.3.2. Etude des rapports caractéristiques :

En hydrochimie, l'étude des rapports caractéristiques les plus utilisables, permet de préciser le milieu de provenance des eaux souterraines, et comparer leur concentration en éléments chimique. L'étude basée sur les rapports montre au tableau 14.

Tab.11: Les valeurs des rapports caractéristiques.

forages d'eau	$r(\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+})$	$r(\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+})$	$r(\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-)$	$r(\text{Na}^+/\text{SO}_4^{2-})$
F4	0,91	1,46	0,62	0,88
F5	0,98	1,30	0,75	0,65
F6	0,84	1,66	0,51	0,94
F7	0,83	1,54	0,54	0,48
F8	1,05	1,58	0,67	0,92
F9	1,05	1,61	0,65	1,08
F10	0,87	1,35	0,64	0,87
F11	0,58	2,08	0,28	0,97
F12	1,04	2,23	0,47	1,37
F13	0,67	1,62	0,41	0,58
F14	1,01	1,42	0,71	0,76
F15	1,11	1,37	0,81	0,89

*** Rapport caractéristique $r(\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+})$:**

Pour les forages F4, F5, F6, F7, F10, F11, F13, le rapport est inférieur de 1, cela expliquer par la prédominance de calcium sur le magnésium, dû à la dissolution des formations carbonaté, et pour les autres forages F8, F9, F12, F14, F15, présentent un rapport supérieur de 1, ce qui indique la prédominance de magnésium, qui provient de la dissolution de dolomie et de marne

*** Rapport caractéristique $r(\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+})$:**

$r(\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}) > 1$, pour toutes les forages ; ce qui indique la prédominance de sodium par rapport au magnésium.

*** Rapport caractéristique $r(\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-)$:**

$r(\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-) < 1$, pour toutes les forages ; ce qui implique le prédominance de chlorure sur le sulfates, liée au lessivage des terrains salifères, donc la dissolution des sels massif.

*** Rapport caractéristique $r(\text{Na}^+/\text{SO}_4^{2-})$:**

$r(\text{Na}^+/\text{SO}_4^{2-}) < 1$, expliqué le prés dominance de Sulfate par rapport au Sodium. A l'exception de deux forages, F9 et F12, dont le rapport est supérieur de 1.

VI.3.3. Aptitude des eaux à l'irrigation :

Quand on parle de l'utilisation des eaux souterraine (AEP, IR,...), il est nécessaire hydro chimique pour déterminer la qualité des eaux destiné à l'irrigation.

En 1969, le Geological Survey a appliqué une méthode qui fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols. Donnée par la formule suivante :

$$\text{SAR} = \frac{r \text{ Na}}{\text{racine} [(r \text{ Ca} + r \text{ Mg})/2]}$$

Les classifications suivantes :

- ✓ SAR < 10 eau à faible danger d'alcalinisation des sols, eau excellents
 - ✓ 10 < SAR < 18 eau avec un danger d'alcalinisation assez appréciable, eau bonnes
 - ✓ 18 < SAR < 26 eau avec un danger d'alcalinisation important, eau convenables
 - ✓ SAR > 26 eau présentant un danger d'alcalinisation très fort, eau médiocres
- ✚ La concentration de chaque ion est exprimée en méq/l.

