

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

*Etude géochimique de l'aquifère du Mio-Pliocène
dans la région de l'oued Righ (Touggourt)*

Soutenu publiquement par :

BABAUSMAIL Houcine

Le 26/05/2016

Devant le jury :

Président :	MELOUAH Walid	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	HOUARI Idir Menad	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur :	BOUSSALSAL Boualem	M. C. B Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016

المخلص: تقع منطقة تقرت في الشمال الشرقي لصحراء الجزائر، تتميز مياه طبقة الميوليبوسان في هذه المنطقة بالرداءة والقساوة , ونظرا لعدم توفر معطيات جيولوجية و ليتولوجية خاصة بالمنطقة أو صعوبة الوصول إليها في حالة وجودها، فإنه يمكن اعتبار هذا العمل كمساهمة في استكشاف جيولوجيا وليتولوجيا طبقات المياه الجوفية التي تتوفر عليها المنطقة وتوضيح تأثيرهما على المكونات الهيدروجيوكيميائية لمياهها. تظهر النتائج المتحصل غنى الطبقات المائية لهذه المنطقة بالعناصر التبخرية مما يمنح للمياه تراكيز معدنية عالية، تتضح جليا من خلال النسب العالية للكلور، الكبريتات و الصوديوم.

كلمات المفتاح: جيوكيمياء، ليتولوجيا ، ميوليبوسان، واد ريغ، عناصر تبخرية

RESUMÉ : La région de Touggourt se situe au Nord-Est du Sahara algérien, les eaux de la nappe du Mio-Pliocène dans cette région se caractérisent par leur qualité médiocre et leur grande dureté, et avec le manque de données traités et accessibles sur la géologie et la lithologie de cette formation aquifère du Complexe Terminal, ce travail peut être considéré comme une contribution à la reconnaissance géologique, lithologique et géométrique de cette formation aquifères et son influence sur la composition hydrogéochimique des eaux. Les résultats obtenus révèlent la richesse de ces formations en évaporites qui confèrent aux eaux une minéralisation excessives, exprimée par de fortes teneurs en chlorures, en sulfates et en sodium.

Mots Clés : géochimie, lithologie, Mio-Pliocène, Oued Righ, évaporites.

ABSTRACT: The region of Touggourt is situated in the north-east of the Algerian Sahara, waters within the Mio-pliocene watertables of this region are characterized by their high hardness and bad quality, and Taking into account the lack of treated data and accessible information about the geology and lithology of this Terminal Complex aquifer, this work can be seen as a contribution in the good understanding of the geology and lithology of the aquifer, also their influence on the hydrogeochemical composition of waters contained in the groundwater sheets within the area, Results show an important presence of evaporite in the aquifers of this region, resulting in a highly-marked minerality of water. The latter is expressed mainly by significant levels of some elements like Chloride and Sulphate.

Keywords: Geochemistry, lithology, Moi-pliocene, Oued Righ, Evaporite.

Remerciements

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

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

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

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

Mr. BOUSSALSAL Boualem d'avoir accepté d'examiner ce travail.

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

Dédicace

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

A ma femme.

A mes frères et sœurs, Neveux et nièces
chacun en son nom.

A toute la famille Babaousmail et Babeker

A mes chers amis.

A tous mes enseignants et amis à
l'université

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

Tableau des Matières

Introduction générale	01
Chapitre I : cadre physique	
I.1-Introduction	03
I.2- Situation géographique	03
I.3- Synthèse climatique sur la région :	03
I.3.1- Précipitations	04
I.3.2- Température	05
I.3.3- Evaporation	05
I.3.4- les vents	06
I.3.5- l'humidité	07
I.3.6- Durée d'insolation	08
I.4- Conclusion	09
Chapitre II : Contexte géologique	
II.1- Introduction	10
II.2- Géologie de la plate forme saharienne	10
II.3- Géologie de la cuvette du bas Sahara	10
II.4- Géologie locale	12
II.5- Structure géologique du bassin oriental	13
II.6- Les Affleurements	13
II.7- Lithostratigraphie	14
a. L'Albien	14
b. Le Vraconien	14
c. Le Cénomanién	14
d. Le Turonien	14
e. Le Sénonien :	15
f. L'Eocène	15
g. Le Mio-Plio-Quaternaire	15
II.8- Tectonique de la région de l'Oued Righ	17
II.9- Paléogéographie	18
II.10- Conclusion	18
Chapitre III : Contexte hydrogéologie	
III.1- Introduction	19

Tableau des Matières

III.2- Continental Intercalaire	19
III.3- Complexe Terminal (CT)	20
a. La première nappe	20
b. La deuxième nappe	20
c. La troisième nappe	20
III.4- La nappe phréatique	20
III.5-Conclusion	21
Chapitre IV : Matériels et méthodes	
IV.1-Introduction	22
IV.2- Recherche bibliographique	22
IV.3- Travail de bureau	22
IV.3.1- Traitement des données géologiques	22
IV.3.2- Emplacement de la zone d'étude	23
IV.4- Outil informatique	23
IV.4.1- RockWorks 15	23
IV.4.2- Surfer	24
IV.4.3- Diagramme	24
IV.4.4- Statistica	24
IV.5- Conclusion	24
Chapitre V : Résultats et discussion	
V.1- Introduction	25
V.2- Description de la lithologie de la zone d'étude	25
a. Région Baldet Amour	25
b. Région de Nezla	26
c. Région de Meggarine	27
d. Région Sidi Mahdi	28
V.3- la coupe stratigraphique :	29
V.4- Hydrogéochimie	31
V.4.1- Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux	32
V.4.2- Faciès chimiques des eaux	32
V.4.3- Origine des éléments chimiques	33
a. Origine de chlorures cl- et sodium Na+	33

Tableau des Matières

b. Origine des sulfates (SO₄²⁻) et chlorures (Mg²⁺)	33
c. Origines de calcium Ca²⁺	34
d. Origine de HCO₃⁻	35
e. Origine du potassium K⁺ :	36
V.5- Conclusion	36
Conclusion générale et recommandation	38

Liste des Figures et des Tableaux

N°	Figure	Page
01	Situation géographique de la zone d'étude	03
02	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles	04
03	Histogramme de la température mensuelle moyenne	05
04	Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne	06
05	Histogramme de vitesse du vent mensuel moyen	07
06	Histogramme d'Humidité relative moyenne mensuelle	08
07	Histogramme Durée d'insolation moyenne mensuelle	09
08	Carte géologique du bas Sahara	11
09	Carte géologique de la région de Touggourt	12
10	Coupe géo structurale transversale régionale	13
11	Coupe géologique de la région de Touggourt	16
12	Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt	17
13	Délimitation du "SASS"	19
14	Coupe hydrogéologique de SASS	20
15	Carte de situation des forages	23
16	Colonne stratigraphique du forage Baldet Aneur	25
17	Colonne stratigraphique du forage Nezla	26
18	Colonne stratigraphique du forage Meggarin	27
19	Colonne stratigraphique du forage Sidi Mahdi	28
20	La coupe stratigraphique de la région TOUGGOURTE	30
21	Diagramme de piper des eaux de la nappe de TOUGGOURT	32
22	La relation Cl^- vs Na^+	33
23	La relation SO_4^{2-} vs Mg^{2+}	34
24	La relation SO_4^{2-} vs Ca^{2+}	35
25	La relation HCO_3^- vs Ca^{2+}	36

Liste des Figures et des Tableaux

N°	Tableaux	Page
01	Les données des précipitations moyennes mensuelles	04
02	Températures moyennes mensuelles	05
03	Evaporation moyenne mensuelle	06
04	la vitesse du vent moyen mensuel	07
05	Humidité relative moyenne mensuelle	08
06	Durée d'insolation moyenne mensuelle	08
07	Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux	32

Liste des abréviations :

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
CI	Continental Intercalaire
CT	Complexe Terminal
ERESS	Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional
MP	Mio-Pliocène
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONM	Office National de Météorologie
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional

Introduction générale :

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

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

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

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

Chapitre I : Cadre physique

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

Chapitre II : Contexte géologique

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

Chapitre III : Contexte hydrogéologique

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

Chapitre IV : Matériel et méthodes

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

Chapitre V : Résultats et discussion

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

I-1 Introduction :

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

I-2 Situation géographique :

Oued Right se situe dans Le Sahara Est septentrional algérien (Bas Sahara), a Touggourt de la wilaya de Ouargla, plus de 500 km de la capitale d'Alger. La vallée de l'Oued Righ est limitée :

- Au Nord et l'Est par la willaya d'El Oued.
- Au Sud par la vallée de l'Oued Mya.
- A l'Ouest par la dorsale du Mزاب

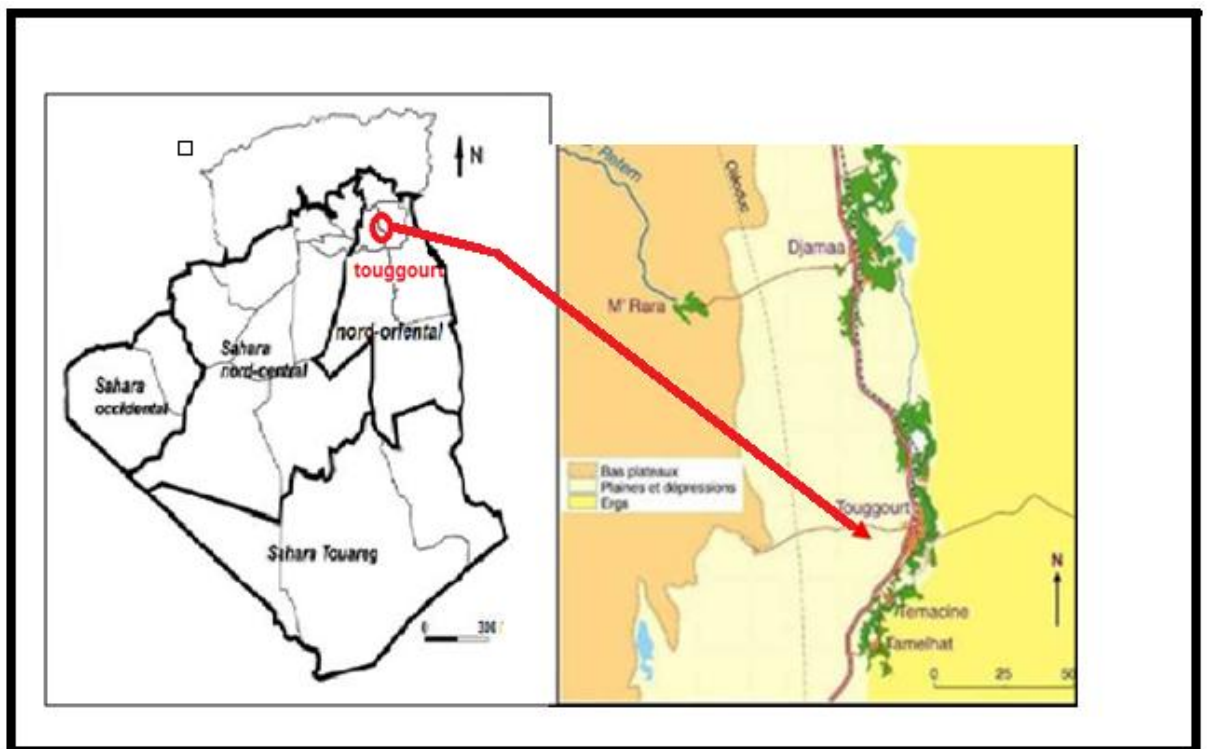


Figure 01 : Situation géographique de la zone d'étude.

I.3- Synthèse climatique sur la région:

L'étude climatologique permet de ressortir les caractéristiques climatiques de la région en se basant sur les données mesurées depuis la station météorologiques de Touggourt, ces données sont représentatives du climat de la région, nous analyserons les composantes

suivantes : la température, l'évaporation et les précipitations, la vitesse des vent, l'humidité, Durée d'insolation.

I.3.1 Précipitations :

La vallée de l'oued Righ subit l'influence d'un gradient pluviométrique décroissant du nord vers le sud, la précipitation mensuelle est très faible contrairement à la température, les précipitation sont irrégulièrement réparties dans le temps que dans l'espace.

Tableau 01: Les données des Précipitations moyennes mensuelles à la station TOUGGOURT pour la période (2000-2014) sont illustrées dans le tableau suivant :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
P(mm)	2.84	7.59	5.00	3.31	7.70	0.89	3.55	4.90	4.80	0.50	0.23	1.40

Les valeurs Maximales son enregistrées au moi de janvier (7.7 mm) et octobre (7.59 mm).

