

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables et des
Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre et de l'univers



Mémoire de Master Académique
Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers
Filière : Géologie
Spécialité : Hydrogéologie

THEME

Qualité des eaux de l'aquifère du continental intercalaire (CI) d'Oued Righ

Présenté par :

Meddour samah
Derouiche khira
Aissani fatiha

Soutenu le 08-06-2021

Devant le jury :

Président :	BELKSIER Mohamed Salah	MCB. Univ. Ouargla
Promoteur :	BOUSELSAL Boualem	MCA. Univ. Ouargla
Examineur :	HOUARI Idir Menad	MCB. Univ. Ouargla

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

*Au terme de ce travail, et avant tout, nous remercions
Allah qui nous a donné
La force, le courage et les moyen pour la réalisation
de ce travail.*

*Nous remercions Dr. Boualem Bouselsal pour tout son
dévouement lors de nous encadrement, pour tout son aide
et ses précieux conseils et ses encouragements incessants,
et surtout pour sa patience et sa compréhension.*

*Nous remercions nos membres du jury Dr. Belksier
Mohamed Salah et Dr. Houari Idir Menad d'avoir
accepté de lire et juger ce travail.*

*Nous remercions également la doctorante Maha
Kharroubi qui nous a aidées dans notre humble travail*

*Je tien aussi à remercier en particulier les responsable
des organismes de l'A.N.R.H. Ouargla et l'Office nationale
de la métrologique État de Ouargla. Pour nous avoir mis à
notre disposition les données nécessaires à réalisation de
notre travail.*

*A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de
loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

J'ai dédié ce modeste travail à :

Mon père Mehammed.

Ma mère Djamila.

Ma sœur et Mes frères avec

Tous ma famille Aissani, Halimi et mes

amies. (Nariman, Daouia et Mouna).

Tous les étudiants de la géologie.

Et en particulier une spécialité

Hydrogéologie.

Fatiha

The background of the page is a soft-focus image of pink flowers, likely peonies, with delicate petals and green foliage. The lighting is gentle, creating a romantic and serene atmosphere.

Dédicace

J'ai dédié ce modeste travail à :

Mon père Belkhir.

Ma mère Fatiha.

Mes frères et sœurs avec

*Tous ma famille Derouiche, Akchiche et
mes amies.*

Tous les étudiants de la géologie.

Et en particulier une spécialité

Hydrogéologie.

Khira

The background of the page is a soft-focus image of pink flowers, likely roses, with some green leaves visible. The text is centered and written in a black, elegant script font.

Dédicace

J'ai dédié ce modeste travail à :

Mon père Belkacem.

Ma mère Aicha.

Mon fiancé walid.

Mes frères et sœurs avec

Tous ma famille MEDDOUR et mes

Amies.

Tous les étudiants de la géologie.

Et en particulier une spécialité

Hydrogéologie

Samah

List des tableau	Page
.Tableau : 01 Réservoirs de stockage et leurs capacités	06
Tableau 02 : Précipitation moyennes mensuelle (2009-2018).	07
Tableau 03 : vitesse moyennes mensuelle des vents (2009-2018).	07
Tableau 04 : Les températures moyennes mensuelles (2009-2018).	08
Tableau 05 : L'évaporation moyenne mensuelle (2009-2018).	09
Tableau 06 : Humidité moyennes mensuelle (2009-2018).	09
Tableau 07 : Durée d'insolations moyennes mensuelles (2009-2018).	10
Tableau 08: bilan hydrique de la station de Touggourt (2009-2018).	11
Tableau 09 : Données générales sur la nappe du Continentale Intercalaire.	23
Tableau 10 : Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères (sans échelle).	23
Tableau 11 :coupe stratigraphique forage CI-3 Mazer.	28
Tableau12 : Statistique physico-chimique des eaux de la nappe CI da la région d'oued Righ.	32
Tableau 13 : Les faciès chimiques des eaux du CI de l'oued Righ.	40
Tableau 14 : Poids des paramètres utilisés dans le calcul de IQE suivant N-Algériennes.	44
Tableau 15 :Classification de la qualité des eaux souterraines basée sur IQE.	45
Tableau16: la classification de la Potabilité en fonction de la dureté.	46
Tableau17: Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R.	48
Tableau18 : Qualité des eaux irrigation par la méthode du KR.	49
Tableau19 : Qualité des eaux irrigation par la méthode du PI.	50
Tableau 20 : Qualité des eaux irrigation par la méthode du MR.	51
Tableau 21 : Qualité des eaux irrigation par la méthode du RSC.	51

List des figure	Page
Figure 01 : Situation géographique d'oued Righ .	02
Figure 02 :Géomorphologie de la région d'Oued Righ .	03
Figure 03 : Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2014.	05
Figure 04 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2009-2018).	07
Figure 05:Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents.	08
Figure 06: Histogramme des températures moyennes mensuelles.	08
Figure07: Histogramme des Evaporation moyennes mensuelle .	09
Figure 08 :Histogramme des Humidité moyennes mensuelle.	10
Figure 09:Histogramme des durées d'insolation moyenne mensuelle .	11
Figure 10 :Histogramme des termes du bilan .	12
Figure 11 : Carte géologique de Touggourt, extrait de la carte géologique de l'Algérie.	14
Figure 12 : Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt.	17
Figure 13 : extension des formations du SASS.	19
Figure 14 : Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale .	21
Figure 15: Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI.	22
Figure 16 : Carte des ressources en eau souterraines « Continental Intercalaire et Complexe Terminal » .	24
Figure 17 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ.	26
Figure 18 : carte piézométrique de la nappe du continental intercalaire (D'après SASS 2003).	30
Figure 19: Histogramme de variation du pH des eaux du CI d'Oued Righ.	33
Figure20 : Histogramme de variation du Température des eaux du CI de l'Oued Righ.	33
Figure21 : Histogramme de variation de la conductivité électrique (CE) des eaux du CI de l'Oued Righ.	34
Figure22 : Histogramme de variation du calcium dans les eaux du CI de l'Oued Righ.	35
Figure 23: Histogramme de variation du Magnésium dans les eaux du CI du l'Oued Righ.	35
Figure 24 : Histogramme de variation du sodium dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.	36
Figure25 : Histogramme de variation du potassium dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.	36
Figure 26 : Histogramme de variation du Chlorures dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.	37
Figure27 : Histogramme de variation du Sulfates dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.	38
Figure 28 : Histogramme de variation du dans le Bicarbonates s eaux du CI de du l'Oued Righ.	39
Figure29: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe continental intercalaire CI.	41
Figure30 : Famille des faciès selon le SCHOELLER et BARKALOFF.	42
Figure31 : Diagramme de Richards des eaux géothermales de la région de l'Oued Righ 2021	47
Figure32: Carte Diagramme de WILCOX.	49
Figure 33 : Histogramme de variation Carbonate de sodium résiduel (RSC) eaux du CI de du l'Oued Righ.	51

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des ressources Hydriques.
CT	Complexe Terminal.
CI	Continental Intercalaire.
OSS	Observation de Sahara septentrional
SASS	Système aquifère du Sahara septentrional.
IQE	Indic de qualité de l'eau
ETR	Evapotranspiration Réelle (mm).
ETP	Evapotranspiration potentielle (mm).
OMS	Organisation Mondiale de la santé.
RFU	Réserve Facilement Utilisable (mm).
S.A.R	Sodium Absorption Ratio.
T	Température (°c).
PH	Potentiel Hydrogène.
WQI	Water Qualité Index.
KR	Rapport de Kelly.
PI	Indice de perméabilité.
MR	Risque de magnésium.
RSC	Carbonate de sodium résiduel.

Table des matières		Page
Introduction générale		01
Chapitre I: Présentation de la zone d'étude		
1. Situation géographique.		02
2. Géomorphologie de la zone d'étude.		03
3. Contexte Socioéconomique.		04
4. Occupation du sol dans la région.		04
5. Gestion des ressources hydriques de la région d'Oued Righ.		05
5.1 La Répartition de l'infrastructure hydraulique dans la région des Oued Righ.		05
5.2 Forage.		06
5.3 Réservoir de stockage		06
6 Contexte climatique.		06
6.1 Précipitation.		06
6.2 Le Vent.		07
6.3 Température .		08
6.4 L'évaporation.		09
6.5 Humidité.		09
6.6 Durée d'insolation .		10
6.7 hydrique Bilan.		11
7. Contexte géologique.		12
7.1 Le Mésozoïque.		12
7.2 Le Cénozoïque.		15
7.3 Le Quaternaire.		16
8. Conclusion.		18
Chapitre II: Eude hydrogéologique.		
1. Présentation de système aquifère de SASS.		19
1.1. Le Complexe Terminal .		20
1.2. Le Continental Intercalaire (CI).		20
2. Présentation de système aquifère d'Oued Righ.		24
2.1. Nappe phréatique.		24
2.2. Aquifère du Complexe Terminal (CT).		25
2.3 L'aquifère du Continental Intercalaire d'Oued Righ.		26
3. Interprétation des logs des forages.		27
4. Piézométrie de CI.		29
5. Conclusion.		31
Chapitre III: LES QUALITES DES EAUX DE CI D'OUED RIGH.		
1. Introduction.		32

2. Les paramètres physicochimiques.	32
2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH).	32
2.2. Température (T).	33
2.3. Conductivité électrique (CE).	34
2.4. Calcium (Ca²⁺).	34
2.5. Magnésiums (Mg²⁺).	35
2.6. Potassium (K⁺) et Sodium (Na⁺).	36
2.7. Chlorures (Cl⁻).	37
2.8. Sulfates (SO₄²⁻).	38
2.9. Bicarbonates (HCO₃⁻).	38
3. Faciès chimiques des eaux du CI.	39
3.1. Diagramme Piper.	40
3.2 le diagramme de SCHOELLER et BERKALLOF.	41
4. Qualité des eaux de CI pour la consommation par utilisation de la méthode d'IQE.	42
4.1. l'historique de IQE (en anglais WQI).	42
4.2. M méthode de WQI.	43
4.3. Application numérique et interprétation de WQI.	44
5. La dureté totale.	45
6. Qualités des eaux de CI pour l'irrigation.	46
6.1. Conductivité électrique.	46
6.2. Diagramme de REVERSIDE.	47
6.3. Diagramme de WILCOX.	48
6.4. Rapport de Kelly (KR).	49
6.5. Indice de perméabilité (PI).	50
6.6. Risque de magnésium (MR).	50
6.7. Carbonate de sodium résiduel (RSC).	51
7. Conclusion.	52
Conclusion général	53

Introduction

INTRODUCTION GENERAL

L'eau est l'une des bénédictions les plus importantes que dieu tout-puissant nous a accordées, c'est parce qu'elle est la Base de la vie, elle couvre la plus 71% de la superficie de la terre, elle forme des lacs, des océans et des rivières.

L'eau étant nécessaire au développement de toutes les formes de vie, animales ou végétales, il faut veiller à la préservation de cette ressource vitale des points de vue qualitatif et quantitatif. Pour cela, il faut assurer une gestion durable de cette ressource et préserver l'environnement dans lequel l'eau se trouve en interaction continue.

L'eau est aussi source de conflits dans de nombreuses régions du monde. Au début de ce siècle, l'eau est devenue un enjeu de taille et seules les nations qui auront su préserver leur capital hydrique pourront survivre.

L'étude des ressources en eau souterraines est axée principalement sur la synthèse des connaissances des ressources en eau souterraines en mettant en évidence, la définition des différents aquifères, l'évaluation et l'importance de la mobilisation de cette ressource pour leur éventuelle utilisation.

Ces dernières années, de nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de la quantité et qualité des ressources en eaux souterraines dans les zones arides comme la région d'Ouargla, la vallée d'Oued Righ et El Oued.

Le but de ce mémoire est l'évaluation de la qualité d'eau pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation des terres agricole. Cette étude s'articule sur les chapitres suivants :

- **1^{ère} partie : Présentation de la zone d'étude :** dans cette partie sera présentée la. Situation géographique et géomorphologie d'Oued Righ et Contexte socio-économique et Occupation du sol dans la région et Gestion des ressources hydrique dans la région, le contexte climatiques (tempe, précipitation, évaporation, vent...bilan hydrique) et contexte géologique.
- **2^{ème} partie : Etude hydrogéologique:** dans cette partie nous avons présenté le système aquifère du SASS et les aquifères d'Oued Righ par interprétation des logs des forages (coupe corrélatives).
- **3^{ème} partie : Qualité des eaux de CI d'Oued Righ :** dans cette partie nous avons étudié les paramètres physicochimiques, facies chimique, la qualités des eaux de CI par application de la méthode de l'indice de la qualité d'eau (WQI) et qualité des eaux de CI pour l'irrigation par utilisations des standards internationaux.
- Le présent travail se termine par une **conclusion générale** faisant sortir les résultats de l'étude.

Chapitre I.

Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique

Notre région se situe au Sud-Est de l'Algérie, plus précisément au Nord-Est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud du massif des Aurès, elle commence au Sud par le village d'El Goug (Touggourt) et se termine sur une distance de 150 km plus au Nord vers le village d'Oum-Thiours (100 km de la wilaya de Biskra), la largeur de la zone varie entre 20 et 30 km. Elle s'étend sur un axe Sud- Nord entre les altitudes Nord $32^{\circ}54'$ et $34^{\circ}9'$, et longitudes Est $5^{\circ}30'$ et $6^{\circ}20'$.

Administrativement la vallée d'Oued Righ fait partie de deux wilaya : (Ouargla et Oued Souf) ; passant par six daïras, du Sud vers le Nord: Témacine, Touggourt, Sidi Slimane, Mégarine appartiennent à la wilaya d'Ouargla, Djamaa, El Meghaier à la wilaya d'El Oued, elle est limité par :

- Au Nord par la wilaya de Biskra et la commune de Tolga.
- Au Sud -Ouest par les oasis d'Ouargla.
- A l'Est par la vallée de l'Oued Souf.(Touahri et Mansouri,2017)

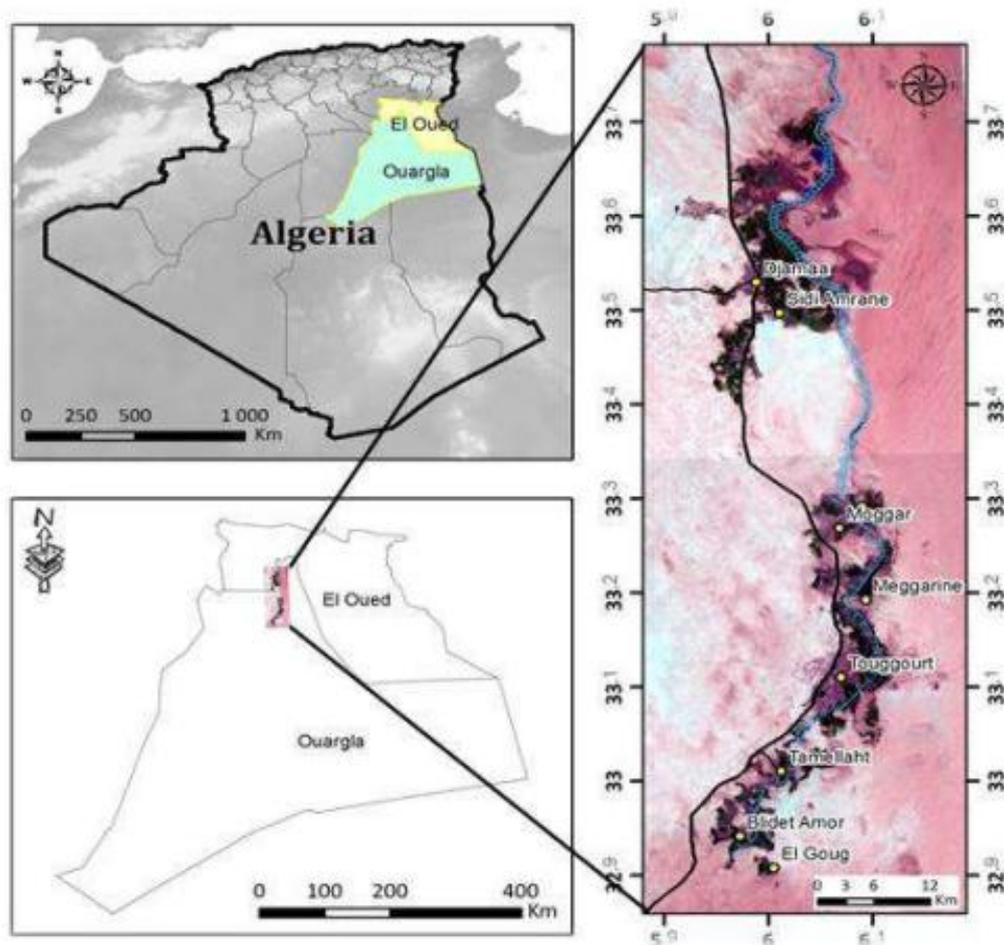


Figure 01 : Situation géographique d'Oued Righ(Touahri et Mansouri,2017)

2. Géomorphologie de la zone d'étude Le cœur de la région est une longue dépression large de 20 km, qui s'étire d'El Goug (altitude : + 100 m) à Oum Toyour (+ 15 m) sur 150 km. Elle résulte de la confluence des Oueds Mya et Ighargar et aboutit aux grands chotts Mérouane et Melrhir (- 30 m). La vallée d'axe nord-sud est nettement tracée et bordée par deux falaises basses parfois découpées en petites buttes. Le fond de la dépression est occupé par une succession de sebkhas alimentées par les nappes sous-jacentes et surtout par les eaux de drainage des palmeraies. Elles sont séparées par des placages sableux et de petites dunes blanches aux sables mobiles.

La région est limitée au Nord par les grands chotts et les piémonts du Zab, à l'Ouest par le plateau Mio-pliocène et Turonien de la dorsale mozabite et du plateau des daïas, au Sud par les regs sableux de la région d'Ouargla et à l'Est par le massif de dunes du Grand erg Oriental.

La région d'Oued Righ fait partie de l'immense zone subdésertique qui s'étend au Sud de l'atlas saharien où les phénomènes d'ablation et d'apport se conjuguent constamment de façon intense, dans une région qui évolue dans le cadre du système endoréique traduisant une diversité d'aspects morphologiques dont les plus caractéristiques sont les dépressions fermées (chott, sebkha, gareat). (Chaib W.,2016)



Figure 02 : Géomorphologie de la région d'Oued Rig (Ballais, 2010).