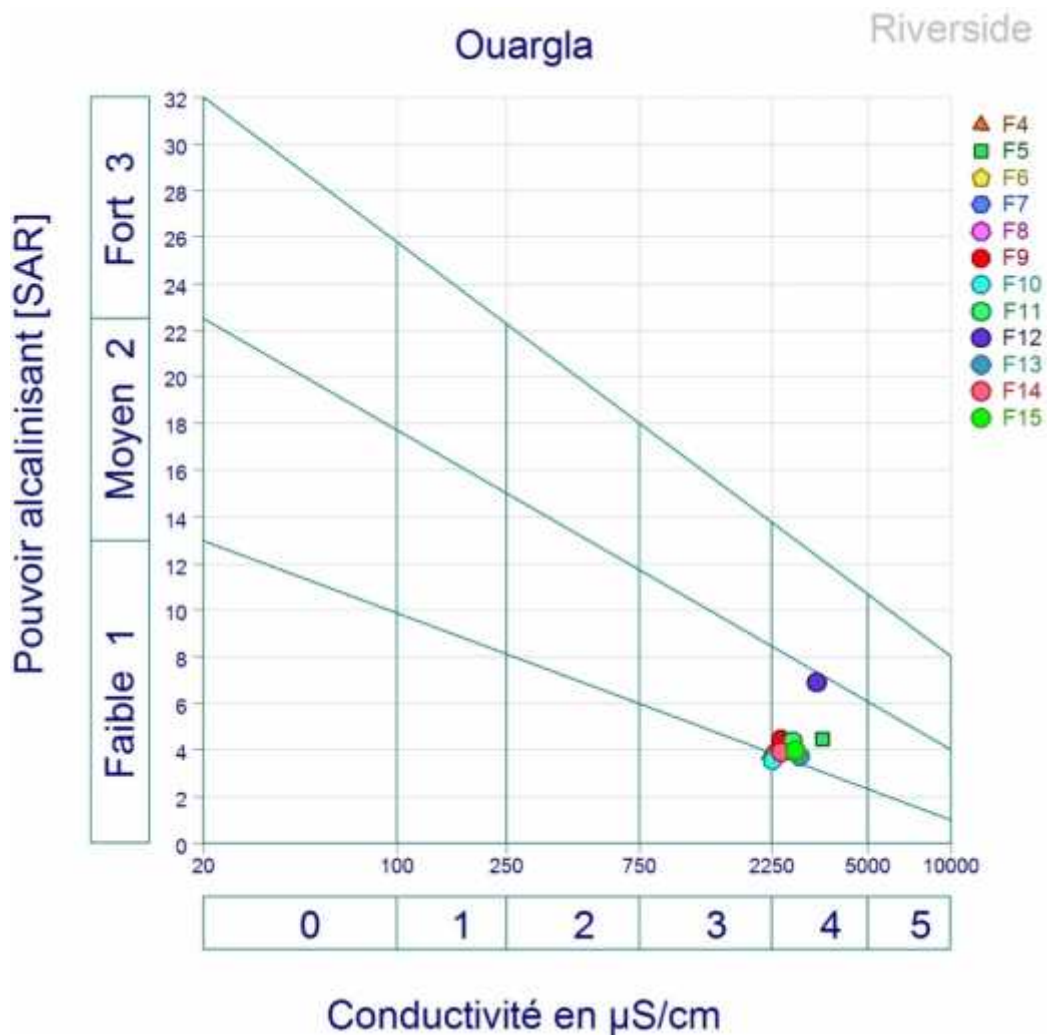


Fig.31 : Diagramme de Riverside.

- Le diagramme montre que tous les forages sont de conductivité comprise entre 2250 et 3000 us/cm, il conforme les calculs de SAR, que ces eaux peut faire un danger d'alcalinisations faible à moyen, au les deux forages F4 et F10 sont trouver dans la classe des eaux de faible alcalinisation dans le diagramme de Riverside par contre les restes des forages sont classe comme des eaux à moyenne alcalinisation.
- Après les calculs de SAR, on remarque que toutes les eaux de la nappe CI de notre région, sont des eaux excellents et peut utilisée pour l'irrigation sans risque d'alcalinisation de sol.
- Le sodium est un élément de base des alcalins et alcalino-terreux jouant un rôle dans le maintien de la perméabilité des sols, le pourcentage de sodium est important dans l'application de la qualité des eaux d'irrigation, il est donné par la formule :

$$\text{Na \%} = (\text{Na} + \text{K}) * 100 / (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})$$

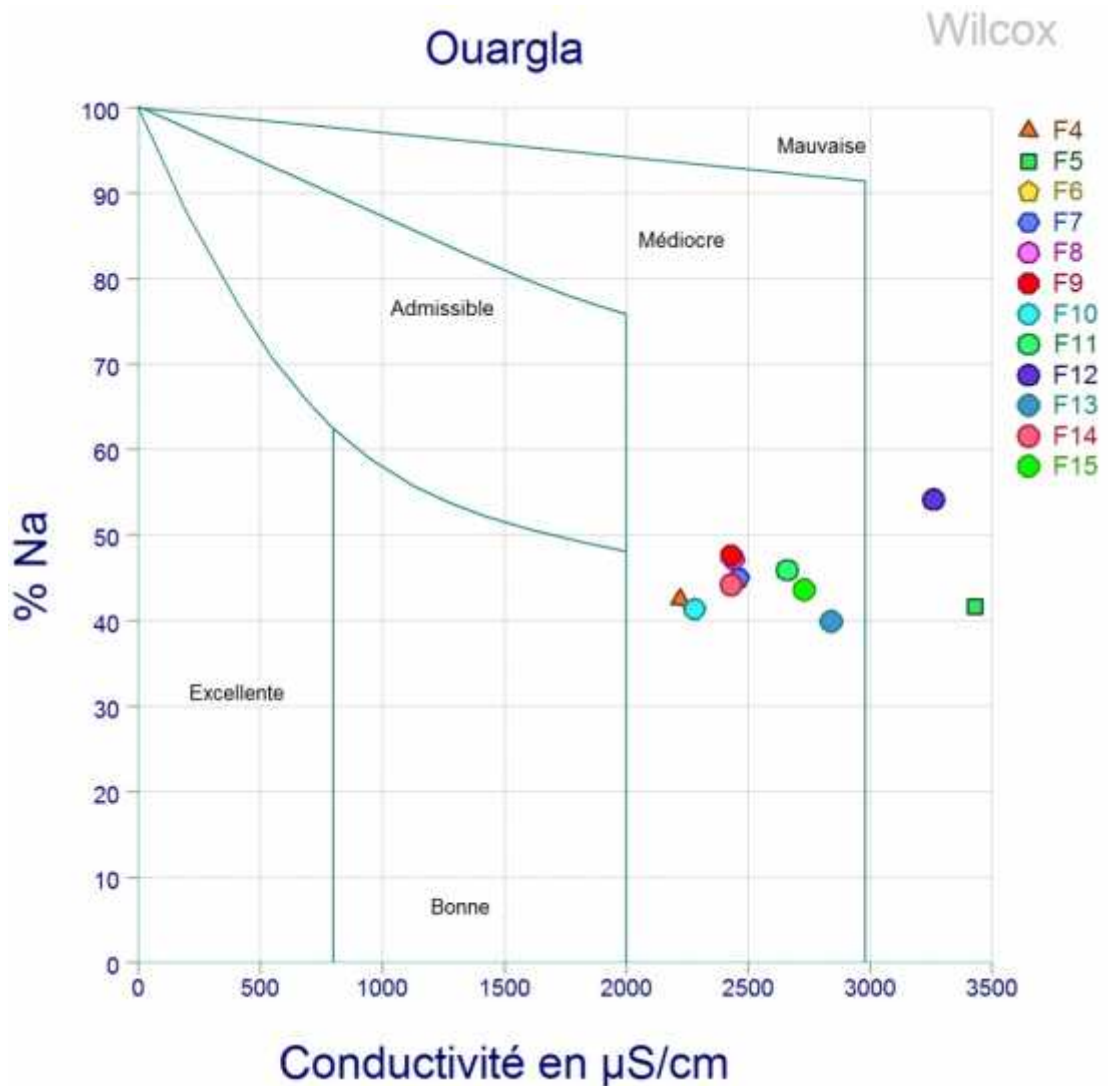


Fig.32: Diagramme de Wilcox.