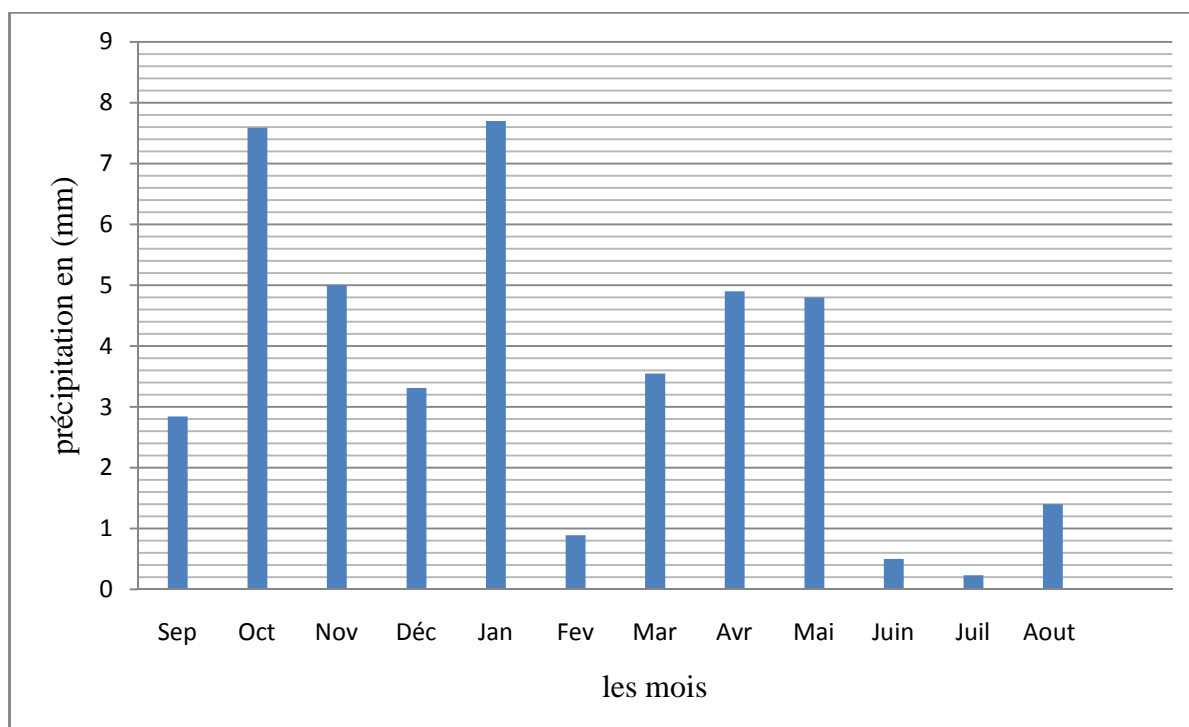


Figure 02 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant le période (2000-2014)

I.3.2 Température :

La région de Ouargla est caractérisée par un climat saharien aride, La température est un paramètre très important, et sont généralement très élevées. Les valeurs maximales son enregistrées aux mois de juillet (36.00c°) et aout (34.00c°) et les valeurs minimale son enregistrées aux mois décembre (12.70c°) et janvier (11.70c°).

Tableau 02 : Températures moyennes mensuelles (2000-2014). (STATION DE TOUGGOURT).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
T.moy	30.6	24.9	17.3	12.7	11.7	13.7	18.3	22.2	27.5	32.4	36.0	34.0

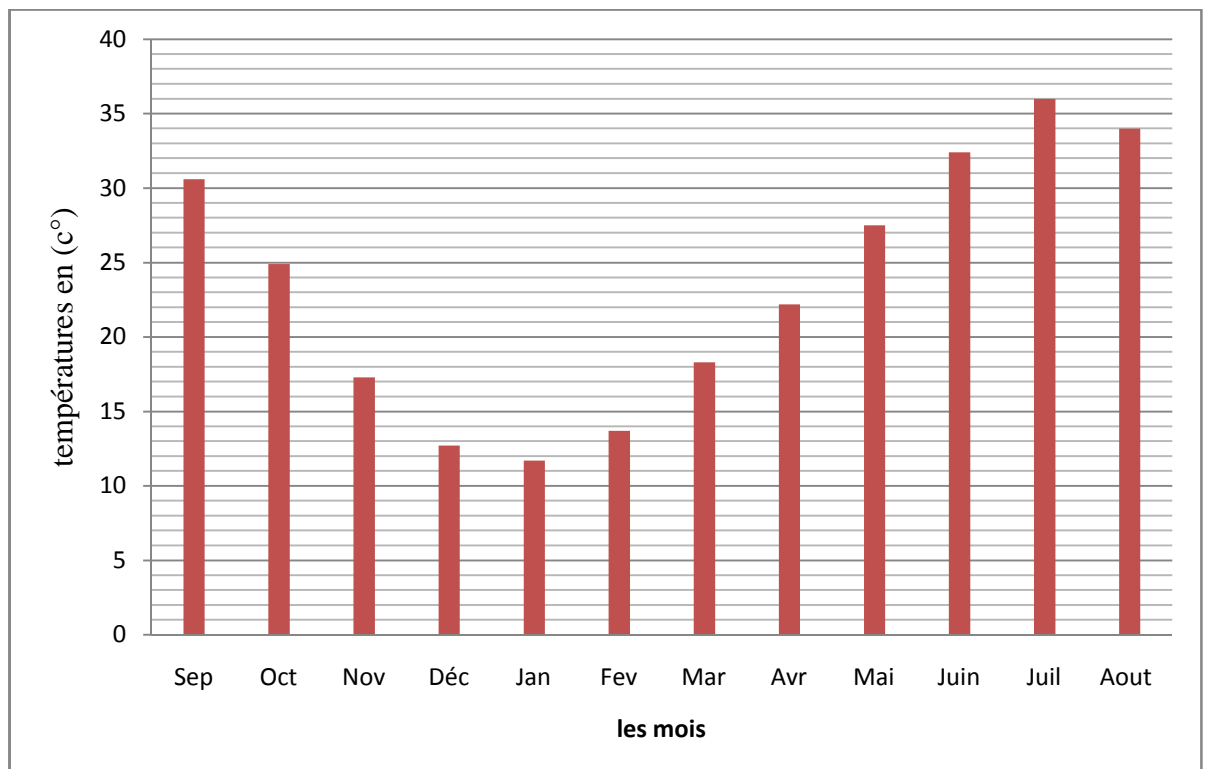


Figure 03 : Histogramme de la température mensuelle moyenne (2000-2014)

I.3.3 Evaporation :

L'évaporation consiste la transformation de l'eau en vapeur d'eau par des processus physique en fonction de plusieurs facteurs variables selon le lieu et le temps tel que la température, les précipitations, l'état du sol et la végétation.

Tableau 03 : Evaporation moyenne mensuelle (2000-2014). (STATION DE TOUGGOURT).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
E	314.	235.	133.	96.5	97.5	123.	213.	273.	342.	413.	476.	435.
mm	2	3	3			6	6	0	7	1	4	7

On observe de se tableau on distingue de parties de taux d'évaporation :

- Evaporation importante : Aux périodes sèches, à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre avec une valeur maximale égale à 476.40 (mm) au mois de juillet.
- Evaporation modérée : Aux périodes froides, du mois de novembre jusqu'au mois de mars. La valeur minimale est égale à 96.50 (mm) au mois de décembre.

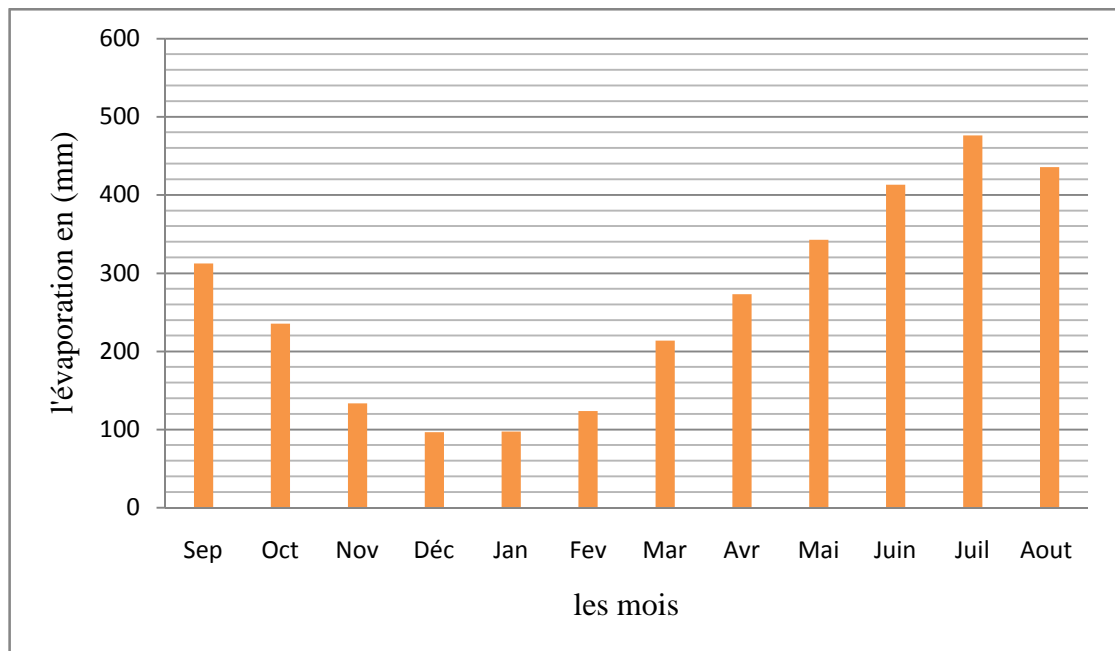


Figure 04 : Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne (2000-2014)

I.3.4- les vents :

Selon les données de l'O.N.M. de TOUGGOURT, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées de mars à juin 71.5 km/h, il est plus faible en décembre 46.7km/h.

Les vents en hiver, ce sont les vents d'Ouest qui dominent, tandis qu'au printemps se sont ceux du Nord - est, alors qu'en été se sont ceux du Sud Ouest. (LATRECHE 2015).

Tableau 04 : la vitesse du vent moyen mensuel (2000-2014). (STATION DE TOUGGOURT).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
v. vent	56.5	51.6	50.2	46.7	53.2	57.7	61.3	71.5	70.5	52.7	64.4	57.0

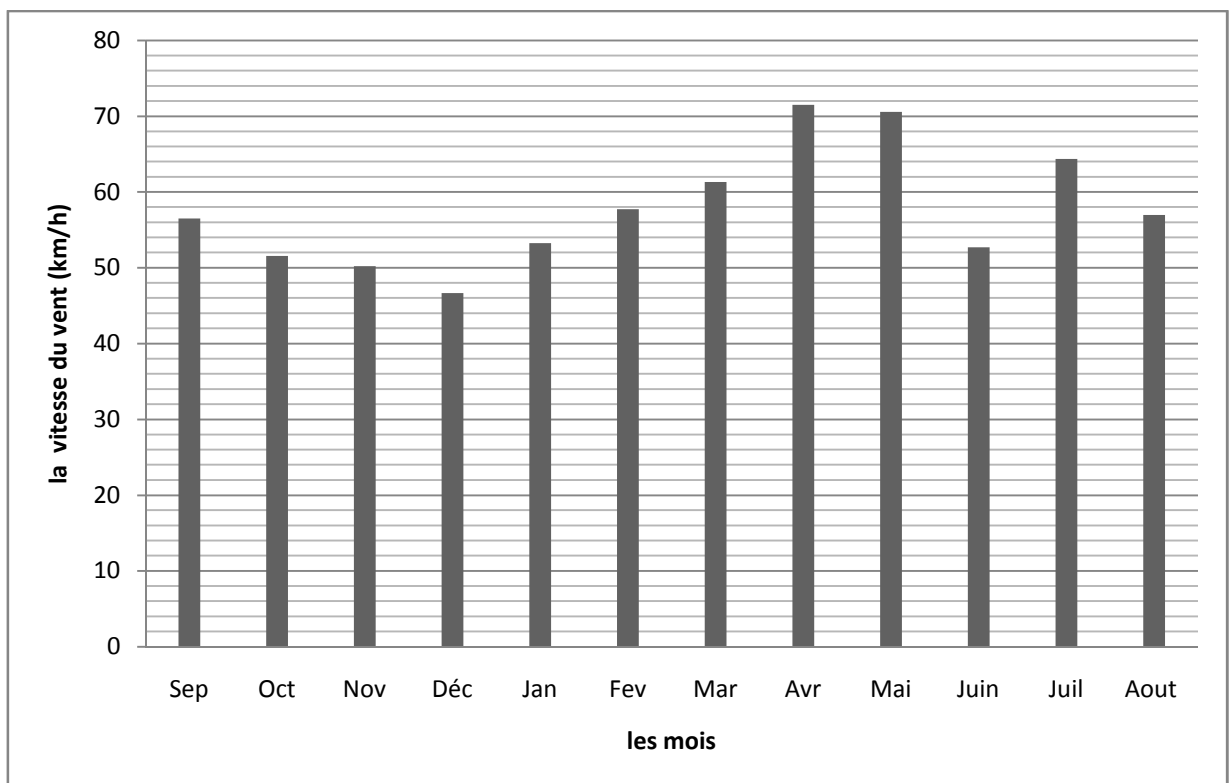


Figure 05 : Histogramme de vitesse du vent mensuel moyen (2000-2014)

I.3.5- l'humidité :

Selon les données de O.N.M de TOUGGOURT on distingue le suivant :

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 25% et 60%, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 45%. Juillet est le mois le plus sec est d'ordre 25% et Décembre, Janvier est le mois le plus humide est d'ordre 60%.

Tableau 05 : Humidité relative moyenne mensuelle (2000-2014). (STATION DE TOUGGOURT).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
H(%)	37.5	42.9	55.4	60.2	60.6	51.2	45.1	38.5	34.6	29.2	25.9	29.8

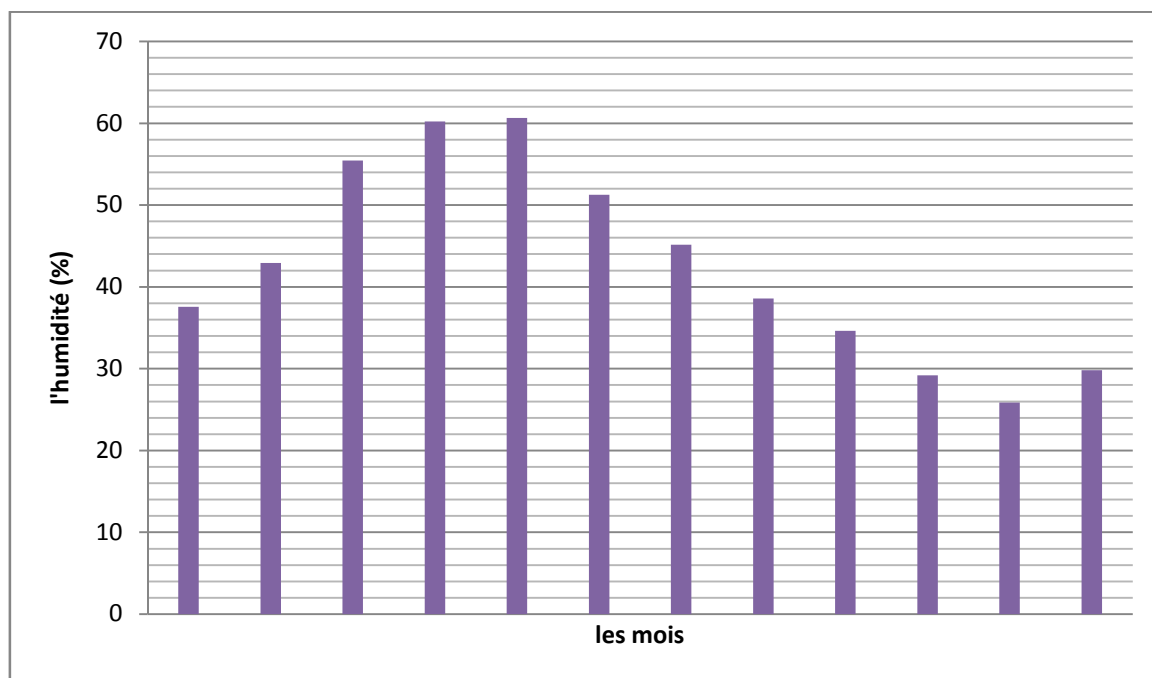


Figure 06 : Histogramme d’Humidité relative moyenne mensuelle (2000-2014).