3. Contexte Socioéconomique

Le domaine agricole représente la principale activité qui, actuellement, accuse un faible rendement des palmiers, dû essentiellement aux effets de la salinisation des eaux et des sols, de la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers...etc. à cela s'ajoute le manque d'intérêt pour le travail de la terre contrairement à celui des sociétés pétrolières qui offrent des emplois plus rémunérés que l'agriculture. Parmi les espèces cultivées; la variété de Deglat Nour prédomine, suivi par Ghars, Degla Bayda ...etc. Notons aussi l'existence d'élevage et quelques espèces animales typiques (généralement Ovins et Caprins), les chèvres sont élevées pour leur lait et les brebis pour leur chair. Dans le domaine de l'industrie, il existe plusieurs petites usines surtout des briqueteries implantées à proximité de la source de matière primaire, ainsi que des complexes de transformations hydrocarbures, transformation des plastiques, fabrique d'aluminium, ainsi que des entreprises de conditionnement de dattes. (Belksier M S.,2016 in Boussaâda N., 2007)

4. Occupation du sol dans la région

D'après l'analyse des images satellitaires, la vallée Oued Righ est occupée par :

- Eau: rassemble toute les surfaces d'eau et englobe donc les chotts (chott Mérouane)
- Sol humide : représente des dépressions où le niveau statique de la nappe phréatique est plus proche de la surface du sol.
- Sol salé : rassemble les dépressions éloignées des sources d'alimentations anthropiques (eaux d'irrigation et eaux usées).
- L'influence des vents de sable couvre partiellement les efflorescences des cristaux de sels formées dans la frange capillaire et en surface.
- Végétation : se situe à proximité des agglomérations, représentées essentiellement par palmeraie et roseau.
- Milieu urbain (agglomérations) : est représentée par les villes, les agglomérations représentés essentiellement par : Palmeraie, Périmètre irrigué et Roseau.
- Sol nu (sable) : regroupe les deux classes limitant la zone humide qui sont: les grés rouges et les sables.(Deghiche S et Khdraoui L.,2018)

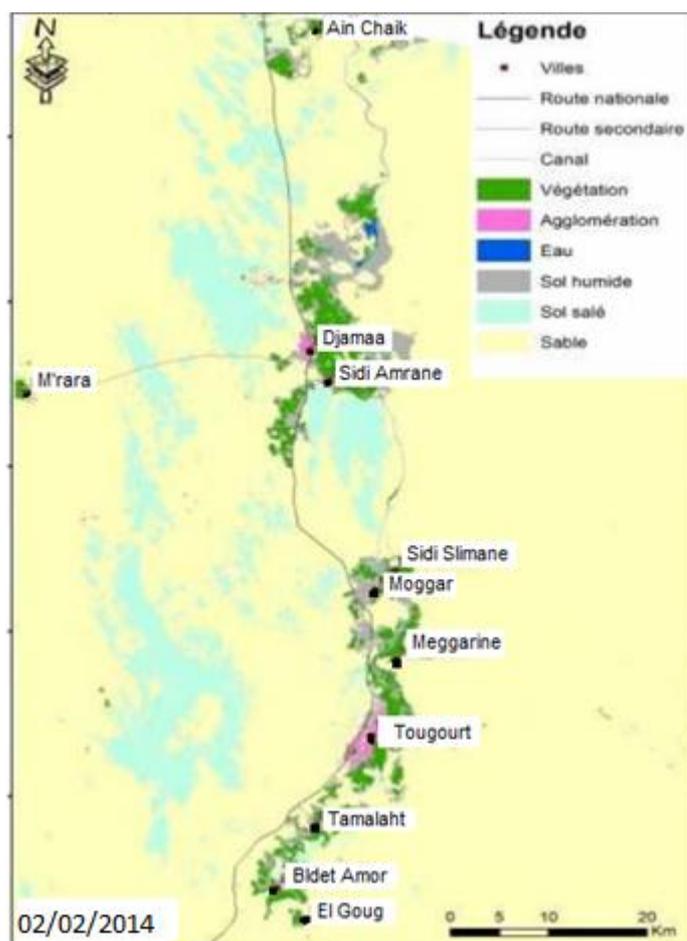


Figure 03 : Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ modifiée 2021

5. Gestion des ressources hydriques de la région d'Oued Righ

Au cours de ces dernières décennies, de nombreuses zones arides ont subi des transformations socioéconomiques et démographiques aussi importantes que rapides, qui se sont traduites par des pressions très importantes sur l'environnement, et en particulier sur les ressources en eau. L'eau constitue un enjeu du développement économique ; celui-ci est principalement fondé sur les ressources naturelles.

5.1 La Répartition de l'infrastructure hydraulique dans la région des Oued Righ

Les infrastructures hydrauliques jouent un rôle très important dans la sécurité hydrique et alimentaire du pays et rendent de précieux services à l'économie nationale. Elles contribuent également au développement de l'accès à l'eau potable, à la stabilisation de la production agricole, grâce à l'irrigation de plus de 11062 hectares des terres agricoles ainsi qu'au développement industriel.

5.2 Forage

Selon le rapport de l'ANRH, le nombre total des forages captant CT et CI recensés dans la région d'Oued Righ dépasse 1000 forages. Ses forages sont destinés à l'alimentation en eau potable (AEP), l'irrigation et l'alimentation de quelques unités industrielles répartir dans la région d'Oued Righ.

La vallée d'Oued Righ correspond à la zone où la nappe du Complexe Terminal est la plus exploitée. Elle est captée à une profondeur variant entre 30 et 240 m et le débit fourni par forage est compris entre 10 et 40 l/s. Le volume soutiré est 263.76 hm³ /an.

Quant à la nappe du Continental Intercalaire, elle est captée par 44 forages destinés à l'AEP, fournissant chacun un débit moyen de l'ordre de 130 l/s. Les 06 forages du CI sont destinés à l'AEP.

5.3 Réservoir de stockage

La priorité donnée au secteur de l'eau depuis des années a permis de disposer d'un patrimoine d'infrastructures hydrauliques, constitué d'une dizaine de réservoirs de tailles diverses avec une capacité de stockage totale de 12655 m³. Ces infrastructures hydrauliques jouent un rôle primordial dans la sécurité hydrique et alimentaire de la vallée d'Oued Righ et rend de précieux services au secteur socioéconomique. (Deghiche S et Khdraoui L.,2018)

Tableau 01 : Réservoirs de stockage et leurs capacités

Commune	Nombre de réservoir	Capacité (m ³)
Temacine	1	300
Blidet Amor	2	550
Touggourt	5	10000
Nezla	2	350
Tebesbest	1	150
Zaouïa	1	750
Megarine	3	105
Sidi Slimane	2	550

6. Contexte climatique

Les donnée climatique de Oued righ sont récoltées a partir la station de Touggourt, elles couvrent la période entre 2009-2018. (Direction régionale de la météorologie à Ouargla 2021).

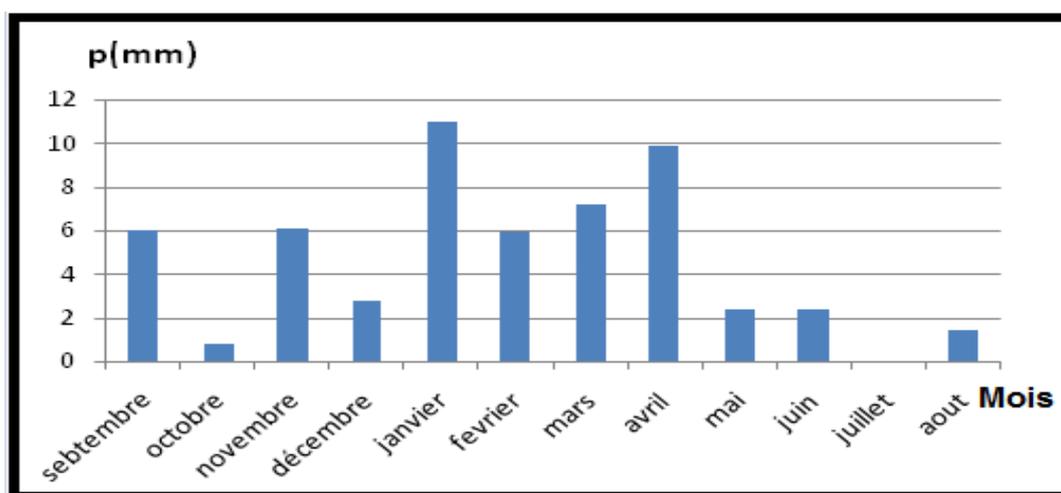
6.1 Précipitation

La pluie est considérée comme l'un des ressources naturelles renouvelables en raison de l'évaporation et de la condensation de l'eau des océans et de la mer. Cette facture naturelle joue un rôle important dans les réserves d'eau souterraine. Le tableau ci dessous représente les données de précipitations moyennes mesurées mensuellement sur une période de 10 an

Tableau 02 : Précipitation moyennes mensuelle (2009-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	6.0	0.78	6.1	2.80	11.0	5.9	7.2	9.9	2.4	2.4	0.0	1.4

On remarque que le mois de janvier est le plus humide (11.0 mm) et le mois de juillet est le mois le plus sec (00 mm). La précipitation moyenne annuelle est de l'ordre 66.96 mm.

**Figure 04 :** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2009-2018).

6.2 Le vent

Le vent est l'un des éléments du climat qui renouvelle la vie à la surface de la terre, car les vents sont des masses d'air se déplaçant d'un endroit à un autre à la surface de la terre, et leur intensité varie en fonction de la différence de pression atmosphérique.

Le tableau ci-dessous montre la vitesse mensuelle moyenne du vent enregistrée sur 10 ans dans notre zone d'étude.

Tableau 03 : vitesse moyennes mensuelle des vents (2009-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vent (m/s)	9.1	7.92	8.1	7.22	8.6	9.8	10.2	10.5	10.3	10.3	9.2	9.2

La fréquence des vents est très importante durant toute l'année. On remarque que la vitesse du vent est généralement supérieure à 8 m/s. Notre région d'étude est très exposée aux vents forts et à l'ensablement à tout moment de l'année. La plus forte amplitude du vent enregistrée au mois d'avril et mai où ces vents sont en général caractérisés par des tempêtes des sables.

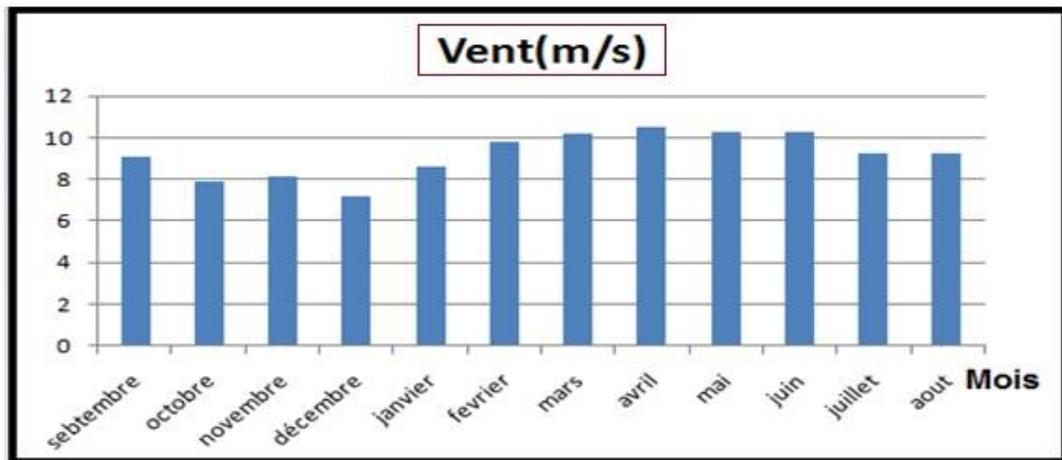


Figure 05 : Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents.

6.3 Température

La température est un indicateur de la quantité d'énergie thermique que tout objet stocke, elle joue également un rôle important dans la plupart des domaines. C'est grâce à la température du jour que la végétation manifeste son régime biologique.

Le tableau ci-dessous montre la vitesse mensuelle moyenne de la température enregistrée sur 10 ans.

Tableau 04 : Les températures moyennes mensuelles (2009-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Temp (°C)	29.5	23.6	16.8	12.1	11.8	13.1	17.2	21.9	26.4	26.4	34.8	33.6

D'après la figure ci-dessous on remarque que la température minimum est enregistrée au mois de janvier (11.8 °C), alors que la température maximum est observée au mois de juillet (34.8°C). La température moyenne annuelle est de l'ordre (26.72 C).

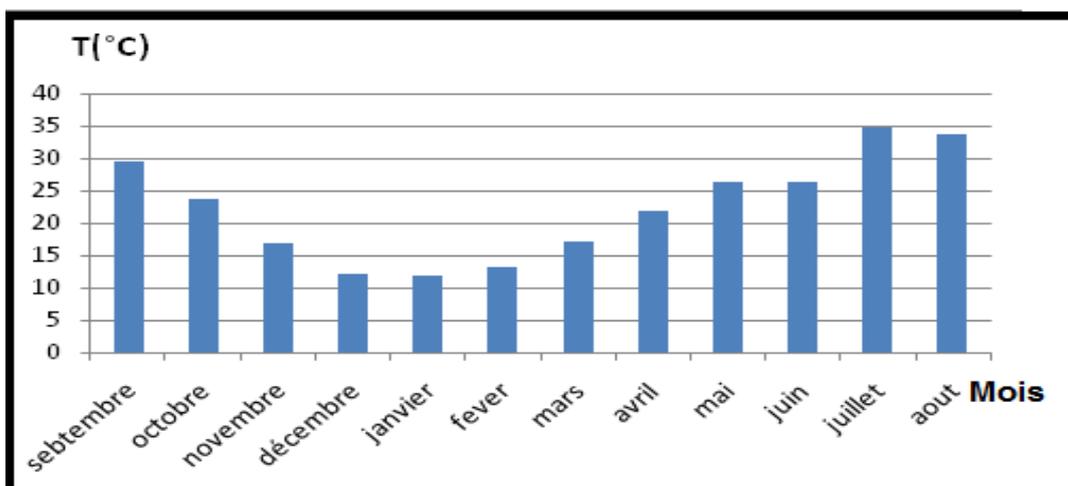


Figure 06 : Histogramme des températures moyennes mensuelles.

6.4 L'évaporation

L'évaporation traduit le retour de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur. Elle intéresse aussi bien les surfaces d'eau libre que les quantités d'eau retenues dans les couches aquifères. Le graphe (Fig.5) et le tableau 5 représentant l'évaporation moyenne mensuelle annuelle enregistrée dans la région de Touggourt durant la période 2009-2018.

Ils montrent que les fortes valeurs de l'évaporation sont enregistrées pendant la période estivale. Elle atteint son maximum au mois de juillet (356.5 mm) et les faibles valeurs sont enregistrées pendant la période hivernale où elle atteint son minimum au mois de décembre (92.35 mm).

Tableau 05 : L'évaporation moyenne mensuelle (2009-2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Eva (mm)	234.2	187.17	136.2	92.35	107.3	137.2	176.2	212.9	251.6	251.6	356.5	313.2

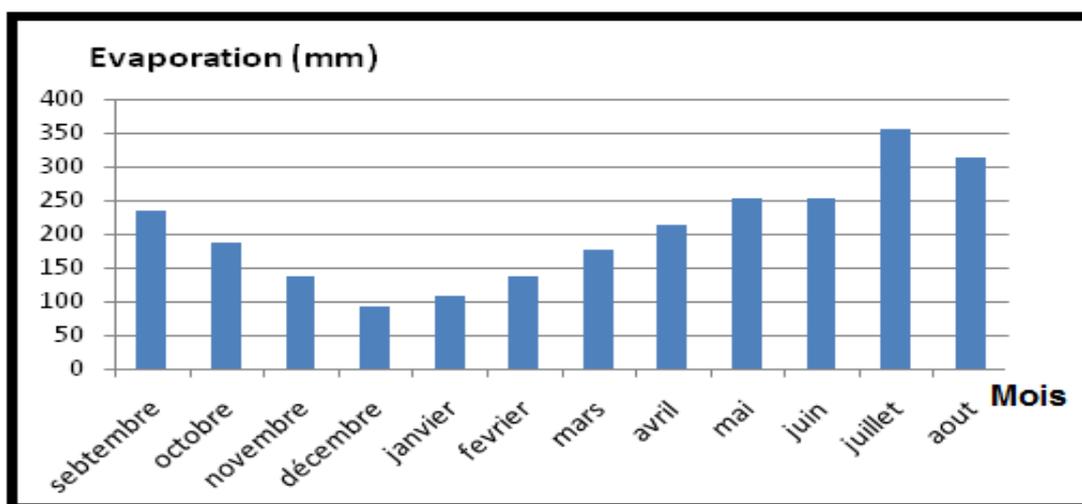


Figure 07 : Histogramme des Evaporation moyennes mensuelle.

6.5 Humidité

Humidité est la quantité du vapeur d'eau dans l'air, il est exprimé en pourcentage. L'humidité varie en fonction de la température et de la pression de l'air. Le tableau ci-dessous représente les valeurs d'humidité mensuelles moyennes mesurées sur une période de 10 ans.

Tableau 06 : Humidité moyennes mensuelle (2009-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Hu(%)	45.95	49.02	56.05	61.59	59.5	53.75	49.45	46.05	41.45	41.45	32.65	37.1

D'après la figure ci-dessous on remarque que l'humidité augmente à partir du mois de décembre jusqu'à janvier au cours duquel est enregistrée une valeur moyenne maximale de 61.95%. Cependant, elle diminue en été pour atteindre une valeur minimale en juillet de l'ordre de 32.65%.

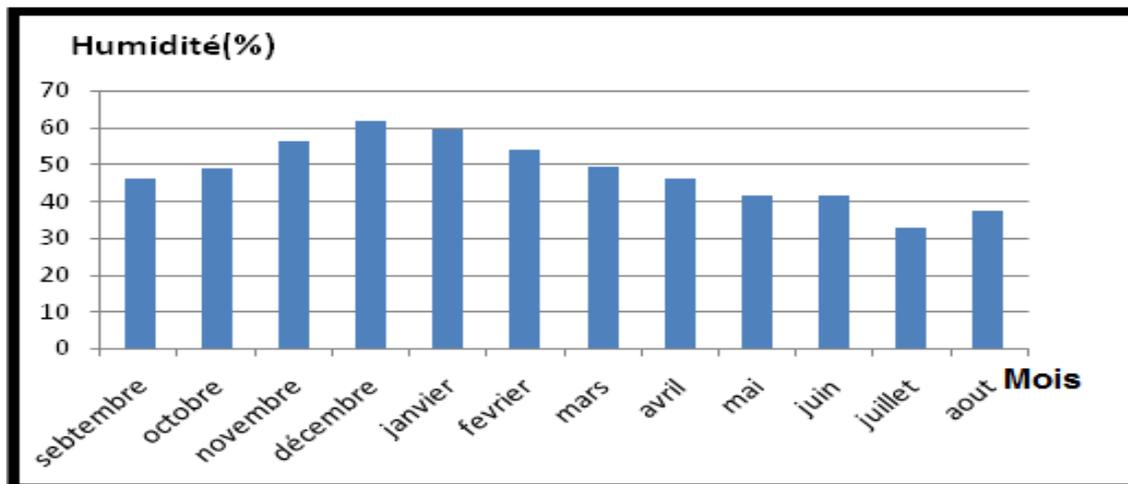


Figure 08 : Histogramme des Humidité moyennes mensuelle.

6.6 Durée d'insolation

La durée d'ensoleillement ou durée d'insolation effective est un indicateur climatique qui mesure la durée temporelle pendant laquelle un endroit est soumis à l'insolation effective. Le tableau ci-dessous représente les valeurs de la durée d'insolation mensuelles moyennes calculées sur une période de 10ans.

Tableau 07 : Durée d'insolations moyennes mensuelles (2009-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
DI (h)	279.1	282.25	250.3	242.02	253.7	238.2	264.7	291.9	331.0	331.0	362.1	344.0

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est maximum au mois de juillet avec une valeur de 362.10 heures et le minimum est enregistré au mois février avec une valeur de 238.2 heures

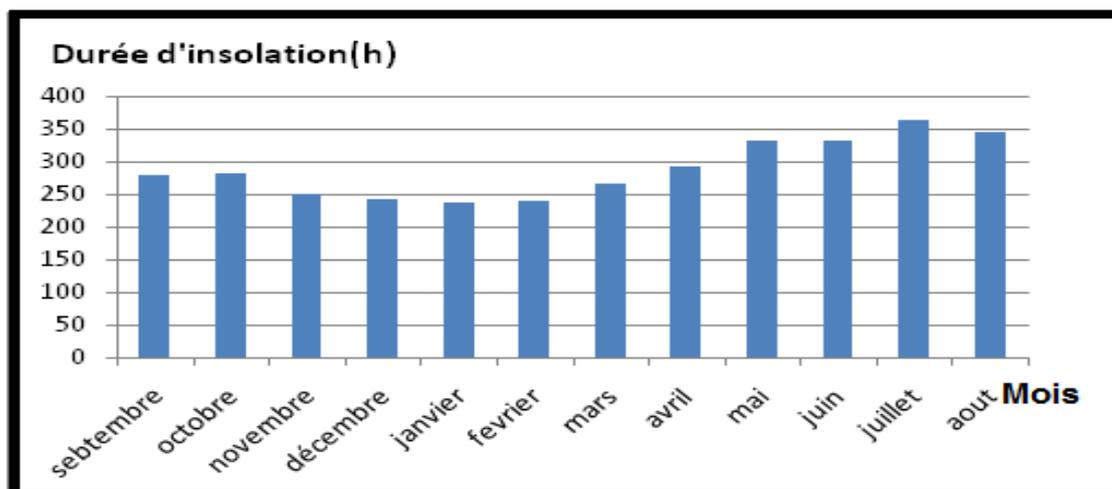


Figure 09 : Histogramme des durées d'insolation moyenne mensuelle.