Les eaux de la nappe d'étude est de qualité médiocre par exception les eaux des deux forages F5 F12, sont de qualité mauvaise par rapport des concentrations de Sodium Na^+ .

VI.4. Evolution chronologique :

Le continuateur des analyses physico-chimiques, faite par l'équipe de l'laboratoire ADE, pendant les années de 2009 à 2015 pour F2 et la période de 2011 à 2015 pour F1, les deux forages captent la nappe Albiens, localisé à la commune de Ruissate (Ouargla).

VI.4.1. Interprétation d'analyse pour F1 :

VI.4.1.1. La conductivité :

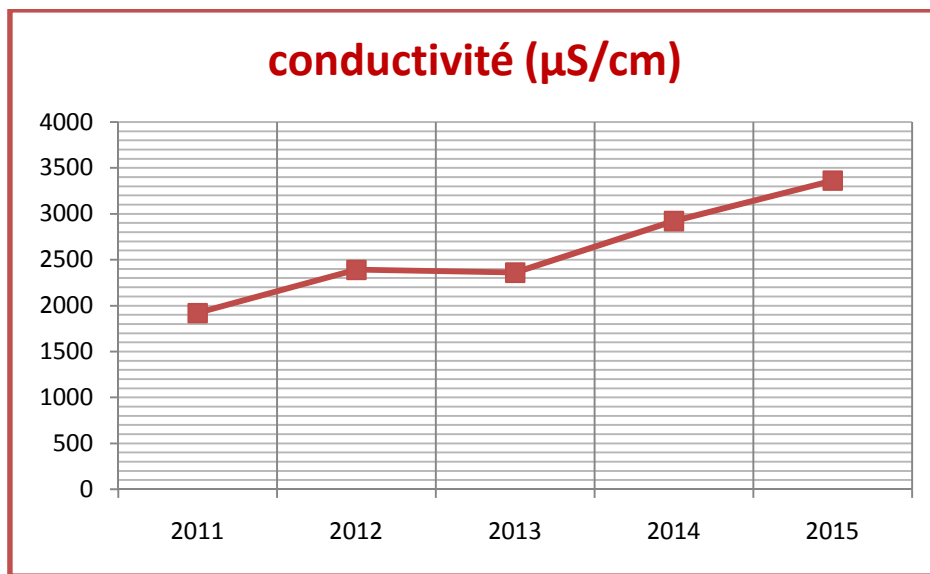


Fig.33: Evolution temporaire de conductivité au niveau du forage F1 pendant la période 2011à 2015.

Pendant la période étudiée, on remarque que la conductivité augment en fonction de temps ce qui indique que les eaux de la nappe CI, devient plus minéraliser au cours de temps.

VI.4.1.2. Les paramètres chimiques:

Entre les deux années 2011 et 2012, les concentrations des cations diminués fortement, après l'année 2012, on remarque une quasi-stabilisation des teneurs des cations jusqu'à l'année 2015.

Le graphe (fig.34), montre que le teneur des anions diminuer fortement de 2011 à 2012, puis une faible variation entre les années 2012 et 2015, et les teneurs de bicarbonate presque, sont stables pendant la série des années, le plus variée en fonction de temps est le chlorure(Cl^-).

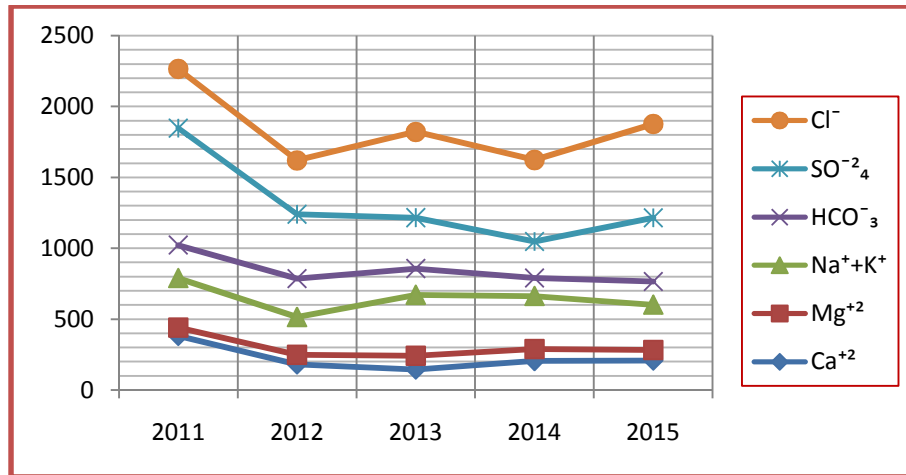


Fig.34: Evolution temporaire des éléments chimiques au niveau du forage F1 pendant la période 2011 à 2015.