I.3.6- Durée d'insolation :

La vallée de l’Oued Righ reçoit une quantité d’enseillier relativement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée moyenne de 328 heures, et le minimum est enregistré au mois de Décembre avec une durée moyenne de 213 heures.

Tableau 06 : Durée d'insolation moyenne mensuelle (2000-2014). (STATION DE TOUGGOURT).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mac	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
D.inso	270	262	243	213	246	247	265	284	299	275	328	331

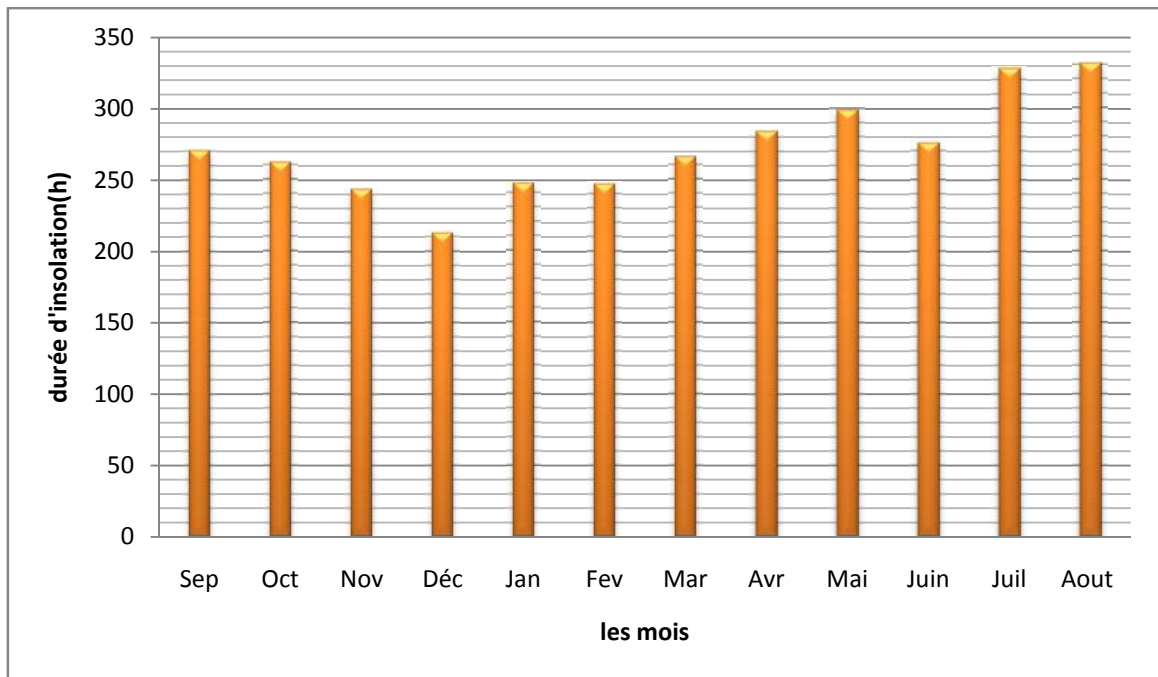


Figure 07 : Histogramme Durée d'insolation moyenne mensuelle (2000-2014).

I.4- Conclusion :

La région de Touggourt fait partie du Bas Sahara, et caractérisée par un climat désertique aride, la température est plus élevée en été, Les précipitations annuelles sont faibles et très irrégulière, sont notablement inférieures à l'évaporation annuelle. Les conditions climatiques de la région insuffisantes ont équilibré l'exploitation excessive des eaux souterraines par la population de la région c.à.d. la recharge des nappes reste toujours négligeable.

II.1- Introduction :

Dans ce deuxième chapitre, nous allons exposer la synthèse des travaux de nombreux auteurs ayant étudié la géologie du Sahara septentrional, nous citons : Busson, (1972), Fabre, (1976). Bel et Cuhe, (1969). Bel et Dermagne, (1966).sans pour autant oublier les travaux des compagnies pétrolières et les chercheurs universitaires nationaux et internationaux.

II.2- Géologie de la plate forme saharienne :

Les palets formes Saharienne algérienne est séparée au nord par une accédant sud atlasique, cet accédant désigné par un passage des affleurements de calcaires blancs sub-verticaux, il étendue a partir de Agadir (Maroc) jusqu'à Gabès (tunes).

La géologie du Sahara septentrional est caractérisée par :

- Le bouclier précambrien, formé de roches éruptives et métamorphiques plissés et aplanis par l'érosion.
- Le Phanérozoïque, correspond à des couches de plusieurs milliers de mètres de sédiments, plus ou moins plissées, allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire formant un grand bassin sédimentaire dissymétrique. (KHADRAOUI, BOUNEGAB, 2014)

II.3-Géologie de la cuvette du bas Sahara

La région du Bas-Sahara se présente comme une vaste cuvette limitée à l'Ouest par la dorsale du Mzab, au Sud par les hamadas du Tadmait et de Tinhert et à l'Est par les plateaux du Dahar tunisien. Ses bordures, de hauteur modeste, s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée matérialisée par l'axe SSO-NNE des Oueds M'ya et Righ.

Le Bas Sahara se présente ainsi comme une cuvette synclinale dont les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental. Cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures.

Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles :

- Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tadmait et Tinhert et le massif du Hoggar,
- Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre de la cuvette. (KHADRAOUI, BOUNEGAB,2014)

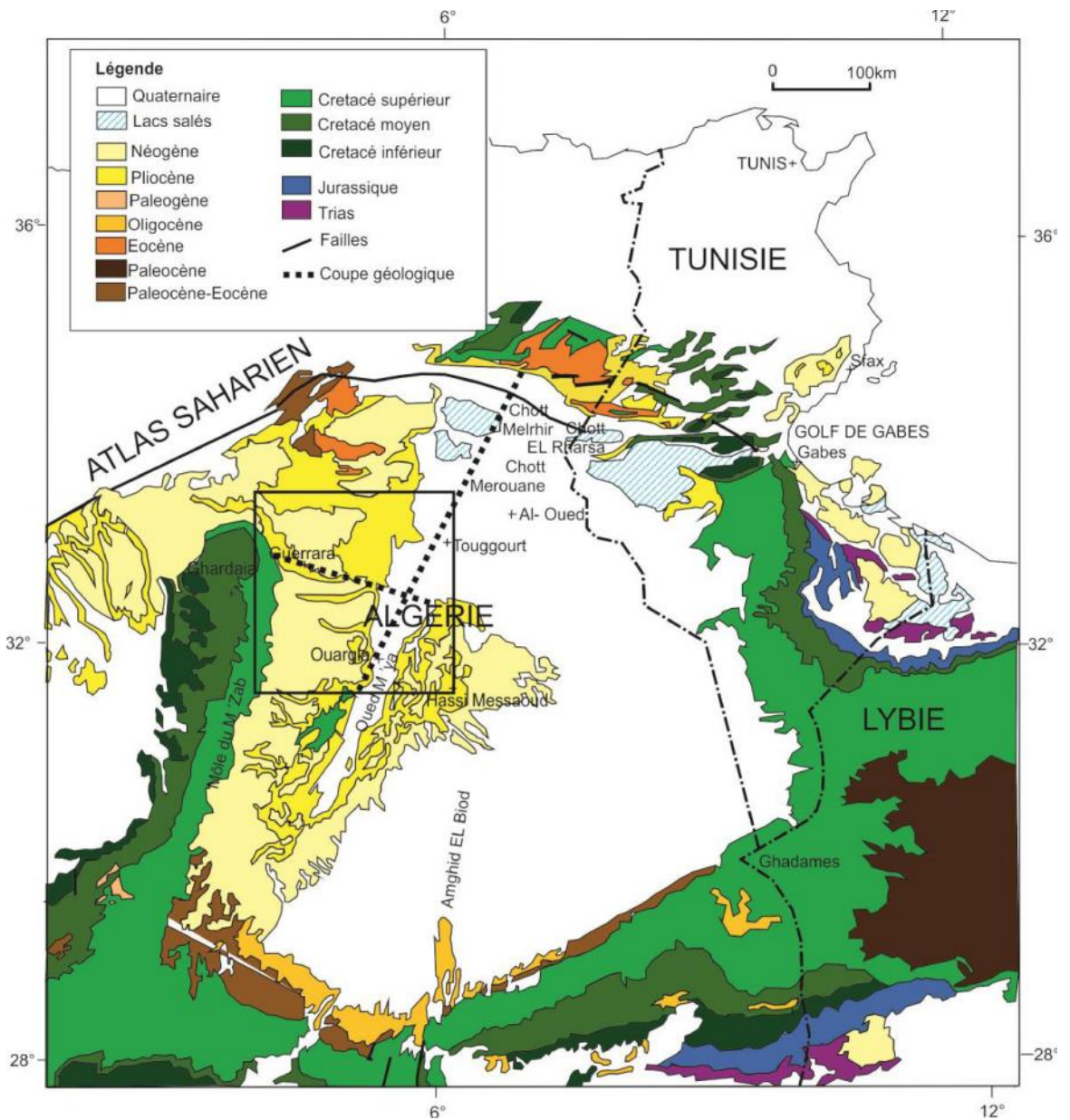


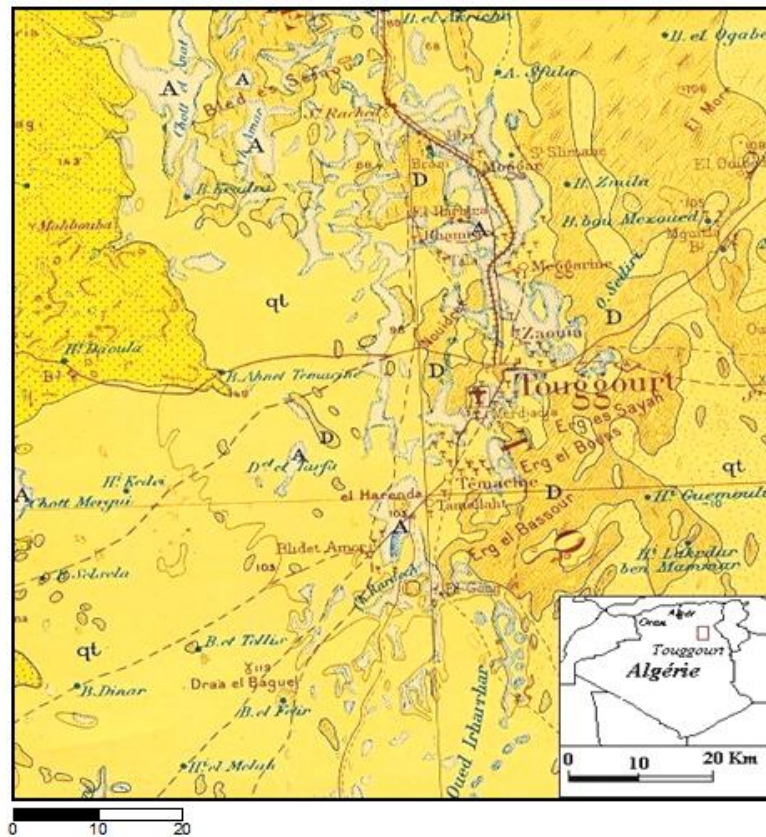
Figure 08 : Carte géologique du bas Sahara d'après ERESS (1972).

II.4-Géologie locale :

Situation de la région TOUGGURET dans la plate forme saharienne qui limité au nord par l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès, au sud par la falaise méridionale du Tihert, et les affleurements crétacés du Dahar à l'Est, et la dorsale du Mزاب à l'Ouest.

La carte géologique de Touggourt met en évidence l'affleurement des formations quaternaires, il s'agit des dunes récentes à Meggarine, Sidi Slimane, erg es Sayah...

Le Quaternaire continental à Merdjadja et les alluvions actuels à Temacine, Zaouïa.



Légende :	
A	Alluvions actuelles, lacs, marécages, Dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-salines.
D	Dunes récentes.
qt	Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses.
qra	Quaternaire marin : plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent.
qC	Calabrien : grès marins formations dunaires associées.
qV	Villafranchien : calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges.
pn	Pliocène continental et Villafranchien non séparés.
pc	Pliocène continental poudingues, calcaires lacustres.
p	Pliocène marin Conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (localement équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire : couche à tripoli, marnes à gypse.
mm	Miocène supérieure marin : calcaire, grès ; argiles
mc	mc Miocène continental anté Pontien
mi	Miocène inférieure marin (burdigalien)

Figure 09: Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte Géologique 1/500 000 de l'Algérie, (feuille de Constantine sud).

