

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

**Eaux du complexe terminal dans la basse vallée
de l'Oued Righ, chimisme**

Soutenu publiquement par :

ZERIBIT Messaouda

Le --/--/2016

Devant le jury :

Président :	M. BELLAOUEUR Abd El Aziz	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	M. HOUARI Idir Menad	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur :	M. BOUSALSAL Boualem	M. C. B Univ. Ouargla

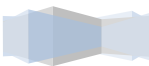
Année Universitaire : 2015/2016

REMERCIEMENTS

Je remercie DIEU tout puissant, Maître des cieux et de terre, qui m'a permis de mener à bien ce travail.

Nos remerciements très chaleureux vont tout d'abord à :

- ❖ *Mr Houari Ider Menad, mon Encadreur* qui me a guidé et suivi tout au long de ce travail. Il m'a conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et de multiples suggestions. Ses critiques fructueuses ont été, pour me, une source d'enrichissement. Son aide et sa disponibilité j'ai permis d'avancer dans le travail et de finaliser cette étude.
- ❖ *Notre remerciement les plus sincères vont aussi à l'ensemble du personnel de l'A.N.R.H d'E Oued notamment Kamel Hanna et Mouhamed al Achari (Agence Nationale des Ressources Hydraulique).*
- ❖ *Notre remerciement à les Jurys Mr Bellaouer Abd al Aziz (le Président), Bousalsal Boualem (l'Examineur)*
- ❖ *Notre remerciement à tout le département science de terre surtout l'enseignant Kechiched Rabeh qui a aide à mon mémoire.*
- ❖ *On n'oubliera jamais de me adresser à notre familles pour leur soutien exemplaire moral et matériel continu et immobile.*



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de Ma mère.

Mon père.

*Mes frères et sœurs (Khalil, Salim Naceur, Messaoud, Abdal
Hafid, Saida, Fatiha, Hanaa, Zakia, Latifa, Meriem, Rahima)*

A mes petites nièces Assia, Rïmes, Hossam, Badr Addin, Abd

Arrahman

Mon encadreur Houri Ider Mennad

A tous mes Familles Zerribit et Diab

*Toutes mes amies surtout ma amie Djdiai Smahan qui a aide à mon
mémoire.*

A tout le Promotions Hydrogéologie (2015-2016)

Messaouda

Liste des figures

Chapitre I: Cadre physique et climat

Figure I.1 :	Localisation de la zone d'étude	03
Figure I.2 :	Histogramme de distribution de la température moyenne mensuelle	04
Figure I.3 :	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles	05
Figure I.4 :	Histogramme de distribution d'humidité moyenne mensuelle	06
Figure I.5 :	Histogramme de distribution de la vitesse de vent moyenne mensuelle	07
Figure I.6 :	Histogramme de distribution d'humidité moyenne mensuelle	08

Chapitre II Contexte géologique

Figure II.1 :	Litho- stratigraphie synthétique de la région de d'Oued Righ	12
----------------------	--	----

CapiterIII Contexte hydrogéologique

Figure III.1 :	Extension géographique du système aquifère CI et CT.....	18
Figure III.2 :	Coupe hydrogéologique de SASS.....	19
Figure III.3 :	Carte piézométrique de référence du CI.....	20
Figure III.4 :	Coupe hydrogéologique transversale du CT.....	23
Figure III.5 :	Carte piézométrique de référence du CT.....	23

Chapitre IV Mtérails et méthodes

Figure IV.1 :	Carte des emplacements des points d'échantillonnage d'eau.....	25
----------------------	--	----

Chapitre V Résultats et discussion

Figure V.1 :	Classification ascendante hiérarchique (C.A.H) des variables (éléments chimiques).....	32
Figure V.2 :	Classification ascendante hiérarchique (C.A.H) des observations (forages).....	34
Figure V.4 :	Evolution des cations majeurs.....	37
Figure V.5 :	Faciès chimiques des eaux du Mio-Pliocène du Sahara septentrional...	38
Figure V.6 :	La relation Na/Ca vs SO4/ Cl.....	40
Figure V.7 :	La relation Na/Mg vs SO4/ Cl.....	40
Figure V.8 :	La relation Mg/Ca vs SO4/ Cl.....	41
Figure V.9 :	La relation Na vs Cl.....	43
Figure V.10 :	La relation Ca vs SO4	44
Figure V.11 :	La relation Ca vs SO4.....	45
Figure V.12 :	La relation Mg vs SO4	45

Liste des tableaux

Chapitre I: Cadre physique et climat

Tableau I.1 :	Températures moyennes mensuelles (°C) , période (1975 – 2013)...	04
Tableau I.2 :	Distribution de précipitations moyennes mensuelles (mm), période (1975 – 2013).....	05
Tableau I.3 :	Humidité moyennes mensuelles (%),période (1975 –2013).....	06
Tableau I.4 :	vitesses de vent moyennes mensuelles (m/s) , période (1975 – 2011).....	06
Tableau I.5 :	Humidité moyennes mensuelles (%),période (1975 – 2013).....	07

Chapitre V Résultats et discussion

Tableau V.1 :	Variations du pH selon les régions.....	27
Tableau V.2 :	Variations de la température selon les régions.....	28
Tableau V.3 :	Variations des conductivités électriques selon les régions.....	28
Tableau V.4 :	Variations des concentrations des sulfates selon les régions....	29
Tableau V.5 :	Variations des concentrations des chlorures selon les régions...	29
Tableau V.6 :	Variations des concentrations des bicarbonates selon les régions.....	29
Tableau V.7 :	Variations des concentrations des nitrates selon la région.....	30
Tableau V.8 :	Variations des concentrations du calcium selon les régions.....	30
Tableau V.9 :	Variations des concentrations du magnésium selon les régions.	31
Tableau V.10 :	Variations des concentrations du sodium selon les régions.....	31
Tableau V.11 :	Variations des concentrations du potassium selon les régions...	31
Tableau V.12 :	Matrice de corrélation des éléments chimiques.....	34

SOMMAIRE

Introduction Générale

Chapitre I: Cadre physique et climat

I.1-Cader géologique de le zone d'étude.....	03
I.2-Synthèse climatique sur la région.....	03
I.2.1 Température.....	04
I.2.2 Précipitation.....	04
I.2.3 l'umidité relative.....	05
I.2.4 Vitesse du vent.....	06

Chapitre II Context géologique

II.1-Géologie de le zone d'étude.....	09
II.1.1-Stratigraphie.....	09
II.1.1.1- secondaire.....	09
a)Albien.....	09
b)Vrancoien.....	09
c)Cénomanién.....	09
d)Turonien.....	09
e)sénonien.....	10
II.1.1.2-Tertiaire.....	10
a)Eocène.....	10
b)Miopliocène.....	10
II.1.1.3-Quaternaire.....	11
II.2-Gémorphologie.....	12
II.3-Tectonique régionale.....	13
II.4-Paléogéographie.....	13

CapiterIII Contexte hydrogéologique

III.1-Le Continental Intercalaire (CI).....	18
III.1- Complexe Terminal (CT).....	20

Chapitre IV Mtérails et méthodes

IV.1- Emplacement des points échantillonnés.....	25
IV.2.1 Satisfique v6.1.....	26
IV.2.2 Diagramme 5.1.....	26
IV.2.3 Surfer 9.....	26

Chapitre V Résultats et discussion

V.1- Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux.....	27
V.1.1 Le potentiel hydrogène (pH).....	27
V.1.2 La température (°C).....	28
V.1.3 La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).....	28
V.1- Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux.....	27
V.1.1 Le potentiel hydrogène (pH).....	27
V.1.2 La température (°C).....	28
V.1.3 La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).....	28

SOMMAIRE

V.1.4	Les sulfates SO_4^{-2} (mg/l)	29
V.1.5	Les chlorures Cl^- (mg/l).....	29
V.1.6	Les bicarbonates HCO_3 (mg/l).....	29
V.1.7	Les nitrates NO_3 (mg/l).....	30
V.1.8	Le calcium Ca^{+2}	30
V.1.9	Le magnésium Mg^{+2}	30
V.1.10	Le sodium Na^+ (mg/l).....	31
V.1.11	Le potassium K^+ (mg/l).....	31
V.2	Analyse statistique des paramètres physiques et éléments chimiques.....	32
V.2.1-	Corrélations entre les paramètres physico- chimiques.....	32
V.2.2-	Classification des variables (éléments chimiques).....	32
V.2.3-	Classification des observations (forages par régions).....	33
V.3-	Hydrochimiques et évolutions géochimique des eaux.....	34
V. 3.1	Les paramètres physiques (CE, pH et T°).....	34
V. 3.2	Les anions majeurs.....	35
V. 3.3	Les cations majeurs.....	36
V.4	-Faciès chimiques des eaux.....	37
V.5	- Origine des éléments chimiques.....	41
V.6.1	Origine des chlorures et du sodium.....	41
V.6.2	Origine des sulfates, du magnésium et du calcium.....	41
V.6.3	Origine du potassium et des bicarbonates.....	44

Introduction générale

Introduction générale

Deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène; H₂O Couvrant près des trois quarts de la Terre. Une seule chose vaut universellement: l'existence humaine dépend de l'eau. La géosphère, l'atmosphère et la biosphère entretiennent toutes trois des relations étroites avec l'eau. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat, et elle transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre.

La région de région de l'Oued Righ est une entité économique bien précise car elle regroupe près d'une cinquantaine d'Oasis situées au Nord-Est du Sahara. Vue cette position stratégique, Cette région nécessite un potentiel en eau pour l'agriculture d'une part et pour l'utilisation domestique de l'autre part. Cette région en recèle d'énormes quantités dans un système d'aquifère constituées de la superposition de trois 3 nappes à savoir : la nappe du Continentale Intercalaire, la nappe du Complexe Terminal et la nappe phréatique.

La qualité des eaux des aquifères a fait toujours un souci de la population et des agriculteurs. Ceci est justifié par les paramètres physico-chimiques qui varient latéralement du Sud au Nord, où d'une nappe à l'autre.

L'objectif de notre travail est de contribuer à l'étude de eaux du complexe terminal dans la basse vallée de l'oued Righ, on se basant sur le chimisme, son origine et d'éventuelle évolution en allant du Sud au Nord (sens d'écoulement des eaux de la nappe), nous limiterons l'investigation sur les eaux de la nappe des sables du Mio-Pliocène.

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

Chapitre I : Cadre physique

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

Chapitre II : Contexte 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.

Introduction générale

Chapitre III : Contexte hydrogéologique

Ce troisième chapitre consiste à présenter les caractéristiques hydrogéologiques et hydrodynamiques de l'aquifère dans notre zone d'étude.

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 le long du sens présumé d'écoulement (méthodes d'analyses physico-chimiques des eaux, outil informatique).

Chapitre V: Résultats et discussion

Ce chapitre a pour objectif en premier lieu, la présentation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux, en les comparant parallèlement avec des résultats obtenus à partir des travaux antérieurs effectués dans ce sens, puis on a essayé d'interpréter ces résultats en fonction des caractéristiques lithologiques de la région.

Introduction :

Dans le chapitre présent, on va présenter géographiquement notre zone d'étude, puis donner quelques informations sur ses différentes composantes climatiques.

I.1- Cadre géographique de la zone d'étude :

La vallée de l'Oued Righ se situe dans le Sud-Est de l'Algérie, limitée au Nord par l'Atlas saharien, au Sud par la vallée de l'Oued M'ya, au Nord-Ouest par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa et à l'Est par la région du Souf. Administrativement, elle s'étale depuis Touggourt au Sud jusqu'aux chotts Merouane et Melghigh (Still).

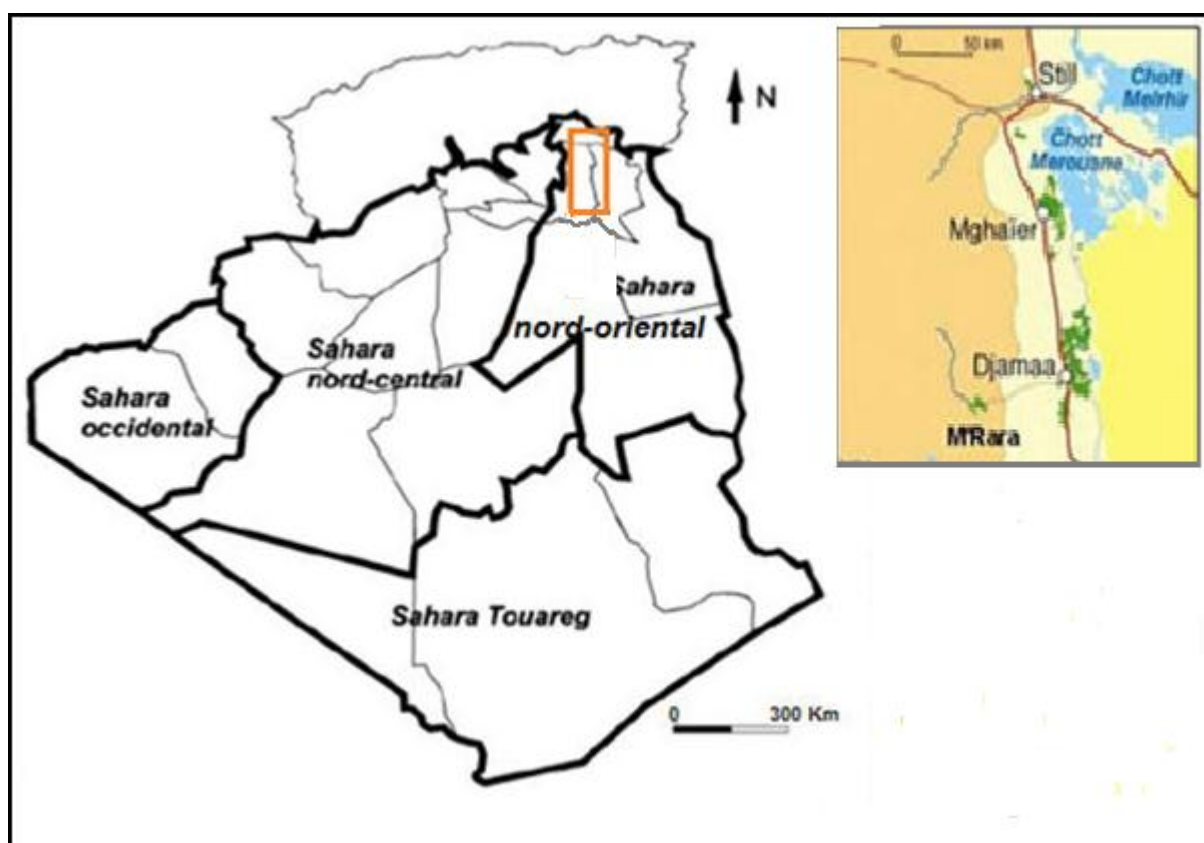


Figure. I.1 : Localisation de la zone d'étude

I.2- Synthèse climatique sur la région :

la vallée de l'Oued Righ est caractérisé par un climat typiquement saharien qui se manifeste par des précipitations très faibles, des températures élevées et un taux d'humidité relativement faible, D'après les données de plusieurs années d'observations météorologiques au niveau de la station de l'ONM de Touggourt.

I.2.1- Température

Les moyennes mensuelles des températures sont données au Tableau. 1. L'histogramme montre que les mois les plus chauds sont : Juillet et Août avec des valeurs moyennes de 33.89 et 33.41°C respectivement. Les mois les plus froids sont : Décembre et Janvier avec des températures de 11.50 et 10.52°C respectivement. La valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 22.05°C (Fig.)

