

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT 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

**Impacte de la qualité des eaux souterraines (CI et CT)
de la région d'oued Righ sur les réseaux distributions.**

Présenté par

Mahmoud Touahri

Mansouri A-basset

Soutenu publiquement le 29-06-2017

Devant le jury :

Président :	Dr. Djidel. M	Univ. Ouargla
Promoteur :	M ^{me} . Maabdi. N	Univ. Ouargla
Examineur :	Dr. Medjani. F	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2016/2017

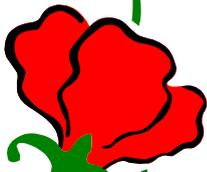
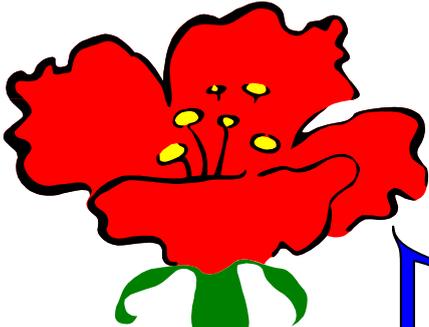
REMERCIEMENT

D'abord, Nous remercions avant tout à remercier « Allah », le tout puissant le tout miséricordieux pour son donné le patient, le courage et la capacité de présenter ce modeste travail.

*Au terme de ce travail, Nous tien ont remercié et respecter de notre cher enseignant et encadreur Mme : **Mabdi.N** pour son suivi, ses conseils, son aide qui j'ai permis avancer dans ce travail, et pour j'ai soutenu.*

Nous exprimons également nos sincères remerciements à tous les enseignants pour l'encouragement et les conseils qui nous ont donné tout le long de nos études : tous les enseignants
En fin je tiens à remercier tous qui de près ou de loin, ont la réalisation de ce travail.

Touahri Mahmoud
Mansouri A. Basset



Dédicaces

Maïmoud J'ai dédié ce modeste travail à :

*Mon père **Noui**.*

*Ma mère **Mabrouka**.*

*Ma fiancée **Messaouda***

Mes frères et sœurs avec

Tous ma famille Touahri et mes amies.

Tous les étudiants de la géologie.

A. Basset J'ai dédié ce modeste travail à :

Mon père Et Ma mère.

Tous ma famille Mansouri et mes amies.

Mes collègues.

Liste des abréviations et des paramètres

ANRH : Agence Nationale des ressources Hydriques.

CI : Continental Intercalaire.

CT : Complexe Terminal.

DA : déficit Agricole (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm).

I : infiltration de l'eau dans le sol (mm).

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

RFU : Réserve Facilement Utilisable (mm).

S.A.R : Sodium Absorption Ratio.

SASS : Système aquifère du Sahara septentrional.

T : Température (°c).

PH : Potentiel Hydrogène.

RS : Résidu sec.

MO : Matière organique

S.A.R : Sodium Adsorption Ratio.

I.E.B : indice de change de base.

IL : indice Langelier.

IR : indice de Ryznar.

MNT : modèle numérique de terrain

Liste de figures

Chapitre I : La présentation d'Oued Righ

Figure 01 : Situation géographique de la zone d'étude.....	03
Figure 02 : Photo illustre le canal de l'Oued Righ (Touggourt).....	07
Figure 03 : Tracé de l'oued Righ [Source ABHS]	08
Figure 04 : photos illustre le modèle numérique de terrain d'Oued Righ (MNT)..	09

Chapitre II : Géologie.

Figure 05 : La carte géologique du bas Sahara (ANRH Ouargla).....	11
Figure 06 : <i>Coupe géologique du Sahara septentrional</i>	14
Figure 07 : Litho- stratigraphie synthétique d'Oued Righ	14
Figure 08 : Coupe hydrogéologique du complexe Terminal Nord-Sud	15
Figure 09 : Carte des stations météorologiques du Sahara algérien.....	19

Chapitre III: Climatologie.

Figure 10: variation précipitations moyennes mensuelles interannuelles	20
Figure 11 : Climagramme d'EMBERGER.....	21
Figure 12 : variation des températures mensuelles interannuelles.....	23
Figure 13: Diagramme Ombrothermique de Oued righ	24
Figure 14: variation des Humidités moyennes mensuelles	24
Figure 15: variation la vitesse de vent moyennes mensuelles.....	25
Figure 16: variation la durée d'insolation moyennes mensuelles	26
Figure 17: variation L'évaporation moyennes mensuelles	27

Chapitre IV : Hydrogéologie

Figure 18: Carte des ressources en eau souterraines (UNESCO 1972)	28
Figure 19: Coupe hydrogéologique Sahara septentrionale (UNESCO 1972)	29
Figure 20: Coupe hydrogéologique le toit de Continentale Intercalaire.....	30
Figure 21: Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal	31
Figure 22: carte piézométrique du continental intercalaire.....	32
Figure 23: Carte piézométrique de la nappe CT 2003 (Oued Righ).....	36
Figure 24: Carte piézométrique de la nappe CT 2014 (Oued Righ)	36
Figure 25: Carte de Rabattement 2003 - 2014 (Oued Righ)	36
Figure 26: carte piézométrique de la nappe phréatique (Oued Righ).....	38