II.5- Structure géologique du bassin oriental :

Le bassin oriental du Sahara, à couverture sédimentaire, d'âge paléozoïque au Récent, est nettement mieux connu que sa contre partie occidentale, grâce aux recherches pétrolières. Il est limité à l'Ouest par la dorsale du M'zab et au Sud par les plateaux du Tadmait et du Tinrhert, se plonge vers l'est en Tunisie et en Libye. Il comporte à la base des sédiments Paléozoïques plissés, et pénéplaines par l'orogénèse hercynienne, surmontés en discordance par des sédiments variés (marins et continentaux) du Secondaire et du Tertiaire sur une épaisseur de 2000 mètres environ. Le bassin oriental se présente également comme un vaste synclinal, ouvert vers le Nord. Dans sa moitié Sud, ce synclinal est traversé par un grand axe anticlinal Nord-Sud; siège de plusieurs gisements pétroliers. C'est le haut-fond d'Amguid-El Biod. Cet axe n'est plus apparent dans les formations du Mio-Pliocène ; il y a même inversion de relief puisque l'axe de l'actuel synclinal Mio-Pliocène se superpose à l'ancien haut-fond. 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, du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région. (Houari, 2012).

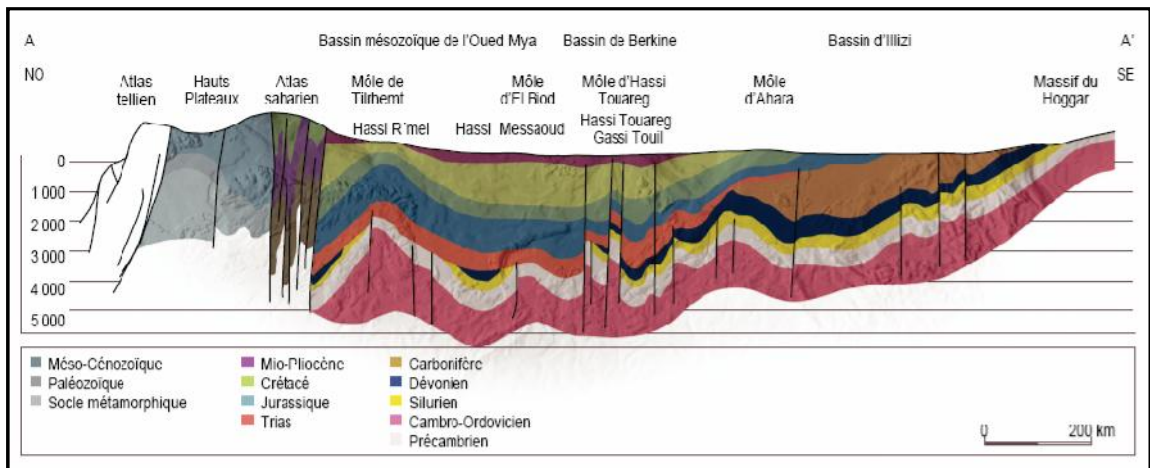


Figure 10 : Coupe géo structurale transversale régionale (WEC, 2007)

II.6- Les Affleurements :

Les affleurements dans notre région d'étude sont de l'âge quaternaire, et sont essentiellement des sable, à la base de couches d'argiles et d'évaporites semi-perméables qui le séparent du Pliocène supérieur, l'épaisseur du quaternaire varie entre 39m a 67m ((SAYAH

LEMBAREK, 2008), Cette formation quaternaire contient une nappe phréatique alimentée principalement par l'infiltration des eaux précipitation, des Oueds.

II.7- Lithostratigraphie :

a. L'Albien :

Cet étage regroupe la masse des sables et argiles comprise entre la barre aptienne et l'horizon argileux sus-jacent attribué au Cénomaniens. On remarque que le changement de régime sédimentaire et l'arrivée en masse des sédiments détritiques s'est produit entre le Néocomien et le Barrémien et au cours de l'Albien, (Fabre, 1976).

b. Le Vraconien :

Le Vraconien est le terme de passage entre l'Albien sableux (sommet du Continental Intercalaire) et le Cénomaniens argilo-carbonté (base du Complexe Terminal). Il est représenté d'une alternance irrégulière de niveaux argileux dolomitiques, d'argiles sableuses. Il est difficile de reconnaître en forage, le Vraconien a souvent été interprété comme de l'Albien ou du Cénomaniens.

c. Le Cénomaniens :

Le Cénomaniens est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, d'argiles et d'anhydrite. Le passage du Vraconien au Cénomaniens est net : un faciès sableux franc, rapporté à l'Albien, est suivi par des argiles et des évaporites, rapportées au Cénomaniens. Dans d'autres forages, le passage est moins tranché : il existe un niveau de transition, rapporté au Vraconien. Il semble raisonnable, dans ce cas, de choisir comme limite supérieure du Vraconien l'apparition des évaporites et dolomies du Cénomaniens. La limite supérieure du Cénomaniens correspond à l'apparition des bancs calcaires ou dolomitiques massifs du Turonien ; elle est toujours nette.

d. Le Turonien :

Le Turonien consiste en une épaisse barre de calcaire et de dolomie, qui tranche nettement avec les évaporites et les argiles du Cénomaniens au-dessous et du Sénonien au-dessus.

Il est, parmi toutes celles du bassin oriental du Sahara algérien, la formation sédimentaire la mieux caractérisée. D'une épaisseur allant de 25 à 70m environ, dans la région d'étude, le

Turonien consiste en une épaisse barre de calcaire et de dolomie, qui tranche nettement avec les évaporites et les argiles du Cénomanién au-dessous et du Sénonien au-dessus.

e. Le Sénonien :

Il s'individualise en deux faciès :

-Le Sénonien inférieur (Sénonien salifère et anhydritique) à sédimentation lagunaire caractérisée par des formations argileuses et salifères à anhydrite, il est très peu perméable, (Busson, 1972).

-Le Sénonien supérieur (Sénonien carbonaté) se présente par des formations carbonatées perméables.

f. L'Eocène :

On distingue deux ensembles différents du point de vue lithologique, à la base:

L'Eocène carbonaté est formé essentiellement par des dolomies et des calcaires dolomitiques avec quelques intercalations de marnes, d'argile et même d'anhydrite et de sel. La puissance de cette formation varie entre 100 et 500 m, l'épaisseur maximum se situant dans la zone du bas Sahara.

Au sommet, l'Eocène évaporitique est formé par une alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes. Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les Chotts, (Bel et Cuhe, 1969).

g. Le Mio-Plio-Quaternaire :

Le Tertiaire continental du Sahara peut être relativement épais (150 m). Il se présente sous forme d'un faciès sableux et argileux avec du gypse. Dans le bas Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses connues sous le nom du Continental Terminal (Mio-Pliocène) dont l'épaisseur peut atteindre dans la région des Chotts algéro-tunisiens quelques centaines de mètres. On y identifie, dans la région d'Oued Righ, deux niveaux aquifères au sein des sables qui sont séparés par une couche argileuse au milieu (première et deuxième nappe d'Oued Righ). L'ensemble est surmonté par le Plio-Quaternaire argilo-sableux et gypseux qui résulte de la sédimentation en milieu lacustre durant la phase d'assèchement des lagunes et des chotts, (Busson, 1972).

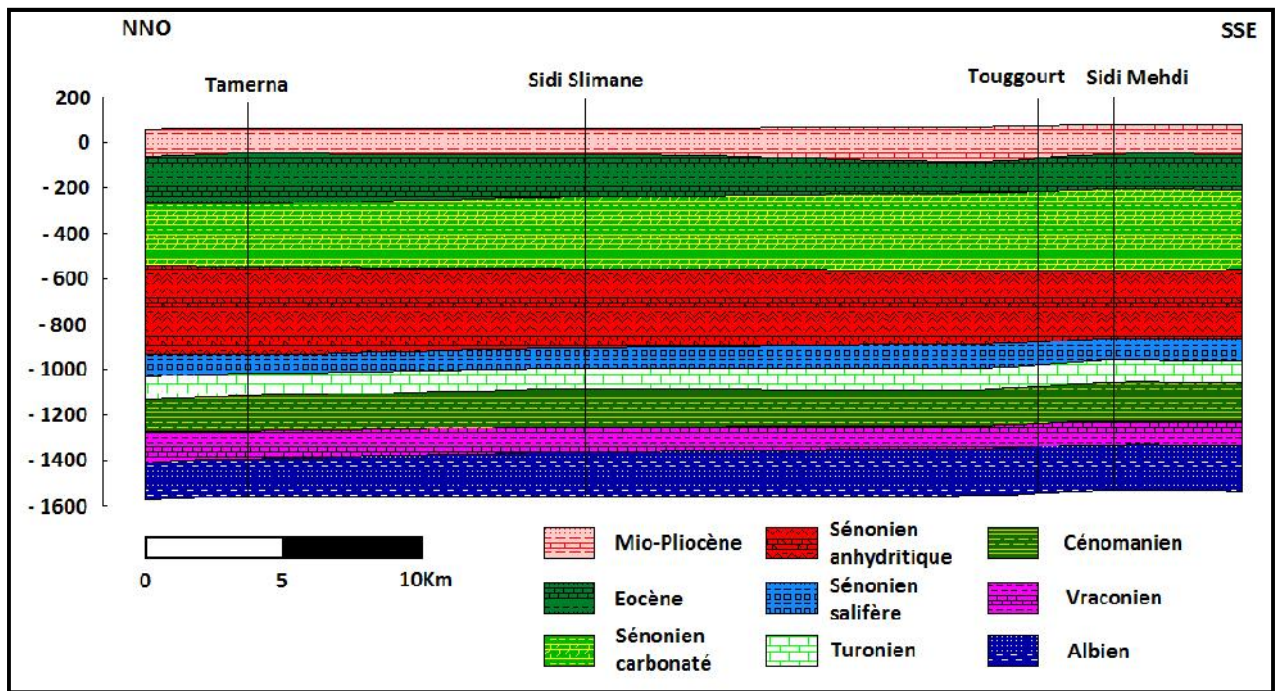


Figure 11 : Coupe géologique de la région de Touggourt (HAOUARI, 2012).

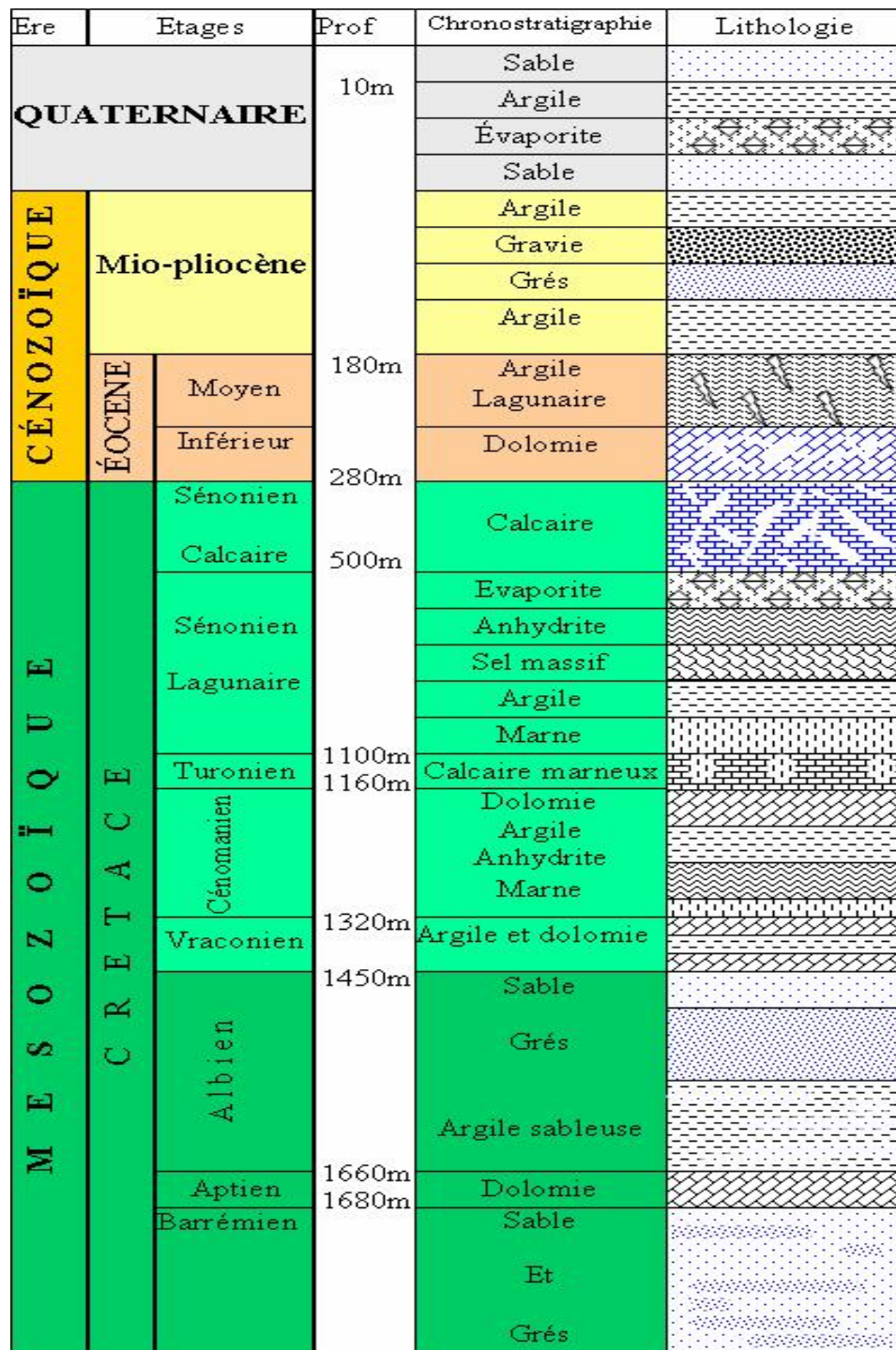


Figure 12 : Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt (KHADRAOUI, BOUNGAB, 2014)

II.8-Tectonique de la région de l'Oued Righ :

Après le dépôt des formations marines du Primaire, le Sahara subit des mouvements tectoniques hercyniens verticaux et horizontaux, puis de nouveaux mouvements post triasique. L'orogénèse atlasique est à l'origine de l'apparition des déformations à grand rayon,

les calcaires du M'Zab sont transformées en dorsale, ceux de Tadmaït en cuvette, au Sud l'axe d'Amguid -el-Biod s'effondré pour faire place à un axe synclinal méridien qui se poursuit jusqu'à l'Aurès (BEL et DEMARGNE., 1966). Et enfin la phase Plio-Quaternaire dont les mouvements s'insèrent avec les précédents dans la phase Alpine, d'où l'apparition des cassures de direction Est Ouest accentuant la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud "Sillon sud Aurésien". Ces fractures régissent directement l'écoulement des eaux souterraines d'où la formation des chotts tels que Chott Melghir et Chott Mérouane. (LATRECHE, 2015)

II.9- Paléogéographie :

Des transgressions marines de courte durée se sont produites dans la région au Mésozoïque et au Tertiaire, et n'ont pas atteint le Miocène.