VI.4.2. Interprétation d'analyse F2 :

VI.4.2.1. Conductivité :

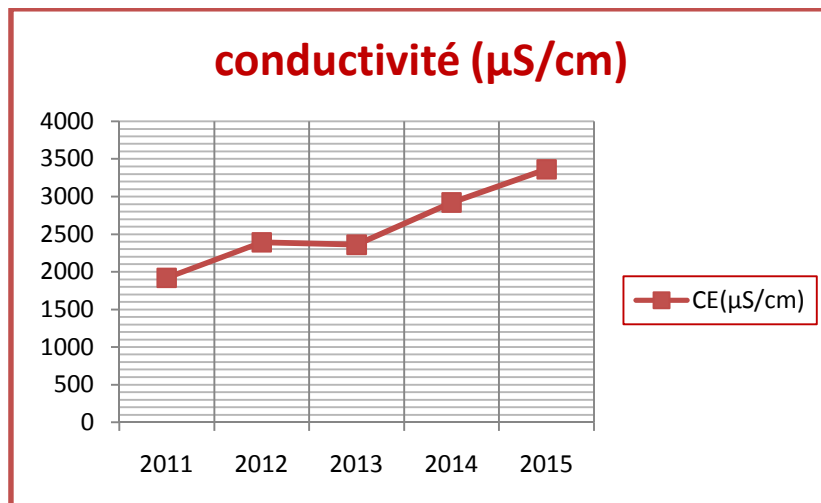


Fig.35: Evolution temporaire de conductivité au niveau du forage F2 pendant la période 2009 à 2015.

Généralement La conductivité variée en fonction de la pression et de la température, les eaux a une fort température caractérisés par une conductivité plus élevée cet que les autres eaux.

Le graphe (fig.40), montre que les changements de la minéralisation des eaux est quasi-stable, avec une négligeable variation de conductivité pendant la période d'étude, mais le remarquable que entre les deux années 2014 et 2015, une fort augmentation attendre 3500 us/cm.

VI.4.2.2. Les paramètres chimiques:

L'évolution temporelle des cations montre toujours une faible augmentation de la concentration des éléments, cependant on remarque à l'année 2013 une augmentation remarquable de concentration de magnésium et calcium et qui atteint jusqu'à 400 mg/l, à l'année 2014, on observe une diminution généralement des teneurs des cations.

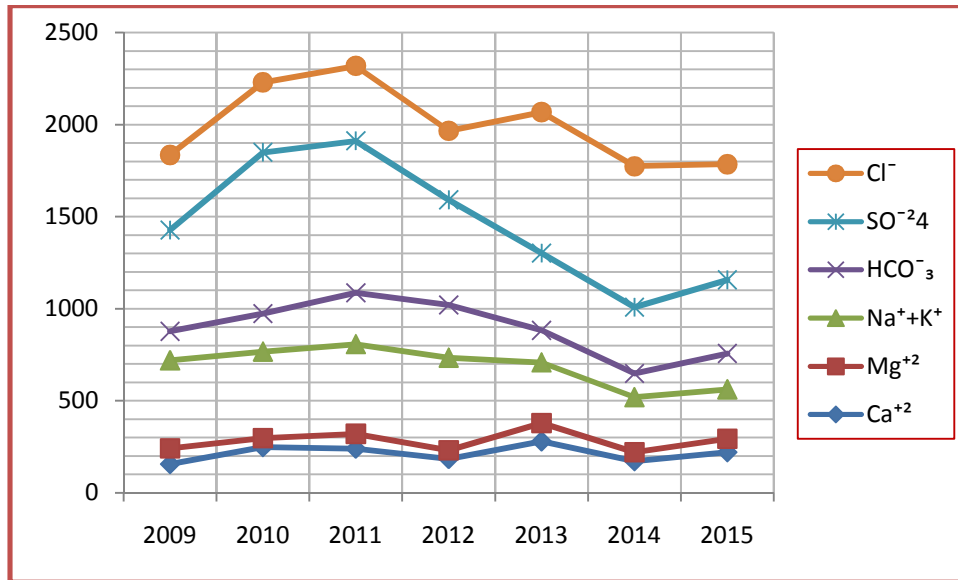


Fig.36: Evolution temporelle des éléments chimiques au niveau du forage F2 pendant la période 2009 à 2015.

Le remarquable entre les deux années 2009, 2011, une augmentation de la concentration des sulfates et chlorures, en 2011, la teneur en sulfate diminue rapidement jusqu'à l'année 2014, leur concentration croissant à l'année de 2015. Une régression de la concentration des chlorures en 2011, après cette année une quasi-stabilisation des teneurs en Cl⁻, les teneurs en bicarbonates sont de faible variation pendant toute la période étudiée.

VI.5. Conclusion :

La comparaison des teneurs des éléments chimiques avec les normes de potabilité, montre que tous les valeurs de Sodium Na^+ , Potassium K^+ , Bicarbonates HCO_3^- et de Sulfates SO_4^{2-} , chlorure Cl^- , dépasse les normes de potabilité. D'un autre côté les valeurs de pH sont toujours à la norme. La norme de conductivité montre que les eaux sont salines (entre 1000 et 3000 us/cm).