6.7 Bilan hydrique

Le bilan hydrique d'Oued Righ (Tableau 08) dans la période (2009-2018) suivant la méthode de Thornthwait est déficitaire, la quantité d'eau précipitée sera vite évaporée parce que évapotranspiration potentiel (ETP) est plus important que les précipitations, la réserve facilement utilisable est nulle pendant les douze mois de l'année. Le déficit agricole est présent pendant douze mois de l'année, elle atteindra son maximum au mois d'Aout (222.3 mm). Le bilan hydrique de la région d'Oued righ montre aussi que la recharge par pluie efficace est négligeable.

Tableau 08: bilan hydrique de la station de Touggourt (2009-2018)

Mois	T (°C)	ETP (mm)	P (mm)	RU (mm)	ETR (mm)	DA (mm)	EX (mm)
S	29,5	144,75	6	0	6	138,76	0
O	23,6	79,25	0,78	0	0,78	78,48	0
N	16,8	30,76	6,1	0	6,1	24,66	0
D	12,1	13,05	2,8	0	2,8	10,25	0
J	11,8	13,18	11	0	11	2,19	0
F	13,1	16,60	5,9	0	5,9	10,71	0
M	17,2	39,01	7,2	0	7,2	31,81	0
A	21,9	74,94	9,9	0	9,9	65,04	0
M	26,4	129,83	2,4	0	2,4	127,44	0
J	26,4	130,91	2,4	0	2,4	128,51	0
J	34,8	260,39	0	0	0	260,40	0
A	33,6	223,68	1,4	0	1,4	222,28	0
Annuel	22,3	1156,39	55,88		55,88	1100,52	0

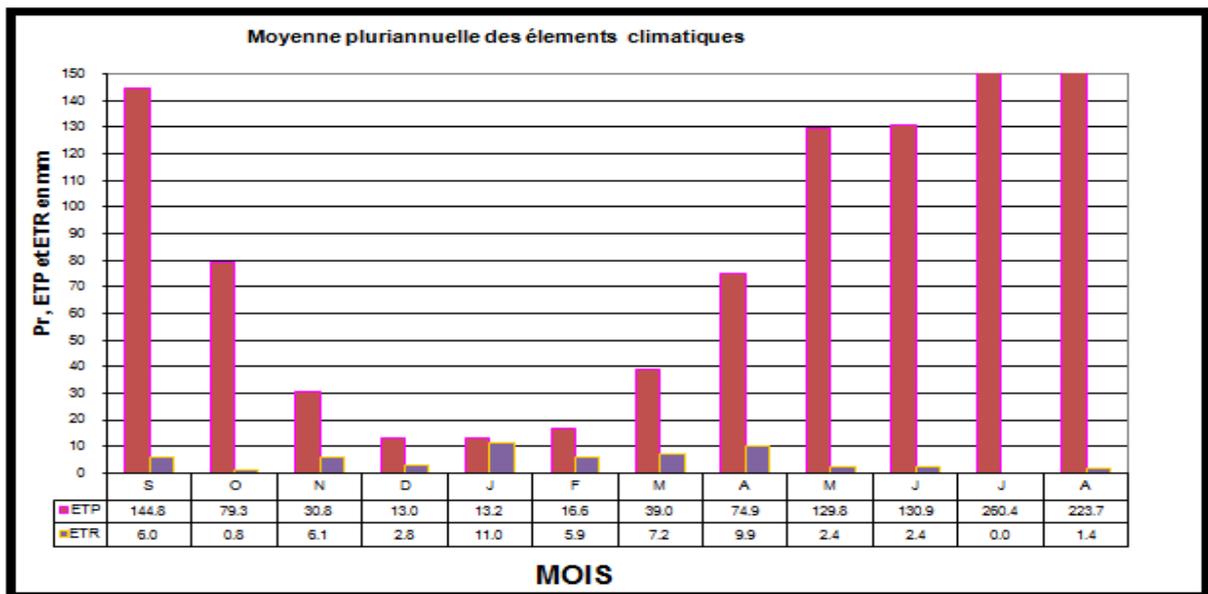


Figure 10 : Histogramme des termes du bilan hydrique.

7. Contexte géologique

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 et Zaouïa.

Les nombreux travaux d'auteurs tels que : (J. Savorin 1931, R. Karpoff 1952, A. Cornet 1961 et R. Furon 1968) ont permis de reconstituer la série stratigraphique de la région, aussi complète que possible. Les formations géologiques sont décrites des plus anciennes au plus récentes à partir des logs de forage réalisés sur la zone d'étude (Fig.12).

7.1 Le Mésozoïque

7.1.1 Le Crétacé : Cette époque géologique est intéressante pour deux raisons ; d'une part, le Crétacé affleure sur les bords du Bas Sahara (Karpoff, 1952) repose sur le socle primaire composé des roches variées : schistes, grès et calcaire. D'autre part, l'étendue des affleurements crétacés est très importante en Algérie Orientale. Le Crétacé est une série en grande partie continentale formée d'une alternance de couches gréseuses et argileuses.

a. Le Néocomien : Il se subdivise en deux séries :

La série inférieure: A prédominance argileuse, elle est représentée par des argiles grises et vertes, plus ou moins pélitique. Dans ces argiles, sont intercalées des dolomies microcristallines et cristallines.

La série supérieure: On distingue deux ensembles : supérieur, constitue des dolomies et des calcaires microcristallins avec des intercalations d'argiles, de pélites et de marnes blanches et

grises. L'ensemble inférieur, surtout anhydritique avec intercalations d'argiles plus au moins anhydritique, grises, vertes et rouges. Ces argiles passent à des marnes avec lits dolomitiques. L'épaisseur du Néocomien est de 350 m.

b. Le Barrémien : Son épaisseur varie entre 150-200 m. Le Barrémien est constitué des grès fins à moyen à ciment argileux, avec des passes de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grès arkosique, plus au moins grossiers. Cette épaisse série détritico-poreuse du Barrémien constitue un important aquifère de Complexe Intercalaire.

c. L'Aptien : L'Aptien présente les caractéristiques d'un terrain semi-perméable, son épaisseur varie de 28 à 31 m.

d. L'Albien : Il est essentiellement constitué de grès friables à ciment argileux et d'argiles sableuses. Les grès et les sables sont fins à très fins passant parfois à des pyélites, les argiles souvent pélitiques sont de couleur grise ou verdâtre. Cette formation albienne présente les caractéristiques suivantes :

- Épaisseur croissant d'Est en Ouest.
- Teneurs élevées en éléments clastiques.
- Les teneurs en carbonates décroissant d'Est en Ouest depuis les valeurs supérieures à est constitué de dolomies microcristallines à cristallines, parfois blanches, crayeuses et tendres, contenant des débris de mollusque et entrecoupées de marnes grises dolomitiques.
- L'Albien se présente comme une série très épaisse (200-300m).

e. Le 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. Le Vraconien est imperméable. Son épaisseur est de 110 m environ.

f. Le Cénomaniens : A Touggourt, le Cénomaniens est constituée par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites et même des sels son épaisseur est de l'ordre de 200-250 m (formations imperméables).

g. Le Turonien : Au Turonien le régime marin persiste dans le Bas Sahara, et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire et dolomitique, marneux à la base, et dolomitique, ou calcaire au sommet. Il est de l'ordre de 90-100m.

h. Le Sénonien : Dans tout le Bas Sahara, le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue lithologique :

- Le Sénonien lagunaire, à la base.
- Le Sénonien carbonaté, au dessus.

Le Sénonien carbonaté : Le Sénonien supérieur est carbonaté. Il est essentiellement constitué de dolomies et de calcaires micro-fissurés avec des intercalations de marnes d'argiles et plus rarement d'anhydrites. La limite supérieure de ce niveau est encore plus floue, en effet, il y a pratiquement continuité lithologique entre le Sénonien et l'Eocène carbonaté. Les deux niveaux sont formés de calcaires de même nature, seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Eocène. Le système carbonaté est essentiellement formé de dolomies et de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrites.

Le Sénonien lagunaire : La limite inférieure, du Sénonien lagunaire est généralement nette. En effet les évaporites et argiles Sénoniens sont aisément différenciables des calcaires et dolomies de Turonien. Le passage est beaucoup moins net entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté,

Du point de vue lithologique le Sénonien lagunaire est constitué par une alternance de bancs d'anhydrites, de dolomies, d'argiles et de sels. Le Sénonien lagunaire est imperméable. Du point de vue hydrogéologique, ce niveau joue le rôle d'imperméable de base.

7.2 Le Cénozoïque

7.2.1 L'Eocène : On distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques : l'Eocène carbonaté à la base et l'Eocène évaporitique au sommet.

a. L'Eocène inférieur (carbonaté) : Il est composé de bancs de dolomies, de calcaire dolomitique, de calcaire à Nummulites et à rognons de silex. Sur tout le pourtour de la grande

cuvette secondaire saharienne, il garde les mêmes caractéristiques lithologiques. Dans le sondage de Touggourt, il atteint 120 m d'épaisseur.

b. L'Eocène moyen (évaporitique) : Les sondages récents, profonds de 200 m, exécutés à Touggourt et dans la région s'étendant plus au Sud, rencontrent l'eau dans des couches, calcaires alternant avec les marnes rouges gypsifères et l'argile et d'anhydrites. Il s'agit sans doute déjà des niveaux supérieurs de l'Eocène moyen, présentant là un faciès plus calcaire.

7.2.2 Le Mio-Pliocène : Il correspond au Complexe Terminal. C'est un puissant ensemble de sable et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le Primaire, et le Crétacé inférieure : le Turonien, Cénomaniens, Sénonien et l'Eocène. Son épaisseur varie entre 140 m au Sud et 280 m au Nord.

Et l'Eocène. Son épaisseur varie entre 140 m au Sud et 280 m au Nord.

7.3 Le Quaternaire

Le Quaternaire est constitué de sable éoliens et sables argileux, résultat de la destruction de falaise Mio-Pliocène au Sud et à l'Ouest de la vallée de l'Oued Righ ; localement intercalés de lentilles d'argiles sableuse et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le Grand Erg Oriental. C'est dans ce niveau que l'on rencontre la nappe phréatique. Son épaisseur est variable et peu atteindre localement une dizaine de mètre. (Deghiche S et Khdraoui L.,2018)

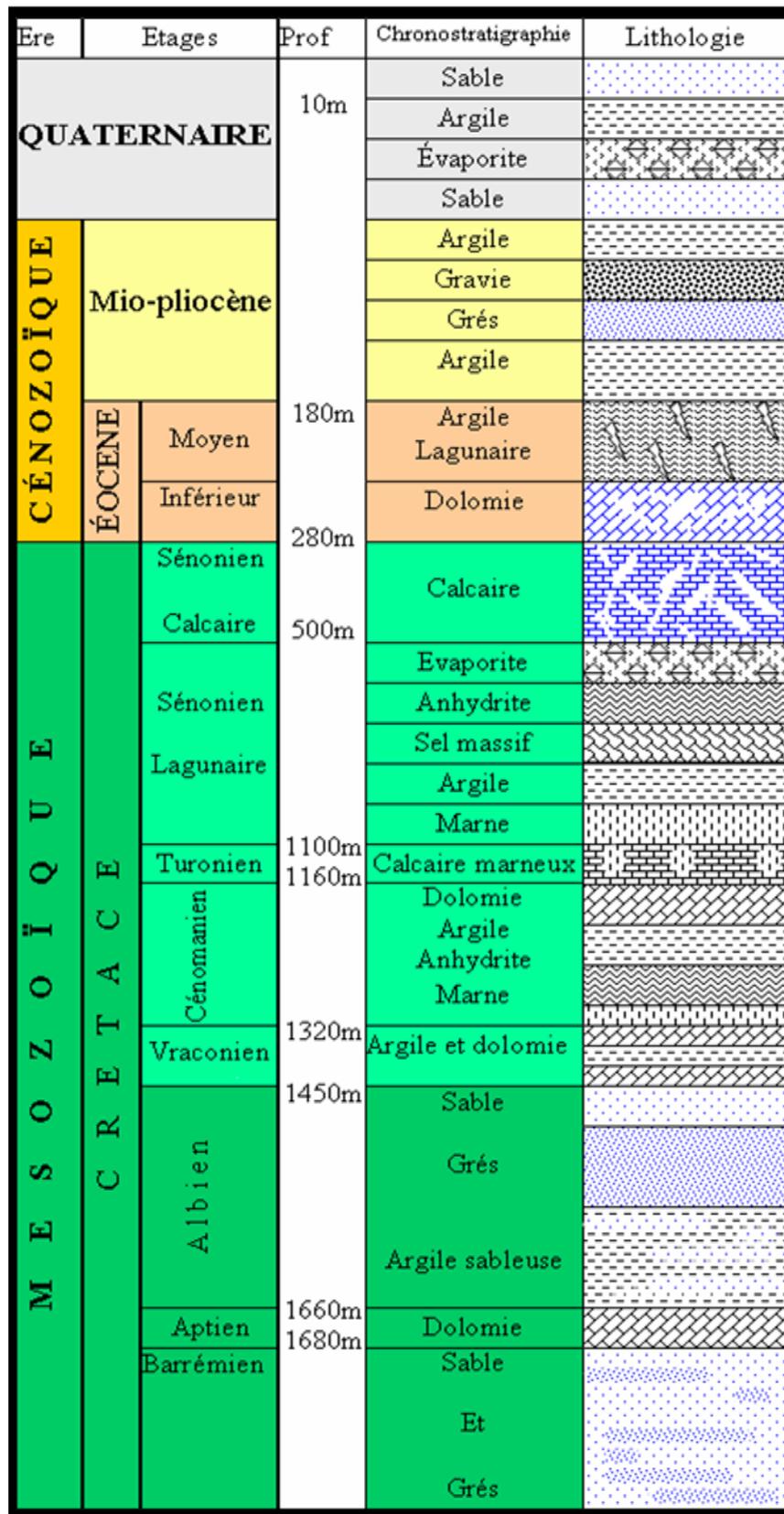


Figure 12 : Log stratigraphique synthétique (Sonatrach.,1990).

8. Conclusion :

La zone d'étude située au Sud-est de l'Algérie, plus précisément au Nord-est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental. Le climat de la zone étude est saharien avec une température moyenne qui dépasse 34°C en juillet. La précipitation moyenne inter annuelle est d'ordre de 66.96mm, et le moins de janvier la plus arrosé avec 11.00mm, et le mois juillet la plus sec 00mm. la température moyenne 26.72c, et maximal au mois de juillet avec la valeur 11.8c, le bilan hydrique est déficitaire a cause de faible précipitation et d'une forte évapotranspiration, le réserve facilement utilisable (RFU) est nulle pendant les 12 mois de l'année.

D'autre part géologique de la région d'oued Righ fait partie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional, sur la carte seul les formations géologiques d'âge quaternaire et Miopliocène sont visible, l'interprétation des logs de forage montre que la succession des couches suivante, de haut en bas : Quaternaire, Miopliocène, Eocène, Sénonien, Turonien, Cénomaniens, Vraconien, Albien, Aptien et Barrémien.

Chapitre II.

Etude hydrogéologie

1. Présentation de système aquifère de SASS

Le Système Aquifère Saharien Septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères, ce sont profondes : l'aquifère du Continental Intercalaire (CI), la plus profonde et l'aquifère du Complexe Terminal (CT), ce dernier est très sollicitée dans l'Oued Rhig, le Souf, le Djérid, la Nefzaoua et le golfe de Syrte. Ce Système recouvre une étendue de plus de un million de km² dont 60% se trouvent en Algérie (700.000 km²), 10% en Tunisie et 30% en Libye.(OSS.,2003)

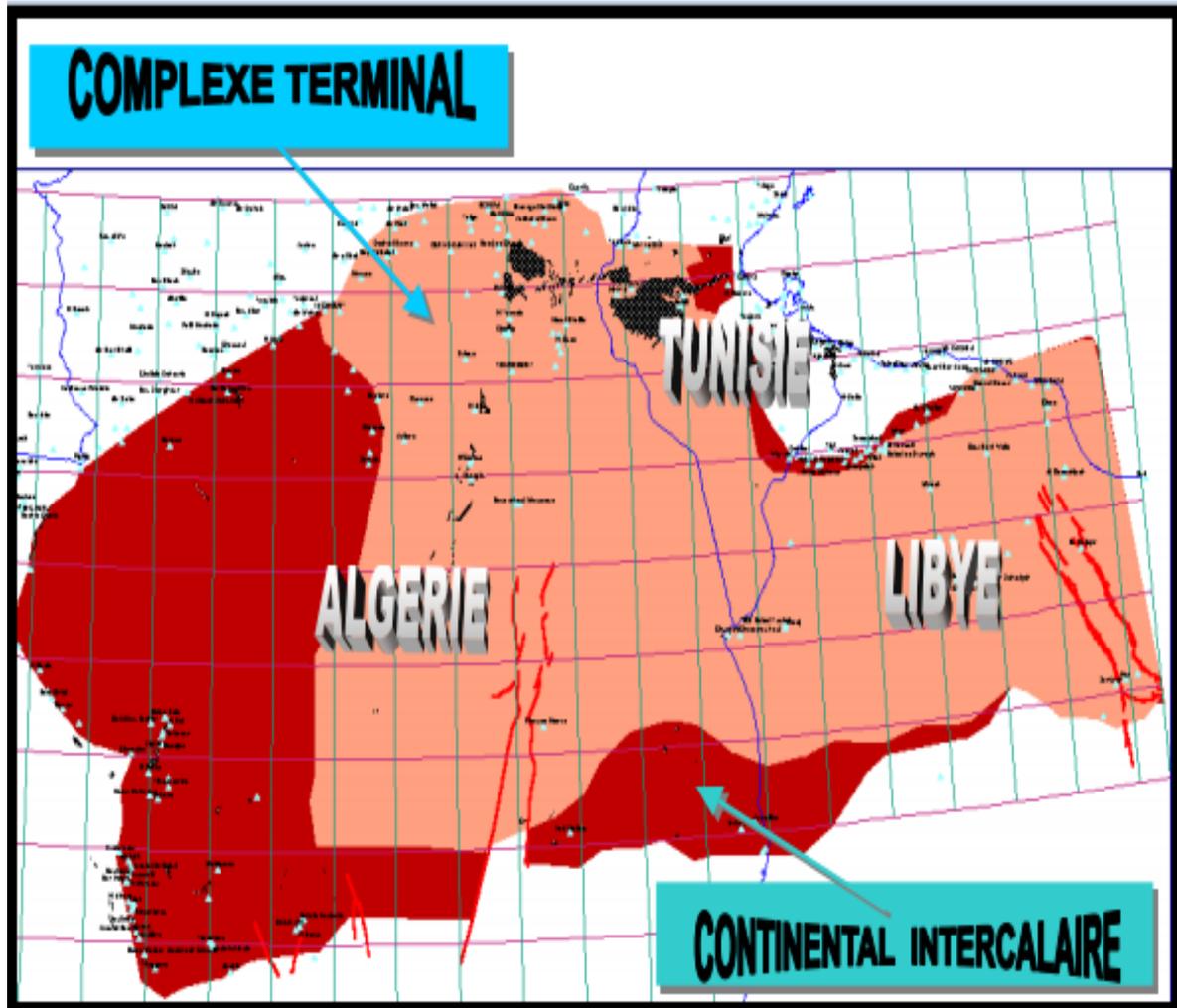


Figure 13. Extension des formations du SASS.(OSS.,2003)

Le Système Aquifère Saharien est reconnu et exploité par près de 8800 points d'eau, forages et sources : 3500 dans l'aquifère du continental intercalaire et 5300 dans l'aquifère du complexe terminal. Par pays, ces points se répartissent ainsi : 6500 en Algérie, 1200 en Tunisie et 1100 en Libye .