Pour Savornin (1934), la formation du Mio-pliocène continental semble avoir débuté au moment de la régression marine vindobonienne. L'essentiel des sédiments détritiques accumulés à la fin du Miocène est représenté par des sables éoliens et fluviatiles et par des argiles continentales. Du Paléocène à l'Éocène, des conditions équatoriales ont régné sur le Sahara méridional (Millot.1964) et des conditions tropicales au nord du Sahara (Faure 1962).

Louvet et Magnier (1971), une mer épicontinentale s'est étendue à l'Éocène inférieur sur le nord du Sahara. Après l'Oligocène, cette mer se retire progressivement. L'abaissement des niveaux statiques des Oueds majeurs est probablement lié au rétrécissement de la mer à la fin du Miocène, laissant apparaître un climat aride (Jaeger, 1975), (CHELLAT, 2014)

II.10- Conclusion :

Notre zone d'étude appartient au Sahara Nord-Est septentrional algérien, géologiquement, elle est formée de deux unités structurales ; le socle précambrien composé de roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire.

La géologie régionale est résumée en trois points suivant :

- Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïque et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures.
- Les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires occupent le centre de la cuvette.

III.1- Introduction :

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Lybie. Ce bassin renferme une série de couches aquifères regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

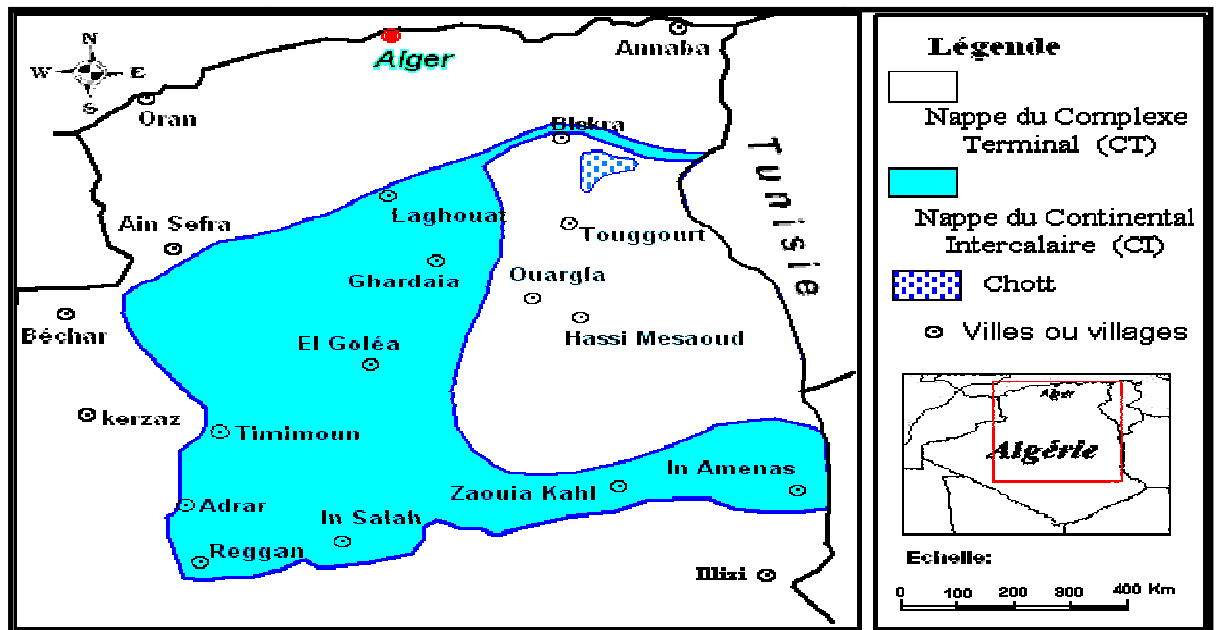


Figure 13 : Délimitation du "SASS" (OSS, 2003).

III.2- Continental Intercalaire :

C'est un aquifère de 1500m et plus de profondeur; composé de sables gréseux ou argileux qui s'étend sur plus de 600 000 Km², son épaisseur peut atteindre 1000 m au Nord Ouest du Sahara. Il se situe entre 700 et 2000 m de profondeur. De point de vue lithologique, le continental intercalaire est formé par une succession de couches de sables, de grès, de grès argileux et d'argile. La qualité de l'eau du Continental Intercalaire est bonne (la minéralisation totale est généralement < 3,5 g/l). L'eau d'Albien est relativement peu minéralisée, de conductivité électrique de 3 mS/cm, la température est supérieure à 50 °C quand elle jaillit, ce qui pose des problèmes de refroidissement préalable à l'irrigation. Cette eau provoque des dépôts abondant de carbonate de calcium qui rendent sa distribution délicate. (SAYAH LEMBAREK, 2008).

III.3- Complexe Terminal (CT) :

Le Complexe Terminal contient plus d'une nappe (Mio-pliocène, sénonien carbonates et l'Eocène) d'extension considérable de 350 000 Km², une puissance moyenne de 50 à 100 m et une profondeur varie entre 200 à 500 m. Il est Composé de trois aquifères principaux

a. La première nappe : dans les sables et argiles du pliocène, qui est en fait un réseau de petites nappes en communication.

b. La deuxième nappe : dans les sables grossiers à graviers du Miocène supérieurs.

c. La troisième nappe : dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocène inférieur.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région de l'Oued Righ; cette région est caractérisée par la présence de la nappe du sénonien carbonaté et le Turonien; mais l'exploitation croissante de ces nappes à conduit à l'utilisation de pompages visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation. (SAYAH LEMBAREK, 2008).

III.4- La nappe phréatique :

Cet aquifère est constitué par des sables plus ou moins fins et Argile gypseuse. Son substratum est formé d'argile formant en même temps le toit de la première nappe du (CT). Son épaisseur moyenne est de 7 à 60 m. elle est caractérisée par :

- des eaux de fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées.

- la conductivité électrique est de l'ordre de 10 à 36 mS/cm dans la majorité des cas.

Cette nappe n'est plus exploitée en raison de la forte salinité des eaux. (DERAI I., AL 2000).

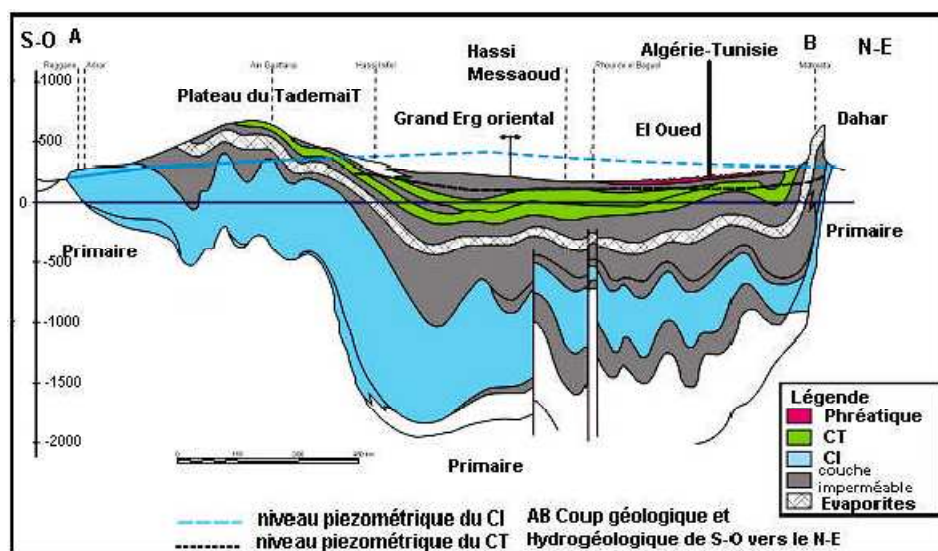


Figure 14 : Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972).

III.5- Conclusion :

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) regroupe deux énormes réservoirs d'eaux souterraines ; le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). La recharge actuelle de cette nappe est négligeable lorsque les conditions climatiques dans les point recharge sont faible (précipitations).

IV.1- Introduction :

La méthode de travail de notre projet consiste à faire des logs et des coupes géologiques de l'aquifère du Mio-Pliocène de l'oued RIGH de la région de Touggourt, avec d'utilisation des logiciels informatiques spécialisés, afin d'en déduire le maximum d'informations concernant la lithologie et les formations géologiques y présentes.

IV.2- Recherche bibliographique :

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

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

IV.3- Travail de bureau :**IV.3.1- Traitement des données géologiques :**

Au niveau de cette partie, nous allons nous baser essentiellement sur le traitement des données des différents forages d'eau réalisés par l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH) dont le but d'établir des coupes géologiques descriptives de la lithologie des aquifères de toute la zone d'étude.

On a choisi plusieurs puits pour la réalisation de ce travail, le choix est fait non seulement selon la bonne répartition des points le long de toute la région, mais aussi selon la disponibilité des données dans les rapports choisis et leurs clarté et lisibilité. Ces points sont situés entre BALDETE AMOR et SIDI SLIMANE.

IV.3.2- Emplacement des forages :

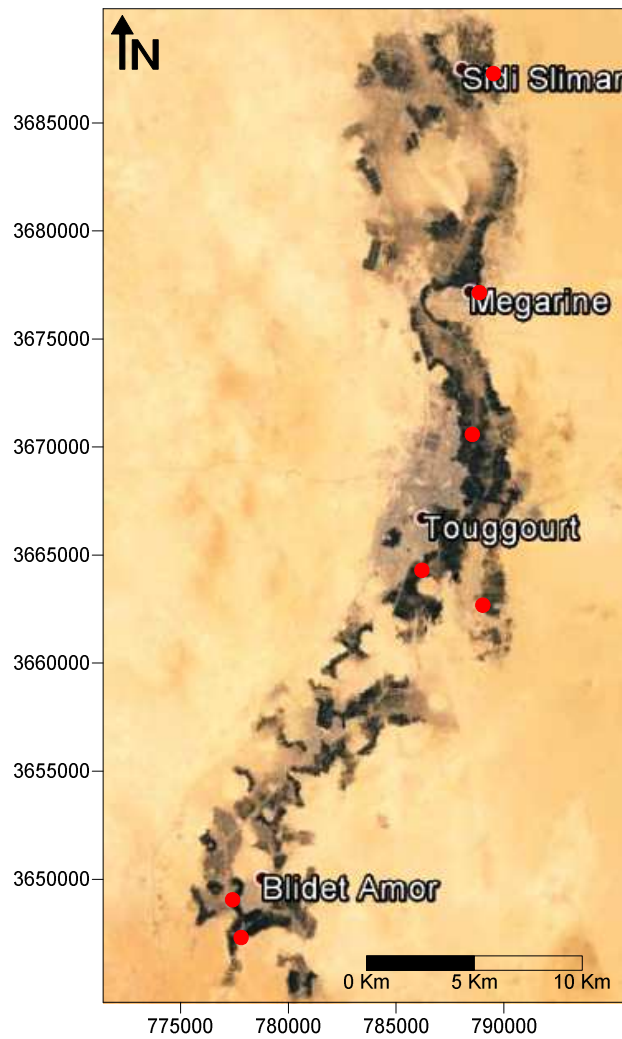


Figure 15: Carte de situation des forages.

IV.4- Outil informatique :

IV.4.1- RockWorks 15 :

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

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

IV.4.2- Surfer 9 :

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

IV.4.3- Diagramme :

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles témoignant les teneurs relatives en chacun des ions par rapport au total des ions. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle.

IV.4.4- Statistica :

Nous sommes servis de ce logiciel afin de déterminer les paramètres statistiques de nos données physicochimiques. Il s'agit de coefficient de corrélation, à partir des valeurs donnée.

IV.5- Conclusion :

A fin de concrétiser une étude se rapportant à la géologie et la lithologie de l'aquifère du Mio-Pliocène de la région de Touggourt, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages ayant une bonne répartition significative dans toute la région, ainsi qu'une bonne exploitation de l'outil informatique et des logiciels disponibles.

V.1- Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats obtenus après le traitement des données géologiques et l’analyse de quelques paramètres physicochimiques des eaux.

L’objectif de ce chapitre est de mettre en évidence les caractéristiques géologiques et lithologiques de notre zone d’étude et son aquifère du Mio-Pliocène et découvrir la relation entre cette lithologie et les eaux qui le traversent.

V.2- Description de la lithologie de la zone d’étude

a. Région Baldet Aneur :

La région de Baldet Aneur se situe au sud de Touggourt, sa lithologie est caractérisée par l’abondance des sables et des argiles, l’épaisseur totale du Mio-Pliocène dans cette région est de l’ordre de 85 m. On y retrouve de haut en bas:

La sables très fins de surfaces a 20m, l’argile de 20m de profondeur jusqu’à 40m, le sable moyen de 40m à 43m, l’argile de 43m à 50m, le sable fin et moyen à partir de 50m jusqu’à 80m et puis le sable argileux de 80m à 85m.