La classification des répartitions familles des eaux, selon Stabler, Schoeller et Berkloff, et Piper, déterminer divers faciès qui sont :

- Faciès sulfaté sodique
- Faciès chlorurée sodique
- Faciès chlorurée sulfaté sodique

Une simple étude chronologique, entre les deux forages F1 (période de 2011 à 2015) et F2 (période de 2009 à 2015), montre les points suivant :

- ✓ Augmentation de minéralisation en fonction de temps.
- ✓ Les teneurs en bicarbonates presque stable au cours de temps.
- ✓ Les teneurs en sulfates diminuent de 2011 au 2014. En 2015, une faible augmentation des concentrations est remarquée dans les deux forages.
- ✓ Variation vniel instable au cours de temps d'observation des teneurs en chlorure (Cl^-).
- ✓ Les variations des teneurs de calcium et magnésium est quasi-stable.

conclusion générale

Conclusion générale :

Notre zone d'étude fait partie du Sahara Algérien, c'est un bassin sédimentaire de la vallée fossile de l'Oued M'ya, s'inscrit dans un dépôt détritique d'âge quaternaires, des fois des affleurements des formations continentales détritiques de Mio-pliocène, caractérise par un climat désertique ou hyperaride où la température est élevée (23,54°C en moyenne annuelle) ce qui explique la forte évaporation (moyenne annuelle est de 251,54mm). Et Les précipitations sont faibles et irrégulières.

L'agencement des formations sédimentaires, perméables et imperméables favorables à emmagasiner l'eau. Constituée un grande système des nappes souterraines qui alimentent la région. En haut de bas constituée d'un nappe phréatique généralement polluée non exploitable, le CT et le continentale intercalaire CI. Ce dernier est notre objet d'étude, c'est un ensemble des formations hétérogène marines et continentales d'âge d'Albien, aptien à le Barrémien, basée sur un substratum d'âge Jurassique, cet ensemble aquifère est mal connu. A l'aide de la modélisation de cette aquifère on a précisé que les eaux des formations d'âge Albien sont le plus exploitable, formé généralement de grés, sable et argile, de grande extension horizontale est verticale (d'épaisseur moyen 280m).

La carte des cotes piézométriques mesuré durant les années 2011 et 2012, montre que le niveau piézométrique diminue en allant vers le Sud, et ça traduit une chute de pression de la nappe du coté Sud. L'aperçu hydrodynamique montre que notre aquifère CI est de coefficient d'emmagasinement de l'ordre de $1,80 \cdot 10^{-4}$, les valeurs de perméabilité ($4,802 \cdot 10^{-06}$ m/s) confirmé, le type de la nappe CI qu'est une nappe captive, où la lithologie de la nappe très hétérogène dont laquelle une faible perméabilité.

L'étude hydrochimique montre que les valeurs des éléments chimiques, est dépassée les normes de potabilité d'après l'OMS est que les eaux de notre nappe CI est de faciès chlorures et sulfaté sodique d'après le diagramme de Piper.

L'étude chronologique, entre les deux forages F1 (période de 2011 à 2015) et F2 (période de 2009 à 2015), montre les pointes suivant :

- ✓ Augmentation de minéralisation en fonction de temps.
- ✓ Variation vniel instable au cours de temps étudié de teneur en chlorure (Cl^-) et sulfate.
- ✓ Les variations des teneurs de calcium, magnésium et bicarbonates, est quasi-stable.

Références bibliographiques

ADE (Ouargla) : les fiches d'analyses des eaux des forages Albien.

ANRH(Ouargla) : les analyses d'eaux des forages Albien, les loges stratigraphiques des forages Albiens.

BELLAOUEUR Abd El Aziz., 2008.-Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région d'Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives (Sahara Nord-est Septentrional - Algérie). Mémoire de magister, Université EL-HADJ LAKHDAR – Batna.

CASTANY G. 1998 ; Hydrogéologie Principe Et Méthode, Dunod.,Paris.

Djidel Mohamed., 2008.-Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrional, Algérie). Thèse Doctorat, Université BADJI MOKHTAR-Annaba.

Éric Gilli, Christian Mangan ; Jacques Mudry ; Hydrogéologie, objets, méthodes, applications, *2e édition*.

HASSANI Abdallah et DJOUALIL Ismail.2013/2014 ; -Contribution a l'étude hydrogéologique de la nappe de continentale intercalaire de la région de GOURARA (TIMIMOUN, TINERKOUK), mémoire de l'ingénieur en géologie. Université KASDI MERBAH-OUARGLA.

HOUARI Idir Menad, NEZLI Imed Eddine, BOURAGAA Salimane., 2004.-Description géologique et géométrique des formations aquifères de la cuvette d'Ouargla.

HOURIA Mesrouk., 2011.-Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux usées dans la région d'Ouargla, cas des composées phénolique. Mémoire de Magister, Université KASDI MERBAH Ouargla, Algérie.

Hydraulique(Ouargla) : les rapportes de fin de sondages pour des forages Albien, région Ouargla.

MECHERI Bachir., 2009.- Influence de la nappe phréatique sur les ouvrages hydrauliques et Génie civil. Mémoire de Magister, Université KASDI MERBAH d'Ouargla.

MERABET Assia et RIGHI Saida.2010/2011 ; -Reconnaissance hydrodynamique du complexe terminale dans la région de Touggourt, mémoire de l'ingénieur en géologie. Université KASDI MERBAH-OUARGLA.

NEZLI Imed Eddine., 2004,- Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Mémoire de Magister en Géologie, université Badji Mokhtar –Annaba.

ONM(Ouargla) : données climatique de la région Ouargla.