L'évolution du nombre de forages et de leur régime d'exploitation indique des croissances extrêmement fortes au cours des vingt dernières années : cette exploitation atteint

Aujourd'hui 2,21 milliards m³/an [soit 1.33 milliard m³ en Algérie, 0.55 milliard m³ en Tunisie et 0.33 milliard m³ en Libye].].(Oss.,2003)

1.1. Le Complexe Terminal

L'aquifère du Complexe Terminal (CT) est moins étendu que le CI néanmoins, il couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara Septentrional, sur environ 350.000 km², sa profondeur oscille entre 100m et plus de 500m et son épaisseur moyenne est de 220 m.

Dans le bas-Sahara, le complexe terminal est composé de deux ensembles aquifères principaux d'âge et lithologie différentes, séparées par des formations semi-perméables ou imperméables ce sont :

- Au sommet, des sables du Mio-Pliocène, couvrant en discordance ⇒ pratiquement la totalité de l'Erg Oriental depuis la dorsale de M'zab à l'Ouest jusqu'au Dahar Tunisien à l'Est, l'épaisseur de l'aquifère des sable 50-100m en moyenne, elle est minimale dans la région de Hassi Messaoud (environ 30m), augmente vers le Sud (400 m), et le Nord où elle peut atteindre 600 m.
- Les formations carbonatées des Sénonien supérieur, s'étendent sur l'ensemble du Bassin Oriental .L'Eocène inférieur ne couvre que la zone située au Nord d'une ligne de Djamaa – Tozeur.
- Les calcaires et les dolomies du Turonien sont reliés hydrauliquement aux formations carbonatées précédentes par l'aquifère des sables du Mio-Pliocène. L'épaisseur moyenne de réservoir carbonaté est de 100 à 200 m augmentant vers le Nord, atteint 500 m sous le chott Melghir et 600 m dans la fosse Atlasique.

La nappe est en charge au Nord et libre dans sa partie Sud, sa porosité dépend de la lithologie, elle est estimée à 30% dans les sables du Mio-Pliocène et à 20% dans les calcaires du Sénonien supérieur et de l'Eocène inférieur.

L'alimentation de la nappe du complexe terminal se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellements apportées par les oueds qui descendent les reliefs des bordures. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium propre de grand erg oriental. .(Naili Ch.,2016)

1.2. Le Continental Intercalaire (CI)

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins (L'Algérie, la Tunisie et la Libye). La partie Algérienne du Continentale Intercalaire couvre 600000 km². Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination «Albien ». Le terme Continental Intercalaire, par contre

désigner l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque Supérieure au Sahara entre deux cycles marins, c'est le plus puissant aquifère du Sahara (250m à 1000m épaisseur) Située à plus de 1800m de profondeur dans la zone de Touggourt. C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. Les plus fortes épaisseurs sont localisées de l'Est d'El Goléa ou elles sont comprises entre 750 m et 1000m. La vallée de l'Oued Righ et les Zibans sont un peu moins bien lotis avec des valeurs inférieures à 350 m.

Le continental intercalaire est limité au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Ouest par l'axe Béchar Réggan et au Sud par l'axe Reggan- Ain Amenas ; à l'Est il se prolonge au delà des frontières Algéro- Libyenne et Algéro-Tunisienne. Il est partagé par la dorsale du M'zab en deux bassins : le bassin Occidental Oriental et le bassin Oriental qui englobe le Bas Sahara. La transgression Cénomaniennne donne au Continentale Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure. Au périphérique, le Continentale Intercalaire, se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

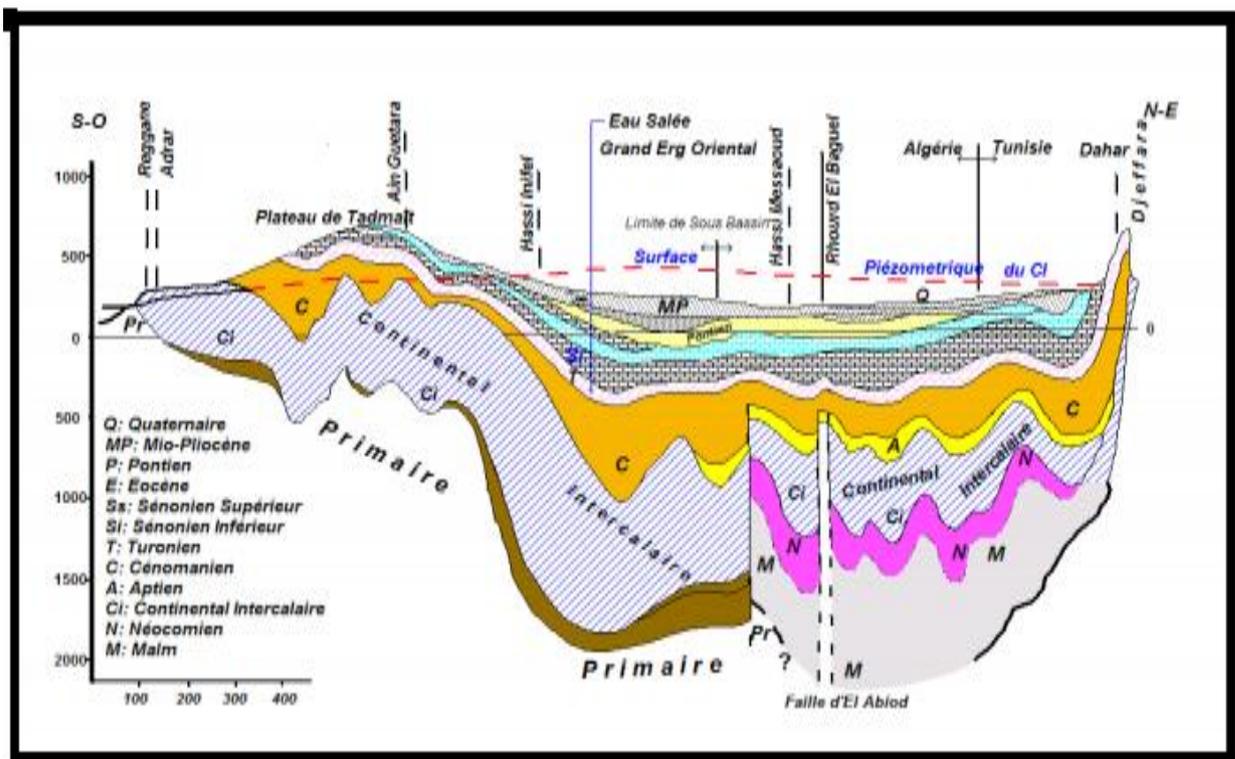


Figure 14. Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale .

Le toit du CI débute presque toujours au toit de l'Albien + 2000m par apport au sol, le mur de CI coïncide avec la discordance hercynienne sous les plateaux du Tadmaït et du Tinhert.

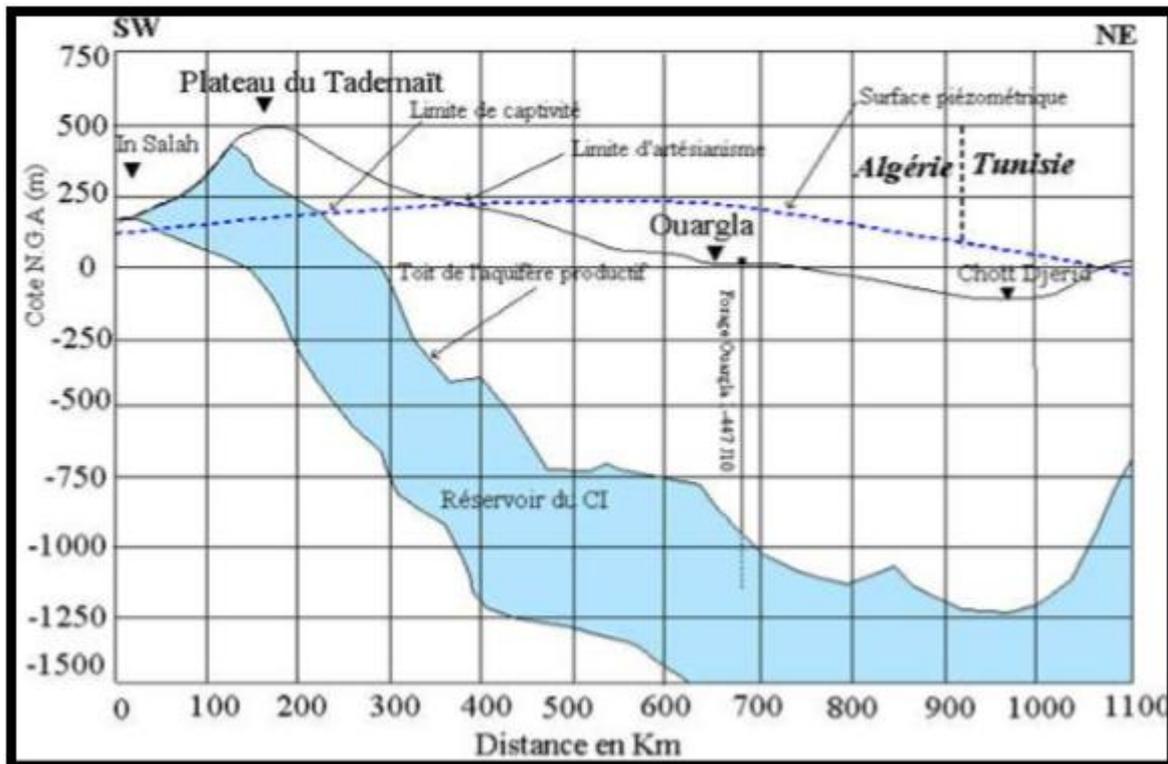


Figure 15. Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI (TUOAHIR M et TARMOUNE .,2014).

Le continental intercalaire s'est chargée au cours des périodes pluviales du Quaternaire. Actuellement, elle reçoit une faible recharge, surtout à partir du piémont de l'Atlas Saharien ; Les apports d'eau au système aquifère s'effectuent par :

- L'infiltration des eaux de ruissellement des reliefs situés à la périphérie du domaine et par des précipitations sur les affleurements.
- Le piémont de l'Atlas saharien, au Nord.
- Le plateau de Tihert, au Sud. La quantité d'eau qui tombe annuellement sur les affleurements du Crétacé inférieur continental est estimée en 2,5 milliards m³/an. Mais, il est difficile d'appliquer à ces formations un coefficient d'infiltration, les conditions climatiques (hauteur de pluies faibles et évaporation intense).

Les exutoires :

- Les puits artésiens: (bassin oriental).
- Les foggaras: (bassin occidental).
- Les sebkhas et Les chott. (TUOAHIR M et TARMOUNE .,2014)

Tableau 09. Données générales sur la nappe du Continentale Intercalaire

Etendue	600 000 km ²
Epaisseur total (m)	50 à 100
Profondeur (m)	60 à 2400
Profondeur au toit (m)	20 à 2000
Epaisseur de la couche utile productrice (m)	150 à 200
Débit (l/s)	50 à 400
Niveau statique par apport au sol (m) (Menaia)	Artésien (25 bars)
Rabattement par apport au N.S (m)(toute la région)	Artésien
Transmissivité (10 ⁻³ m ² / s)	10 à 30
Coefficient d'emmagasinement (10 ⁻⁴)	6 à 1200
Alimentation moyenne (h.m ³ / an)	270
Température (°c)	25 à 70
Salinité des eaux	0,5 à 6g/l

Tableau 10 : Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères (sans échelle)

ERE	Etage	Lithologie	Intérêt Hydrogéologique	
Quaternaire		Sables.	Nappe superficielle (la nappe phréatique)	
		Argiles, évaporites, Sables.	(semi-perméable)	
Tertiaire	Mio-Pliocène	Sables.	1 ^{ère} nappe des sables (Complexe Terminal).	
		Argiles gypseuses, Sables.	(semi-perméable)	
	Pontien	Sables, graviers et grès	2 ^{ème} nappe des sables (Complexe terminal).	
		Eocène	Moyen	Argiles lagunaires
		Inférieur		Nappe des calcaires (Complexe Terminal).
Secondaire	Crétacé	Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	Substratum (impermeable)
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum (impermeable)
		Cénomaniens	Argiles, marnes	Substratum (impermeable)
		Albien		Nappe albienne
		Barrémien	Sables et grès	(Continental Intercalaire).

2. Présentation de système aquifère d'Oued Righ

Les études antérieures ont montré que la région d'étude regroupe trois formations géologiques multicouches, réputées perméables et alternées par d'autres formations hétérogènes et imperméables. Dans la région d'étude, on y distingue trois aquifères qui sont respectivement de haut en bas :

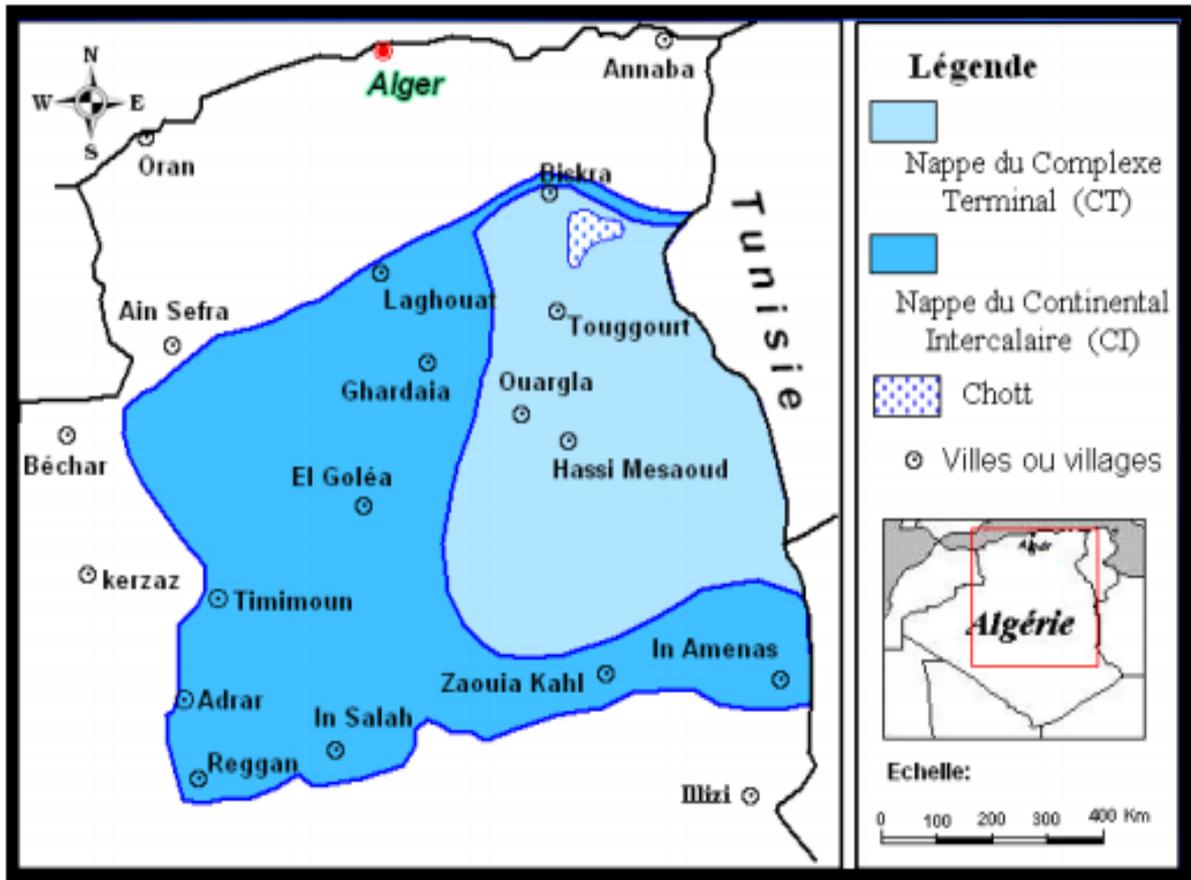


Figure 16. Carte des ressources en eau souterraines « Continental Intercalaire et Complexe Terminal ».

2.1. 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). L'épaisseur de la nappe phréatique varie entre 7m et 60 m. Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités, car elle présentant une conductivité électrique oscille entre 10mmhos/cm et 36mmhos/cm dans la majorité des cas. De ce fait cette nappe n'est plus exploitée actuellement (Derai i., al 2000).

2.2. Aquifère du Complexe Terminal (CT)

L'aquifère du Complexe Terminal se compose dans la région d'Oued Righ de trois nappes d'âge et lithologie différentes, séparées par des formations semi-perméables ou imperméables.

2.2.1. La première nappe des sables CT₁

Hormis, La nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde, sa puissance varie entre 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grès, d'âge Mio-Pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argile constitue son substratum, et son toit est constitué par des argiles et des évaporites, c'est une nappe captive. Elle était jadis très exploitée avec des débits faibles à moyens, de l'ordre de 20 à 40 l/s (le débit globale d'exploitation proche à 6 m³/s) cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés.

2..2. La deuxième nappe CT₂

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène, comme la première nappe (CT₁), elle est formée essentiellement de grès, de gravier et de sable avec la présence de quelques lentilles argileuses. Son épaisseur varie entre 20 et 36 m, elle est très exploitée avec des débits variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

Ces deux nappes sont alimentées localement par les rares précipitations et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'Oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous-jacentes les prélèvements par forages représentent leur seul exhaure. Ces deux nappes surmontent la troisième formation aquifère du CT, formée par les carbonates d'âge Eocène inférieur et Sénonien supérieur.

2.2.3. Les nappes de calcaire CT₃

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse, d'âge éocène et sénonien, sa puissance oscille entre 200 et 350m à Touggourt et environ 360m à Meghaier. Elle n'est moine exploitable que la deuxième nappe de sable. Son artisanisme étant à l'origine plus important au Nord. A la base, le Sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux.