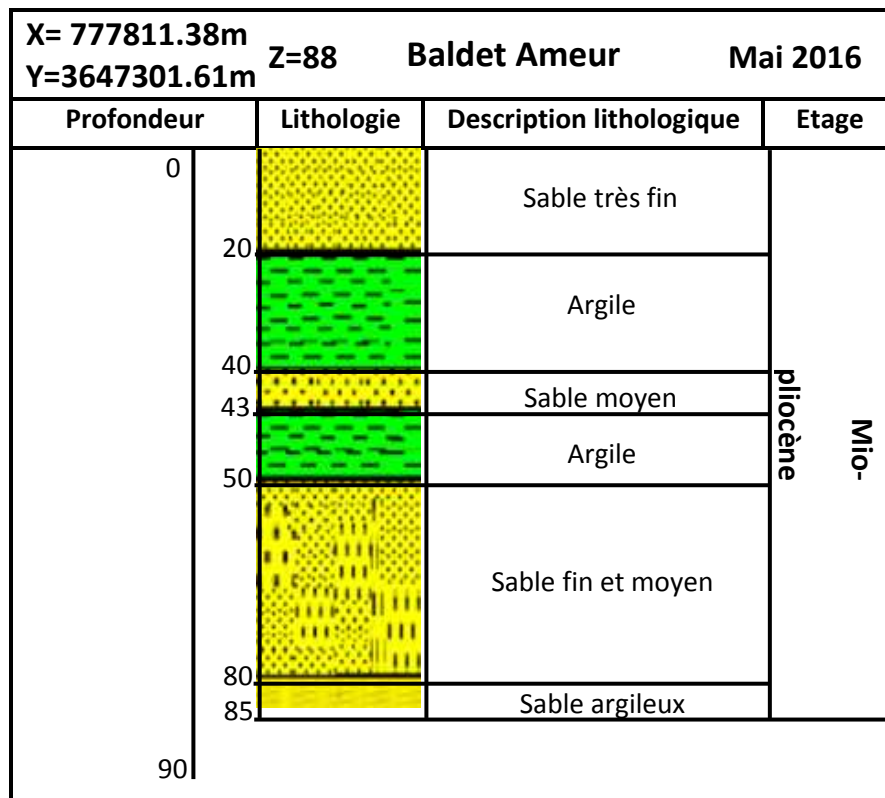


Figure 16: Colonne stratigraphique du forage Baldet Aneur

b. Région de Nezla :

La région de Nezla se situe au centre de Touggourt, sa lithologie est caractérisée par l'abondance des sables et des argiles, L'épaisseur totale du Mio-Pliocène dans cette région est de l'ordre de 103 m. On y retrouve de haut en bas :

Le sable très fin et moyen jusqu'à 20 mètres de profondeur, l'argile de 20m à 64m, suivi par une couche de 01m de cailloux. Ensuite trois couches du sable fin et moyen, moyen et grossier de 65m à 68m, du 68m à 84m puis de 84m à 98m respectivement. En bas il y'a l'argile de 98m à 103m.

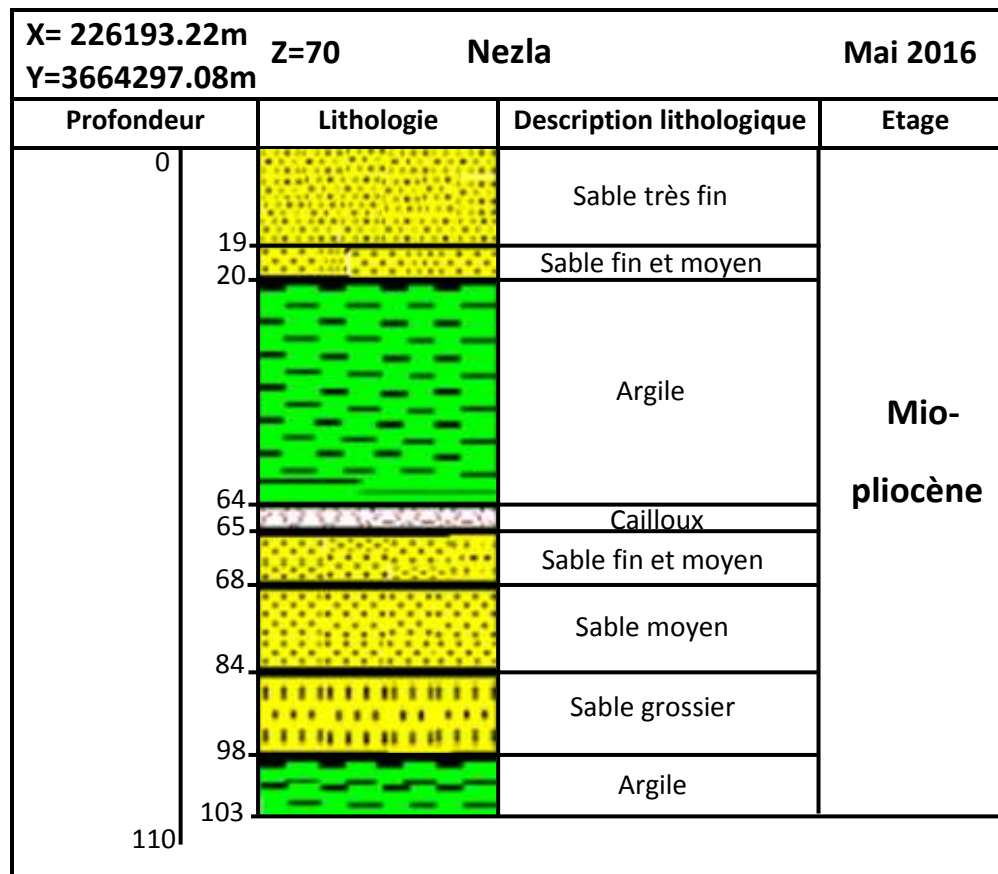


Figure 17 : Colonne stratigraphique du forage Nezla

c. Région de Meggarine

La région de Meggarin se situe au Nord de Touggourt, sa lithologie est caractérisée par l'abondance des sables et des argiles, parfois on trouve des bancs de pierre sèche et évaporites. L'épaisseur totale du Mio-Pliocène dans cette région est de l'ordre de 157 m. On y retrouve de haut en bas :

Les Sables très fins à 8 mètres de profondeur, et des Sable argileux à l'épaisseur 8-33 mètre et Sable peu argileux à l'épaisseur 85-95 mètre et Sable fin et moyen et Sable gros à l'épaisseur de la couche 95-110 mètre et sable rouge argileux à l'épaisseur de la couche 110-127 et Sable fin et moyen à l'épaisseur de couche 138-150 mètre.

Les argiles on les trouve entre la couche du sable argileux et du sable peu argileux à l'épaisseur 33-85 mètres.

Vers la fin on trouve des évaporites à 7 mètres d'épaisseur (150 à 157m).

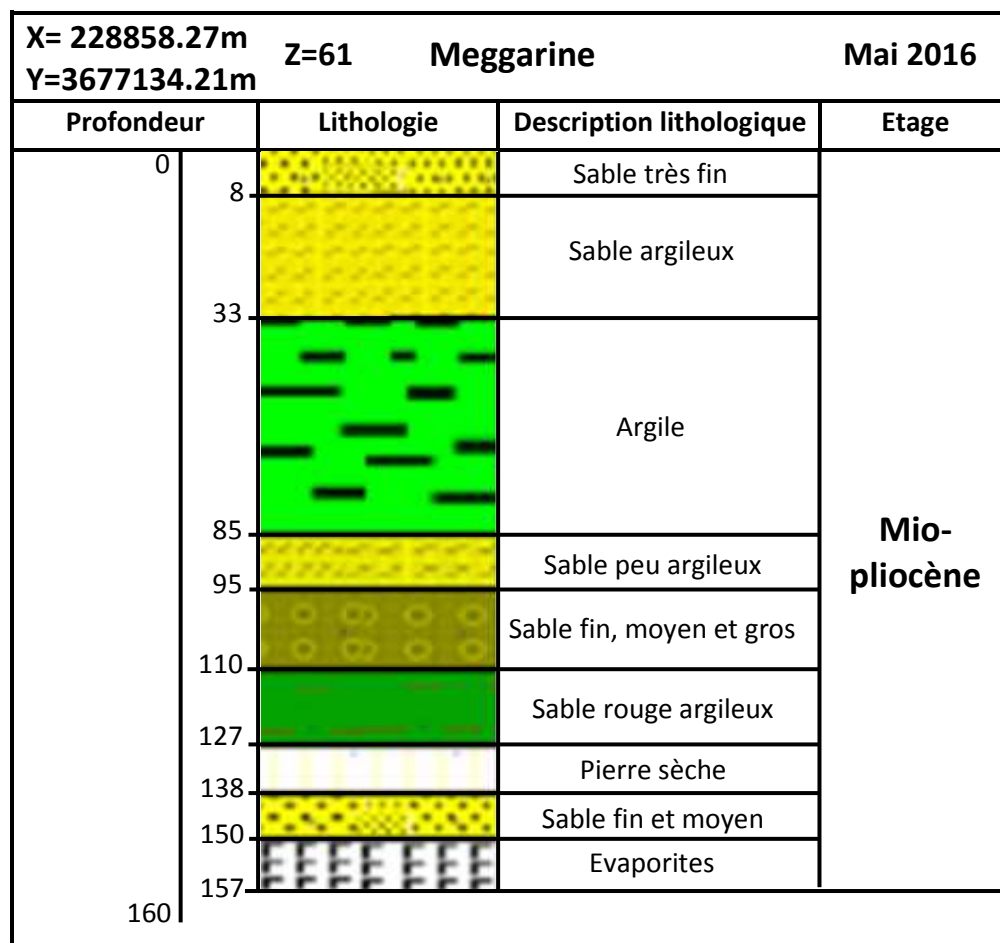


Figure 18: Colonne stratigraphique du forage Meggarin

d. Région Sidi Mahdi :

La région de Sidi Mahdi se situe au Sud-Est de Touggourt, sa lithologie est caractérisée par l'abondance des sables, des argiles et des Marnes. L'épaisseur totale du Mio-Pliocène dans cette région est de l'ordre de 130 m. On y retrouve de haut en bas :

La marne sableuse à 15m d'épaisseur, la marne argileuse de 15 à 18m de profondeur, puis une grande couche d'argile de 18m jusqu'à 88m. Le sable moyen et grossier à partir de 88m jusqu'à 124m, suivis au fond par le limon sableux jusqu'à 130m.

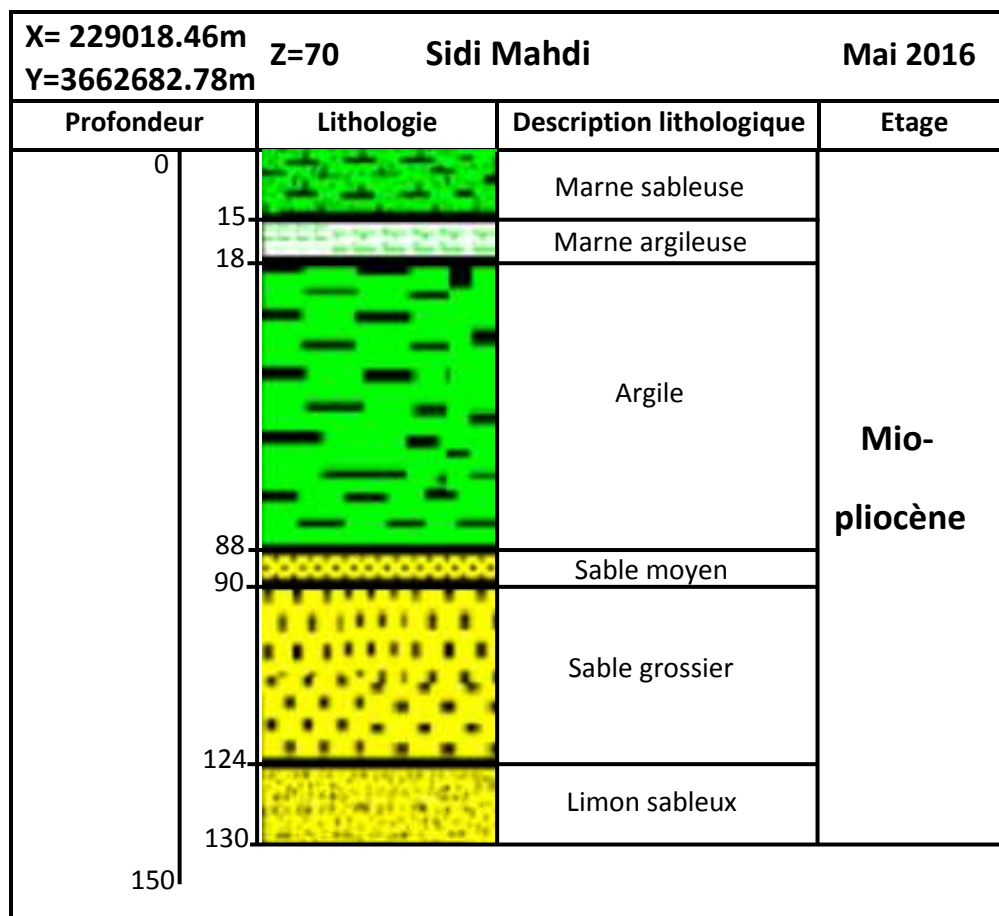


Figure 19: Colonne stratigraphique du forage Sidi Mahdi

V.3- La coupe stratigraphique :

La coupe stratigraphique de Touggourt a une profondeur d'environ de 1800 m, quant à sa lithologie, elle est très hétérogène et constituée principalement, de haut en bas, par les sables, l'argile, les carbonates et les évaporites.

-Le Mio-Pliocène, à partir de la surface jusqu'à 200 m de profondeur est constitué par le sable et l'argile, l'épaisseur de cette couche n'est pas constante, elle est plus épaisse au Nord par rapport au sud de la région.

-L'Eocène a partir de 200m jusqu'à 350m avec des carbonate et les argiles l'épaisseur de cette couche n'est pas identique, elle est plus épaisse au Sud par rapport au Nord de la région..

-Le Sénonien supérieure a partir de 350m jusqu'à 800m, Composé principalement du carbonate et d'argile, l'épaisseur de cette couche est identique a toute de la région.