OSS, Système Aquifère du Sahara Septentrional, Volume 2, Octobre 2002.

RADJA Belaid., 2014.- étude hydrogéologique et hydro chimique de la cuvette de la région d'Ouargla, sud-est d'Algérie. Mémoire de master, université Abou Baker Belkaid – Tlemcen.

UNESCO. (19) : Etude des Ressources en eau du Sahara Septentrionale.

Sites internet:

<http://www.oss-online.org/fr/projet-%C2%AB-syst%C3%A8me-aquif%C3%A8re-du-sahara-septentrional-%C2%BB-sass>

<http://www.convertworld.com/ar/electrical>

[conductance/%D9%85%D9%84%D9%84%D9%8A+%D8%B3%D9%8A%D9%85%D9%86%D8%B2.html](http://www.convertworld.com/ar/electrical-conductance/%D9%85%D9%84%D9%84%D9%8A+%D8%B3%D9%8A%D9%85%D9%86%D8%B2.html)

www.Wikipédia.com

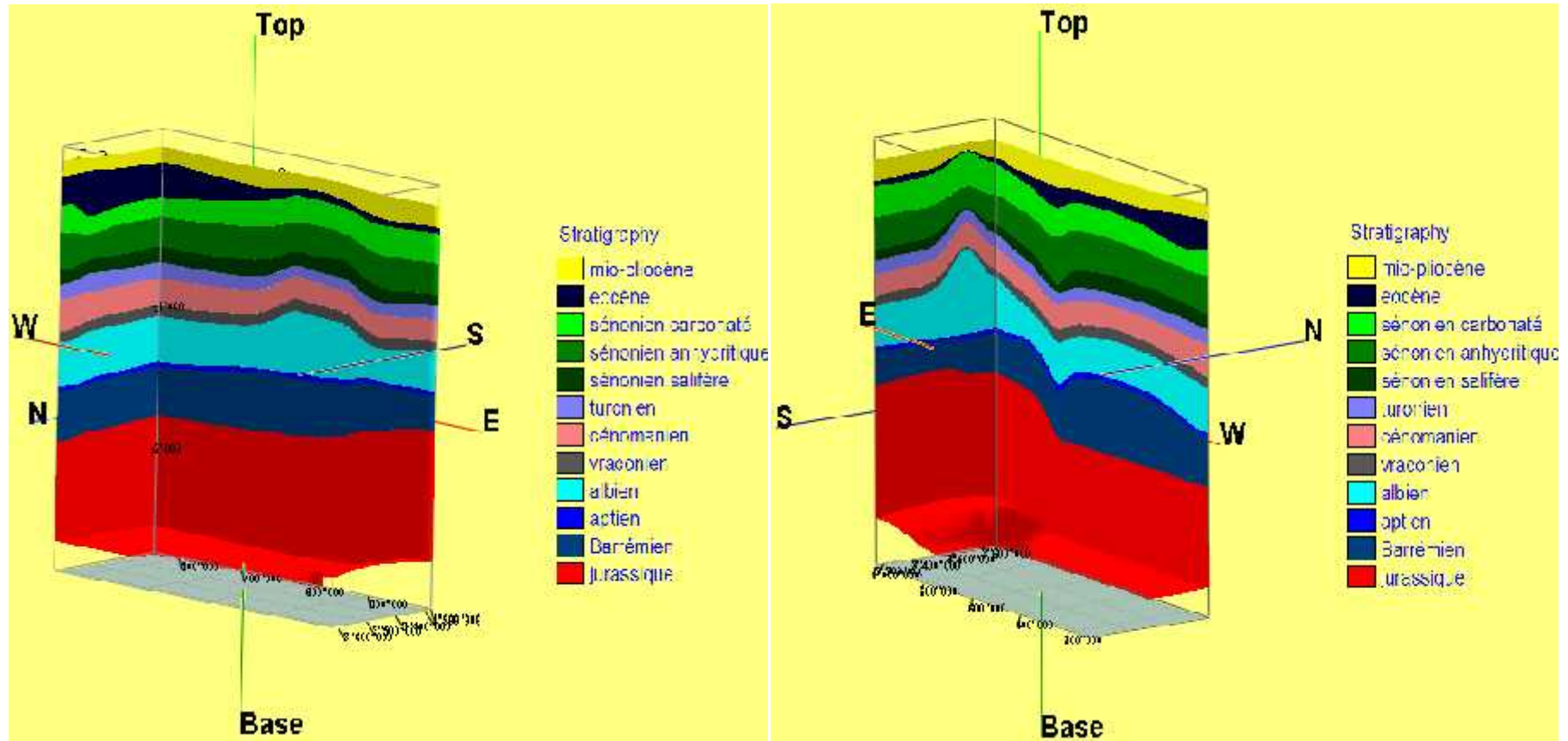
[http://theses.univ-](http://theses.univ-batna.dz/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1678&Itemid=4)

[batna.dz/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1678&Itemid=4](http://theses.univ-batna.dz/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1678&Itemid=4)

Logiciels informatiques:

Diagramme, AqQA, RockWorks 15, Exel2007, Word2007, Google Earthe, Surfer12.

Annexes



Model stratigraphique en 3D

Tableau Présent des paramètres hydrodynamique des forages F1 F2 F3 F4.