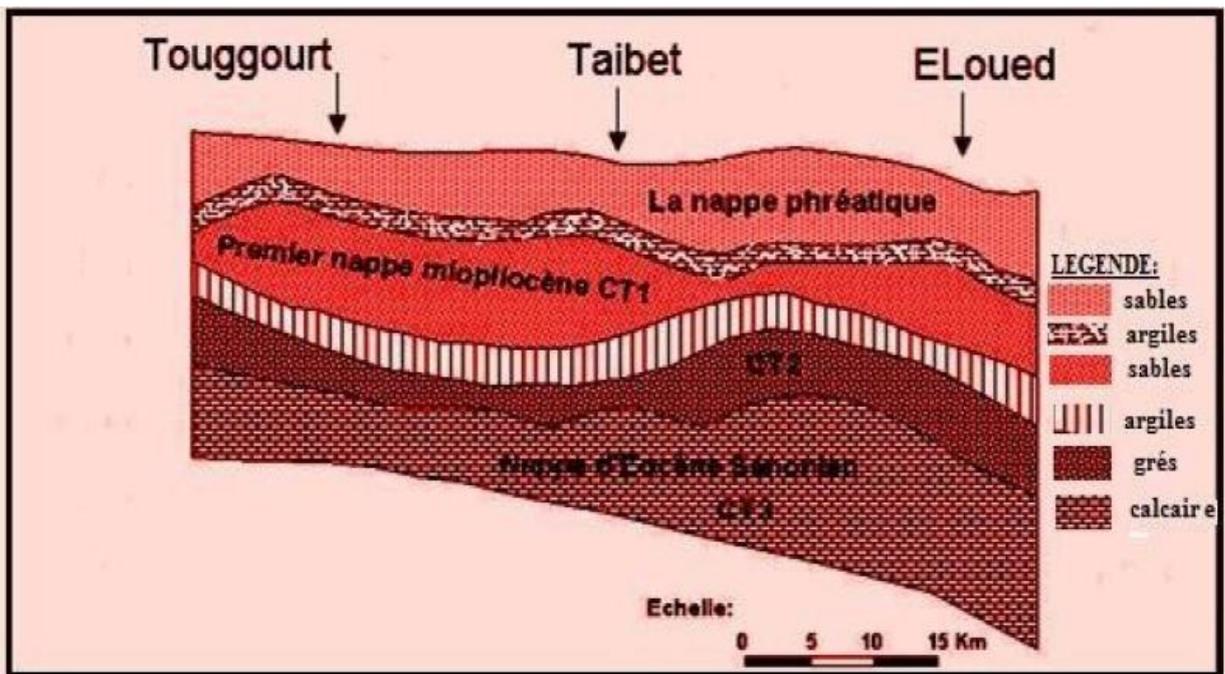


Figure 17. Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ.

2.3. L'aquifère du Continental Intercalaire d'Oued Righ

La nappe du CI est contenue dans des formations continentales du Crétacé inférieur, sablo gréseuses, dolomitiques et calcaire-marneuses. Il s'agit bien d'un immense réservoir aquifère qui contient un volume considérable d'eau douce, dû à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional sur plus de 600.000 Km² et son importante épaisseur qui dépasse les 1000m par endroit.

La réserve théorique estimée par le projet OSS et ERESS extrapolée des anciens travaux, à 50000 milliards de m³, soit seulement 20%, environ 10 000 milliards de m³, sont exploitables. Le CI s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar et d'Ouest en Est, depuis la vallée du Guire et de la Saoura jusqu'au désert libyen.

2.3.1. Caractéristiques principales de la nappe du CI

Dans le centre du bassin, plus précisément dans la gouttière d'Oued Righ, où elle est captée à une profondeur de 1760m au Nord de la vallée, la nappe est fortement artésienne et l'eau d'exhaure a une température élevée qui dépasse parfois les 60C° et une pression de 26 bars, à la sortie des forages. Les eaux de la nappe du CI sont caractérisées d'une part, par le caractère corrosif (H₂ SO₄ et CO₂) et la minéralisation qui s'oscille entre 1.5 et 3 g/l de résidu sec, parfois jusqu'à 5g/l. La porosité du grès et du sable du CI a été évaluée à 26% et sa perméabilité à 10⁻³ m/s.

3. Interprétation de log de forage

Les données issues de forage CI-3 Mazer, qui se trouve dans la zone d'étude, montre la succession litho-stratigraphique commençant de quaternaire jusqu'à le crétacé inférieur (Barrémien), cette série des formations sédimentaire abrite plusieurs couches aquifères, on distingue de haut en bas les nappes suivantes :

- Nappe phréatique continue dans les formations du sable éolien avec quelques passages de l'argile d'âge quaternaire, l'épaisseur de cette nappe peut atteindre 30 m.
- Nappe des sables CT₁ : (appartienne au complexe terminal), sa lithologie est représentée par des sables avec sable avec présence de grés calcaire d'âge Mio-pliocène, la profondeur de son toit est 55m et son épaisseur est 58m.
- Nappe des sables CT₂ (appartienne au complexe terminal), sa lithologie représentée par des Sable moyen à gravier quartzeux d'âge Mio-pliocène, la profondeur de son toit est 127m et son épaisseur est 67m.
- Nappe de calcaire (CT₃) : sa lithologie est représentée par des carbonates (calcaire et dolomite) avec des intercalations des marnes, des argiles et des anhydrites. L'âge des formations qui constituant le réservoir est l'éocène et le sénonien. La profondeur du toit de CT₃ est 184m et la profondeur de son substratum est 580m.
- Nappe turonienne: sa lithologie est représentée par la marne et le calcaire dolomitique d'âge turonien, la profondeur son toit est 1176 et son épaisseur est environ 102m.
- Nappe continental intercalaire : sa lithologie est représentée par des alternances de gré et argile d'âge Albien et du sable et argile sableuse d'âge barrémien, la profondeur du toit de cette nappe est 1561m et son épaisseur est 310 m

Tableau 11. Coupe litho-stratigraphique du forage CI-3 Mazer.

Profondeur	Lithologique	Etage	
7 – 55 m : 55 – 113 m : 113 – 127 m : 127 – 184 m :	Alternance de sable et argile sable avec présence de grés calcaire Argile rouge avec présence de grés calcaire Sable moyen à gravier quartzeux	MOI-PLIOCENE	
184 – 267 m :	Alternance de calcaire et de marne (Présence de gypse)	EOCENE	
267 – 310 m : 310 – 350 m : 350 – 414 m :	Marnes argileuses, présence de gypse anhydrite Calcaire marneux Alternance de calcaire dolomitique de marnes, présence d'anhydrite et gypse Marnes	SENONIEN	CARBONATE
414 – 422 m : 422 – 520 m : 520 – 580 m :	Alternance de marnes et dolomies Alternance de calcaire dolomitique, marnes et anhydrite, Présence de gypse		LAGUNAIRE
580 – 750 m : 750 – 1074 m :	Alternance de marnes et dolomies Gypse, anhydrite, marno-calcaire et calcaire dolomitique avec passées de niveaux de marnes		SALIFERE
1074 – 1154 m : 1154 – 1176 m :	Sel massif Anhydrite et sel		
1176 – 1278 m :	Alternance de marnes et calcaire dolomitique, présence d'anhydrite	TURONIEN	
1278 – 1478 m :	Alternance de marnes, anhydrite et gypse, présence de niveaux de dolomie	CENOMANIEN	
1478 – 1538 m : 1538 – 1561 m :	Calcaire dolomitique Alternance de calcaire gréseux et d'argile, présence de marne	VRACONIEN	
1561 – 1682 m :	Alternance de grés et d'argile	ALBIEN	
1682 – 1712 m :	Calcaire, calcaire dolomitique avec présence de marne	APTIEN	
1712 – 1900 m :	Sable avec intercalation de niveaux d'argile sableuse	BARREMIEN	

4. Piézométrie de CI

Nous ne disposons que des données régionales des relevés et cartes piézométriques établies antérieurement dans le cadre du projet SASS. Néanmoins, la piézométrie au niveau local de la nappe du CI de l'entité hydrogéologique de la vallée de l'Oued Righ est quasiment absente, du point de vue documentation. L'absence de cette dernière est liée principalement aux difficultés techniques de mesures dont nous exposerons rapidement la genèse ci-dessous : L'absence de véritables piézomètres destinés spécifiquement aux mesures des niveaux hydrostatiques, obligeant ainsi de faire appels aux forages de consommations, déjà existants. Cette opération se heurte aux réticences des usagers qui se trouvent ainsi privés d'eau, durant un certain temps. Outre, les forages artésiens qui captent la nappe profonde du CI, situés dans la vallée de l'Oued Righ se heurtent par le fait que les mesures hydrostatiques ne sont, hélas possibles, faute d'équipement de vannes qui servent aux branchements des manomètres. S'ajoute la contrainte de la température élevée qui impose une correction, pour tenir compte de la réduction du poids spécifique de l'eau, avec la température.

Selon les travaux du projet OSS (2002), la vallée d'Oued Righ a connu une prolifération intense des forages profonds captant la nappe du CI, ce qui a provoqué une baisse piézométrique non négligeable depuis les années 80, cette baisse piézométrique dépasse souvent 2m/an.

Des simulations exploratoire ont été réalisées à partir d'une hypothèse de rabattement zéro par le projet OSS, et ont montré qu'en 2050 les rabattements attendront plus les 300 à 400m dans la gouttière de l'Oued Righ ! avec disparition total de l'athésianisme dans tout le bas Sahara ce qui va engendré une situation critique dans l'Oued Righ où les profondeurs de pompage arriveront selon le model entre 100 et 300m. Les Figure 18 et 19 . montrent clairement l'ampleur de la situation à Ouad Righ (Zerrouki F et Salhi A.,2016)

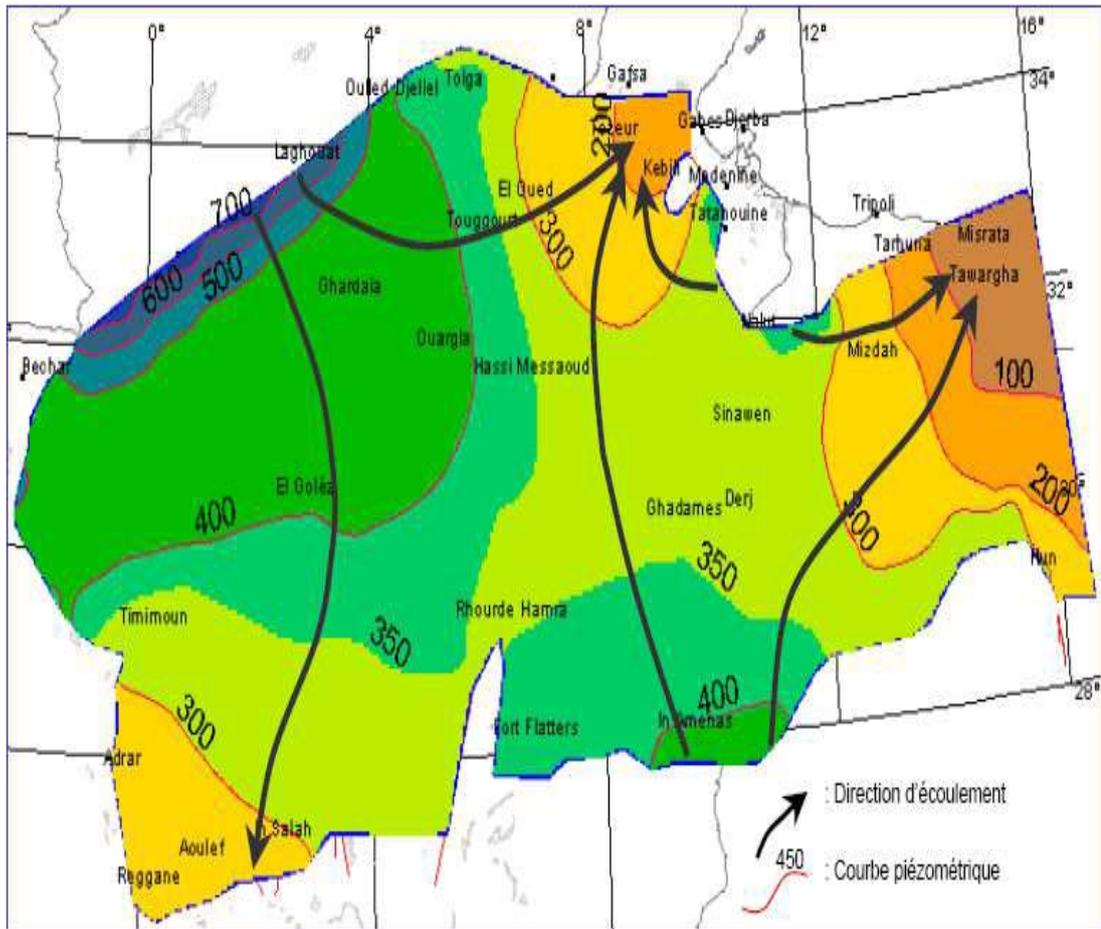


Figure18: carte piézométrique de la nappe du continental intercalaire (D'après SASS 2003).

Conclusion :

Le system Sahara Septentrional constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 700000 km². On distingue deux grands ensembles Post-Paléozoïques, constituant deux systèmes aquifères séparés par une épaisse série argileuse et évaporitiques de la base du Crétacé. Il s'agit du continental intercalaire et du complexe terminale.

Dans la région d'Oued Righ, il existe deux aquifères captifs ; le premier est le continental intercalaire (CI) le plus profond, composé de sables gréseux ou argileux d'âge albien et barrémien. Avec une épaisseur varie entre 200m et 350 m. cette nappe est captée à des profondeurs qui dépassant dans la zone d'étude 1550m.

Le deuxième aquifère est le complexe terminal (CT) compose de trois nappes superposées, ce sont la nappe de sables CT₁, la moins profonde, sa puissance varie entre 50 à 100 m, constituée du sable d'âge Mio-Pliocène. La nappe du sables CT₂ constituée du sable moyen à gravier quartzeux d'âge Mio-pliocène. Et en fin la nappe de calcaires CT₃, d'âge sénonien et éocène constituée essentiellement de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux.

Un autre aquifère existe dans la zone d'étude, c'est l'aquifère superficiel d'une épaisseur varie entre 7m et 60m, il est constitué de sable éolien d'âge quaternaire, vue sa salinité élevée, il est rarement exploité

Chapitre III. Hydrochimie

1. Introduction

La composition chimique de l'eau est importante pour sa qualité qui peut être utilisée pour déterminer l'approvisionnement en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie, etc.).

L'étude de chimie de l'eau est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux des nappes aquifères de la région d'Oued Righ, pour l'alimentation en eau potable (AEP) en référant aux normes de l'OMS et aux normes algérienne de l'eau de boisson et pour l'usage agricole on se basant sur les standards internationales.

2. Les paramètres physicochimiques :

Tableau12 : Statistique physico-chimique des eaux de la nappe CI da la région d'oued Righ.

Forage	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	pH	C.E. (μS/cm)	TDS (mg/l)
Moyenne	181,3	106,69	153,93	39,74	100,23	147,4	727,84	3,785	7,8	2465,71	3911
Min	132	84,24	117,5	12,61	45,72	84,24	611,2	0,8	7,13	2110	1488
Max	216,8	126,72	217,5	46,67	262,2	407,52	828,95	9,3	8,34	3370	5480
E-TYPE	27,85	11,88	30,21	8,08	69,82	96,63	54,28	2,217	0,45	334,864	943
N,OMS 2011	75-200	30-150	200	12	240	200-400	200-500	50	6,5-8,5	500-1500	500-1000
N,ALG 2011	75-200	50-150	200	12	-	250-400	250-500	50	6,5-8,5	2800	1500

2.1 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogènes, il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau, sa valeur varie en fonction de l'action de la force ionique : milieu neutre pH=7, milieu acide pH<7 et milieu basique pH>7(Naceur z 2016). On constate que le pH des eaux souterraines de CI varie entre 7.13 et 8.34 et ne dépassent pas la norme d'OMS (6.5-8.5)

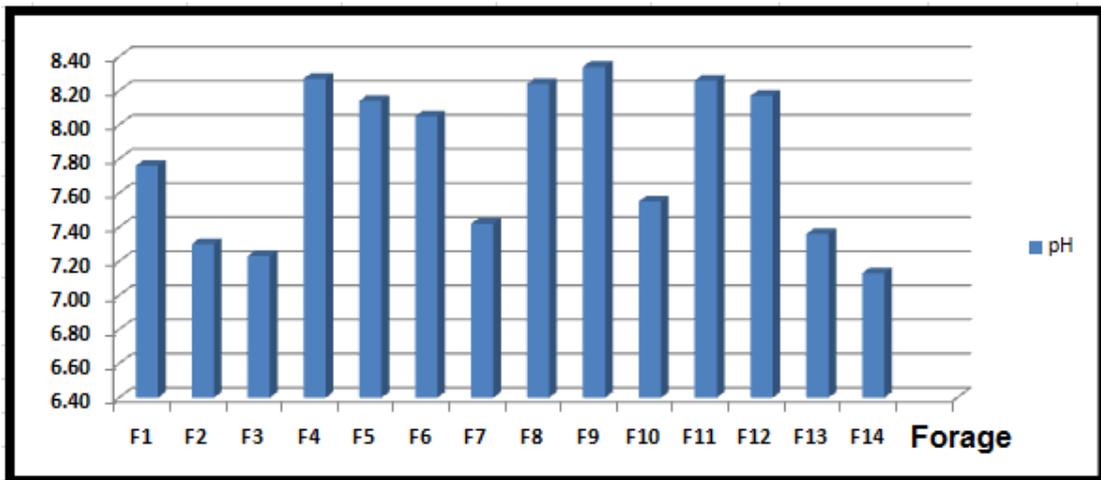


Figure19 : Histogramme de variation du pH des eaux du CI d'Oued Righ.

2.2 Température (T) :

La température joue un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz, elle permet de différencier les eaux qui circulent en surface de celles qui circulent en profondeur ou le mélange entre les eaux. L'augmentation de la température est fonction de la profondeur (1°C Pour 35m). (Naceur z 2016) Dans notre exemple les eaux de CI sont généralement caractérisées par des températures très élevées allant de 41 et 59.5 °C.

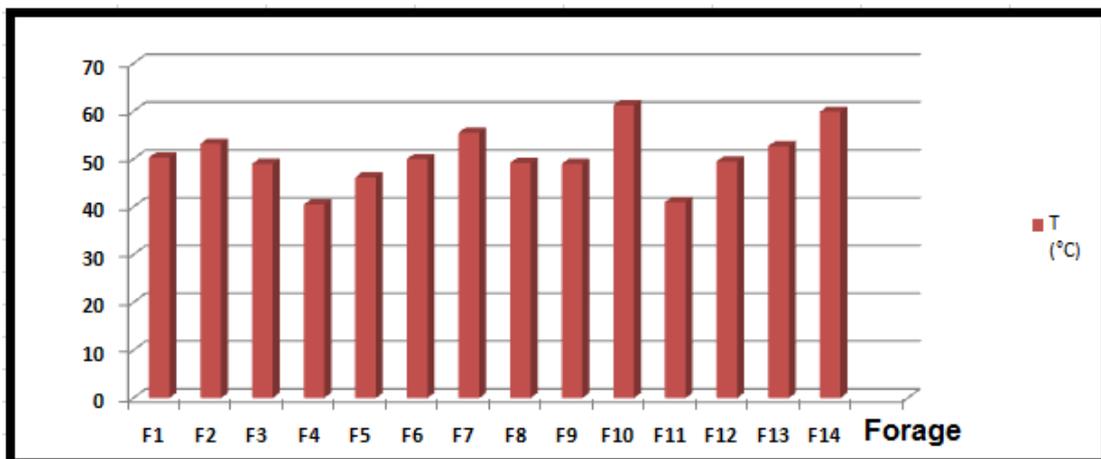


Figure20 : Histogramme de variation du Température des eaux du CI de l'Oued Righ.