-Le Sénonien inférieure à partir de 800m jusqu'à 1050m est constitué d'évaporites (sel, anhydrite), l'épaisseur de cette couche est identique dans toute la région.

-Le Turonien à partir de 1050 m jusqu'à 1200m : avec des calcaire marneux, elle est plus épaisse au Nord par rapport au sud de la région.

-Le Cénomaniens à partir de 1200 m jusqu'à 1300m avec des anhydrites, argile, elle est moins épaisse -au milieu par rapport aux cotés de la région.

-Le Varicomaniens à partir de 1300 m jusqu'à 1350m : avec des Argiles dolomitique, elle est plus épaisse au milieu par rapport aux cotés de la région.

-L'Albaine : à partir de 1350m jusqu'à 1550m : avec des argiles sableuse, cette couche est plus épaisse au Nord par rapport au sud de la région.

-L'Aptien à partir de 1550 m jusqu'à 1600m : avec des dolomies et des argiles, l'épaisseur de cette couche n'est pas constante, elle est plus épaisse au Nord par rapport au sud de la région.

-Le Barrémiens à partir de 1600 m jusqu'à 1800m constituée par de l'argile sableuse et du sel, elle est plus épaisse au Nord par rapport au sud de la région.

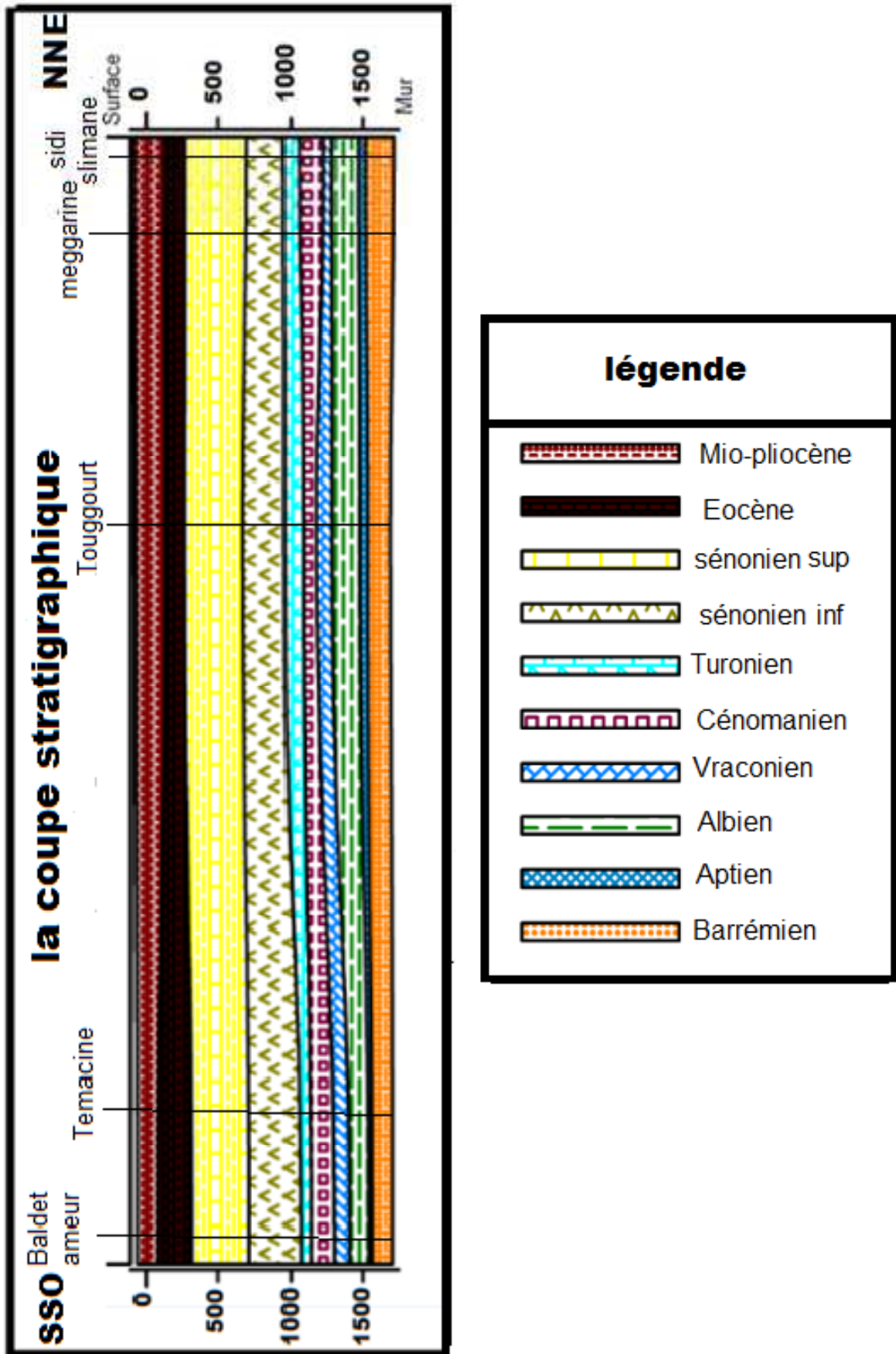


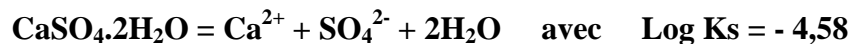
Figure 20 :La coupe stratigraphie de la région TOUGGOURT

V.4 Hydrogéochimie :

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

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

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



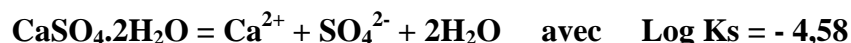
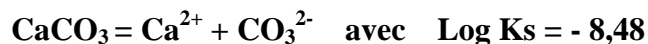
L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution de l'Halite (NaCl), qui se fait selon la relation suivante :



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



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



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



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



V.4.1- Présentation des résultats d’analyses physico-chimiques des eaux:

Tableau 07 : Présentation des résultats d’analyses physico-chimiques des eaux :

	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
MAX	2749	2912	680	57	645	751	1513	55
MOYENNE	1898	1424	154	27	430	329	773	32
MIN	1450	775	75	0	55	180	440	10

V.4.2- Faciès chimiques des eaux :

Selon le diagramme de Piper, le faciès chimique des eaux du Mio-Pliocène de notre région d’étude (Touggourt) est sulfaté sodique ou calcique.

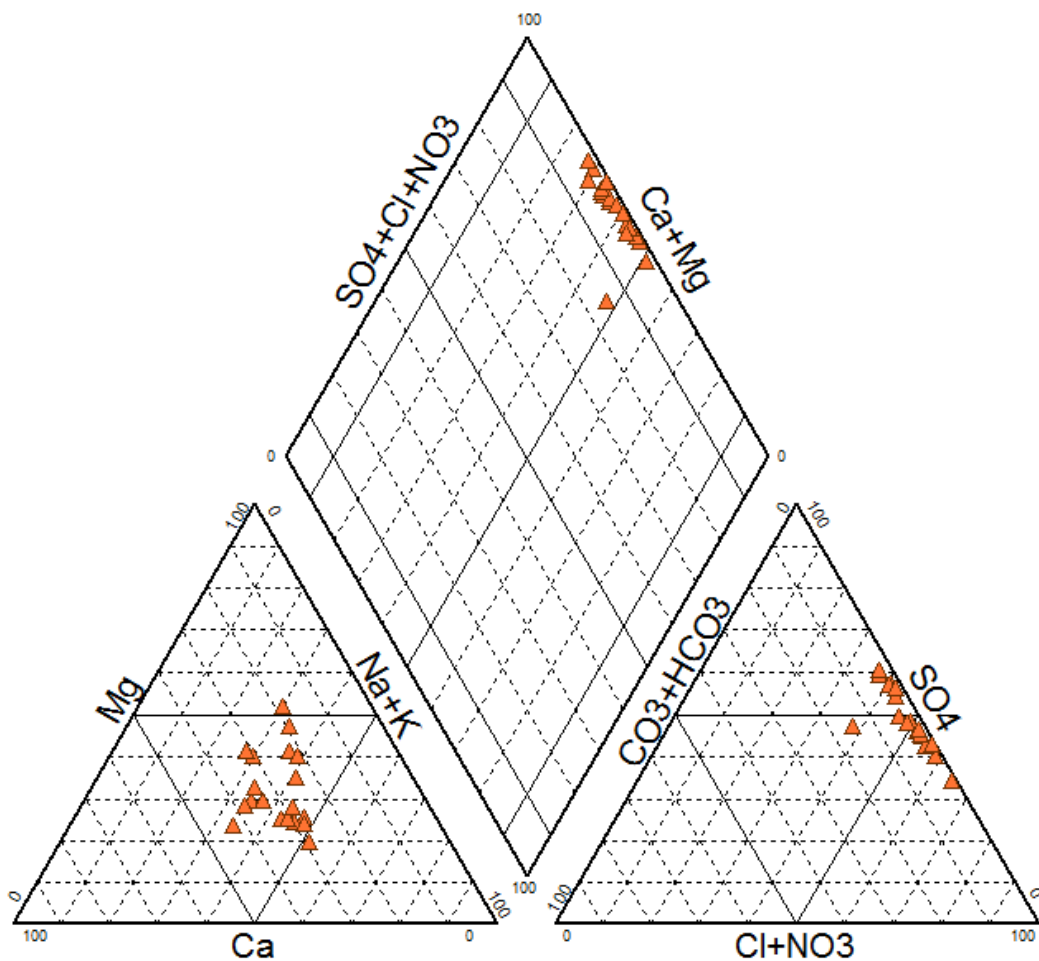


Figure 21 : Diagramme de piper des eaux de la nappe de TOUGGOURT

V.4.3- Origine des éléments chimiques :

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

La Figure 22 montre un alignement parfait du nuage de points du Cl^- et Na^+ . Le sodium et les chlorures évoluent de la même manière, et doivent avoir la même origine qui est la dissolution de l'halite, La relation entre Cl^- et Na^+ est nettement étroite avec ($r=0.82$).

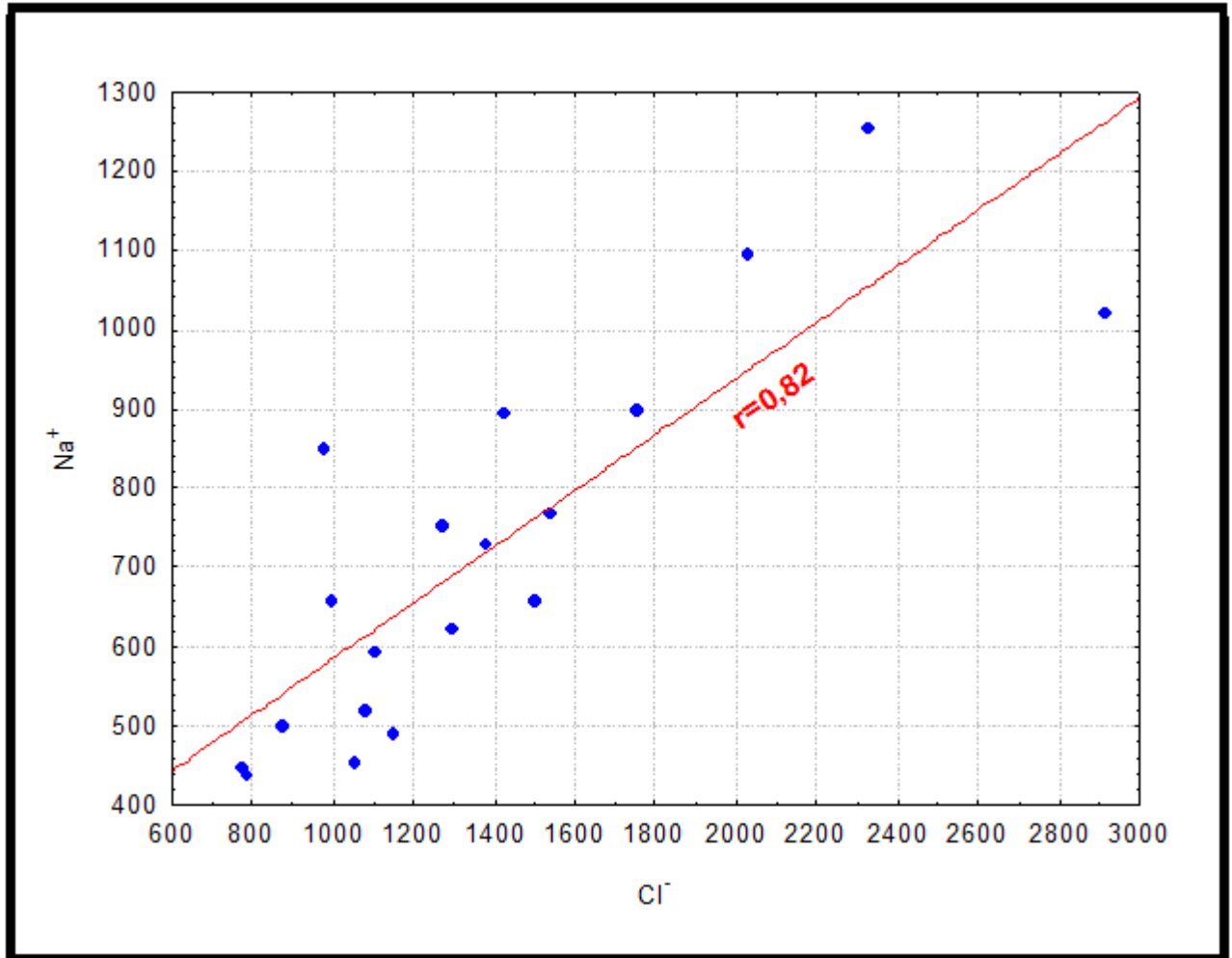


Figure 22: La relation Cl^- vs Na^+

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

Pour les sulfates et le magnésium, les roches évaporitiques (gypse, anhydrite et epsomite), sont sans doute, à l'origine de cet élément dans les eaux de notre région d'étude, la Figure 23 montre une relation étroite entre le Mg^{2+} et le SO_4^{2-} ($r = 0.72$).