Tableau. 1: Températures moyennes mensuelles (°C) pour la station de Touggourt

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T.(°C)	29,08	22,79	15,82	11,50	10,52	12,93	16,69	20,85	25,89	31,18	33,89	33,41

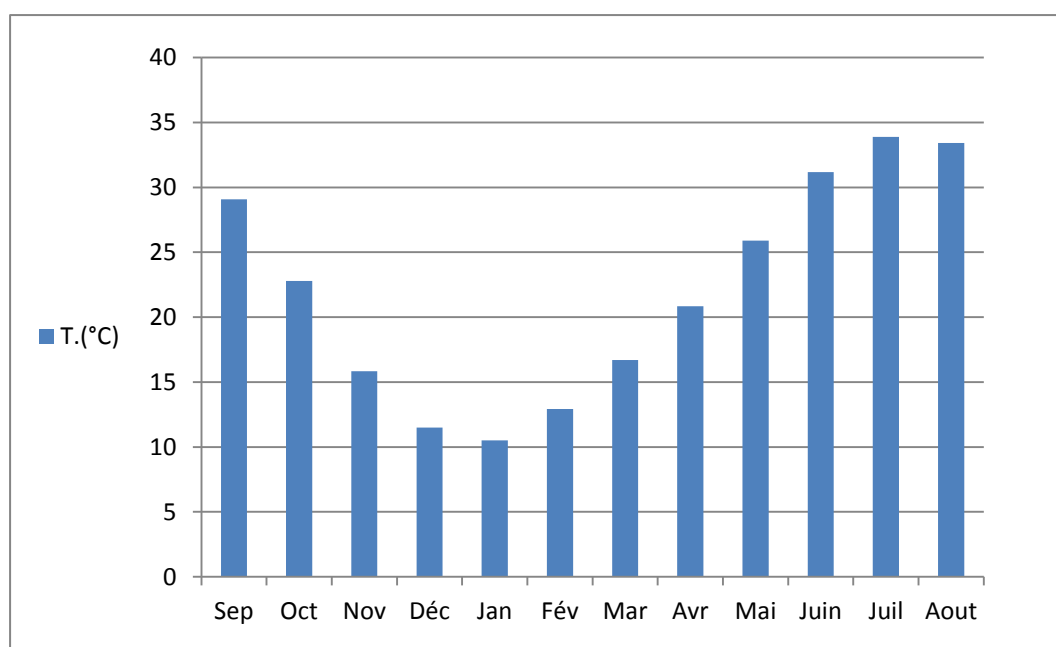


Figure I.2: Histogramme de distribution de la température moyenne mensuelle – station de Touggourt.

I.2.2- Précipitation

La vallée de l'Oued Righ est caractérisée par des pluies rares et aléatoires avec une influence d'un gradient pluviométrique décroissant du Nord vers le Sud dans les régions sahariennes. L'histogramme montre que la précipitation moyenne mensuelle maximale est enregistrée en mois de Janvier avec une valeur de l'ordre de 16.93 mm et une valeur minimale de l'ordre de 0.96 mm en mois de Juillet. Notant, que l'année la plus pluvieuse est celle de 2004 avec

un cumul de précipitation de 161.8 mm. Tandis que l'année la plus sèche est l'année 1989 avec une précipitation de 11.5 mm (Fig. 3). Le Tableau. 2 montre les précipitations moyennes mensuelles.

Tableau. 2: Distribution de précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P. (mm)	5,47	6,10	7,87	5,81	16,93	4,91	9,29	6,90	4,92	1,47	0,96	2,74

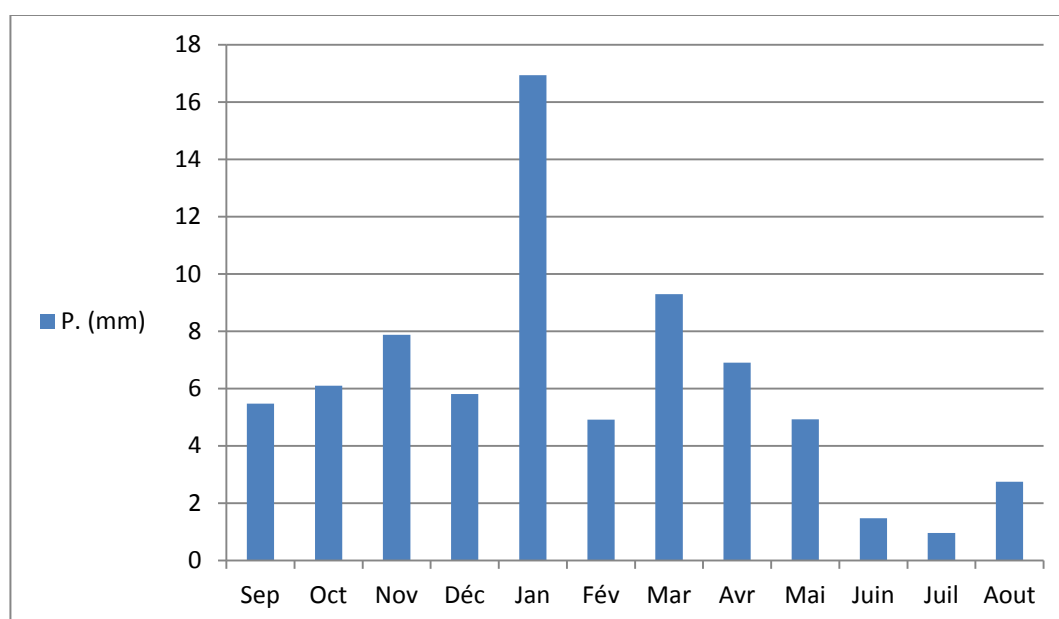


Figure.1.3: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles – Station de Touggourt.

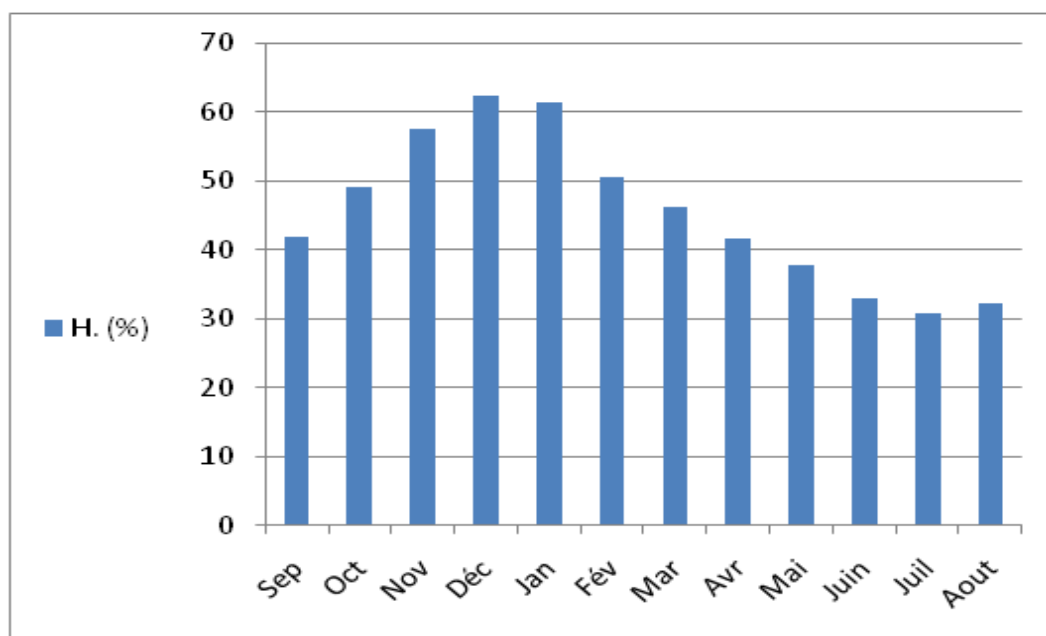
1.2.3 - L'humidité relative

L'humidité relative est le rapport entre la tension de vapeur d'eau « e » et la tension de vapeur saturant « ew » a la même température exprimé en % « $U = e / ew * 100$ ». Le Tableau. 3 présente les valeurs d'humidité relatives moyennes calculées sur la base de 39 ans.

L'histogramme montre que l'humidité maximale est de l'ordre de 62.47 % en mois de Décembre, par contre l'humidité minimale est de 30.98 % enregistrée en mois de Juillet (Fig. 4). Il est à noter que les mois humides ($H > 45,51\%$) sont : Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars. Tandis que, les mois secs ($H < 45,51\%$) caractérisent le reste des mois de l'année.

Tableau. 03: Humidité moyennes mensuelles (%) pour la station de Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
H. (%)	42,00	49,35	57,73	62,47	61,54	50,77	46,45	41,68	37,88	33,01	30,98	32,31

**Figure.I.4 :** Histogramme de distribution d'humidité moyenne mensuelle - station de Touggourt).

1.2.4.Vitesse du vent

Les vents qui influencent dans la région d'Oued Righ soufflent suivant des directions différentes généralement, NNE en hiver et SSE en été. Ceci provoque le déplacement des dunes et le dessèchement des végétaux. Il dépasse 20 km/s. D'après Benhaddya, (2006) et le Tableau. 4 et l'histogramme (Fig. 5), la valeur maximum est enregistrée au mois de Mai avec une vitesse de 4.15 m/s tandis que, le minimum en décembre (2.59 m/s).

Tableau. 4: vitesses de vent moyennes mensuelles (m/s) pour la station de Touggourt.

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Vit. (m/s)	2.97	2.76	2.67	2.59	2.68	2.83	3.52	4.09	4.15	3.77	3.34	3.10

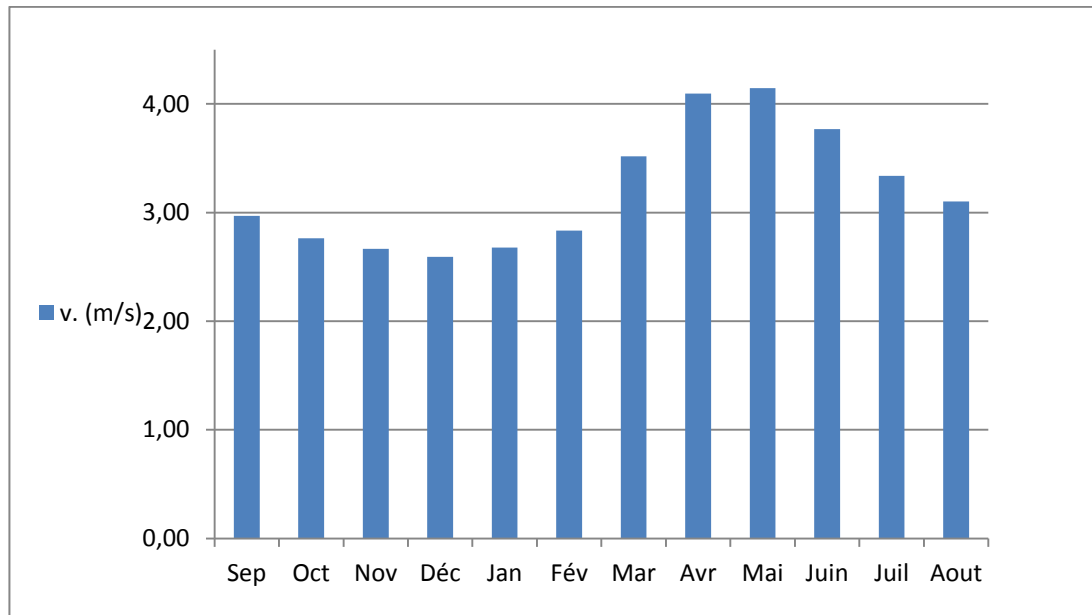


Figure.I.5: Histogramme de distribution de la vitesse de vent moyenne mensuelle de la station de Touggourt, période (1975 – 2011).

Conclusion

Notre zone d'étude fait partie de la région Est du Sahara septentrional algérien. caractérisé par un climat saharien aride, chaud en été et froid en hiver, c'est un climat hyper-aride comparable aux autres régions sahariennes algériennes. Les précipitations annuelles moyennes dans la région sont faibles et irrégulières, de l'ordre 73.4 mm. les températures annuelles moyennes de l'ordre de 22.05 °C. Cette région est caractérisé par une humidité relative moyenne annuelle est de 45.51%. Ces conditions climatiques ne favorisent souvent les ruissellement des Oueds, cependant, les nappes souterraines ne peuvent être rechargées par ces précipitations.

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu sur les principales unités géologiques de notre zone d'étude. Ceci va nous aider à l'interprétation des résultats d'analyses d'eaux.

II.1- Géologie de la zone d'étude

II.1.1- Stratigraphie

La stratigraphie de région d'Oued Righ est caractérisée par une série de formations géologiques allant du Cambrien au Quaternaire. Nous présentons ici, une description des formations géologiques qui intéressent le domaine hydrogéologique en particulier celles, allant du Mésozoïque au Quaternaire. D'après (Kilian, 1931 et CRNA, 1991) ; la litho-stratigraphie de Oued Righ est composée de :

II.1.1.1- Secondaire

a) Albien

Il se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance de couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses.

b) Vraconien

Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire.

c) Cénomaniens

Il se présente en une épaisseur considérable qui diminue progressivement vers le Nord et il affleure dans la zone atlasique. Le Cénomaniens est composé essentiellement de dépôt lagunaire marneux à prédominance des couches d'anhydrite et parfois même de sel.

d) Turonien

Le Turonien est représenté par un dépôt marin, calcaro-marneux.

e) Sénonien

Il est essentiellement à dominance de calcaire blanc avec une alternance de marne et de couches de gypse. Il est formé de deux ensembles très différents du point de vue lithologique : le Sénonien lagunaire, à la base et le Sénonien carbonaté, au dessus.

II.1.1.2 Tertiaire**a) Eocène**

On distingue deux ensembles lithologiques; l'Eocène carbonaté à la base, l'Eocène évaporitique au-dessus.

- ***Eocène inférieur carbonaté*** : L'Eocène carbonaté se caractérise lithologiquement qui le rendent difficile à distinguer du Sénonien. La présence des nummulites est le seul critère de différence. Les calcaires ont tendance à prédominer par rapport les dolomies et les évaporites. Ces derniers sont beaucoup plus rares que dans le Sénonien, sinon totalement absentes. Les calcaires à silex rencontres au sommet du Sénonien carbonaté se poursuivent dans l'Eocène. La puissance de cette formation varie entre 100 et 500 mètre .
- ***Eocène moyen évaporitique*** : Il est formé par une alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes. Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les Chotts (Bel et Cuche, 1969). Dans l'oued Righ, la nappe des calcaires semble être située dans un niveau carbonaté appartenant à l'Eocène évaporitique.

b) Miopliocène

Bel et Demargne (1966) distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires : (Castagny G., Margat J., 1977)

- ***Niveau 01*** : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau 02.
- ***Niveau 02*** : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour

passer au niveau 03. Il atteint 400 m au Sud de Gassi Touil. Le niveau 02 est le principal horizon aquifère du Miopliocène.

- **Niveau 03** : 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 ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.
- **Niveau 04** : C'est le deuxième niveau sableux du Miopliocène. Parfois en continuité avec le niveau 02. Le sommet de niveau 04 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte Hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 m.

II.1.1.3- Quaternaire

Il est essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables. Cette formation Quaternaire est à l'origine de la formation de la nappe phréatique alimentée principalement par l'infiltration des eaux des oueds et surtout par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation. (Fig. 2)

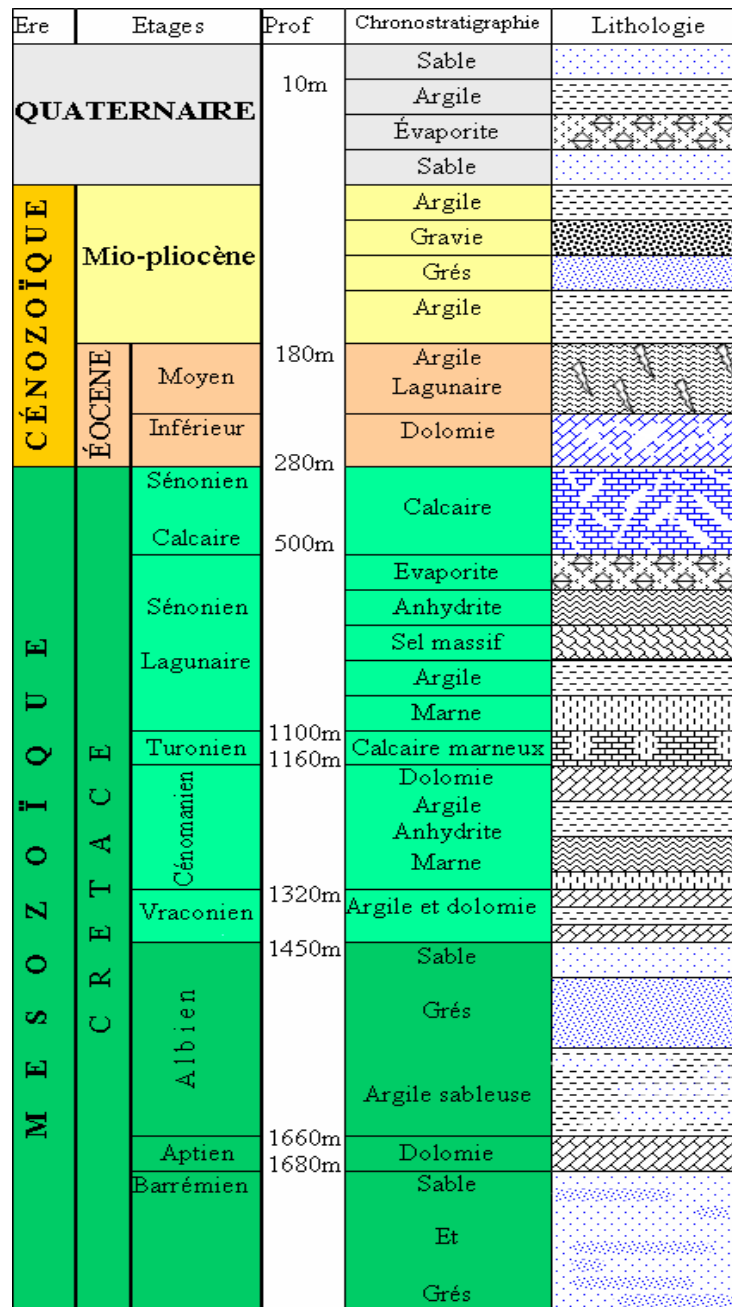


Figure II. 1 - Litho- stratigraphie synthétique de la région de d'Oued Righ (Helal et Ourihane., 2004)

II.2- Géomorphologie

Du point de vue géomorphologique, la région étudiée fait partie d'un large fossé de subsidence de direction Sud-Nord, prenant son origine légèrement au Sud de la palmeraie d'EL Goug et débouchant sur le Chott Merouane. La pente générale est de l'ordre de 1‰; cependant le profil longitudinal de la vallée est très irrégulier et on note une succession de petits chotts communiquant entre eux par des seuils bas. Le fond de la vallée est comblé de sédiments sableux

entrecoupés de lentilles d'argile salifère. La dénivelée entre le haut et le bas est de quelques mètres seulement et le relief est peu marqué (Kadraoui, 2007) La zone de l'Oued Righ appartient au bas Sahara, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement, aplanis au début de l'ère secondaire ; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable.