2.3. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide, sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration. La conductivité électrique exprime aussi la salinité de l'eau. Elle varie entre 2110 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et 3370 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Naceur z 2016). Les eaux du CI dépassent la norme de OMS (1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

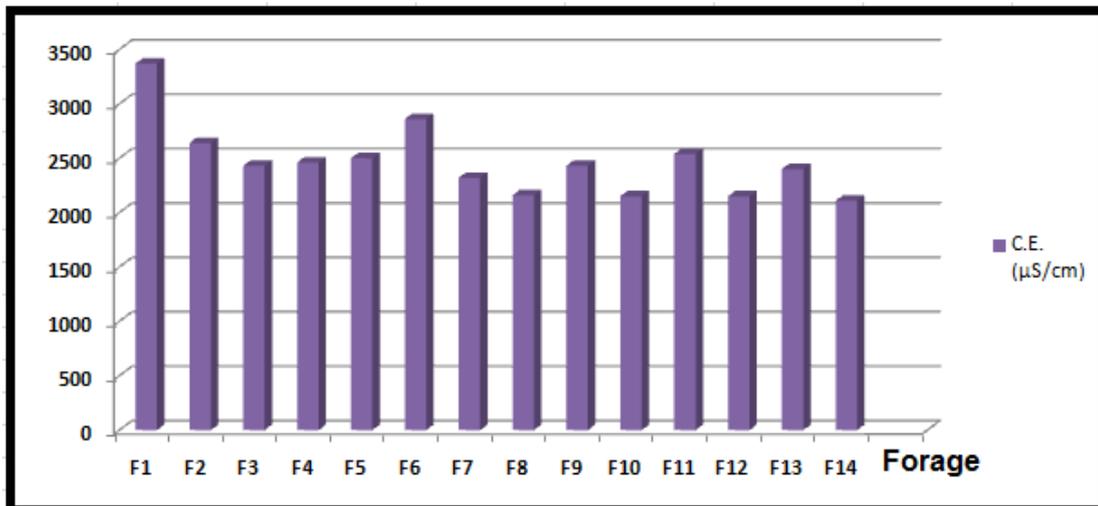


Figure21 : Histogramme de variation de la conductivité électrique (CE) des eaux du CI de l'Oued Righ.

2.4. Calcium (Ca^{2+}) :

C'est un élément alcalino-terreux, il peut provenir des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et la dissolution de calcaire (CaCO_3). On constate que La teneur en calcium dans les eaux de l'aquifère Continental Intercalaire oscille entre 132 mg/l et 216.8 mg/l. Elles dépassent la norme de l'OMS pour l'eau potable (75mg/l).

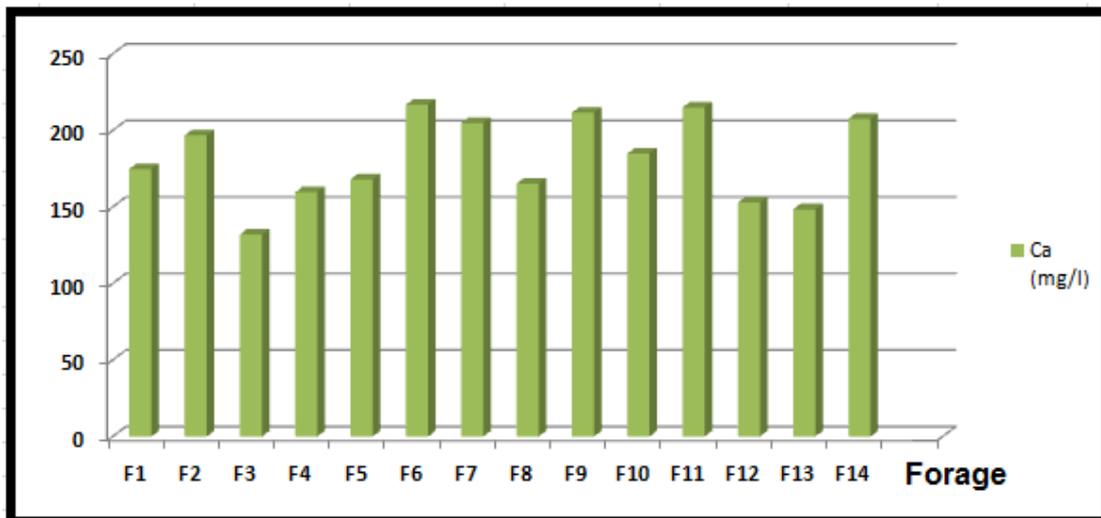


Figure22: Histogramme de variation du calcium dans les eaux du CI de l'Oued Righ.

2.5. Magnésiums (Mg^{2+}) :

Le magnésium existe dans résulte de l'infiltration des eaux de surfaces à travers les formations dolomitiques (dissolution des formations carbonatées.)

L'acquisition de cet élément est lente (la cinétique de dissolution est longue, supérieur à celle des calcaires).Le magnésium est un bon indicateur d'eaux à temps de séjour prolongé dans l'aquifère. On remarque les valeurs de Mg^{+2} comprise entre 84,24 mg/l et 126.72 mg/l, avec une moyenne de 1106.69 mg/l, de plus les valeurs du magnésium dans l'eau sont dépassées la norme de l'OMS pour l'eau potable (50mg/l).

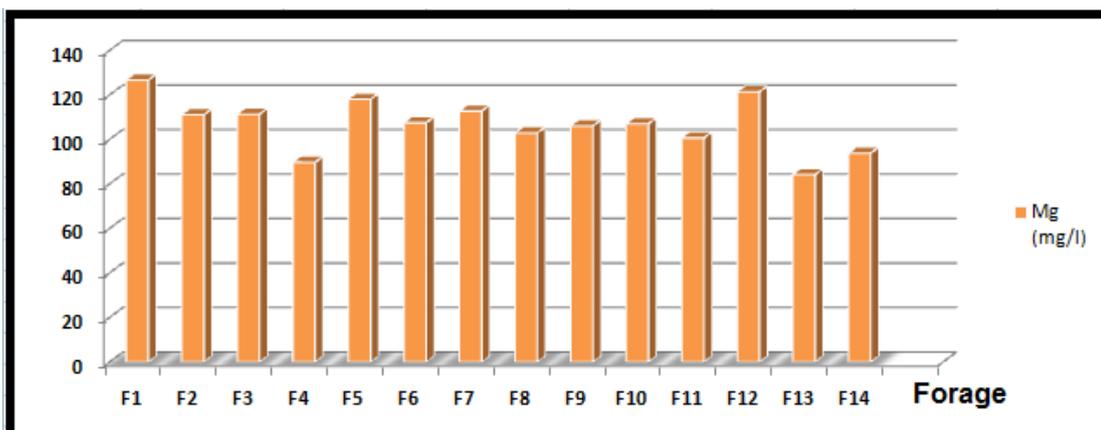


Figure 23 : Histogramme de variation du Magnésium dans les eaux du CI du l'Oued Righ.

2.6. Potassium (K⁺) et Sodium (Na⁺) :

Ces deux éléments proviennent principalement de l'altération des minéraux silicatés constituant le réservoir, de l'échange des cations avec des minéraux argileux ou de la matière organique et de la dissolution des évaporites par la relation suivante:



D'après les valeurs mesurées dans la zone d'étude ne dépassent pas la norme de l'OMS pour l'eau potable (200mg/l) sauf pour le forage N6. Alors que la teneur en ions potassium est supérieure à la norme recommandée par l'OMS (12 mg/l).

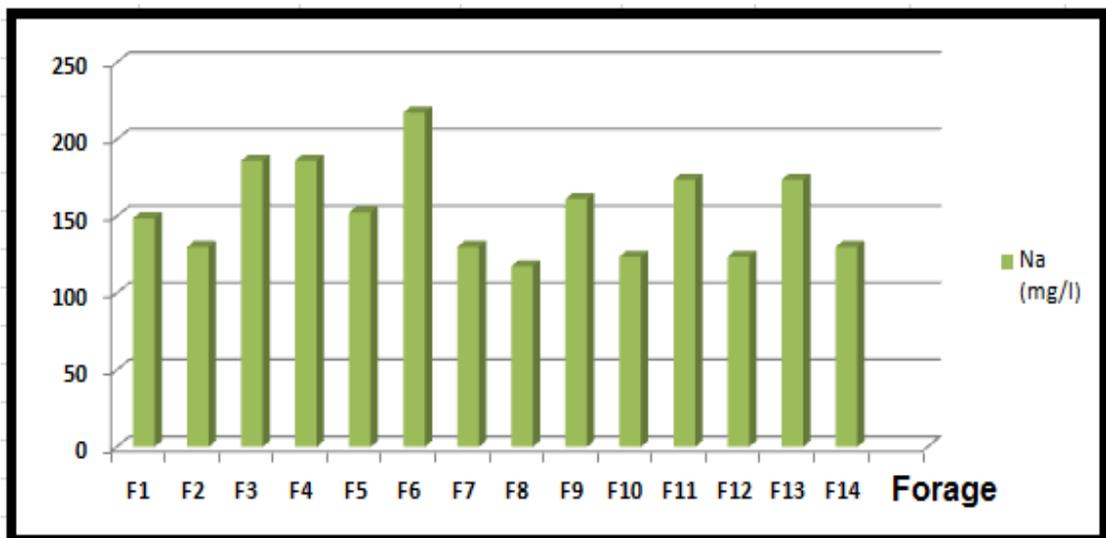


Figure 24 : Histogramme de variation du sodium dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.

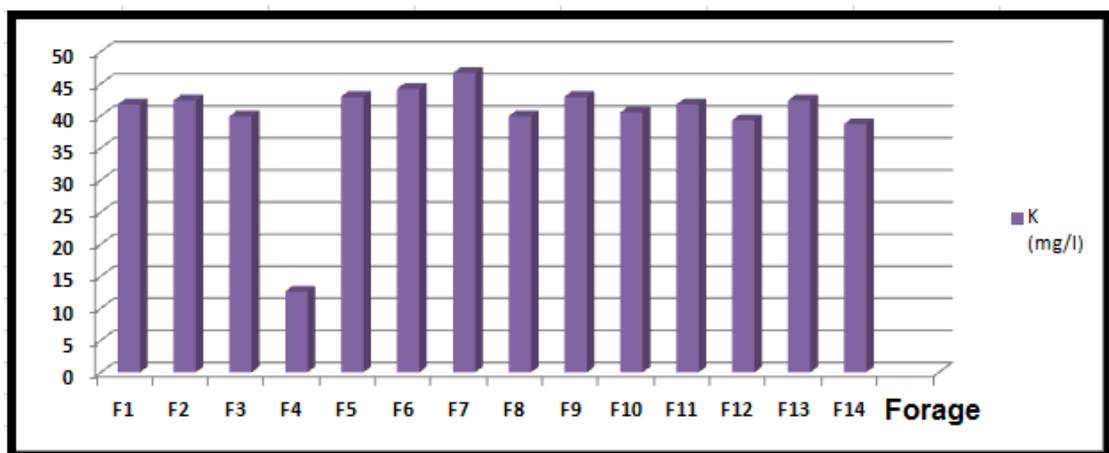


Figure25 : Histogramme de variation du potassium dans les eaux du CI de du l'Oued Righ

2.7. Chlorures (Cl^-) :

Les chlorures sont des éléments conservatifs; leur origine est en générale exclusivement météorique. Les Apports internes en Cl^- ont des origines facilement identifiables en fonction de la situation ou de la géologie des systèmes étudiés:

- Dépôts évaporitiques;
- Pollution anthropique (salage des routes, épandages, eaux usées...);
- Proximité d'une bordure littorale.

Ces ions sont généralement présents à de faibles teneurs dans les eaux, ils ne sont pas Conservatifs. Leur origine est également principalement externe au système (apport atmosphérique).

Toutefois, ils peuvent aussi provenir soit de l'altération des minéraux silicatés dans l'aquifère. Soit D'échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques. On note que la valeur du chlorure ne doit pas dépassée 250 mg /l. Les concentrations enregistrées dans notre zone d'étude varient entre 611.2 mg /l et 828.95mg /l, avec une moyenne de 727.84 mg/l. Donc toutes les valeurs mesurées dépassent la norme de recommandée par l'OMS.

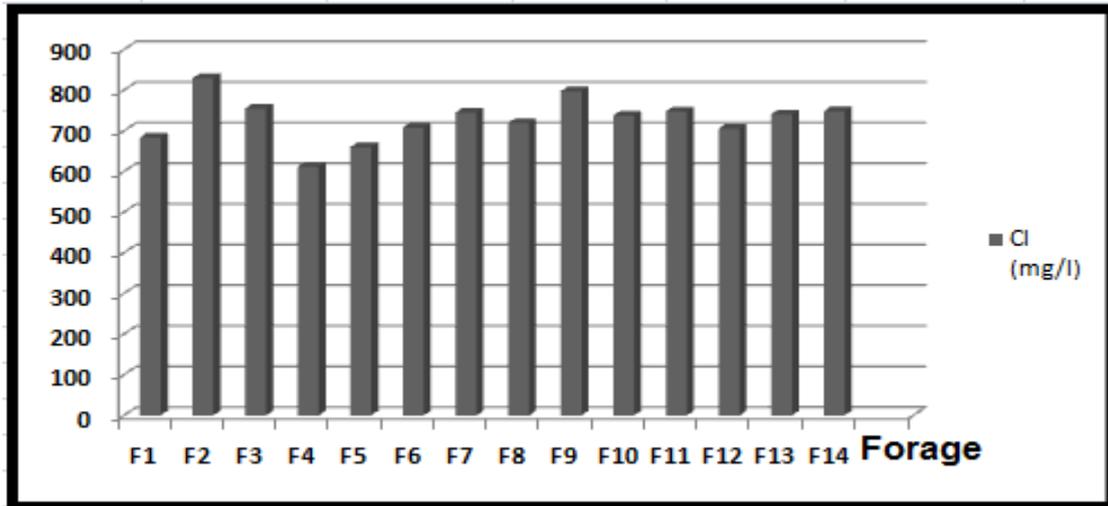


Figure26 : Histogramme de variation du Chlorures dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.

2.8. Sulfates (SO₄²⁻) :

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

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

On remarque Les concentrations enregistrées montrent que la teneur en SO₄²⁻ varie de 84.24 mg/l et 407.52 mg/l avec une moyenne de 147.4 mg/l. Notez que les valeurs sont inférieures à la valeur guide de l'OMS pour l'eau potable (250mg/l) sauf les forages 5 et 6.

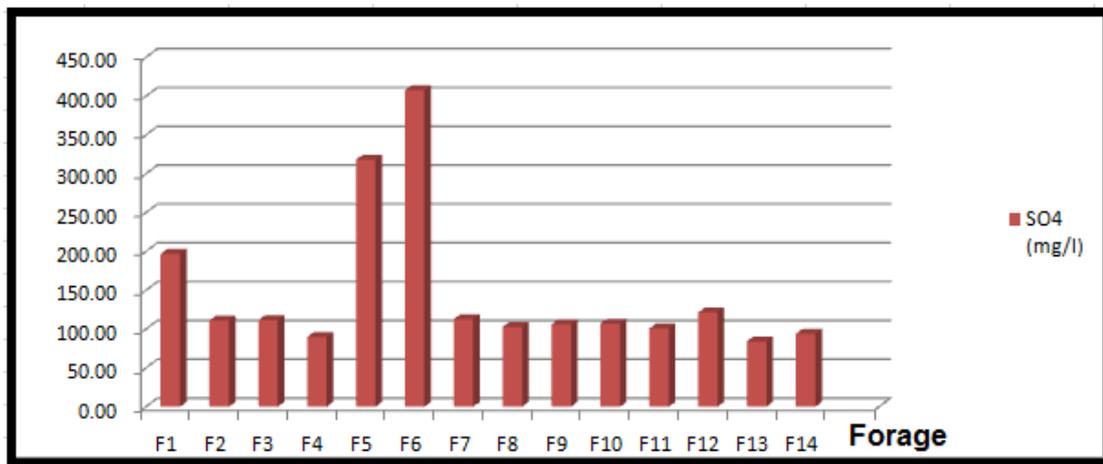


Figure27 : Histogramme de variation du Sulfates dans les eaux du CI de du l'Oued Righ.

2.9. Bicarbonates (HCO₃⁻) :

L'eau chargé de dioxyde de carbone (CO₂) est le responsable de la dissolution des formations de carbonatées selon cette équation la dissolution se fait comme suit:



Les teneurs en HCO₃⁻ varient de 45.72 mg/l et 262.2 mg/l avec une moyenne de 100.23 mg/l. Les valeurs sont inférieures à la valeur de l'OMS pour l'eau potable (240 mg/l) sauf que le forage 4.

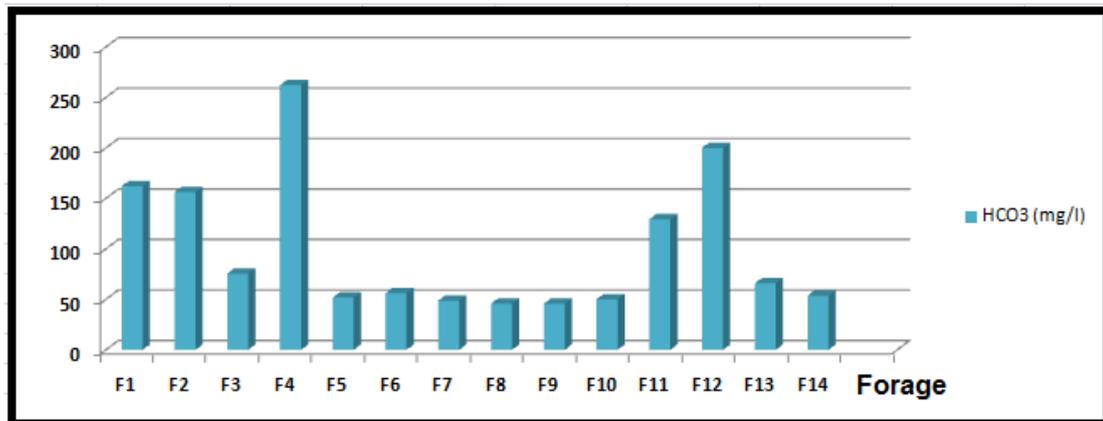


Figure28 : Histogramme de variation du dans le Bicarbonates s eaux du CI de du l'Oued Righ.

3. Faciès chimiques des eaux du CI :

La composition chimique des eaux souterraines dépend essentiellement de la géologie ainsi que des processus géochimiques qui ont eu lieu au sein du système des eaux souterraines. Pour la classification des eaux souterraines naturelle, il y a plusieurs classifications, on distingue deux critères fondamentaux de classification ; la composition chimique et origine du gisement des eaux. Les principales classifications sont basées sur la composition chimique des eaux naturelles, les plus utilisées sont celles de Piper et Schoeller et Barkaloff. Avant de commencer l'interprétation des résultats du chargement des eaux souterraines, il est nécessaire de vérifier l'exactitude des données qui ont été protégées, l'une des caractéristiques fondamentales de l'eau est que la somme des ions positifs et négatifs des espèces dissoutes doit être égale, à (1) une ligne vue sur l'hypothèse d'une condition d'équilibre chimique. Le pourcentage d'erreur d'équilibre est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$\text{Balance ionique \%} = \frac{(\sum \text{cations} - \sum \text{Anions})}{(\sum \text{cations} + \sum \text{Anions})} * 100$$

Tableau 13 : Les faciès chimiques des eaux du CI de l'oued Righ.

Forage	Balance ionique%	Fiabilité	Faciès chimique	Formule caractéristique
F1	1.51	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$
F2	0.59	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$
F3	0.1	fiable	Chloruré magnésique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$
F4	1.03	fiable	Chloruré Sodique	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$
F5	0.21	fiable	Chloruré magnésique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F6	1.50	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$
F7	4.5	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F8	0.49	fiable	Chloruré magnésique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F9	4.78	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F10	1.48	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F11	7.08	Non fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$
F12	3.18	fiable	Chloruré magnésique	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$
F14	1.76	fiable	Chloruré Calcique	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$

3.1. Le diagramme Piper :

Le diagramme Piper (1944) a été utilisé dans le but de caractériser l'eau de la nappe de continentale intercalaire d'Oued Righ. En outre, ce diagramme de Piper permet également de représenter les compositions de cations et d'anions d'un grand nombre d'échantillons sur un seul graphique dans lequel les grands groupes ou les tendances dans les données peuvent être discernés visuellement. Il est aussi utilisé pour évaluer les faciès hydrogéochimiques.