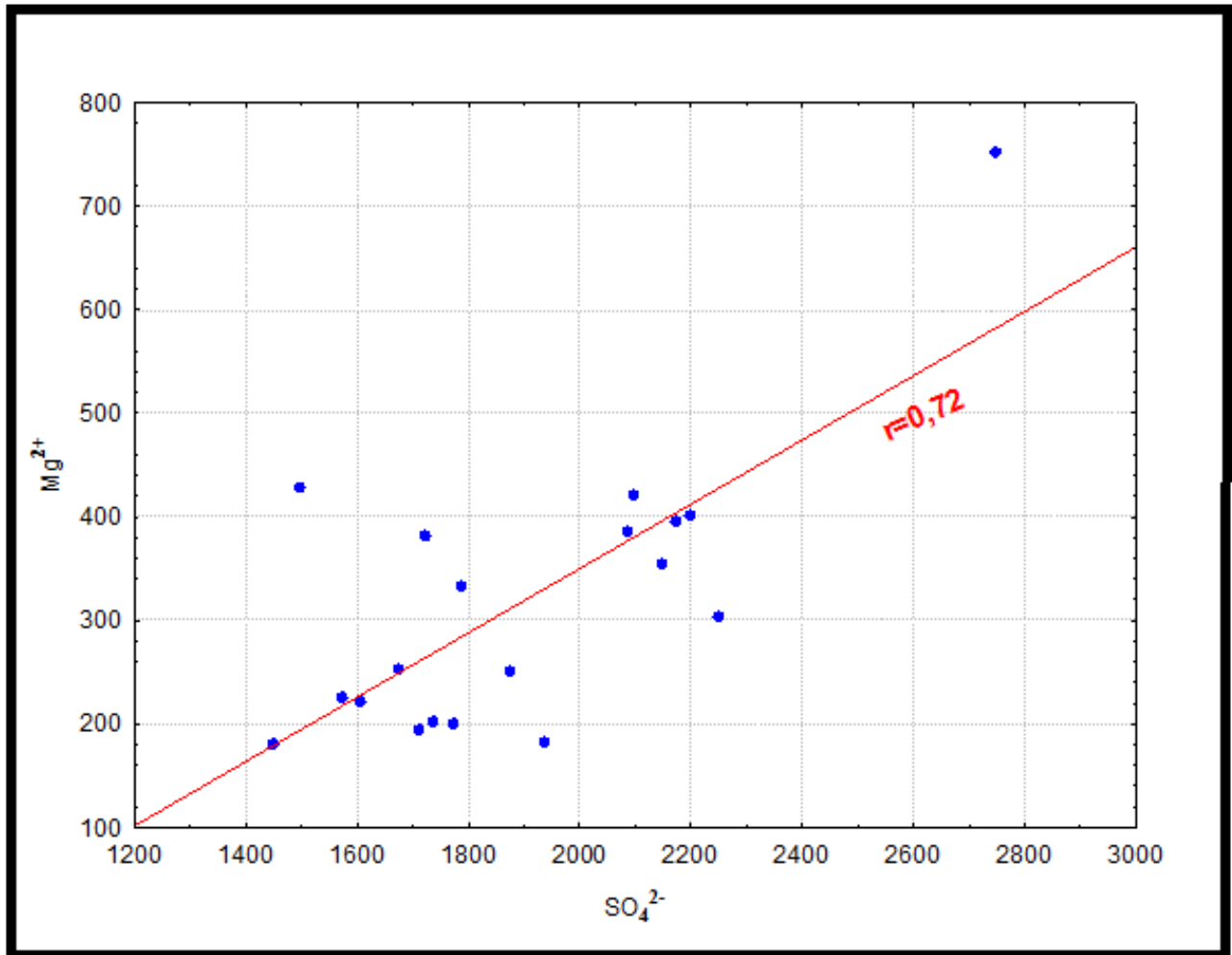


Figure 23 : La relation SO_4^{2-} vs Mg^{2+}

c. Origine de calcium Ca^{2+} :

L'origine du calcium est en majorité, la dissolution des roches gypseuses, ou des roches calcaires (les carbonates) dans les eaux, la Figure 24 montre une relation étroite entre le Ca^{2+} et le SO_4^{2-} ($r = 0,68$), ce qui favorise l'origine évaporitique par rapport à celle carbonatée.

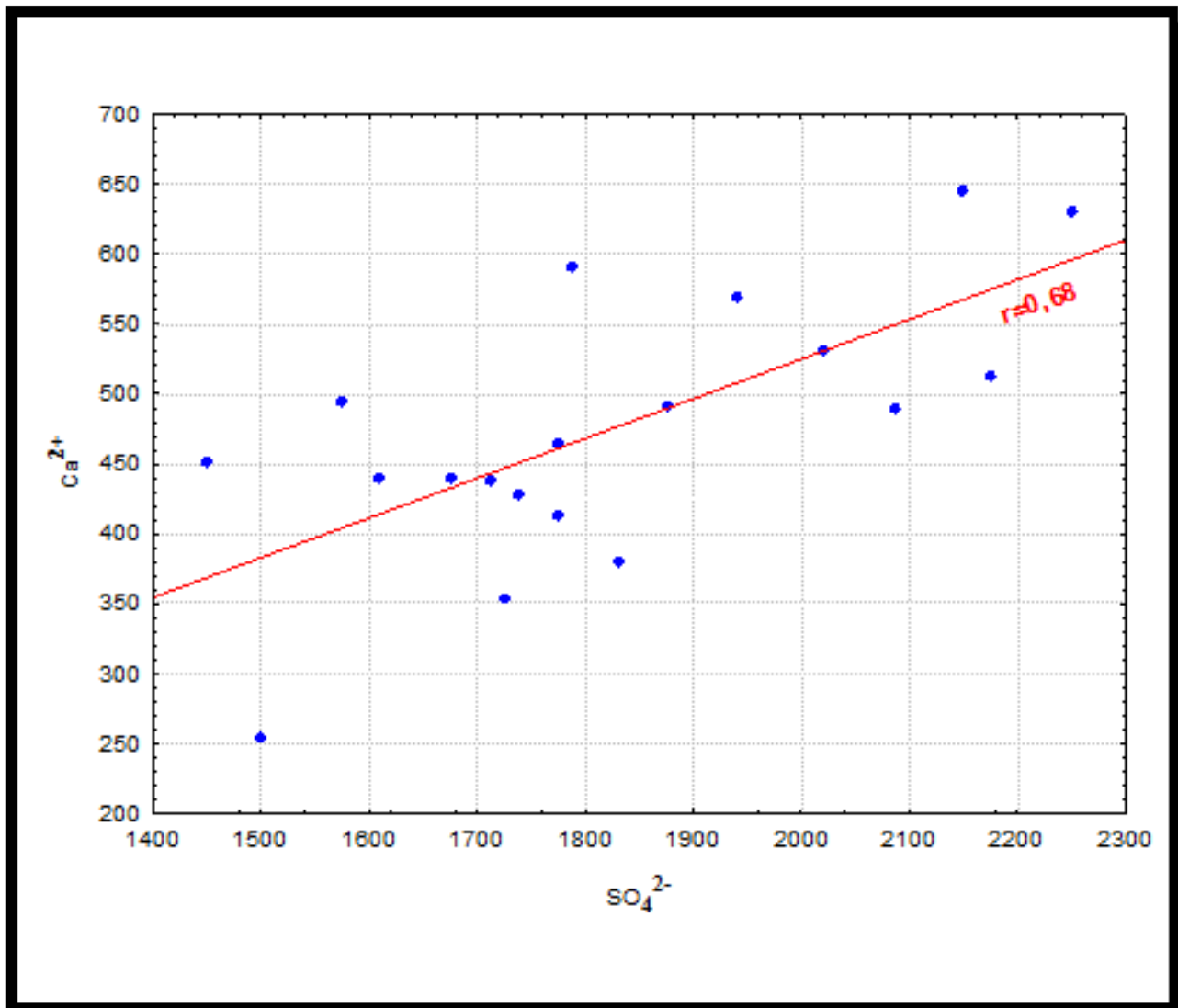


Figure 24 : La relation SO_4^{2-} vs Ca^{2+}

d. Origine des bicarbonates HCO_3^- :

Le diagramme dans la Figure 25 montrer une grande dispersion des points, ce qui indique une évolution indépendante du calcium et des bicarbonates ($r=-0.15$), ces dernières, et par leur faible vitesse d'évolution dans les eaux, on peut dire que leur origine est due essentiellement aux formations carbonatées ayant de faibles degrés de solubilité.

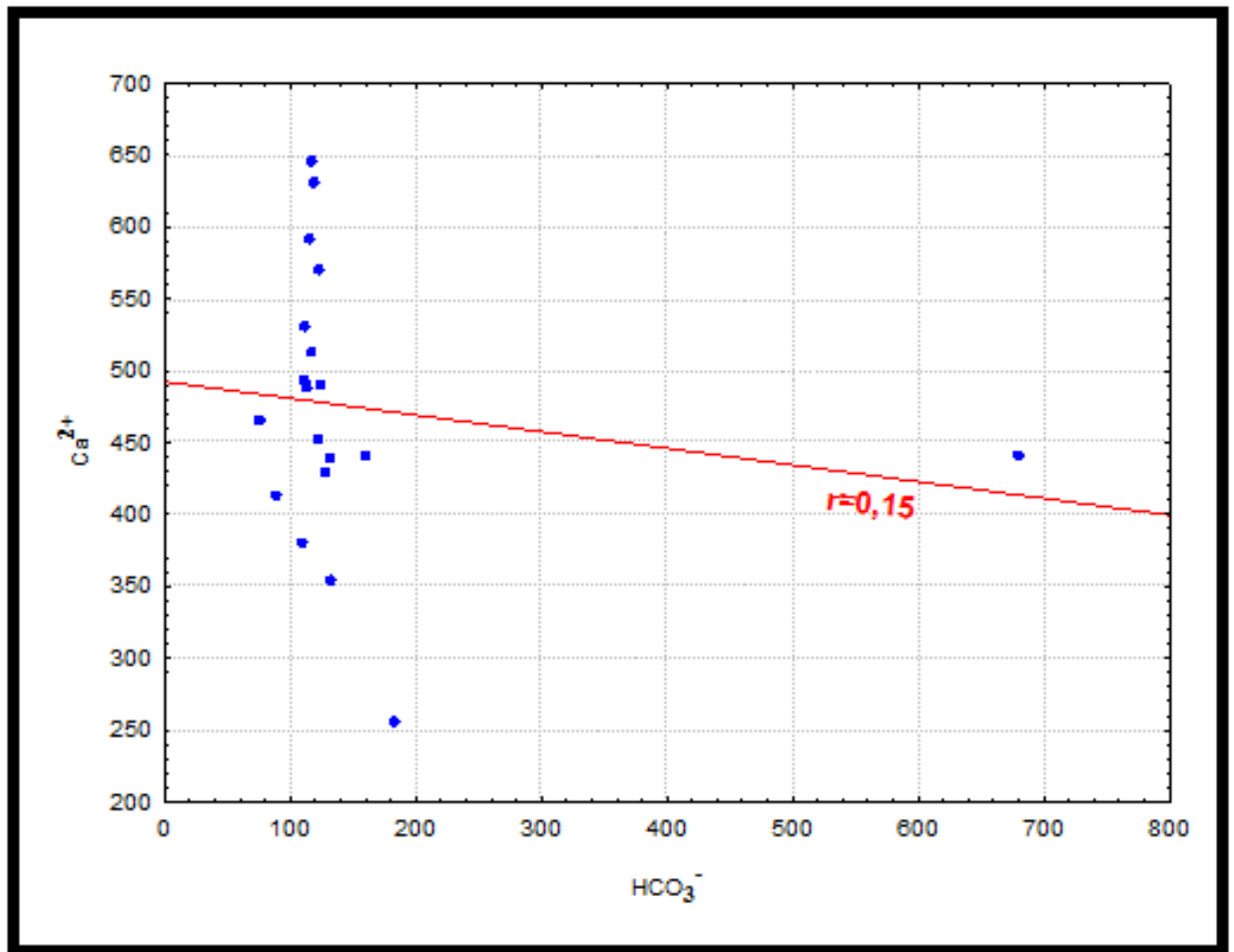


Figure 25 : La relation HCO_3^- vs Ca^{2+}

e. Origine du potassium K^+ :

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

V.5- Conclusion :

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

Les eaux du Mio-Pliocène dans la région d'étude, en contact avec une lithologie riche en évaporites, ont une forte minéralisation, exprimée par des valeurs de conductivité électrique très élevées, variant dans la plupart des cas, entre 4000 et 7000 $\mu S.cm^{-1}$.

En effet, les concentrations en sodium, en chlorure, en magnésium et en sulfate sont bien corrélées (Na^+ vs Cl^- : $r = 0,82$), (Mg^{++} vs SO_4^- : $r = 0,72$).

La minéralisation totale des eaux résulte de la dissolution des évaporites (la halite, gypse, l'anhydrite) et par un degré faible, des roches carbonatées (calcaire, dolomie).

Conclusion Générale :

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

Pour le cadre Géologique, notre région est caractérisée par deux unités structurales ; le socle précambrien composé de roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire. Le Mio-Pliocène qui fait l'objet de notre étude, n'est pas affecté par des accidents tectoniques la lithologie y est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, sableuse, avec quelque fois des carbonates.

Du point vue hydrogéologique La région de Touggourt repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui on été regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) et qui couvre une superficie d'environ 1 000 000 km².

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

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

Référence Bibliographie :

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

KHADRAOUI.A BOUNEGAB.B., 2014, Reconnaissance géologique de l'aquifère du mio-pliocène de la région de Touggourt, Mémoire d'ingénieur d'état En géologie Université KasdiMerbah Ouargla.

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

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

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

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

Dubief,J. 1953 : Essai sur l'hydrologie superficiel au Sahara . Inst. De Métor.et de physique du globe de l'Algérie .dir .du sce de la colon. Et de l'hydraulique., clairbois

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

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

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

Référence Bibliographie

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

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

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