II.3- Tectonique régionale

Au cours du Secondaire, le Sahara algérien oriental subissait des mouvements verticaux d'ensemble. Pendant que de véritables chaînes de montagnes se formaient plus au Nord, dans le géosynclinal de l'Atlas saharien, la zone saharienne tendait plutôt à un effondrement progressif de sa partie centrale, suivant un axe passant sensiblement par la vallée de l'Oued Righ et par le tronçon supérieur de la vallée de l'Oued Mya. (Fabre, 1976).

La géométrie actuelle des formations du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara est caractérisée par l'absence des déformations tectoniques importantes. La chaîne des Maghrébides qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contrecoups sur la plate forme saharienne :

- Les mouvements de l'Eocène moyen à supérieur, sont bien nets, la phase du Miocène inférieur qui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès,
- Enfin, la phase plio-quaternaire qui s'insert avec les précédentes dans la phase alpine ; d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest, forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « sillon sud Aurésien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tels que chott Merouane et chott Melghir. La flexure sud atlasique de direction Est-Ouest qui sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on, peut avoir au Nord des points culminant « monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés.

II.4- Paléogéographie

Les caractéristiques paléogéographiques du Sahara oriental, du Cénomaniens à la fin de l'Eocène sont donc :

- L'existence d'une plate forme très régulière sur laquelle les moindres variations du niveau de la mer, provoque des changements importants dans la sédimentation.
- L'existence d'une mer profonde dans le Bas Sahara actuel à partir de laquelle se produisent plusieurs transgressions dont les plus importantes étant celles du Cénomaniens et du Sénonien supérieur.
- A la fin de l'Eocène et la régression définitive de la mer s'accompagne de bouleversements importants.
 - L'érosion enlève une partie des calcaires du Sénonien et l'Eocène.
 - Le régime marin est remplacé par un régime continental.

Cette reconstitution paléogéographique est tirée des travaux de Bel et Dermagne, 1966, elle s'applique à l'ensemble du Bas Sahara.

Pendant la première moitié de l'ère secondaire, la sédimentation dans tout le Sahara oriental a été de type continental. En effet, du Trias à l'Albien, se sont déposés des argiles, des sables et des évaporites d'origine éolienne ou fluviatile. On note cependant, quelques rares incursions marines, en particulier en Jurassique et à l'Albien. Ces dépôts constituent « le continentale intercalaire » et contiennent la plus importante ressource aquifère du Sahara.

Durant la seconde moitié du secondaire, d'autres phénomènes se sont succédé :

- Au dessous des grès continentaux albiens viennent en transgression les calcaires marins du Cénomaniens. Ces calcaires qui s'intercalent avec les argiles et les évaporites. Cette alternance est l'indice d'un régime marin peu profond, évoluant vers un régime lagunaire responsable du dépôt des évaporites et des argiles gypsifères.
- Au Turonien, le régime marin s'est stabilisé, permettant le dépôt d'une barre calcaire homogène, atteignant parfois plus de 100 mètres dans le Sahara oriental. La stabilisation du régime marin durant le Turonien n'est que temporaire.
- En effet, dès le début du Sénonien, se dépose en alternance de l'anhydrite, des argiles, des dolomies ainsi que quelques bancs calcaires. Le dépôt parfois d'un banc de sel massif à la base

dans le Bas Sahara témoigne particulièrement du régime lagunaire qui s'était installé sur le Sahara oriental durant tout le Sénonien inférieur.

- Au Sénonien supérieur, le régime marin réapparaît une nouvelle fois déposant ainsi la seconde série calcaire. Cette transgression Sénonienne semble moins importante que celle du Turonien. En effet, on note la présence de petites intercalations d'évaporites dans les calcaires Sénoniens, ce qui n'est pas le cas des dépôts turoniens.
- Au début de l'Eocène inférieur, la mer recouvre toujours le Sahara oriental, c'est le dépôt des calcaires à Nummulites.
- Durant l'Eocène moyen et supérieur, les sédiments marins de l'Eocène inférieur sont peu à peu remplacés par des dépôts lagunaires où alternent les argiles, les évaporites et les calcaires. La faible extension de ce golfe marin localisé dans le Bas Sahara marque les dernières manifestations de la mer saharienne dont la disparition définitive se situe vers la fin de l'Eocène.
- A la fin de l'Eocène, le Sahara oriental se présente sous l'aspect d'une plate forme calcaire émergée qui sera exposée à l'érosion durant tout l'Oligocène.
- Au Mio-pliocène, suite à l'épirogénèse alpine, des sédiments argileux et sableux continentaux se déposent sur l'ensemble du Sahara oriental. Cette sédimentation continentale se poursuit durant le Quaternaire. C'est donc aux époques Tertiaires et Quaternaire que le Sahara oriental a pris la configuration que nous lui connaissons aujourd'hui.

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.

Dans cette partie du Sahara algérien, trois formations géologiques contiennent les nappes d'eau du SASS ; l'Albien gréseux et sableux (CI), le Sénonien lagunaire et carbonaté et le Mio-Pliocène sableux et argileux, ces formations ainsi que tout le bassin sédimentaire du Sahara Est septentrional sont caractérisées par l'absence de déformations tectoniques importantes.

Introduction

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), (Figure III.1) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Lybie. Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km² dont 70 % se trouve en Algérie, 24 % en Lybie et 6 % en Tunisie, sa réserve est estimée à 31.000×10^9 m³ (Ould Baba Sy, 2005). Il s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'aux affleurements de Tidikelt et du rebord méridional de Tinrhert et d'Ouest en Est depuis la vallée de Guir-Saoura jusqu'au graben de Hun en Lybie. En Algérie, ce système aquifère couvre une surface de 700 000 Km², et est d'une épaisseur de 4000 à 5000 mètres environ (Cornet, 1964). Nous rappelons ci-dessous les définitions des aquifères du "CI" et du "CT".

Le terme "Continental Intercalaire" désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins:

- En base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne.
- Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomanienne.

Le "Complexe Terminal" est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène (Busson, 1972), (Fabre, 1976).

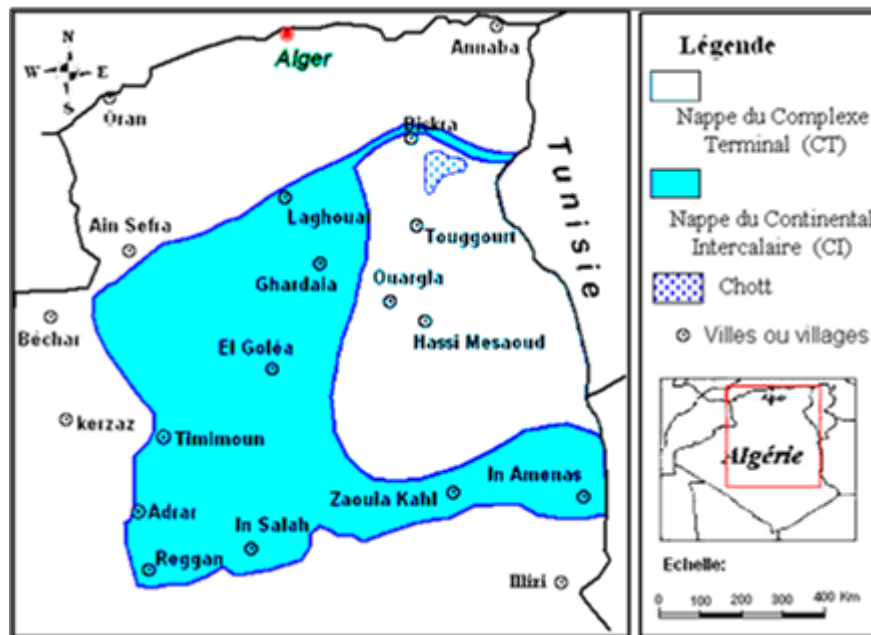


Figure III.1 : Extension géographique du système aquifère CI et CT (UNESCO, 1972)

III.1- Le Continental Intercalaire (CI)

D'après Kilian, (1931), le «Continental Intercalaire» désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins à la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, alors qu'au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultant de la transgression cénomaniennne. (Busson, 1970 ; Fabre, 1976). Il occupe les formations sableuses et argilo gréseuses du Néocomien, Barrémien, Aptien, et de l'Albien (Cornet, 1964 ; Cornet et Gouscov, 1952). L'aquifère est continu du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar, et d'Ouest en Est, depuis la vallée du Guir et de la Saoura jusqu'au désert libyen. Le débit d'alimentation du Continental intercalaire provenant du piémont de l'Atlas saharien est de $7.7 \text{ m}^3/\text{s}$, (Ould Baba Sy, 2005 ; Ould Baba Sy, et al, 2006). Ce débit entre dans l'intervalle des estimations recueillies dans les études antérieures qui le situent entre $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (Cornet, 1964) et $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Margat, 1990).

La carte piézométrique (Figure III.3) de référence du Continental Intercalaire établie, à l'état stationnaire (peu ou pas influencée par les pompages), sur la base des études antérieures (Cornet, 1964 ; UNESCO, 1972, 1972 ; Pallas, 1978), met en évidence les zones d'alimentation suivantes (Ould Baba Sy, 2005) :

- Piémont sud atlasique au Nord-Ouest ;
- Tinrhert au Sud ;
- Dahar à l'Est ;
- Jebel Nafusa au Nord-est ;
- Jebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord par la nappe du Continental Intercalaire.

Les zones d'exutoire sont :

- Les foggaras du Touat-Gourara et du Tidikelt ;
- L'exutoire tunisien marqué par la faille d'El-Hamma ;
- L'exutoire libyen au niveau d'AinTawargha.

Les failles de la dorsale d'Amguid (Figure III.2) sont à l'origine d'une drainance verticale, préalablement signalée, des eaux du CI vers la nappe du CT (Guendouz, 1985, Edmunds et al, 2003 ; Moulla et al, 2002 ; Guendouz et al, 2003).

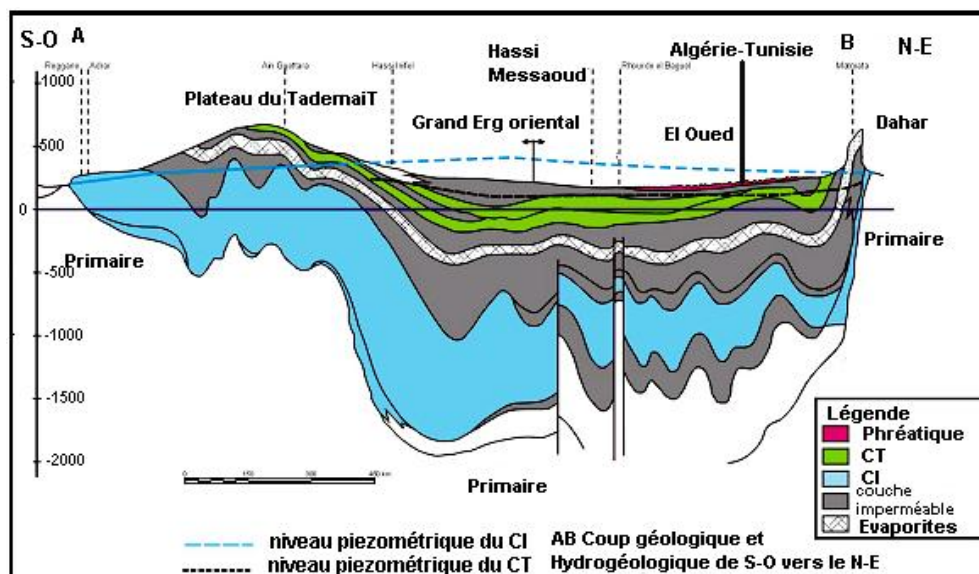


Figure III.2 : Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)

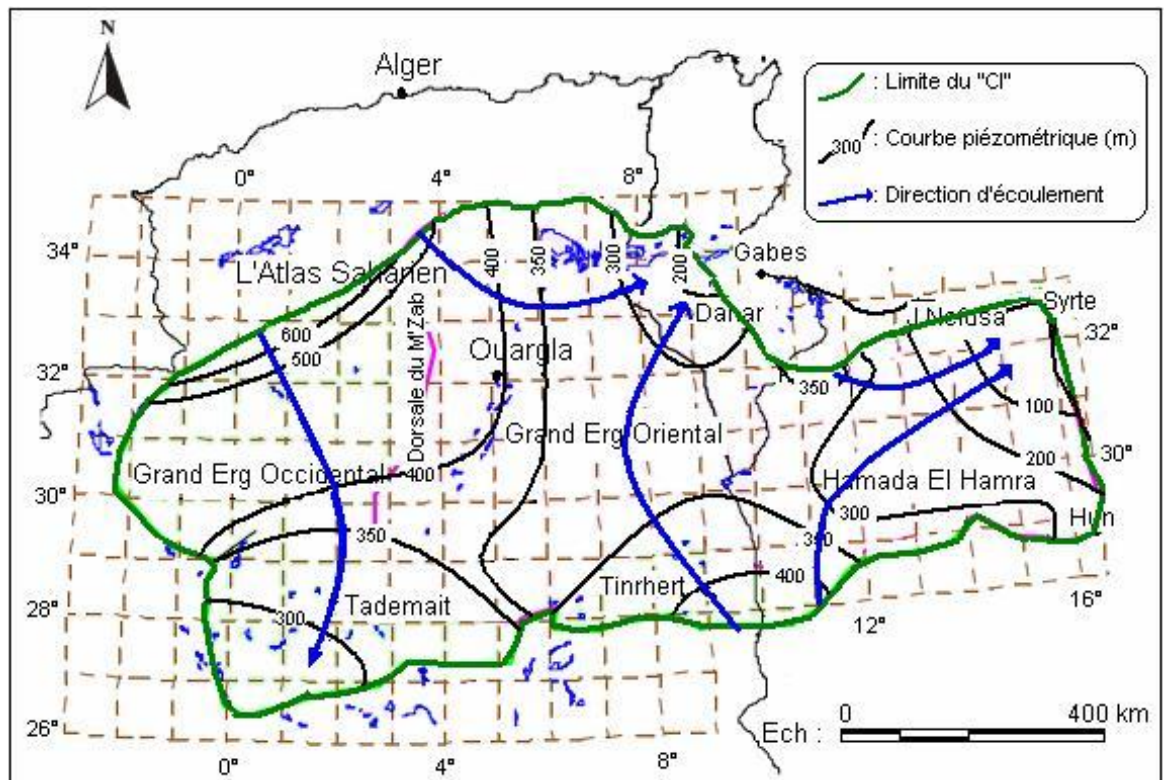


Figure III.3 : Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003)

III.2- Le Complexe Terminal (CT)

Il est noté dans l'étude OSS (2003 b) que classiquement, et selon la définition de Killian (1931), le terme "Continental Terminal" désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-Pliocène. Mais d'après Bel et Dermagne (1966): *"La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Mio-Pliocène et plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Continental Terminal, par opposition au Continental Intercalaire"*

C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du "Complexe Terminal", appellation publiée pour la première fois par Bel et Cuche (1969).