La représentation graphique des échantillons analysés sur le diagramme de Piper montre trois faciès :

- chloruré calcique (57.14%),
- chloruré magnésien 28.57%
- chloruré sodique (14.28%).

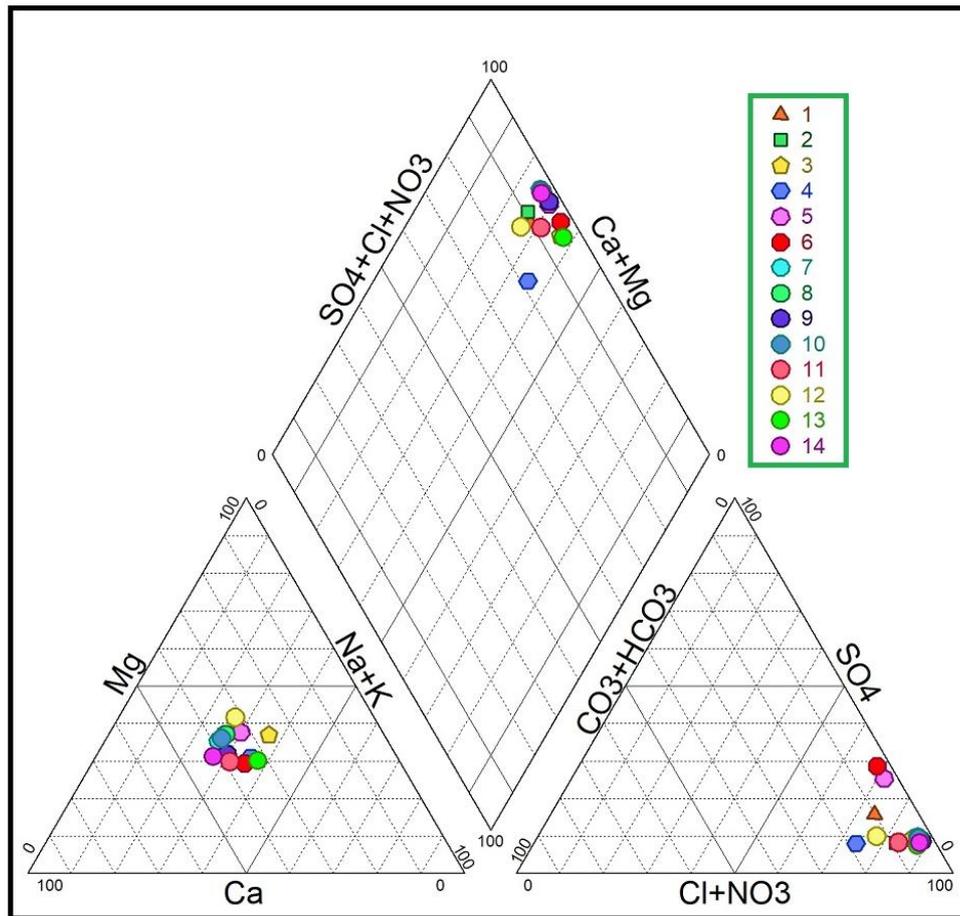


Figure 29: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe continentale intercalaire CI.

3.2. Le diagramme de SCHOELLER et BERKALLOF :

C'est un diagramme semi-logarithmique qui permet de comparer les échantillons d'eau entre eux. On remarque que la concentration des éléments chimiques varie peu dans la zone d'étude. Ce résultat permet de dire que les faciès chimiques des eaux de CI sont

- chloruré calcique et chloruré magnésien.

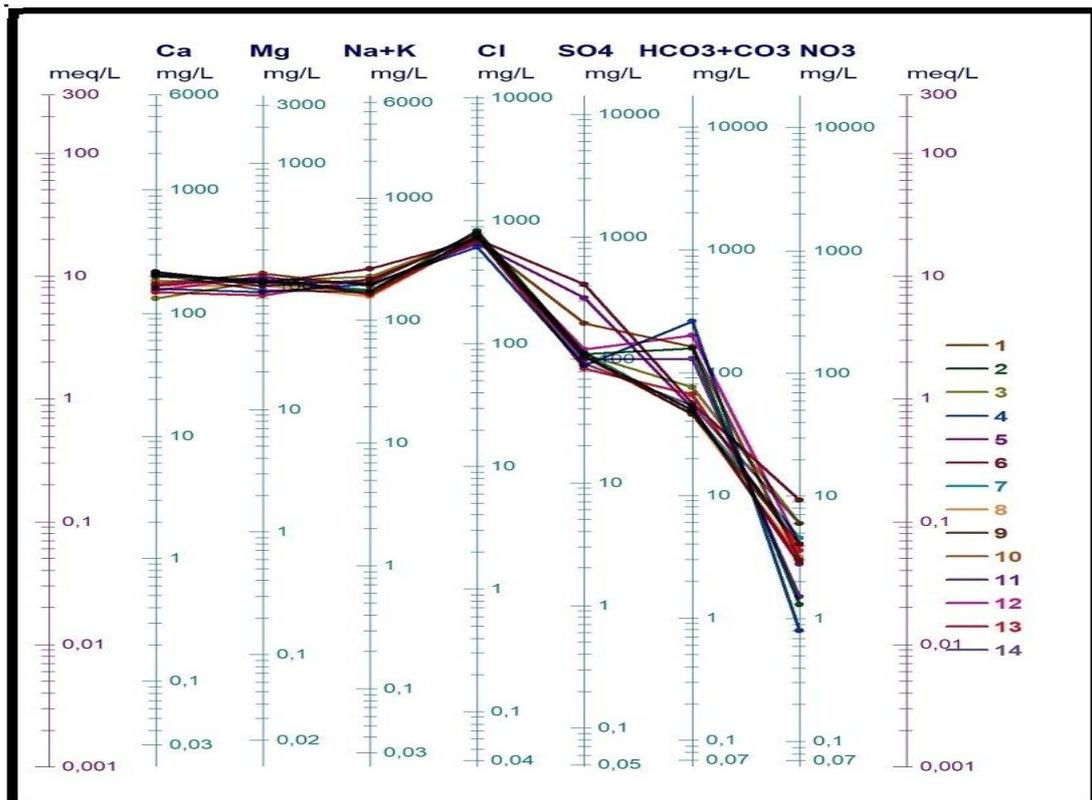


Figure 30: Famille des faciès selon le SCHOELLER et BARKALOFF.

4. Qualité des eaux de CI pour la consommation par utilisation de la méthode de IQE

4.1. L'historique de IQE (en anglais Water Quality Index WQI) :

L'application du IQE a été utilisée pour mieux déterminer la qualité d'eau, la méthode de l'indice de qualité d'eau (IQE), Il s'agit d'une méthode efficace pour évaluer la qualité de l'eau et la délimiter en fonction de son aptitude à la consommation. Le travail pionnier dans le développement de l'IQE a été réalisé par le monsieur Horton (1965) aux États-Unis, il a considéré les poids de certains paramètres de qualité de l'eau fréquemment utilisés, à savoir l'oxygène dissous (OD), le pH, les coliformes, la conductivité électrique, l'alcalinité et le chlorure, etc. le calcul de l'indice est basé sur la méthode moyenne arithmétique. La technique a été largement appliquée et acceptée dans de nombreux pays, car elle reflète l'importance et l'influence considérables des paramètres considérés sur la qualité de l'eau pour une utilisation particulière. Lors du développement de l'IQE par divers scientifiques, plusieurs méthodes mathématiques ont été découvertes. Il s'agit notamment de l'indice de qualité de l'eau de la National Sanitation Fondation des États-Unis (NSFWQI), de l'indice de qualité de l'eau du Conseil canadien des ministres de

L'environnement (CCMEWQI), de l'indice de qualité de l'eau de la Colombie-Britannique (BCWQI) et de l'indice de qualité de l'eau de l'Oregon (OWQI).

4.2. Méthode de WQI :

L'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer l'état des écosystèmes aquatiques est l'indice arithmétique moyen de la qualité de l'eau. Il est le plus efficace et le plus utile pour décrire l'état d'une eau souterraine en utilisant seulement quelques paramètres de qualité de l'eau. La méthode implique trois étapes suivantes:

1- Donner une pondération à chaque paramètre sur la base de leur puissance à nuire à la santé de l'environnement et des êtres humains. Ainsi, les poids des paramètres considérés sont attribués en fonction des valeurs inversement proportionnelles aux normes réglementaires recommandées respectives

Le poids relatif (W_i) est calculé selon l'équation suivante:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum w_i}$$

Où,

- **W_i**: poids du paramètre respectif,
- **w_i**: poids relatif (Tab.III),
- **n**: nombre de paramètres

2- Calcul de l'échelle de notation de la qualité pour chacun des paramètres considérés

L'échelle d'évaluation de la qualité (q_i) est calculée:

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} * 100$$

Où,

- **q_i**: échelle de notation de la qualité,
- **C_i**: concentration du paramètre chimique respectif dans chaque échantillon d'eau en mg / l,
- **S_i**: norme algérienne pour l'eau potable (Tab. I).

3-Calculer les sous-indices (SI) pour chacun des paramètres, puis générer l'indice de qualité de l'eau en additionnant toutes les valeurs de sous-indice.

SI est d'abord déterminé pour chaque paramètre chimique, puis calculé selon la formule IQE

$$SL_i = w_i * q_i$$

$$IQE = \sum SL_i$$

Où,

- **SL_i** : sous-indice deuxième paramètre,
- **qi**: évaluation basée sur la concentration du i^{ème} paramètre,
- **n**: nombre de paramètres.

Tableau 14 : Poids des paramètres utilisés dans le calcul de IQE suivant N-Algériennes.

	poid	Alg-Std (2011)	poids relatif
Parametres	(wi)	(Si)	(Wi)
pH	4	8.5	0.114285
CE	4	1500	0.114285
TDS	5	500	0.114285
Ca	2	100	0.0571428
Mg	1	50	0.0285714
Na	2	200	0.0571428
K	2	12	0.0571428
Cl	3	250	0.085714
HCO ₃	3	120*	0.085714
SO ₄	4	250	0.114285
NO ₃	5	50	0.114285
Total	35	-	1
		*OMS 2011	

4.3. Application numérique et interprétation de WQI :

Les valeurs calculées de l'IQE les étapes précédentes sont classées en deux différentes catégories lesquelles une qualité médiocre avec un pourcentage de (7.14%) pour le forage 2, en revanche le reste qui révèle une qualité de très médiocre pour la consommation en eau potable.

Tableau 15 : Classification de la qualité des eaux souterraines basée sur IQE.

Classes de l'indice IQE (WQI)	Les classes	Nombres d'échantillon et (%)
Excellente	(<50)	0
Bonne	(50 – 100)	0
Médiocre	(100 – 200)	1 (7.14%)
Très Médiocre	(200 – 300)	13 (92.85%)
Non potable	(>300)	0

N des forages	WQI	Classes de l'indice IQE (WQI)
F1	233,24	Très Médiocre
F2	165,12	Médiocre
F3	208,56	Très Médiocre
F4	201,87	Très Médiocre
F5	246,80	Très Médiocre
F6	262,38	Très Médiocre
F7	268,88	Très Médiocre
F8	209,80	Très Médiocre
F9	268,07	Très Médiocre
F10	219,66	Très Médiocre
F11	238,16	Très Médiocre
F12	232,16	Très Médiocre
F14	213,03	Très Médiocre

5. La dureté totale

Le degré hydrotimétrique ou titre hydrotimétrique, indique la teneur totale des concentrations classiques de Ca^{++} et Mg^{++} exprimé en degré français, ou 1°f correspond à **10 mg** de carbonates dans un litre d'eau, 1°f = 10 mg/l de $0,2\text{CaCO}_3$ Elle est calculée par la formule sui vante :

$$\text{DHT (°F)} = (r \text{ Ca}^{++} + r \text{ Mg}^{++}) \times 5$$

Selon le tableau au-dessus l'eau est dite douce si sa dureté est inférieure à 15°F, et dure si elle est supérieur à 15°F, très dure au de la 50°F.

La dureté des eaux souterraines d'Oued Righ variée entre **72.2**et **99.6**, dans la nappe continentale intercalaire.

Tableau16: la classification de la Potabilité en fonction de la dureté

Degré °f	0-3	3-15	15-30	>30
Eau	Très douce	Douce	Dure	Très dure
Les forages	0	0	0	14 forage

Dans l'ensemble les eaux analysées présentent un **th>200°f**.

6. Qualité des eaux de CI pour l'irrigation :

Les sels minéraux contenus dans l'eau en quantités ont des effets néfastes sur le sol et les plantes. Ils peuvent perturber le développement des plantes, agissent sur le processus osmotique, en causant des réactions métaboliques, ils induisent également des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante. Donc il est impératif dans ce cas d'étudier les paramètres définissant les eaux destinées à l'irrigation, tel que: la concentration totale du sel dissous dans l'eau (la conductivité électrique) et la concentration réelle de Na⁺ par rapport aux autres cations (SAR).

6.1. Conductivité électrique (CE):

Les sels contenus dans les eaux d'irrigation, s'accumulent dans la zone racinaire après que la plante ait prélevé l'eau. Ces sels s'épaississent et limitent la disponibilité de l'eau dans le sol pour la culture. Pour éviter ce risque, on doit déterminer la valeur de la conductivité et la classer suivant les valeurs seuils suivantes :

- Inférieure à 250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau ne présente aucun risque.
- varie entre 250 et 750 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau ne peut être utilisée que s'il y a de drainage.
- Supérieure à 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est considérée impropre à l'irrigation.

Les eaux de la nappe continentale intercalaire d'oued Righ présentent deux classes : 28.57 % des échantillons analysé sont médiocre pour l irrigation, alors que 71.43% des échantillons analysés sont médiocres pour l'irrigation.

6.2. Diagramme de REVERSIDE :

Pour plusieurs années, il a été reconnu que la concentration en sodium des eaux d’irrigation, a une influence marquée sur la perméabilité et l’infiltration des sols, la présence du sodium a des effets néfastes sur la structure des sols, et par la suite sur la végétation , par Défloculation de l’argile, ce qui rend les sols compacts, et asphyciants pour les plantes.

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses joue un rôle important dans le maintien de la perméabilité des sols pour l’irrigation. Pour déterminer ce risque, Riverside a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par le sol (SAR) et la minéralisation totale. Donc le SAR, sera calculé par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Ou toutes les concentrations sont exprimées en **méq/l**.

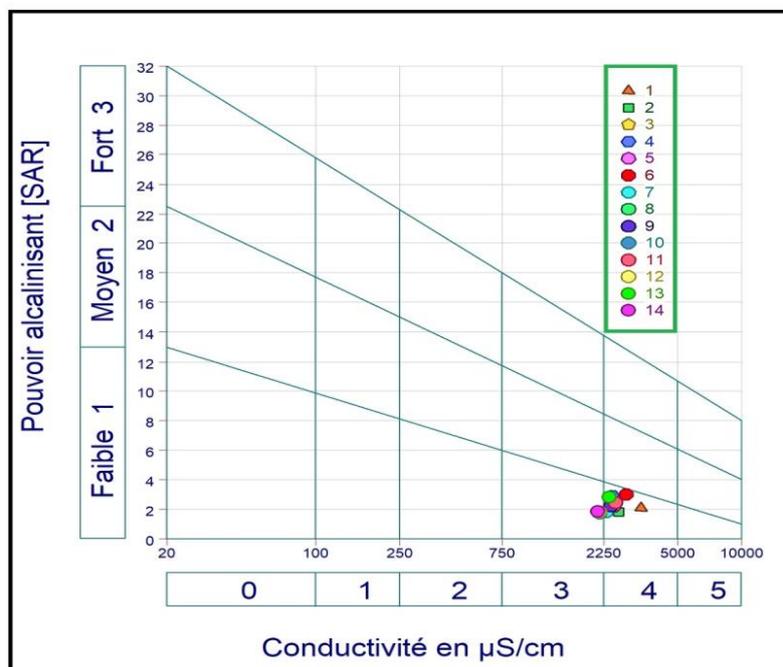


Figure31: Diagramme de Richards des eaux géothermales de la région de l’Oued Righ

2020

Tableau17. Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R

Degré	Qualité	Classe	L'état d'utilisation
1	Excellente	C1-S2	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

D'après le diagramme de Riverside, qualité des eaux entre 2 classes :

1- Admissible de classe C3S1 indique une salinité généralement moyenne et faible risque de sodalité. Ces eaux générales, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur sol bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

2- Médiocre de classe C4S1 indique une salinité généralement fort et faible risque de sodalité. Ces eaux fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels sur sol et bien drainées.

6.3. Diagramme de WILCOX :

Il est connu en général que le développement des plantes est très faibles ou nul dans les sols saturé en sodium (**Lourrier 1976**).

Pour cette raison **Wilcox** à établi en **1954** un diagramme qui tient compte du pourcentage de sodium, et de la conductivité électrique, définissant **5** classes d'eau (excellente, bonne, admissible, médiocre, mauvaise) dont le pourcentage de sodium sera calculé par la formule suivantes :

$$\text{Na}\% = \frac{(\text{Na} + \text{K})}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}} \times 100$$

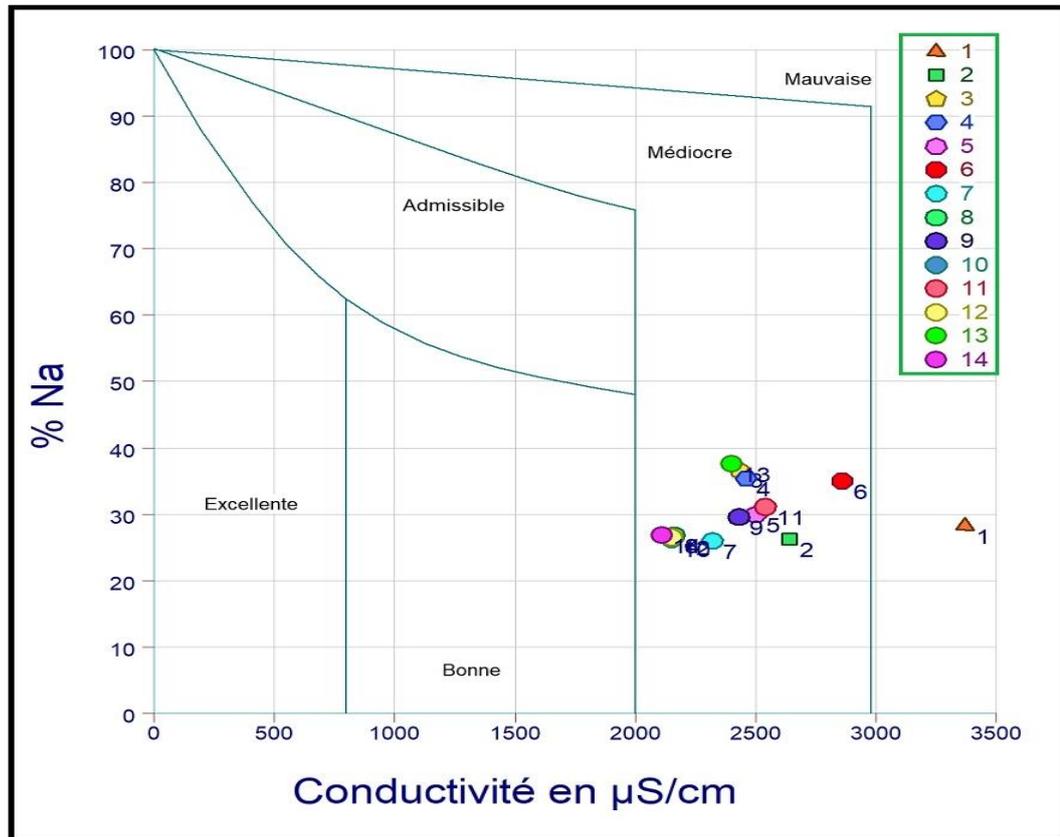


Figure32. Carte Diagramme de WILCOX

D'après le digramme on constate que les eaux de CI sont de qualité médiocre et pour le forage F1 mauvaise, on peut déduire que ces eaux ont une qualité mauvaise pour l'irrigation.