Région	Les forages	X	Y	Z(m)	L'épaisseur (m)	Niveau statique (m)	Pression (bar)	Débit (l/s)	T (m ² /s)	K (m/s)	S
Ain Baidha	F1	05°24'35''	31°56'47''	139	288	149,02	14,6	164	0,00012	4,167E-07	1,09 E-4
Hedab (Ruissat)	F2	05°22'31''	31°54'28''	155	240,26	142,9	14	220	0,00126	5,244E-06	1,80 E-4
Hai Nasser	F3	05°22'31''	31°54'28''	155	354	119,42	11,7	175	0,0017	4,802E-06	1,80 E-4
Hedjira	F4	05°00'00 "	31°00'00 "	155	300	160	15,6	167	0,00014 2	4,733E-07	1,27 E-30

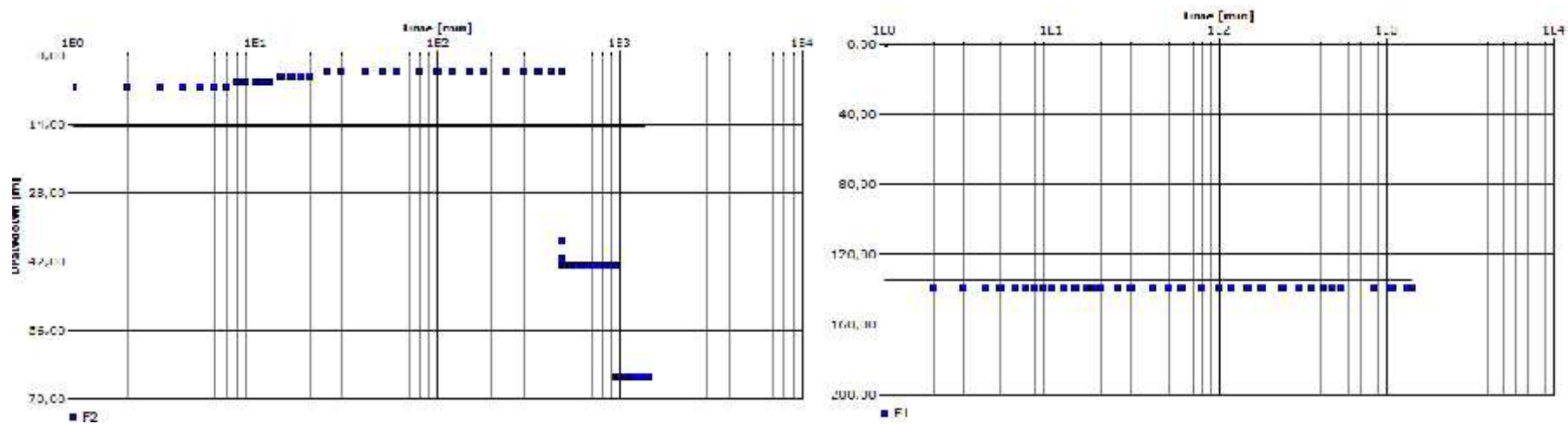


Figure montre les courbes des desendes de F1 et de F2

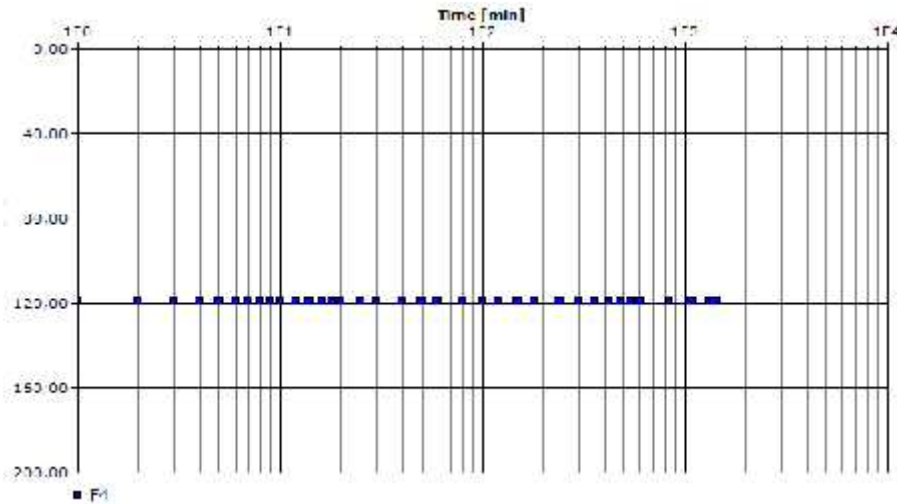


Figure montre la courbe de descende de F4.

Tableau représente les analyses chimiques faites par l’ADE de deux forages F1 et F2 dans la communes de Rouissat .

F1										
date d'analyse	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CE (µS/cm)	pH	T°C
2015	208,41	72,9	300	20	162,66	450	661,66	3360	6,94	/
2014	204,4	82,62	350	25	125,93	260	574,41	2920	7,09	/
2013	144,29	96	400	30	185,1	360	604,21	2360	7,04	50
2012	180,36	65,62	231,7	36,7	269,24	455	381,01	2390	7,51	20,9
2011	380,76	58,32	315,9	33,35	232,38	825	417,29	1920	8,03	51,3
2007	168,35	77,77	273,8	35,03	165,65	600	430,67	2810	7,51	29

F2									
date d'analyse	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CE (µS/cm)	pH
2015	220,44	72,9	250	19	195,2	400	628,04	3360	6.94
2014	172,34	48,6	275	24,5	129,01	360	765,04	2920	7.09
2013	280,56	98,4	300	30	173,88	420	765,04	2360	7.04
2012	184,36	46,17	466,28	37,84	286,06	571	374,71	2390	7.51
2011	240,48	80,19	448,14	38,92	278,85	825	406,86	1920	8.03
2010	248,49	48,61	430	40	207,14	875	380,4	2810	7.51
2009	156,31	85,06	439,07	39,46	157,73	550	408,18	2180	7.59

Tableau représente les analyses physico-chimique.