Le terme de "nappe du Complexe Terminal" qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique.

Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Mio-Pliocène sont évidentes sur l'ensemble du bassin, à l'exception de la région des chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler.

La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien inférieur. Cependant, ses niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Mio-Pliocène sur la bordure du bassin.

Le système aquifère du "Complexe Terminal" couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 km².

La profondeur du "CT" est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

Le "Complexe Terminal" 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 de M'zab.

Comme pour le "CI", la construction de la carte piézométrique du "CT" est le résultat de l'accumulation des contributions successives élaborées depuis quarante ans, depuis la publication par Cornet, (1964) de la première carte piézométrique couvrant tout le Continental Terminal du Sahara. Parmi les contributions les plus significatives, on peut citer notamment Bel et Cuhe, (1969) et le projet ERESS, (1972).

L'ensemble de ces travaux a permis de dresser une carte piézométrique initiale ou encore peu influencée par pompage, à l'échelle du bassin du Sahara Septentrional.

Cette piézométrie a concerné les formations calcaires sénoniennes et éocènes ainsi que les sables du Pontien (Oued Righ et Djérid) 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).

L'examen de la carte piézométrique (Fig. III.5) met en évidence les zones d'alimentation, à savoir:

- L'Atlas Saharien du Nord-ouest.
- Le Dahar à l'Est.
- Le Tinrhert au Sud.
- Le J. Nafusa au Nord-est

Les zones d'exutoires sont principalement centrées sur les Chotts algéro-tunisiens et sur le Golfe de Syrte.

L'écoulement de cette nappe se produit (Fig. III.4):

- A partir de la dorsale du M'zab, où l'ensemble de l'écoulement converge vers les zones 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, convergent vers la zone des chotts.
- Dans le sens Sud-Nord, du plateau du Tinrhert vers la zone des chotts et le golfe de Syrte.

Le concept de recharge ainsi que ses conditions sont adoptables pour tout les aquifères du SASS, de ce fait, le CT doit obéir aux mêmes conditions.

Certains auteurs pensent que les eaux des nappes du Sahara sont fossiles (Burdon, 1977 ; Margat & Saad, 1982 et 1984 ; Margat, 1990) in Ould Baba Sy, (2005), c'est-à-dire qu'elles se sont infiltrées et accumulées au cours des temps géologiques, leur alimentation s'est poursuivie au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire par infiltration sur les affleurements des couches perméables jusqu'à débordement de ces derniers, et que le niveau actuel des nappes traduit le résultat d'un tarissement pur depuis l'Holocène (Ould Baba Sy, 2005). Pour d'autres par, contre il existe une recharge actuelle des nappes sahariennes. Cette alimentation se manifeste lorsque certaines conditions climatiques, topographiques et géologiques sont réunies (Dubief, 1953).

Les précipitations exceptionnelles associées à certaines conditions de surface spécifiques (sols à grains grossiers) peuvent être particulièrement génératrices de recharges (Ould Baba Sy, 2005). L'alimentation des nappes du Sahara septentrional, par exemple se manifeste sur les bordures Nord du bassin lorsque trois conditions sont réunies:

- Des précipitations suffisantes.
- Un relief relativement accentué pour produire un ruissellement dans les oueds.
- L'affleurement de formations perméables appartenant à un des systèmes aquifères ou en relation directe avec un des aquifères sahariens (Dubief, 1953)

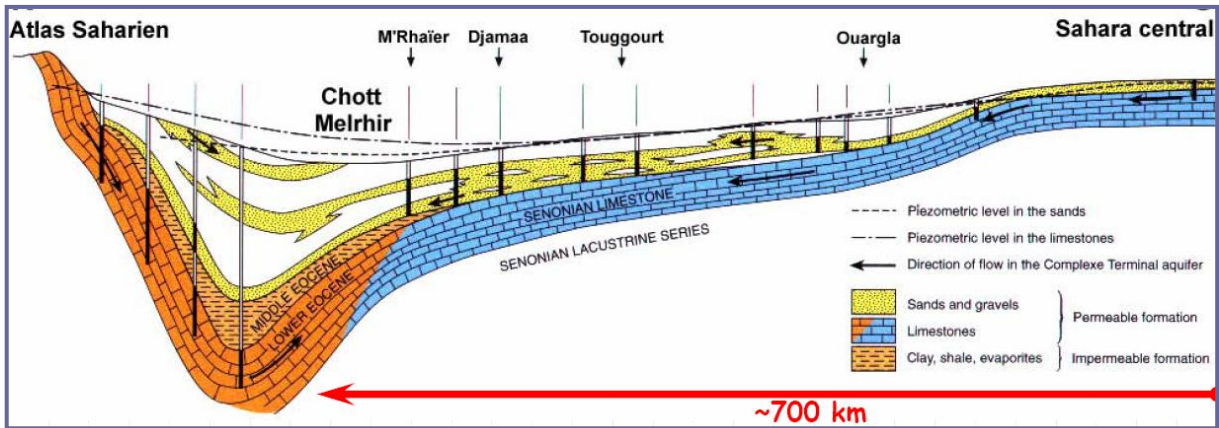


Fig. III.4 : Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972)

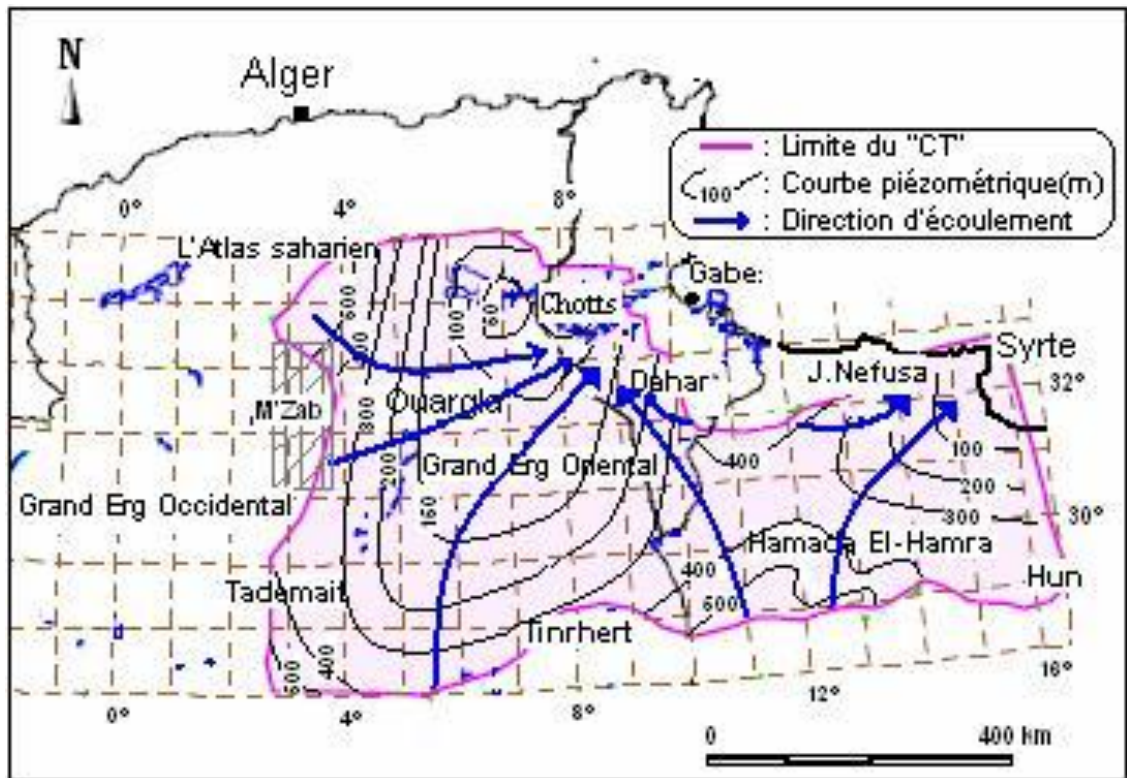


Fig. III.5 : Carte piézométrique de référence du CT (OSS, 2003)

Conclusion

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) regroupe deux énormes réservoirs d'eaux souterraines ; le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). Ce dernier s'étale sur une surface de 350 000 km² et couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, sa puissance moyenne est de 300 m environ.

La recharge actuelle de cette nappe peut se réaliser lorsque certaines conditions climatiques (des précipitations exceptionnelles), topographiques (relief favorisant le ruissellement des oueds) et géologiques (affleurements perméables) se réunissent.

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les étapes de notre travail commençant par la collecte et le traitement des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux effectués par l'ANRH sur 48 points d'eau échantillonnés des forages mio-pliocènes (nappe des sables) (2013) le long de la zone d'étude et suivant le sens d'écoulement des eaux de cette nappe (Djamaa, Mghaier, Oum tiour et Stil). Des programmes informatiques (logiciels) vont être employés pour modélisations: graphique, statistique et géochimique, des paramètres physicochimiques dans le but de ressortir le maximum possible d'informations et de renseignements.

IV.1- Emplacement des points d'eau échantillonnés:

Les données de quarante huit (48) échantillons d'eau (Figure IV.1) de la nappe des sables du Mio-Pliocène de la basse vallée de l'Oued Righ ont été collectées à partir des inventaires établis par l'ANRH, ensuite, vérifiés par le logiciel Diagramme. L'emplacement des points couvre une étendue d'environ de 110 Km de long et 80 Km de large.

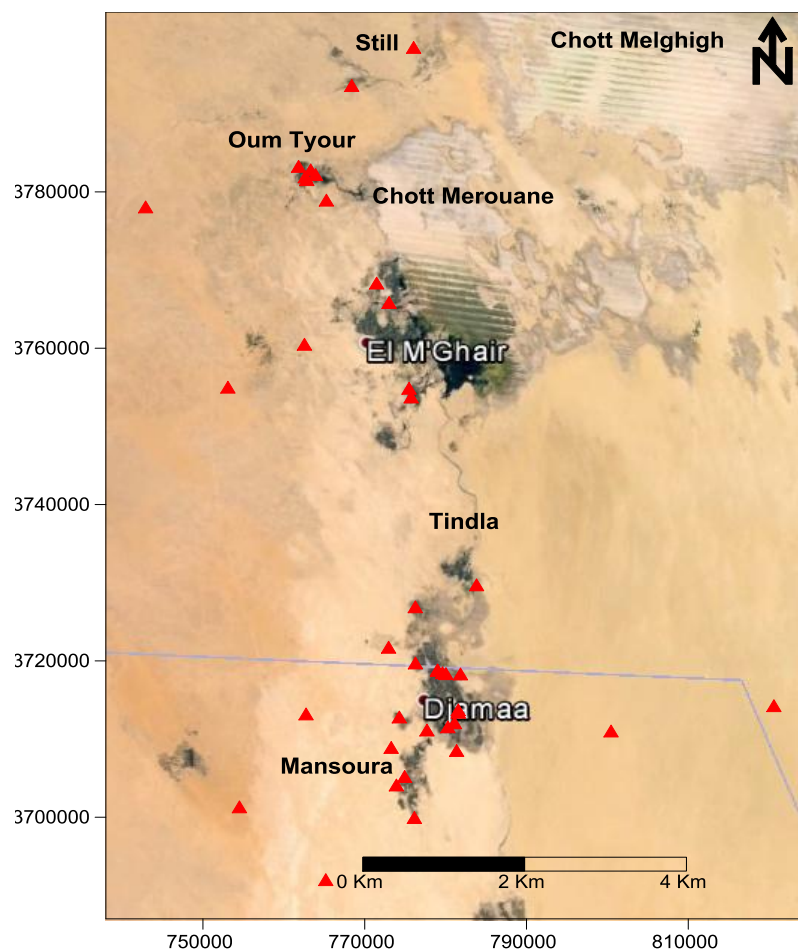


Figure IV.1 : Carte des emplacements des points d'eau échantillonnés

IV 2- Outil informatique:

IV.2.1- Statistica.v6.1

Nous nous sommes servis de ce logiciel afin de déterminer les paramètres statistiques de nos données physicochimiques. Il s'agit de coefficient de corrélation, les valeurs max, min, ainsi que l'écart type. Une méthode de classification hiérarchique ascendante (CHA), a été réalisée par ce programme qui consiste à classer "**p**" variables, "**n**" observations, par construction d'une matrice de distances entre les variables et les observations. On définit ensuite une règle de calcul de distances entre les groupements disjoints de variables ou d'observations. Les deux groupements dont la distance est la plus faible (selon ce critère) se réunissent et on réitère le processus jusqu'au regroupement complet de classes (Saporta, 1990 in Nezli, 2009). On peut représenter la classification ascendante hiérarchique par un dendrogramme ou arbre de classification

IV.2.2- Diagramme 5.1

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.2.3- 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.

Conclusion

Afin de concrétiser une étude se rapportant à l'hydrogéochimie de l'aquifère du Mio-Pliocène de la région de l'Oued Righ, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages d'eau ayant une bonne répartition significative dans toute la région, Des programmes informatiques ont été utilisés pour représenter les paramètres sus-indiqués et en tirer des renseignements particuliers.

V.1- Introduction

Selon les études antérieures (Guendouz et al, 2003 ; Bouchahem et al, 2008 ; Nezli et al, 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 d'étude, est comprise entre 23° et 25°C, ces variations ne sont pas contrôlées par la profondeur, mais plutôt par la température de l'air et les saisons.

Les eaux sont alcalines bicarbonatées (pH < 8,3), très dures, et affichent des minéralisations excessives, exprimées par des conductivités électriques oscillant entre 3000 et 9000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, et allant jusqu'à 9000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ dans les cas les plus exceptionnels, la minéralisation augmente du Sud vers le Nord selon la direction d'écoulement. De telles minéralisations sont dues principalement à la richesse de la lithologie des formations par les évaporites (Halite, Gypse, etc...).

Une augmentation homologue des concentrations en Cl^- , Na^+ , SO_4^{2-} , Ca^{+2} , et d'un de grée moindre de Mg^+ et K^+ , les concentrations en bicarbonates HCO_3^- restent relativement constantes du fait de la saturation des eaux en minéraux carbonatés.

Dans le présent chapitre notre intérêt se focalise sur l'interprétation des résultats obtenus en utilisant des approches diverses ; modélisation statistique, géochimique

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

V.2.1- Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau en mesurant la concentration des ions H^+ , il varie selon une échelle de 0 à 14, alors que 7 est le pH de neutralité. Les valeurs de pH mesurées (Tableau V.1) paraissent proches de la neutralité à légèrement alcalins dans toutes les régions avec de faibles écarts types.

Tableau V.1 : Variations du pH

Max	7,89
Min	7,76
Moyenne	7,39

V.2.2- La température (°C)

La température des eaux est variable selon différents facteurs; il s'agit essentiellement de la température extérieure (air), les saisons, la nature géologique des aquifères et également de la profondeur des eaux (gradient thermique).

Les températures (Tableau V.2) dépassent légèrement celles recommandées par l'OMS (15°C-30°C), et ne présentent pas de grandes variations

Tableau V.2 : Variations de la température

Max	30,9
Min	15,9
Moyenne	23,1

V.2.3 - La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

La conductivité électrique donne une idée sur la minéralisation totale d'une eau (sels minéraux). Elle se mesure à une température des eaux entre 20° à 25° C, elle augmente avec la température et s'exprime en $\mu\text{S}\cdot\text{Cm}^{-1}$.

Les conductivités (Tableau V.3) des eaux n'est dépassent pas les normes ($>1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) de potabilité de l'OMS (normes mises à jour en 2006), voir à $5299 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ selon les cas d'étude.

Tableau V.3 : Variations des conductivités électriques

Max	9600
Min	3640
Moyenne	5299,125

V.2.4- Les sulfates SO_4^{2-} (mg/l)

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



Les concentrations des sulfates observées (Tableau V.4) dépassent les normes (500 mg/l), elles atteignent des concentrations très fortes (3125 mg/l) et présentent une augmentation nette le long du sens d'écoulement des eaux de la nappe.

Tableau V.4 : Variations des concentrations des sulfates

Max	3125
Min	252,15
Moyenne	1244

V.2.5 - Les chlorures Cl⁻ (mg/l)

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



Cet élément présente des concentrations très élevées (> 3400 mg/l), son augmentation est nettement remarquable le long du sens d'écoulement des eaux (Tableau V.5).