6.4. Rapport de Kelly (KR) :

Le rapport KR est un autre paramètre important qui est pratiqué afin d'obtenir des détails sur la qualité des eaux souterraines, en considérant la concentration en sodium.

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$$

On remarque tous les échantillons inférieure à 1.

Tableau18 .Qualité des eaux irrigation par la méthode du KR.

KR	Qualité des eaux irrigation	Forage
> 1	Appropriée	14
1-2	Médiocre	0
< 2	Inappropriée	0

6.5. Indice de perméabilité (PI) :

L'aptitude des eaux souterraines à des fins d'irrigation peut également être déterminée en considérant le paramètre d'indice de perméabilité. La perméabilité du sol est un facteur important car elle permet l'infiltration des eaux souterraines. Les valeurs PI (Tab.4) sont fortement influencées par la concentration des paramètres Na, Ca, Mg et HCO₃. Les valeurs PI sont classées comme excellentes, bonnes et inadaptées, indiquant la qualité des eaux souterraines utilisées à des fins agricoles. Doneen (1964) et Ragunath (1987) ont proposé un schéma de classification des eaux souterraines à des fins d'irrigation utilisant l'IP en trois classes à savoir la classe 1, la classe 2 et la classe 3. L'OMS (1993) évalue la qualité des eaux souterraines en considérant l'IP comme: Classe I et II des eaux souterraines sont classées comme bonnes pour l'irrigation avec 75% ou plus de perméabilité maximale et la classe III des eaux souterraines ne convient pas avec 25% de perméabilité maximale.

$$PI = \frac{[Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}]}{[Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}]} \times 100$$

Tableau19 . Qualité des eaux irrigation par la méthode du PI.

PI	Qualité des eaux irrigation	Forage
> 75	Excellente	0
75-25	Bonne	14
< 25	Inappropriée	0

6.6. Risque de magnésium (MR) :

La concentration de magnésium et de calcium dans les eaux souterraines joue également un rôle essentiel dans la détermination de la qualité des eaux souterraines. La concentration de magnésium a plus d'effets néfastes sur les eaux souterraines que le calcium. Par conséquent, il est extrêmement important de détecter la quantité de magnésium qui est effectuée à l'aide du danger du magnésium (MR). MR calcule le magnésium par rapport à la concentration en calcium.

Ragunath (1987) a développé un rapport, à savoir le rapport de risque de magnésium. Sur cette base, les valeurs obtenues par calcul ont été classées en deux classes, appropriées et inadaptées. Des valeurs inférieures à 50 ont été jugées convenables et des valeurs supérieures à 50 ont été jugées inappropriées à des fins d'irrigation. Dans notre exemple, la majorité des eaux sont convenable à l'irrigation.

$$MR = \frac{Mg^{2+}}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} \times 100$$

Tableau 20 . Qualité des eaux irrigation par la méthode du MR.

MR	Qualité des eaux irrigation	Forage
> 50	Inconvenable	5
< 50	Convenable	9

6.7. Carbonate de sodium résiduel (RSC) :

Le carbonate de sodium résiduel RSC est l'une des méthodes les plus importantes et les plus utilisées pour calculer la pertinence des eaux souterraines à des fins d'irrigation. L'effet dangereux des carbonates et des bicarbonates a été calculé à l'aide de RSC, détectant les attributs des eaux souterraines à des fins d'irrigation. Tous les échantillons sont inférieures de 1 et négatifs, ce qui traduit un risque de sodisation faible par rapport le sol.

$$RSC = HCO_3^- - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

. Tableau 21 . Qualité des eaux irrigation par la méthode du RSC.

RSC	Qualité des eaux irrigation	Forage
> 1	Appropriée	14
1-2	Médiocre	0
< 2	Inappropriée	0

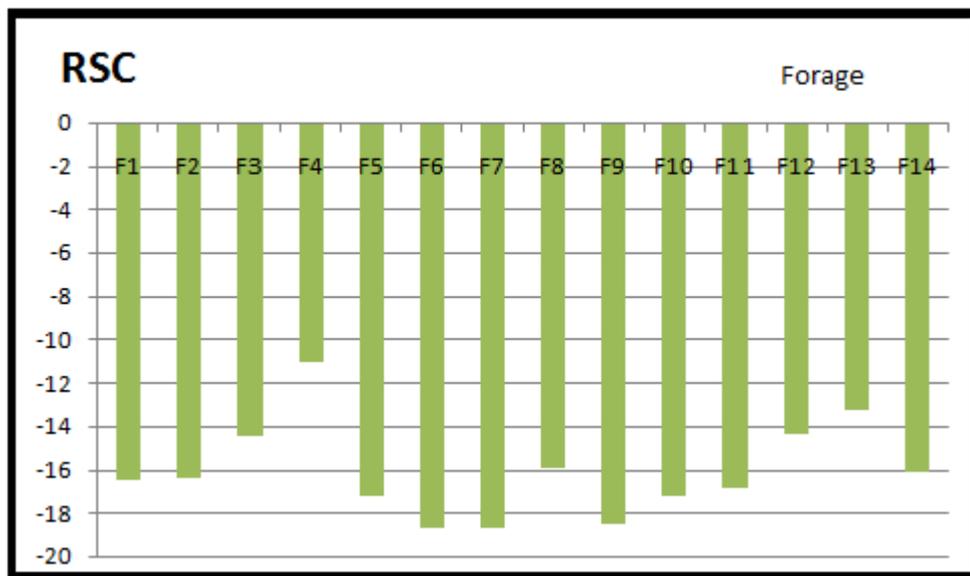


Figure 33: Histogramme de variation Carbonate de sodium résiduel (RSC) eaux du CI de du l'Oued Righ.

7. Conclusion :

L'interprétation des analyses chimiques des eaux de la nappe du Continental Intercalaire de la région montre la dominance des faciès évaporitiques (Chloruré calcique, chloruré magnésien, chloruré sodique).

Les eaux de l'aquifère du Continental Intercalaire sont non potables, elles sont très minéralisées et très dure. Les valeurs mesurées dépassent les normes recommandées par l'OMS. Ces eaux destinées généralement à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur sol bien drainés selon les diagrammes de Richards et Wilcox, ainsi que l'estimation des paramètres d'irrigation montrent que la qualité des eaux de CI, s'arrangent dans la qualité suivante : bonne, convenable et inapproprié pour l'usage agricole.

Conclusion générale

Conclusion générale

La zone d'étude située au Sud-est de l'Algérie, plus précisément au Nord-est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental. Le climat de la zone étude est saharien avec une température moyenne qui dépasse 34°C en juillet. La précipitation moyenne inter annuelle est d'ordre de 66.96mm, et le moins de janvier la plus arrosé avec 11.00mm, et le mois juillet la plus sec 00mm. la température moyenne 26.72 °C, et maximal au mois de juillet avec la valeur 11.8°C, le bilan hydrique est déficitaire a cause de faible précipitation et d'une forte évapotranspiration, le réserve facilement utilisable (RFU) est nulle pendant les 12 mois de l'année.

D'autre part géologique de la région d'oued Righ fait partie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional, sur la carte seul les formations géologiques d'âge quaternaire et Miopliocène sont visible, l'interprétation des logs de forage montre que la succession des couches suivante, de haut en bas : Quaternaire, Miopliocène, Eocène, Sénonien, Turonien, Cénomaniens, Vraconien, Albien, Aptien et Barrémien.

La vallée d'Oued Righ fait partie du système aquifère du Sahara septentrional (SASS), ce dernier est constitué dans la vallée d'Oued Righ de trois couches aquifères, ils s'agissent de l'aquifère du continental intercalaire « CI », la plus profonde, l'aquifère du complexe terminal « CT » et l'aquifère superficiel libre. L'aquifère Continental Intercalaire est constitué des sables et des grès avec des intercalations d'argiles, Son épaisseur varie entre 200m et 350 m. cette nappe est captée à des profondeurs qui dépassant dans la zone d'étude 1550m.

L'interprétation des données hydrochimiques issues de 14 forages captant la nappe du Continentale Intercalaire (CI) révèle trois types d'eau: chloruré calcique (57.14%), chloruré magnésien (28.57%) et chloruré sodique (14.28%). Les eaux de l'aquifère du Continental Intercalaire sont très minéralisées et très dure. Les valeurs mesurées de chlore, de potassium et la dureté totale dépasse les normes recommandées par l'OMS et les normes Algériennes pour l'eau potable. Les autres paramètres physicochimiques se trouvant à la limite de potabilité en références aux normes précédentes. L'application de la méthode de l'indice de la qualité des eaux montre que les eaux du CI sont de qualité très médiocre (92.86%) à médiocre (7.14%).

L'évaluation de la qualité de l'eau agricole a été évaluée à l'aide des paramètres de la conductivité électrique (EC), le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage de sodium (Na%), le rapport de Kelly (KR), l'indice de perméabilité (PI), le danger du

Conclusion générale

Magnésium (MH) et le carbonate de Sodium Résiduel (RSC). Les résultats ont mis en évidence que les eaux de la l'aquifère du CI sont de la qualité médiocre à l'irrigation sur la base de EC, le diagramme de Wilcox et le diagramme de salinité (Richards).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ANRH:** l'agence national des ressources en eau .donnée sur les log stratigraphie de Oued Righ.
- BALLAIS J.L (2010) :** Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara Algérien. Physio-géo .vol 4 .2010.p107-127
- Belksier Mohamed Salah.,2016 :** Caractéristiques hydrogéologiques de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de l'impact de la pollution et de la salinité sur la qualité de ses eaux, Thèse de diplôme de Doctorat en sciences , université Annaba--p123.
- Bouselsal.B (2016)** Etude hydrogéologique et hydro chimique de l'aquifère libre d'El Oued souf (SE Algérie). Th. Doctorat Univ.de Annaba, 204p
- Chaib W (2016)** L'effet des eaux chaudes albiennes sur l'homme et l'environnement de la région d'Oued Righ, Sud-Est Algérien. Th. Doctorat Univ.de Annaba, 288p
- Deghiche Salim et Khadraoui Laid.,2018 :**Etude des ressources hydriques de la région -d'Oued righ ,mémoire de master, université kasdi merbah –Ourgla. 79p.
- ERESS (1972)** Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. UNESCO, Paris, vol. 7 and Annexes.
- Ghendir lahcen., 2016:** Suivis et étude des forages hydrauliques de la région d'Oued Righ , Mémoire de fin d'étude Master en Géologie, université kasdi merbah –Ourgla- P85.
- Horton RK (1965)** An index number system for rating water quality. Journal – Water Pollution Control Fédération. Vol. 37 p. 300–305
- Marlet S.et Job j.O.(2006) :** processus et gestion de la salinité des sols. in : traité d'irrigation, j.r.tiercelin et a.vidal édit., édit. lavoisier,paris,p.797-822.
- Naceur zineb 2016 :** caractérisation hydro chimiques des eaux de la nappe libre dans la région d'oued righ, mémoire de master, universite kasdi merbah – ouargla.p82.
- Naili Chouaib.,2016:** contribution a l'étude hydrogéologique de l'aquifere du continentale intercalaire (ci) dans la region d'oued righ , mémoire de master, université kasdi merbah – ouargla.p74.
- Office nationale du métrologique état de ouargla.** Donne climatique wilaya d'Ouargla.
- OSS (Observatoire Sahara et Sahel) (2003)** Système aquifère du Sahara septentrional: gestion commune d'un bassin transfrontière. Rapport de synthèse. OSS, Tunisie, 2003, 322p.

OSS.,2003: SYSTEME AQUIFERE DE SAHARA SEPTENTRIONALE , GESTION COMMUNE D'UN BASSIN TRANSFRONTIERE .RAPPORT DE SYNTHESE.OSS,TUNISIE ,p148.

Piper AM (1944) Graphical interpretation of water analysis, Transactions of the American Geophysical Union.1944, 25: pp 914 -923

Richards L A (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Department of Agriculture Handbook, 60 Washington USA. 160

SONATRACH et SCHLUMBERGER (1990) : Géologie de l'Algérie. Centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering et Développement, 93p.

Summer m.e 1993: sodic soils –new perspectives. Australian journal of soilresearch, vol.31, p.683-750.

Touahri Mahmoud et Mansouri A-basset .,2017 : impacte de la qualité des eaux souterraines (ci et ct) de la région d'oued righ sur les réseaux distributions distribution ,mémoire de master académique ,université kasdi merbah –ourgla- p86 .

Tuoahir Mohamed Islam et Tarmoun Abd el kahar .,2013: evolution de couvert végétal et tissu urbain d'oued righ. application de la télédétection, mémoire de fin d'étude , ,université kasdi merbah Ouargla – Ouargla –p75.

UNESCO (1972) Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. (7 vols. et annexes). UNESCO, Paris, France, 1972

Wilcox L V (1955) The quality of water for irrigation use, U.S. Department of Agriculture Circular No. 962, Washington, District of Columbia, 40 p

Zerrouki Fatima et Salhi Abdallah 2017: caractérisation hydrogéochimique de la nappe du continental intercalaire de la gouttière de l'oued righ, Sahara septentrionale. mémoire de fin d'étude master, universite de tlemcen , 111p.

Résumé

La vallée d'Oued Righ se situe au Sud-est de l'Algérie. Elle est fait partie du système aquifère du Sahara septentrional (SASS), ce dernier est constitué dans la vallée d'Oued Righ de trois couches aquifères, ils s'agissent de l'aquifère du continental intercalaire « CI », la plus profonde, l'aquifère du complexe terminal « CT » et l'aquifère superficiel libre. L'aquifère Continental Intercalaire est constitué des sables et des grès avec des intercalations d'argiles, Son épaisseur varie entre 200m et 350 m. cette nappe est captée à des profondeurs qui dépassant dans la zone d'étude 1550m.

L'interprétation des données hydro chimiques issues de 14 forages captant la nappe du Continentale Intercalaire (CI) révèle trois types d'eau: chloruré calcique (57.14%), chloruré magnésien (28.57%) et chloruré sodique (14.28%). Les eaux de l'aquifère du Continental Intercalaire sont très minéralisées et très dure. Les valeurs mesurées de chlore, de potassium et la dureté totale dépasse les normes recommandées par l'OMS et les normes Algériennes pour l'eau potable. Les autres paramètres physicochimiques se trouvant à la limite de potabilité en références aux normes précédentes. L'application de la méthode de l'indice de la qualité des eaux montre que les eaux du CI sont de qualité très médiocre (92.86%) à médiocre (7.14%).

L'évaluation de la qualité de l'eau agricole a été évaluée à l'aide des paramètres de la conductivité électrique (EC), le rapport d'adsorption du sodium (SAR), le pourcentage de sodium (Na%), le rapport de Kelly (KR), l'indice de perméabilité (PI), le danger du magnésium (MH) et le carbonate de Sodium Résiduel (RSC). Les résultats ont mis en évidence que les eaux de la l'aquifère du CI sont de la qualité médiocre à l'irrigation sur la base de EC, le diagramme de Wilcox et le diagramme de salinité (Richards).

Mots clés : Oued Righ, continental intercalaire, WQI , Richards , potabilité, irrigation.

المخلص

يقع وادي واد ريج في الجنوب الشرقي للجزائر. وهو جزء من نظام طبقة المياه الجوفية في شمال الصحراء (SASS) ، ويتكون وادي واد ريج من ثلاث طبقات من المياه الجوفية ، وهي طبقة مياه المتداخل القاري "CI" ، وهي أعمق طبقة المياه الجوفية في وادي واد ريج و طبقة مياه المركب النهائي "CT" و الطبقة المائية الحرة. يتكون الخزان الجوفي القاري من الرمل و الحجر الرملي مع تقاطعات طينية ، ويتراوح سمكها بين 200 م و 350 م. ويتم التقاط مياه هذه الطبقة ابتداءً من عمق 1550 م. يكشف تفسير البيانات الهيدروكيميائية أن مياه المتداخل القاري تحوي ثلاثة سحنات كيميائية: كلوريد الكالسيوم (57.14٪) وكلوريد المغنيسيوم (28.57٪) وكلوريد الصوديوم (14.28٪). مياه طبقة المياه الجوفية للمتداخل القاري غنية بالأملاح و ذات قساوة جد عالية. تتجاوز القيم المقاسة للكلور والبوتاسيوم والقساوة الكلية المعايير الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية لمياه الشرب. تكون التراكيز الفيزيائية والكيميائية الأخرى في حدود القابلية للشرب بالرجوع إلى المعايير السابقة. يوضح تطبيق طريقة مؤشر جودة المياه أن مياه CI رديئة للغاية (92.86٪) إلى رديئة الجودة (7.14٪).

تم تقييم جودة المياه الزراعية باستخدام معايير الناقلية الكهربائية ، ونسبة امتصاص الصوديوم (SAR) ، ونسبة الصوديوم (Na%) ، ورايبر دو كيلي (KR) ، ومؤشر النفاذية (PI) ، وخطورة المغنيزيوم (MH) و كربونات الصوديوم (RSC). أظهرت النتائج أن مياه الخزان الجوفي CI ذات نوعية رديئة للرعي بناءً على مخطط ويلكس ومخطط الملوحة (ريتشاردز).

الكلمات المفتاحية: واد ريج ، المتداخل القاري ، مؤشر جودة المياه ، ريتشاردز ، مياه الشرب ، الرعي.

Abstract :

The valley of Oued Righ is located in the south-east of Algeria. It is part of the aquifer system of the northern Sahara (SASS), the latter is made up in the valley of Oued Righ of three aquifers, they are the aquifer of the intercalary continental "CI", the deepest, the aquifer of the terminal complex "CT" and the free surface aquifer. The Continental Intercalaire aquifer consists of sands and sandstones with clay intercalations, Its thickness varies between 200m and 350m. this water table is captured at depths exceeding in the study area 1550m.

Interpretation of hydrochemical data from 14 boreholes collecting the Continental Intercalaire (CI) water table reveals three types of water: calcium chloride (57.14%), magnesium chloride (28.57%) and sodium chloride (14.28%). The waters of the Continental Intercalaire aquifer are very mineralized and very hard. The measured values of chlorine, potassium and total hardness exceed the standards recommended by the WHO and the Algerian standards for drinking water. The other physicochemical parameters being at the potability limit with reference to the previous standards. The application of the water quality index method shows that the CI waters are of very poor (92.86%) to poor (7.14%) quality. The agricultural water quality assessment was assessed using the parameters of electrical conductivity (EC), sodium adsorption ratio (SAR), sodium percentage (Na%), ratio Kelly's (KR), Permeability Index (PI), Magnesium Hazard (MH) and Residual Sodium Carbonate (RSC). The results showed that the waters of the IC aquifer are of poor irrigation quality based on EC, Wilcox diagram and salinity diagram (Richards).

Keywords: Oued Righ, continental intercalary, WQI, Richards, potability, irrigation.