Région	Les forages	X	Y	Date	en meq/l							CE(μS/cm)	pH
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻		
Guellala 1 GLA1	F4	05°13'47"	31°57'16"	2013	7,735	7,06	10,33	0,5627	2,824	11,72	10,58	2220	7,73
GLAH-A3	F5	05°13'09"	31°58'29"	2013	12,23	12,01	15,66	1,547	3,499	23,94	15,94	3430	8,02
OKMH 89	F6	05°02'03"	31°50'43"	2013	9,232	7,793	12,94	1,01	3,599	13,8	11,85	2460	8,06
EL HADEB 2 AO 5 BOUSMAHA SADI	F7	05°22'09"	31°55'36"	2012	8,733	7,266	11,2	1,816	3,899	13,28	12,69	2460	7,5
Albien SEMPAC	F8	05°30'08"	32°02'56"	2012	7,236	7,587	11,96	1,266	3,799	13,01	12,41	2440	7,6
H.Guenifida HGF1 Khch.Erih	F9	05°33'18"	32°08'18"	2012	7,236	7,587	12,18	1,266	3,749	11,33	12,98	2430	8,13
El Khefif Albien	F10	05°21'17"	32°26'20"	2012	8,608	7,48	10,11	1,202	3,999	11,58	11,99	2280	7,88
KHECHM ERIH I CDARS	F11	05°38'56"	32°15'32"	2012	10,35	6,007	12,51	1,381	3,849	12,89	15,94	2660	7,66
Hai Nacer	F12	05°22'31"	31°54'28"	2011	9,107	9,48	21,1	0,8952	4,049	15,36	19,41	3260	7,55
HEDAB 2012	F13	05°22'31"	31°54'28"	2012	10	6,7	10,87	0,1732	3,568	18,74	9,356	2840	7,68
Forage Hedjira	F14	05°00'00"	31°00'00"	2013	7,485	7,587	10,77	1,164	3,049	14,18	11,14	2430	7,81
Forage Ain Beidha	F15	05°24'35"	31°56'47"	2015	7,301	8,114	11,09	0,7801	3,649	12,49	11,37	2730	7,81

RESUMÉ

La région d'étude ; Ouargla située au S-E de Sahara Algérien, possède des caractéristiques hydrogéologiques importantes, dû à leur localisation dans le grand système aquifère de Sahara septentrionale, cette dernière comporte deux aquifères : le continentale intercalaire CI et le complexe terminale CT.

Notre travail a pour objet de déterminer les aspects quantitatifs et qualitatifs de la nappe CI de la région d'Ouargla.

L'interprétation des données montre que l'aquifère CI est généralement d'épaisseur moyenne de 800 m, formé de grés sable et argile. Les eaux contenue dans la nappe est de faciès chimique à dominance chlorurées et sulfaté sodique, dépassant les normes de potabilité d'OMS.

Ces eaux sont plus adaptable à l'irrigation, mais après refroidissement car suite à leurs grande profondeurs (plus de 1000m), possèdent une température oscillant entre 50 à 60 °C.

Mots Clés : hydrogéologie, Sahara septentrionale, continentale intercalaire CI, hydrochimie.

ABSTRACT

The study area; Ouargla located in S-E Algerian Sahara, has significant hydro-geological characteristics due to their location in the great northern Sahara aquifer system, it has two aquifers: infill continental CI and CT terminal complex.

The realization of our work is to determine the quantity and quality of groundwater CI in the region of Ouargla.

Interpretation of the data shows that the CI aquifer is generally average thickness of 280 m, consisting of sand and clay sandstone. The water contained in the web is chemical facies chlorinated dominance and sodium sulfated, exceeding the WHO drinking water standards.

These waters are more adaptable to irrigation, but after cooling because after their great depths (over 1000m), have a temperature between 50-60 ° C.

Keywords: hydrogeology, northern Sahara system, inter-continental CI, hydrochemical.

الملخص:

بمجال الدراسة، ورقلة الواقعة شمال شرق الصحراء الجزائرية لها خصائص هيدروجيولوجية كبيرة نظرا لموقعها في نظام المياه الجوفية في الصحراء شمال الكبير الذي يتكون من اثنين من الطبقات مياه الجوفية منهما المتداخل القاري.

لتحقيق عملنا الذي يهدف الى تحديد كمي ونوعي للمياه جوفية للمحشو القاري قمنا بتحليل معطيات، بنتيجة ذو سمك 280 م المياه ذات طبيعته كيميائية كلوريد سولفات صوديوم وتركيزها في مياه يتجاوز معايير مياه شرب لمنظمه عالميه للصحية.

هذه المياه المحتوات في طبيعته صخرية تتكون من الرمل والحجر الرملي والطين في اعماق كبيره تصل الى 1000 م يتم استخدامها للشرب وري لكن بعد تبريد نظرا لدرجة حرارتها المرتفعة تصل الى 50 الى 60 درجة مئوية.

كلمات المفتاح: هيدروجيولوجيا، المتداخل القاري، صحراء الشمال، هيدروكيميا.