Tableau V.5 : Variations des concentrations des chlorures

Max	3400
Min	380
Moyenne	1314,0325

V.2.6 - Les bicarbonates HCO₃⁻ (mg/l)

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 :



Les bicarbonates dans les eaux dans la région d'étude présentent des teneurs dépassant les normes de potabilité (30 mg/l), voir une moyenne de 148 mg/l.

Tableau V.6 : Variations des concentrations des bicarbonates

Max	286,7
Min	1,2
Moyenne	148,35106

V.2.7- Les nitrates NO₃⁻ (mg/l)

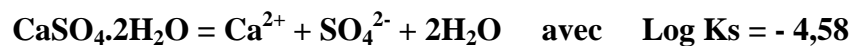
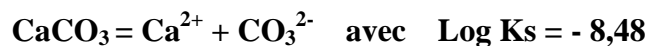
Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l’azote, et c’est la forme la plus soluble de ce dernier. Les teneurs en nitrates observées (Tableau 7), sont relativement moyennes, quelques fois, elles n’est dépassent pasles normes (50 mg/l) ce qui laissent penser à l’infiltration de l’azote végétal à partir des zones d’infiltrations des eaux d’irrigation

Tableau V.7 : Variations des concentrations des nitrates

Max	50
Min	2,989
Moyenne	19,1482

V.2.8- Le calcium Ca²⁺ (mg/l)

La présence des ions Ca²⁺ dans les eaux est liée principalement à la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃) ainsi que les formations gypseuses (CaSO₄) selon les équations suivantes :



Les eaux (Tableau 8) présentent des teneurs supérieures à 200 mg/l. voir des teneures extrêmes (> 402 mg/l).

Tableau V.8 : Variations des concentrations du calcium

Max	707
Min	200
Moyenne	402,98279

V.2.9- Le magnésium Mg²⁺ (mg/l)

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



Les concentrations moyennes observées (Tableau 9), sont proches des valeurs naturelles, cet

élément présente une augmentation remarquable en fonction du sens d'écoulement des eaux de la nappe.

Tableau V.9 : Variations des concentrations du magnésium

Max	627,2
Min	48,6
Moyenne	216,78127

V.2.10- Le sodium Na⁺ (mg/l)

L'existence de cet élément est liée, essentiellement, à la dissolution de la Halite. En effet, le sodium, de même que pour les chlorures, avec des valeurs maximales de plus de 1950 mg/l. Cet élément lui aussi présente une évolution remarquable.

Tableau V.10 : Variations des concentrations du sodium

Max	1950
Min	200
Moyenne	646,069

V.2.11 - Le potassium K⁺ (mg/l)

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



Les teneurs en potassium observées dans les eaux (Tableau 10) dévoilent des valeurs relativement élevées, en dépassant les normes (33 mg/l).

Tableau V.11 : Variations des concentrations du potassium

Max	87,5
Min	20
Moyenne	33,0813

V. 3- Analyse statistique des paramètres physiques et éléments chimiques

Cette analyse concerne caractérisée le chimisme des eaux dans la région d'étude. Nous allons utiliser l'approche statistique qui consiste à l'analyse de données ceci a pour but de ressortir les caractéristiques principales des eaux et la détermination des associations physico-chimique, ainsi les groupes d'individus (forages) par la classification hiérarchique des eaux à l'aide des dendrogrammes.

V. 3.1- Corrélations entre les paramètres physico-chimiques

La matrice de corrélation a permis de calculer des coefficients de corrélation simple et la vérification de leur à !signification, L'examen de la matrice de corrélation entre variables, On remarque une dépendance étroite entre quelques paramètres (Ca, Mg, Na, SO₄, Cl). Cette relation se traduit par les coefficients de corrélation se rapprochant de "1".

Tableau V.12 : Matrice de corrélation des éléments chimique des variables (éléments chimiques)

	Ph	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SO ₄ ²⁻	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ₂₊	Mg ₂₊	Na ₊	K ₊
pH	1,00	-0,18	0,42	0,05	-0,16	0,04	-0,17	0,19	0,39	-0,13
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-0,18	1,00	0,34	0,53	-0,06	-0,09	0,60	0,40	0,32	0,12
SO ₄ ²⁻	0,42	0,34	1,00	0,60	-0,15	-0,21	0,41	0,68	0,91	0,28
Cl ⁻	0,05	0,53	0,60	1,00	-0,12	-0,23	0,57	0,91	0,76	0,55
HCO ₃ ⁻	-0,16	-0,06	-0,15	-0,12	1,00	-0,01	-0,52	0,12	-0,03	0,34
NO ₃ ⁻	0,04	-0,09	-0,21	-0,23	-0,01	1,00	-0,10	-0,15	-0,22	-0,48
Ca ²⁺	-0,17	0,60	0,41	0,57	-0,52	-0,10	1,00	0,37	0,27	0,04
Mg ²⁺	0,19	0,40	0,68	0,91	0,12	-0,15	0,37	1,00	0,81	0,58
Na ⁺	0,39	0,32	0,91	0,76	-0,03	-0,22	0,27	0,81	1,00	0,46
K ⁺	-0,13	0,12	0,28	0,55	0,34	-0,48	0,04	0,58	0,46	1,00

V. 3.2- Classification des variables (éléments chimiques)

La classification hiérarchique des variables a montre tout d'abord la participation de tous les paramètres mesurés à la conductivité mais à des degrés varié d'un variable a l'autre.

On remarque, par ailleurs, le regroupement des paramètres mesurés en deux tendances:

- Un premier groupe représentant une étroite liaison entre le sodium et les chlorures qui sont liés à leur tour par les sulfates bien corrélés (groupe des évaporites) (Tableau V.12).
- Un deuxième groupe représente une dépendance entre calcium et magnésium qui sont tous deux en relation étroite avec les bicarbonates (groupe des carbonates).
- Un troisième groupe représentant une liaison entre les nitrates et le potassium, c'est une famille qu'on peut appeler la famille des polluants

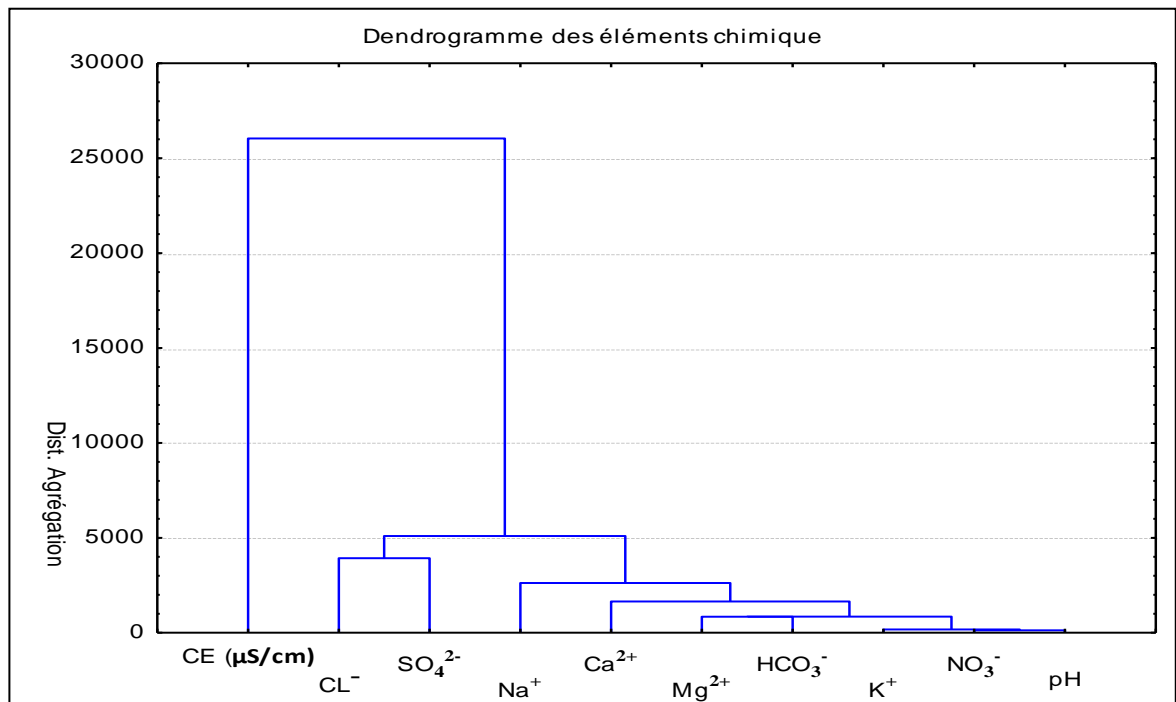


Figure V.1: Classification ascendante hiérarchique (C.A.H) des variables (éléments chimiques

V.3.3- Classification des observations (forages par régions)

Le dendrogramme des observations. Le choix des classes est basé sur la matrice de proximité (Distance euclidienne) en regroupant des différentes classes selon la variabilité des observations. Ce qui correspond dans notre cas à l'importance de la minéralisation.

Le principe est basé sur la classification des observations autour d'un centre de gravité pour chaque variable dans chaque classe. Le traitement statistique des observations par la méthode citée fait ressortir quatre classes, elles se regroupent selon la lithologie (Figure V.2).

La première classe regroupe les forages où les eaux sont caractérisées par de fortes conductivités et donc de fortes minéralisations, du fait de leur forte salinité.

La deuxième classe est celle des eaux à dominance des minéraux évaporitiques, du fait de la richesse de la lithologie dans notre région en formations évaporitiques (gypse, anhydrite, halite ... etc).

La troisième classe qui représente une minorité des forages, se caractérise par des eaux où les carbonates présentent un facteur en commun, ceci peut être expliqué par la contribution des minéraux carbonatés à l'enrichissement des eaux. Une autre explication peut être lancée aussi, c'est un apport supplémentaire de ces éléments en provenance de la nappe du Sénonien carbonaté sous-jacente

La quatrième et la dernière classe englobe des forages où les éléments de pollution se rapprochent du fait de la présence des zones agricoles.

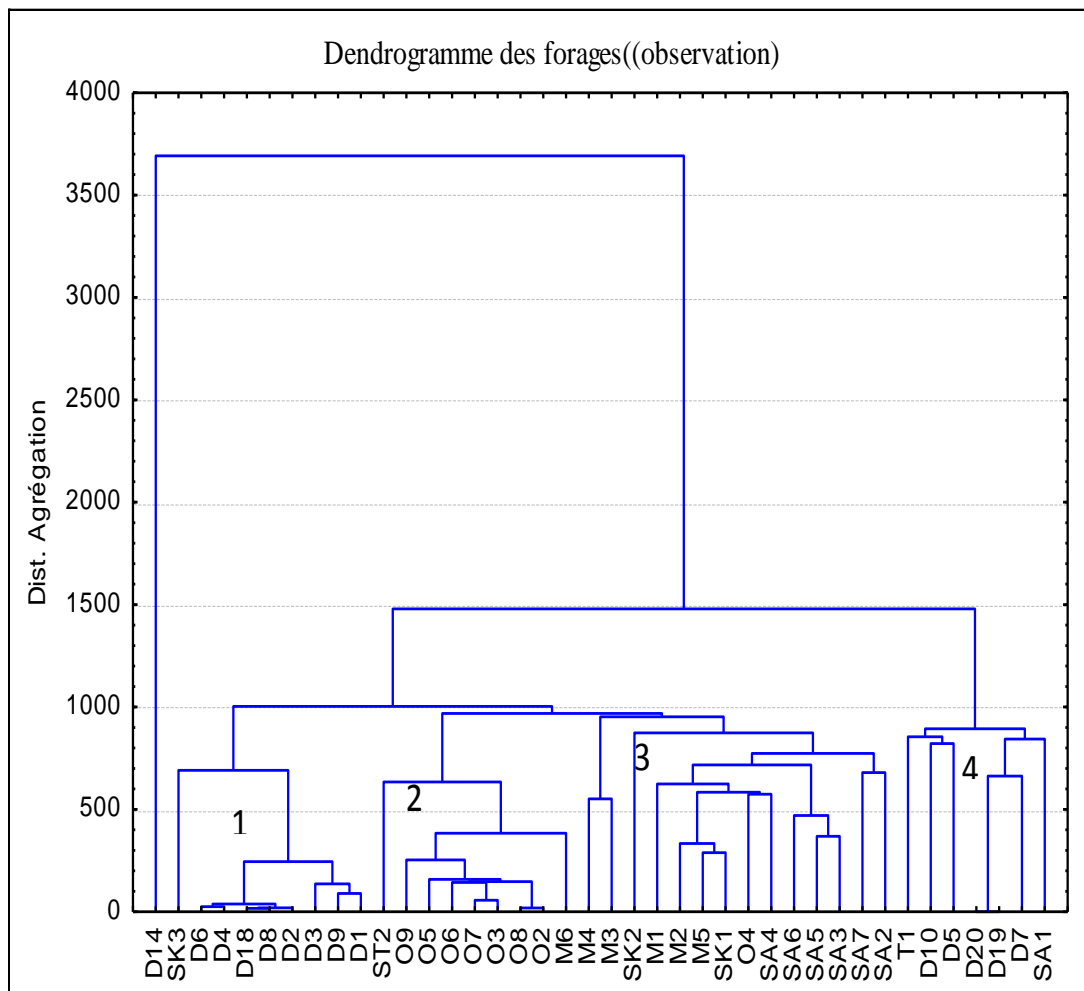


Figure V.2 : Classification ascendante hiérarchique (C.A.H) des observations (forages)
V.4- Hydrochimie et évolution géochimique des eaux :

V.4.1- Les paramètres physiques (CE, pH et T°) :

Les valeurs de la conductivité électrique montrent de fortes amplitudes et s'avèrent caractéristiques des eaux de la nappe du Mio-Pliocène, au niveau de la région de d'étude, les valeurs dépassent les normes de potabilité (de 3030 à 6200 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Les valeurs du pH et de la température restent proches des normes et aucun forage ne montre des anomalies

V.4.2 -Les anions majeurs

Les anions majeurs montrent un excès par rapport aux normes (Figure V.3), pour les sulfates, l'augmentation des concentrations le long des sens d'écoulement des eaux est nettement remarquable, avec quelques valeurs extrêmes pour les points D2 et D10, par rapport à la moyenne des autres forages.

Pour les chlorures, on a enregistré des concentrations élevées au début avec une augmentation des teneurs, mais, vers les zones d'exutoire de la nappe, les concentrations en cet élément présentent une diminution remarquable, et pour expliquer ce phénomène, deux hypothèses peuvent être lancées dans ce sens, la première met en cause de cette chute le fait que la nappe concernée reçoit des apports importants en eaux douces peu minéralisées de provenance des précipitations sur le bassin versant sud de l'atlas saharien (recharge et dilution). La deuxième hypothèse est la plus acceptable, atteste que la cause de ce phénomène est tout simplement la participation de cet élément chimique à des phases de précipitations de minéraux évaporitiques, en l'occurrence, l'halite.

Les concentrations en bicarbonates sont également au-delà des normes pour la majorité des échantillons, (>30 mg/l), mais, pour quelques points, des concentrations faibles en cet élément ont été enregistrées (1,2 mg/l), l'évolution générale du comportement de cet élément dans les eaux reste presque constantes et ne présentent pas de variations remarquable.

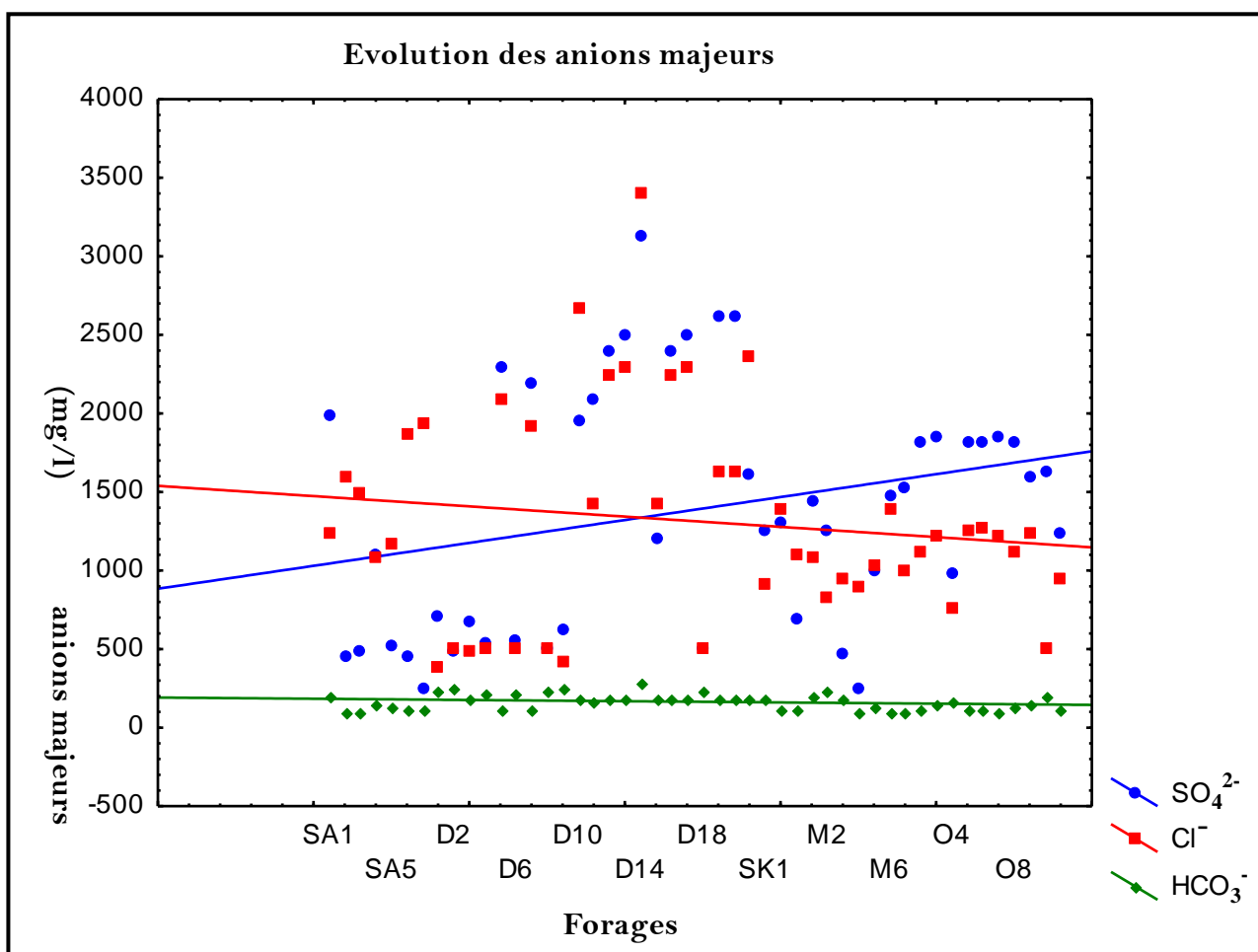


Figure V.3 : Evolution des anions majeurs

V.4. 3- Les cations majeurs

Pour les cations majeurs, la dominance du sodium est nette, les valeurs enregistrées (Figure 4) montrent des concentrations élevées, parfois extrêmes (> 2000 mg/l) au niveau du points D14 (Djamaa), cet élément évolue également le long du sens d'écoulement des eaux, et simultanément aux chlorures dont il présente les même phénomène enregistré, la participation du sodium dans des phases de précipitation de l'halite est fortement possible.

Les teneurs en calcium montrent une évolution remarquable et des concentrations élevées et dépassant les normes de potabilité (100 mg/l), même chose pour le magnésium, mais d'un degré moindre soit en matière des concentrations ou de la vitesse d'évolution.

Contrairement, les teneurs en potassium paraissent au-delà des normes (12 mg/l), mais sans présenter de remarquable évolution.

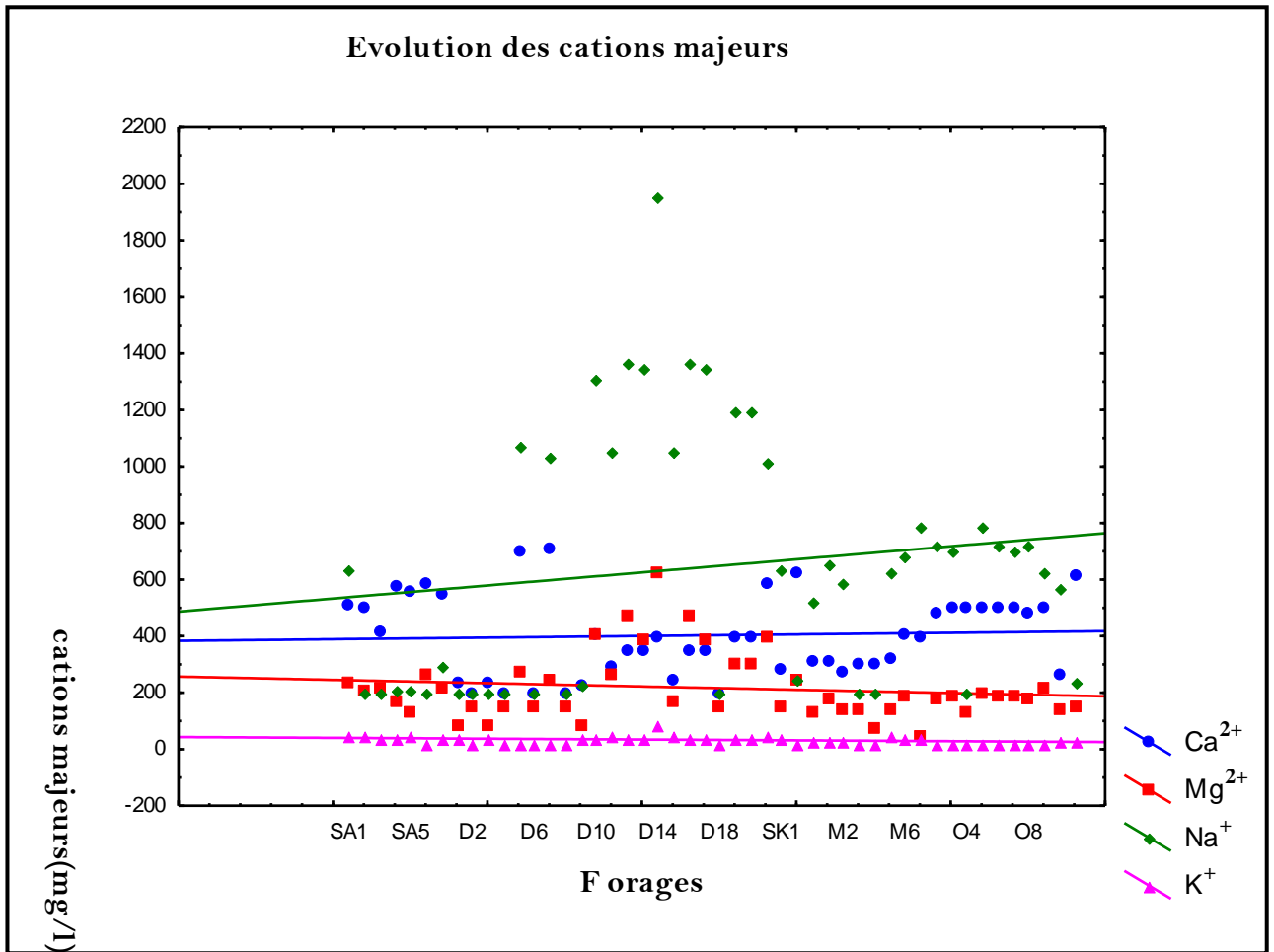


Figure V.4 : Evolution des cations majeurs

V.5- Faciès chimiques des eaux

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite). La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée.

Selon le diagramme de Piper (Figure V.5), le faciès chimique des eaux du Mio-Pliocène de notre région d'étude est sulfaté sodique et calcique.

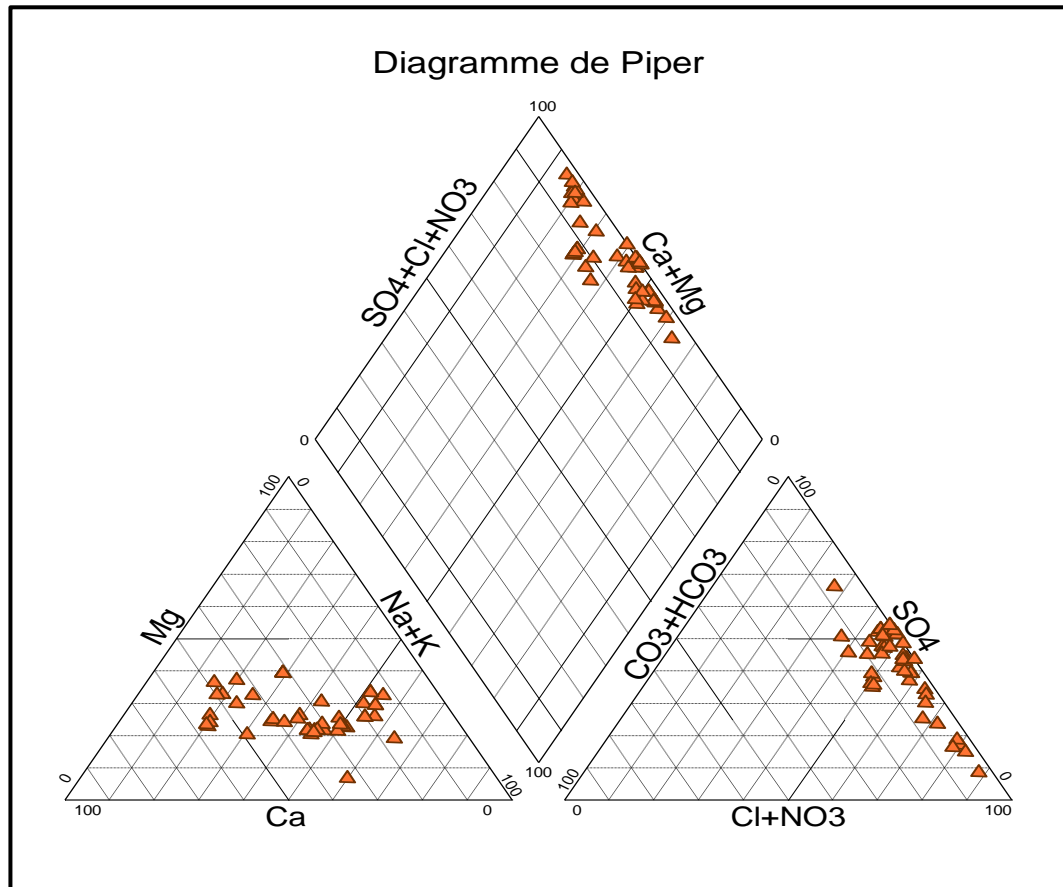


Figure V.5 : Faciès chimiques des eaux du Mio-Pliocène du Oud Righ

Pour classer chimiquement les eaux, on fait recours à plusieurs formules, la plus simple est celle de STABLER, elle consiste à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale de l'eau.

On classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant, on obtient les différents faciès chimiques des eaux étudiées.

Étant donné que la lithologie de leurs niveaux aquifères est riche en éléments évaporitiques (Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , et Ca^{2+}), les eaux souterraines du Sahara se trouvent dominées, exclusivement, par les faciès chlorurés et/ou sulfatés : ($r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r\text{HCO}_3$ et/ou $r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r\text{HCO}_3$), quand aux anions. Alors que pour les cations, il n'y a pas de cation dominant. Divers processus hydrogéochimiques peuvent intervenir, pour rendre les eaux, tantôt sodiques, tantôt calciques et parfois magnésiennes, en modifiant ainsi le faciès chimique des eaux dans une même nappe.

La prédominance des cations Na^+ vis-à-vis de Ca^{2+} et Mg^{2+} , ainsi que l'abondance des anions Cl^- et SO_4^{2-} , nous permettent d'établir des diagrammes binaires par les rapports caractéristiques $\text{Na}^+ /$

Ca^{2+} versus $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ (Figure V.6, 7 et 8), puis $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ versus $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ pour expliquer l'évolution des faciès géochimiques rencontrés dans le diagramme de Piper.

Le rapport SO_4/Cl (Figure V.6, Figure V.7 et Figure V.8) montrant des valeurs supérieures à 1, indique un enrichissement en ion sulfate, par contre, si ce rapport est inférieur à 1, cela indique un enrichissement en ion chlore, alors que le rapport Na/Ca (Figure V.6) montrant des valeurs supérieures à 1, indique un enrichissement en sodium, ou inférieur à 1, indique un enrichissement en calcium.

Pour la plupart des échantillons de notre zone, le faciès dominant est celui sulfaté, ce qui traduit l'influence de la matrice gypse sur la matrice halite. Cependant, le rapport Na/Ca est également, supérieur à 1 dans la plupart des points d'eau échantillonnés, indiquant l'influence de la matrice halite sur la matrice calcaire, même chose pour le rapport Na/Mg (Figure V.7), où le sodium est l'élément dominant, alors que pour le rapport Mg/Ca (Figure V.8), la plupart des points montrent un excès remarquable en calcium par rapport au magnésium, ce qui indique un enrichissement des eaux en cet élément, la probabilité d'avoir un échange de base du calcium contre le magnésium est fortement possible à savoir la richesse de la lithologie de l'aquifère dans cette région en argiles (HOUARI, 2012).

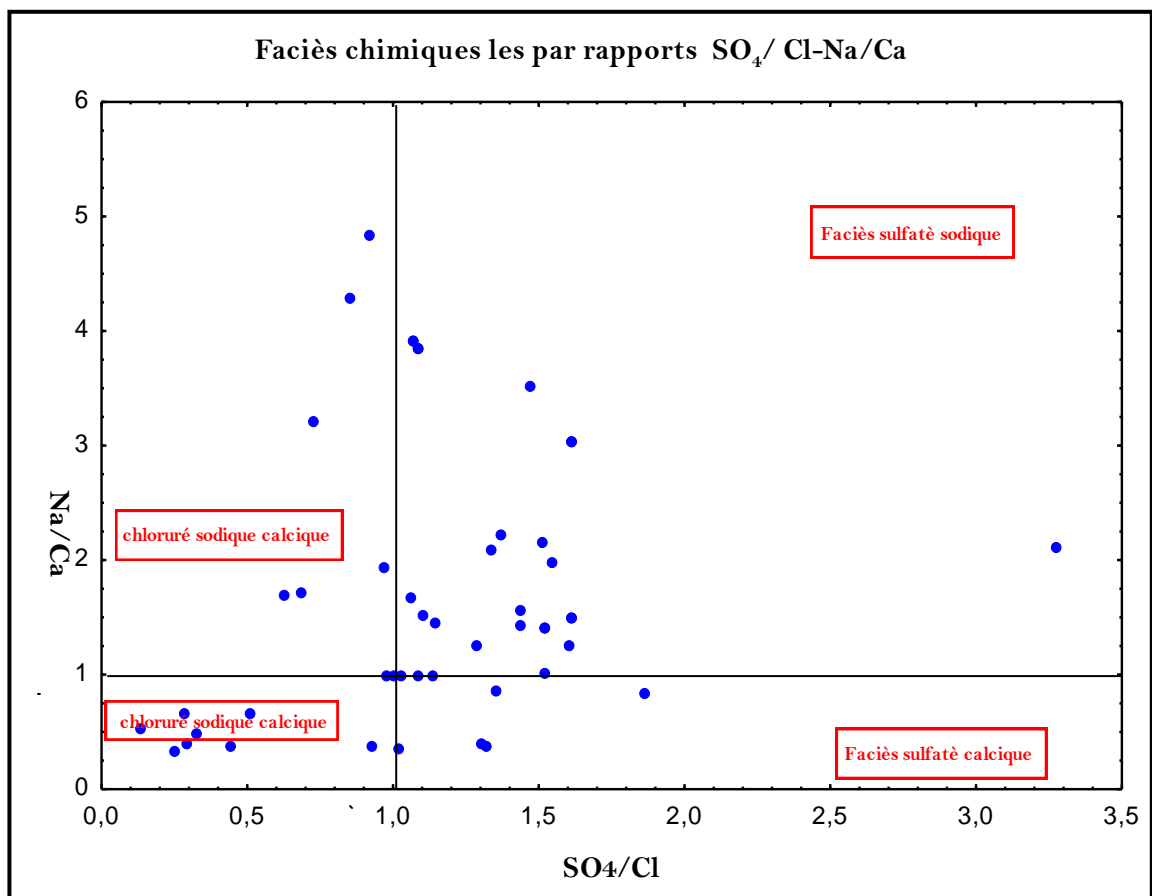


Figure V.6 : La relation Na/Ca vs SO_4/Cl

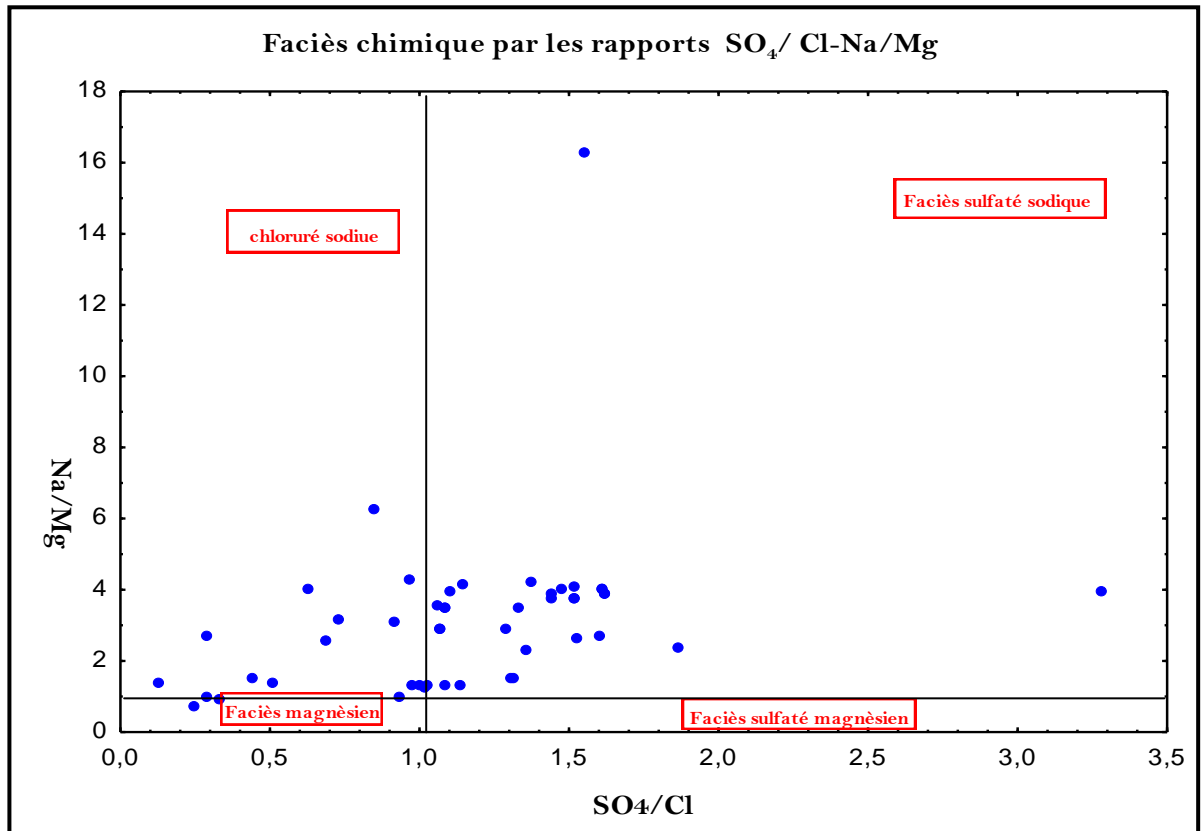


Figure V.7 : La relation Na/Mg vs SO_4/Cl

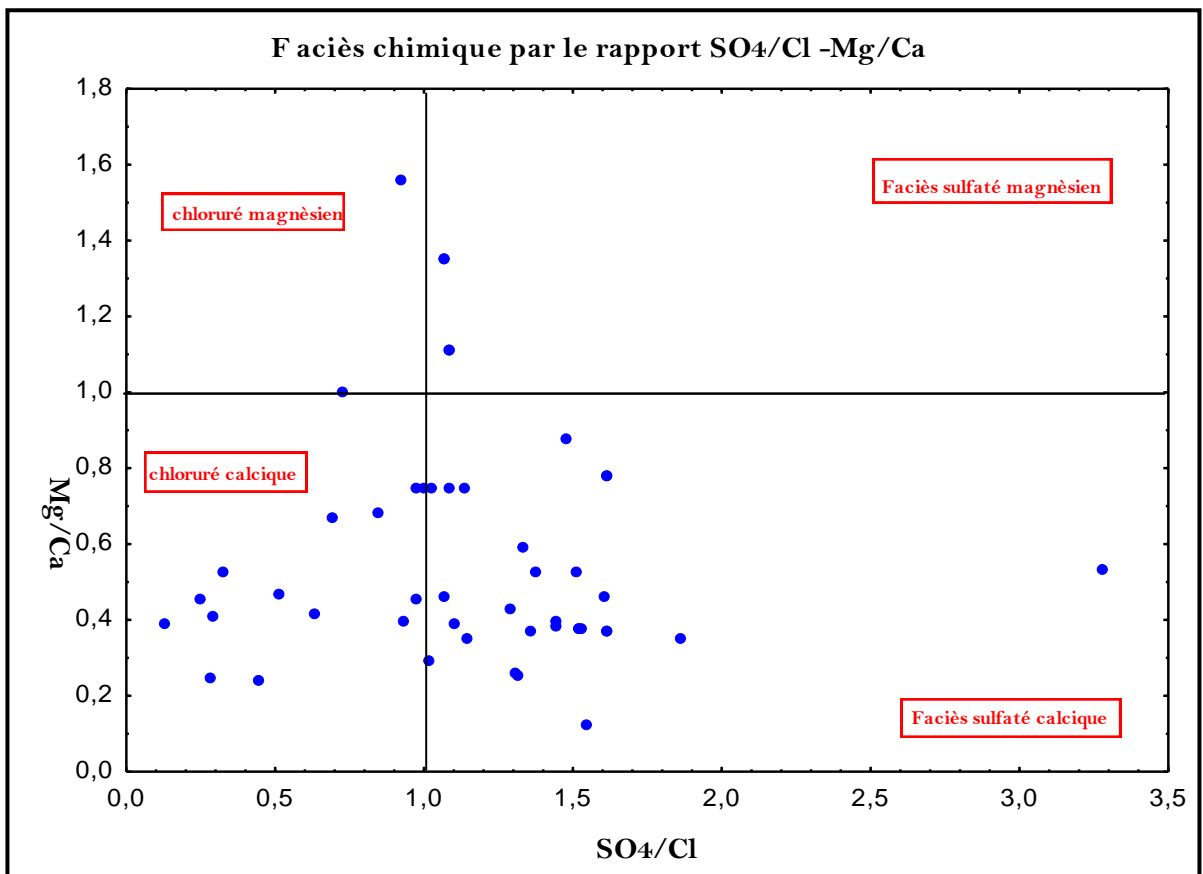


Figure V.8 : La relation Mg/Ca vs SO_4/Cl

V.6- Origine des éléments chimiques:

V.6.1- Origine des chlorures et du sodium:

Le graphique (Figure V.10) montre un alignement parfait des points de la famille 1. Le sodium et les chlorures doivent avoir la même origine, en l'occurrence, la dissolution de la halite qui reste le sel principal qui génère le sodium et les chlorures dans les eaux étudiées. Alors que, le nuage de points dans la famille 2 montre un comportement différent, où on constate la stabilité des concentrations en sodium (chute), à cause de la participation de cet élément à la précipitation de l'halite au niveau des zones des chott (Merouane et Melghigh).

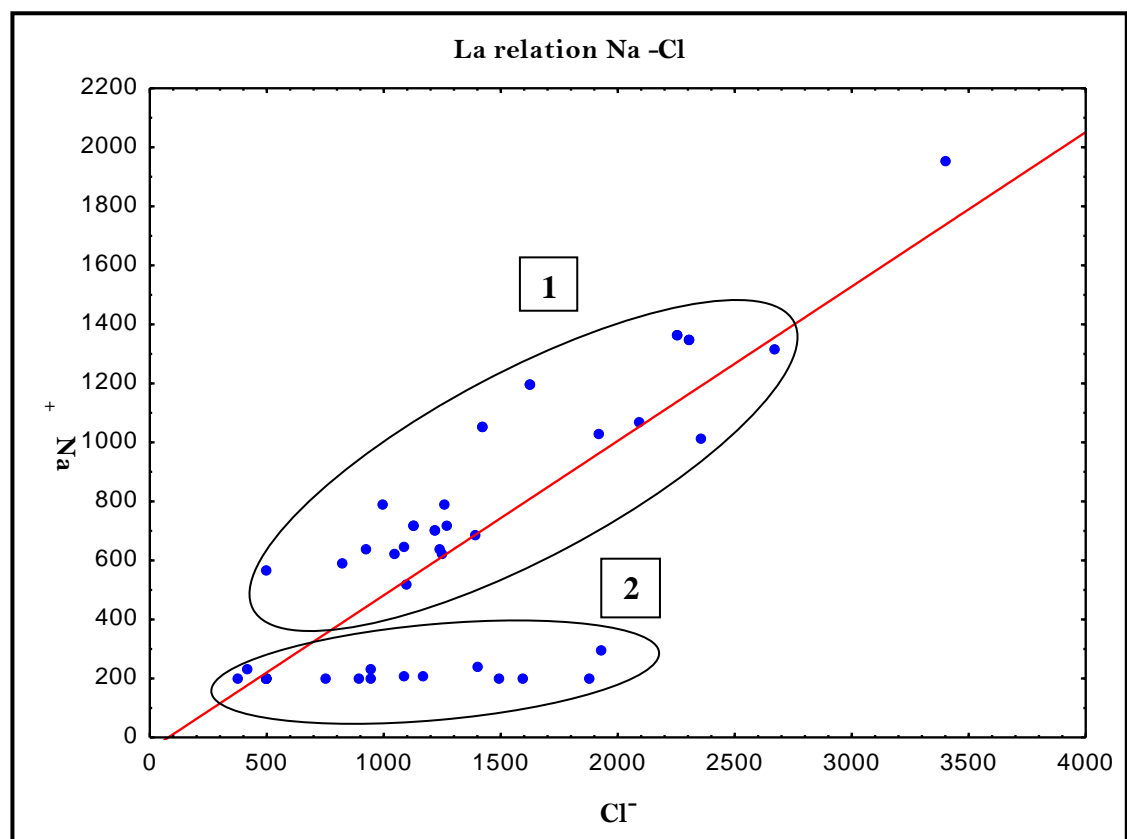


Figure V.9 : La relation Na vs Cl

V.6.2- Origine des sulfates, du magnésium et du calcium

Pour les sulfates, les roches évaporitiques (gypse, anhydrite, epsomite ... etc.) sont, sans doute, à l'origine de cet élément dans les eaux de notre région d'étude, mais pour le magnésium, les carbonates contribuent aussi à son enrichissement dans les eaux.

L'origine du calcium est en majorité, la dissolution des roches gypseuses par simple lessivage, ou des roches calcaires par l'attaque par le CO₂ dissous (acide carbonique). Dans l'eau, il peut être

échangé, sous certaines conditions, contre le sodium des roches traversées (argile). Une substitution entre magnésium et calcium dans les eaux est aussi possible. (Schoeller, 1963). Il participe aux phases de précipitations avec les bicarbonates dans l'aragonite et la calcite.

Les graphiques dans les figures **V.10**, **11**, **12**, montrent et prouvent les relations possibles entre éléments et leur évolution parallèle, le Ca et Mg présentent un comportement plus régulier avec les sulfates SO_4 que les bicarbonates, ce qui appuis l'hypothèse de la même origine et évolution de ces derniers avec les sulfates.

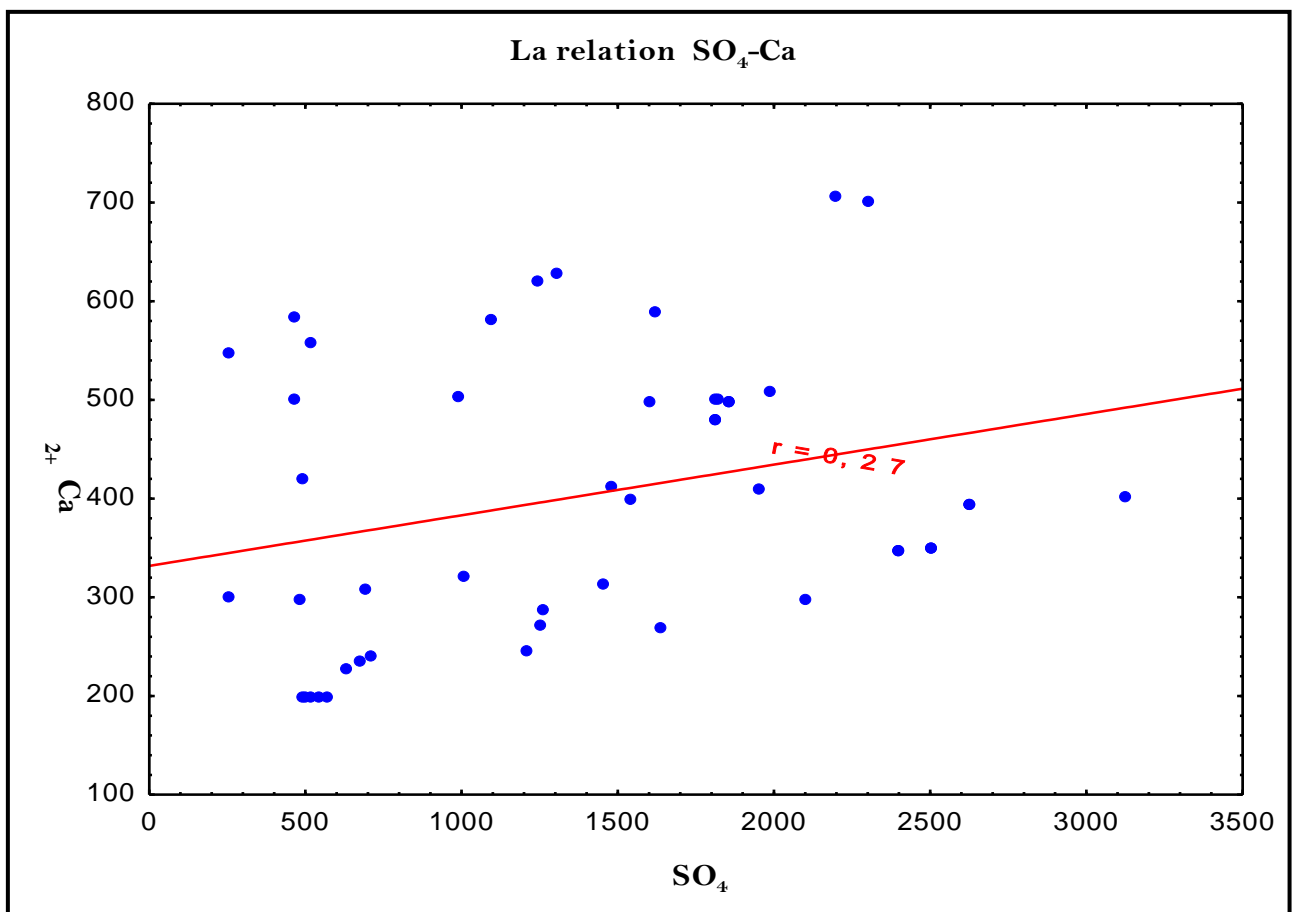


Figure V.10 : La relation Ca vs SO_4

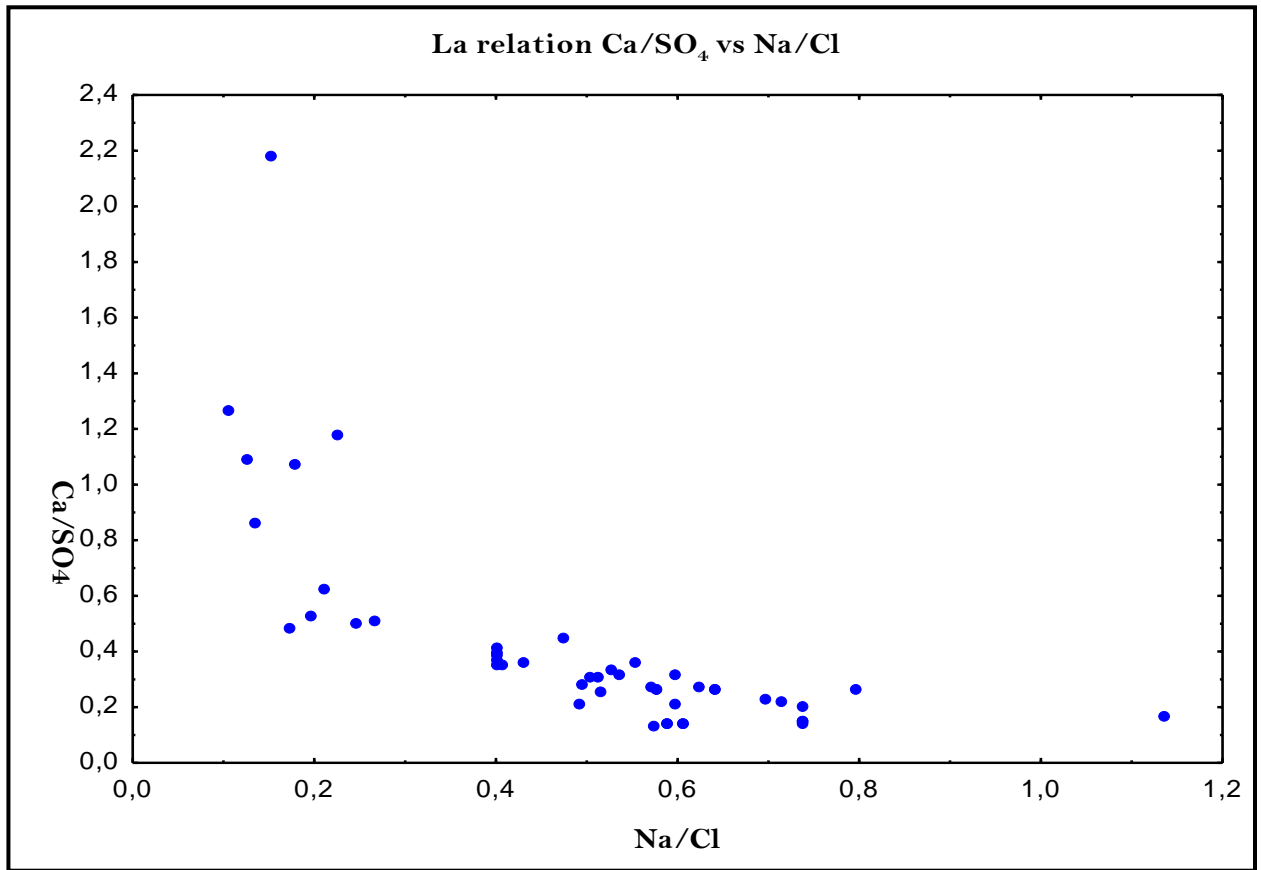


Figure V.11 : La relation Ca vs SO₄

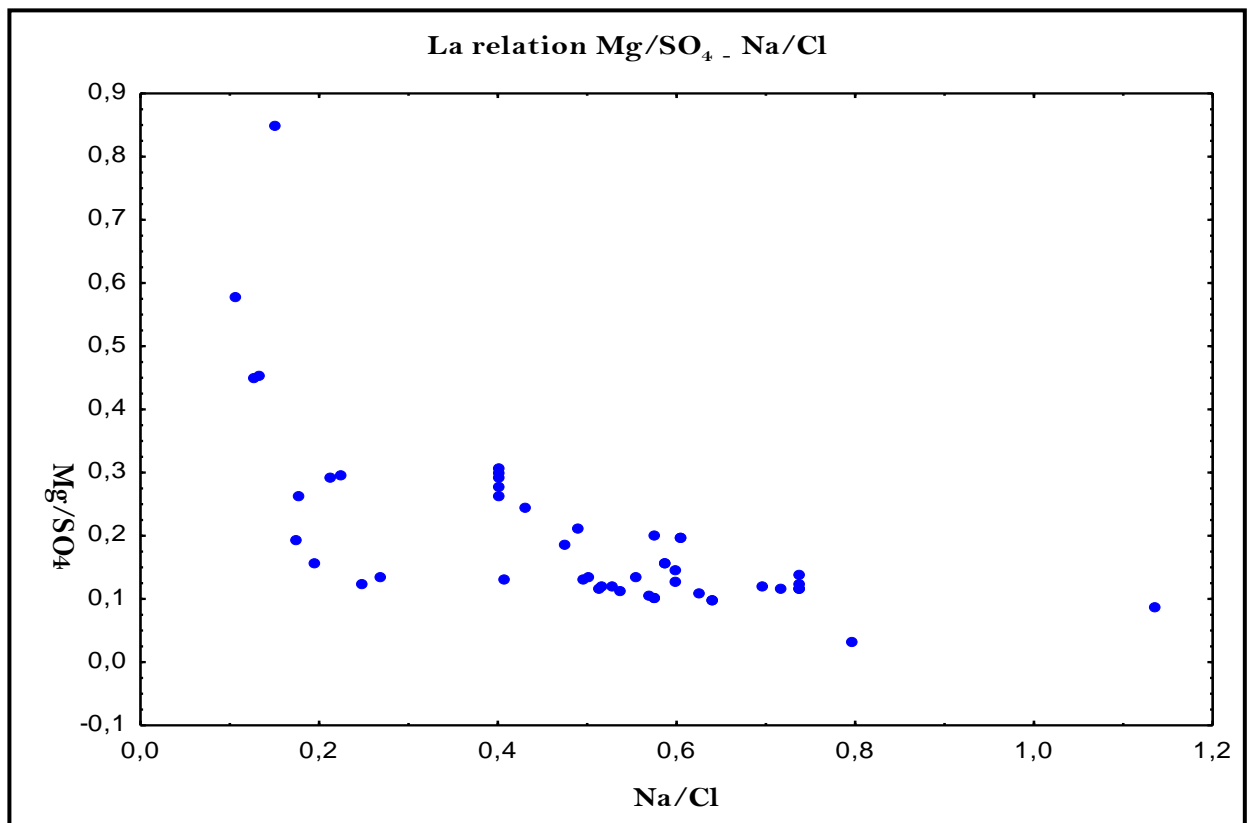


Figure V.12 : La relation Mg vs SO₄

V.6. 3- Origine du potassium et des bicarbonates

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 du type (NPK).

Pour les bicarbonates, et par leur faible vitesse d'évolution dans les eaux, on peut confirmer que leur origine est due essentiellement aux formations carbonatées ayant de faibles degrés de solubilité.

V.7- Conclusion

Les eaux du Mio-Pliocène dans la basse vallée de l'Oued Righ (Djamma, Meghaier, Oum tiour et Still), sont en contact avec une lithologie riche en évaporites, révèlent une minéralisation excessive, exprimée par des valeurs de conductivité électrique très élevées, oscillant dans la plupart des cas, entre 3640 et 9600 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, ces valeurs augmentent de l'anion vers l'aval. Des teneurs notables et variables en éléments minéraux ont été observées. En effet, les concentrations en sodium, en chlorure, en calcium et en sulfate sont bien corrélées. La participation des ions évaporitiques dans la minéralisation totale des eaux résulterait d'une éventuelle dissolution de l'halite et du gypse et de l'anhydrite, et du fait de la richesse de l'aquifère de cette région en formations argileuses, le phénomène d'échanges de base peut se mettre en place pour les élément Ca, Mg et Na.

Conclusion générale

La basse vallée de l'Oued Righ représente la partie Nord du Sahara septentrional algérien, à 500 Km de la capitale Alger. Cette région renferme d'énormes quantités en eaux souterraines, elle est caractérisée par un climat désertique hyper aride avec des températures extrêmes en été (plus de 50 °C) et des précipitations faibles.

Géologiquement, notre région est composée de deux unités structurales ; le socle précambrien composé de roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire, géostructuralement, le Mio-Pliocène qui fait l'objet de notre étude, n'est pas affecté par des accidents tectoniques à l'instar du reste de la série sédimentaire sous-jacente du Sahara septentrional, la lithologie y est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, avec quelquefois des carbonates.

Sur le plan hydrogéologique, la région de l'Oued Righ renferme deux systèmes aquifères séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporitiques, le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT), ce dernier s'étale sur une surface de 350 000 km² et couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m environ.

Les eaux de la nappe du Mio-Pliocène de notre zone d'étude sont en contact avec une lithologie riche en évaporites, révèlent une forte minéralisation exprimées par des valeurs de conductivité électrique très élevées (9600 µS.cm-1), qui augmentent de l'amont vers l'aval, les concentrations en éléments chimiques dépassent les normes de l'OMS et augmentent également le long du sens d'écoulement des eaux. Le faciès chimique des eaux est sulfaté, c'est la matrice gypse qui gouverne et confère aux eaux ce faciès, la minéralisation donc est contrôlée par les formations évaporitiques qui génèrent le chimisme.

La chute des concentrations en quelques éléments chimiques tels que les chlorures et le sodium vers les exutoires de la nappe (zone des chott) était le sujet pour des hypothèses portant sur l'interprétation de ce phénomène ; la plus acceptable est celle de la participation de ces éléments à des phases de précipitation de minéraux évaporitiques (halite), avec une éventuelle recharge de la nappe par des apports de pluies, et des échanges de bases peuvent être favorisés du fait de l'abondance des formations argileuses au niveau de cet aquifère et dans ces zones.

Il est recommandé, dans le but d'appuyer l'étude et de prouver les hypothèses lancées pour interpréter les phénomènes rencontrés, d'effectuer des analyses approfondies sur les formations lithologiques afin de bien déterminer la composition minéralogique exacte, des études isotopiques sont également nécessaires pour prouver s'il y a vraiment une recharge de la nappe concernée par les eaux de pluies.

Références Bibliographique

- BEL F. & DERMAGNE F. (1966)** : Etude géologique du Continental Terminal, ANRH Alger, Algérie, 22p.
- BEL F. & CUCHE D. (1969)** : Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal, ERESS, Ouargla, Algérie, 20p.
- BOUCHAHEM N. et al (2008)** : Hydrochimie des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien – Identification d'un risque de fluorose endémique. LA HOUILLE BLANCHE 2008.
- BUSSON. G. (1970)** : Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 11, 811p. Ed. C.N.R.S.
- BUSSON G. (1972)** : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris, 464p.
- CRNA (1991)** : Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la Cuvette d'Ouargla. Rapport interne.
- (Castagny G., Margat J., 1977)
- CORNET A. (1964)** : Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. SNED, Alger Algérie, 572p.
; Cornet et Gouscov, 1952
- DUBIEF J. (1953)** : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. S.E.S., Alger, 457p.
- EDMUNDS W.M. et al (2002)** : Groundwater evolution in the Continental Intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: trace element and isotopic indicators. Applied Geochemistry, elsevier (2003).
- FABRE J. (1976)** : Introduction à la géologie du Sahara Algérien. SNED, Alger Algérie, 422p.
- GUENDOUZ A. et al (2003)** : Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara, Hydrogeology Journal (2003).
- GUENDOUZ A. (1985)** : Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara Nord-Est Septentrional (Algérie). Thèse 3^{ème} cycle. Université de Paris-Sud, 243p.
- Helal Fayçalet Ourihane Dalila, 2004** : Etude Hydrogéologique du Continentale Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Touggourt Aspet hydro-chimique et problèmes technique posés .Mémoire d'ingénieur . Université des sciences et la Technologie Houari Boumediens .

- Houari M. (2012).** Contribution a l'étude de l'évolution géochimique des eaux de la nappe du complexe terminal du Sahara septentrional. mémoire de majester , université de Ouargla.,85p.
- Khadraoui. A., 2007.** Sols et Hydraulique Agricole dans les Oasis Algériennes:Caractérisation - Contraintes et Propositions d'aménagement. 137p.
- KILIAN C. (1931) :** Les principaux complexes continentaux du Sahara. C.R. Soc. Géol. Fr. Paris
- MOULLA A.S et al (2002) :** Contribution des isotopes à l'étude des ressources en eaux souterraines transfrontalières en Algérie. Atelier international sur la gestion partagée des ressources des systèmes aquifères en Afrique. PHI, UNESCO, Tripoli, Libye, 02-04 juin 2002.
- MARGAT J. (1990) :** Les gisements d'eau souterraine. La Recherche, 596 p.
- NEZLI I. et al (2009) :** Presence and Origin of Fluoride in the Complex Terminal Water of Ouargla Basin (Northern Sahara of Algeria), American Journal of Applied Sciences (2009).
- OULD BABA SY M. (2005) :** Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, 261p.
- OSS (2003 a et b) :** Système Aquifère du Sahara Septentrional, Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie, 229p.
- PALLAS P.(1978):** Water resources of the socialist people's Libyan Arab Jamahiriya. Secretariat of dams and water resources. S.P.L.A.J., General Water Authority. Tripoli, Libya, 55p.
- UNESCO (1972) :** Projet ERESS; Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional, et rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris (1972).

ملخص يشمل الجزء السفلي من واد ريج كل من منطقة جامعة، المغير، ام طيور و سطيل وهو جزء من صحراء الشرقية ، حيث يحتوي على احتياطات مائية ضخمة ، متمثلة في المتداخل القاري و المركب النهائي. يهدف هذا العمل الى دراسة التطور الجيوكيميائي لمياه هذا الاخير من المنبع إلى المصب (من الحدود الشمالية لتقرت إلى المناطق الشطية)، والبحث عن العلاقة بين كيمياء المياه وطبيعة الخصائص الصخرية الجوفية باستعمال طريقة العلاقات المميزة. أظهرت النتائج المحصل عليها بأن ذوبان المعادن التبخرية هو المتحكم الرئيسي في التركيبة الكيميائية للمياه من خلال التراكيز العالية للسولفات، الكلورير والصوديوم والتي تتزايد على طول خط اتجاه جريان المياه، و استدعى الانخفاض في تركيز بعض العناصر الكيميائية مثل الكلوريد والصوديوم بالقرب من مناطق الشطوط البحث عن فرضيات قصد تفسير هذه الظاهرة. الفرضية الأكثر قبولا تتمثل في مشاركة هذه العناصر في ترسب بعض المعادن التبخرية (الهاليت)، مع امكانية تغذية الطبقة الجوفية بمياه الامطار، كما ان وفرة تشكيلات الطين في هذه الطبقة المائية الجوفية يمكن ان يساهم في حدوث ظاهرة التبادلات القاعدية في هذه المناطق.

الكلمات المفتاحية : واد ريج ، تطور جيوكيميائي، هيدروكيمياء، مركب نهائي ، المتبخرات، ترسب.

Résumé La partie basse de la vallée de l'Oued Righ se présente dans les localités de Djamaa, Mghaiar, Oum tiour et Still, cette région, et comme le tout du Sahara Est septentrional algérien, se repose sur d'énormes réserves d'eaux souterraines, représentées par les fameux Continental intercalaire et Complexe terminal, ce dernier est l'objet de notre travail, qui a pour objectif la description de l'évolution hydrogéochimique de ses eaux de l'amont vers l'aval (depuis les limites nord de Touggourt jusqu'aux zones des chotts), en recherchant la relation entre la composition chimique des eaux et la nature lithologique des formations aquifères traversées par la méthode de rapports caractéristiques. Les résultats obtenus montrent que le chimisme est gouverné essentiellement par la dissolution des formations évaporitiques qui confère aux eaux une minéralisation excessive, de fortes concentrations en sulfates, chlorures et en sodium qui évoluent le long du sens présumé d'écoulement des eaux. La chute des concentrations en quelques éléments chimiques tels que les chlorures et le sodium vers les exutoires de la nappe (zone des chott) était le sujet pour des hypothèses portant sur l'interprétation de ce phénomène ; la plus acceptable est celle de la participation de ces éléments à des phases de précipitation de minéraux évaporitiques (halite), avec une éventuelle recharge de la nappe par des apports de pluies, et des échanges de bases peuvent être favorisés du fait de l'abondance des formations argileuses au niveau de cet aquifère et dans ces zones.

Mots clés : Oued Righ , évolution géochimique, hydrochimie, Complexe Terminal, évaporites, précipitation.

Abstract: the low part of the Valley of the Oued Righ presents itself in the localities of Jemaah, Mghaiar, Oum tiour and Still, this area, and as the whole of the Northern Sahara one is Algerian, sits on huge reserves of groundwater, represented by the famous Continental intercalary and complex terminal, the latter is the subject of our work, which has for objective the description of the hydrogeochemical evolution of its waters from upstream to downstream (from the northern boundaries of Touggourt to areas chott), looking for the relationship between the chemical composition of the waters and the lithological nature of the aquifer intersected by the method of characteristics reports. The results obtained show that the affinity is governed essentially by the dissolution of evaporitic formations that give waters excessive mineralization, high concentrations of sulphates, chlorides and sodium that evolve along the meaning alleged flow of water. The fall of the concentrations of some chemical elements such as chloride and sodium to the outfalls of the water (area of the chott) was subject to assumptions relating to the interpretation of this, phenomenon; the most acceptable is that the participation of these elements at phases of precipitation of evaporitic minerals (halite), with a possible charge by contributions from rain water, and exchanges of bases may be favoured because of the abundance of clay formations at the level of this aquifer and in these areas

Key words: Oued Righ, geochemical evolution, Hydrochemistry, complex Terminal, evaporites, precipitation.