Chapitre V : Qualité des eaux souterraines

Figure 27 : Carte Salinité de Complexe Terminale d'Oued Righ	44
Figure 28 : Carte Salinité de Complexe Terminale d'Oued Righ	44
Figure 29 : Carte Salinité de Complexe Terminale d'Oued Righ	44
Figure 30 : Répartition du CO2 dans l'eau.....	45
Figure 31 : les variations des paramètres physico-chimique de l'eau du CT.....	47
Figure 32 : les variations des paramètres physico-chimique de l'eau du CI.....	48
Figure 33 : Classification des eaux de la nappe (CI et CT) d'Oued Righ.....	49
Figure 34 : Résultats de l'analyse en composants principales (ACP) de CT.....	50
Figure 35 : variation des indices de saturation des minérales des eaux du CT...51	
Figure 36 : Classification des eaux d'Oued Righ selon RIVERSIDE	55
Figure 37: Photos illustrant les dépôts de tartre sur les canalisations.....	59
Figures 38 : Photos le caractère agressif des canalisations d'oued Righ.....	61
Figure 39 : Vapeur d'eau dégagée par un forage albien.....	62
Figure 40 : Photos du système refroidisseur (ancien et nouveau).....	63
Figure 41 : Dépôt de tartre sur les murs du refroidisseur.....	64
Figure 42: composition chimique de tartre en pourcentage.....	65

Liste des Tableaux

Chapitre I : La présentation d'Oued Righ

Tableau 01 : Récapitulatif des besoins et ressources en eau.....	05
Tableau 02 : Population Débit AEP et débit d'irrigation des différentes localités.....	05

Chapitre II : Géologie

Tableau 03 : Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien.....	16
---	----

Chapitre III : Climatologie

Tableau 04 : Précipitations moyennes mensuelles (1975-2015)	20
Tableau 05 : Indice d'Aridité de DEMARTONE.....	22
Tableau 06 : la variation des températures moyennes mensuelles 1975– 2015).....	22
Tableau 07 : Humidité relative moyenne mensuelle (1975-2015).....	24
Tableau 08 : Vitesse des vents moyenne mensuelle (1975-2015).....	25
Tableau 09 : La durée d'insolation moyenne mensuelle (1975-2015).....	26
Tableau 10 : L'évaporation moyenne mensuelle (1975-2015).....	27

Chapitre III : Hydrogéologie

Tableau 12 : Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire.....	31
Tableau 13 : Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères.....	33
Tableau 14 : Valeur de gradient hydraulique.....	37

Chapitre VI : Qualité des eaux souterraines.

Tableau 15 : l'inventaire des points d'eau de la nappe CT (2004-2012).....	43
Tableau 16 : Matrice de corrélation des éléments chimiques des eaux du CT.....	50
Tableau 17 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale.....	53
Tableau 18 : concentration des faciès par l'OMS.....	53
Tableau 19 : Qualité des eaux souterraines de la nappe (CT) (2010).....	58
Tableau 20 : Qualité des eaux souterraines de la nappe (CI) (2012).....	60

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I : « présentation d'Oued Righ ».

Introduction	03
I.1 Situation géographique et administrative de la vallée d'Oued Righ.....	03
I.2 Géomorphologie et topographie.....	04
I.3 Activités économiques.....	04
I.4 Besoin /Ressources en eau.....	05
I.5 Caractéristique et Historique du Canal.....	06
I.6 L'exutoire « CHOTT MEROUANE ».....	08
Conclusion.....	09

Chapitre II : « Géologie ».

Introduction.....	10
II.1 Cadre géologique régional du Bas Sahara.....	10
II.2 Cadre stratigraphique d'Oued Righ.....	12
➤ Stratigraphie.....	12
1. Secondaire.....	12
2. Tertiaire.....	12
3. Quaternaire.....	13
II.4 Tectoniques générale.....	15
II.5 Paléogéographie.....	16
Conclusion.....	18

Chapitre III : « Climatologie ».

II.6 Climatologie.....	19
II.7 Les stations climatologiques d'Oued Righ.....	19
II.8 Analyse des paramètres climatiques.....	20
A. Précipitations.....	20
➤ Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	20
➤ Indice d'Aridité de DEMARTONE.....	21
B. La température.....	22
➤ Diagramme ombro-termique.....	23
C. Humidité.....	24

D. Le Vent.....	25
E. Durée d'isolation.....	26
F. Evaporation.....	27
Conclusion.....	27

Chapitre IV : « Hydrogéologie ».

Introduction.....	28
IV.1 Hydrogéologie régionale.....	28
IV.2 Le Continentale Intercalaire.....	29
➤ Limites et morphologie du continental intercalaire.....	29
➤ Toit du réservoir.....	30
➤ Alimentation.....	30
➤ Les exutoires.....	30
IV.3 Le Complexe Terminal.....	31
a. La première nappe des sables CT1.....	31
b. La deuxième nappe CT2.....	32
c. La nappe des calcaires du Sénonien Eocène CT3.....	32
IV.4 La nappe phréatique.....	33
IV.2 Piézométrie.....	34
1. La piézométrie de la nappe continentale intercalaire.....	34
2. La piézométrie de Complexe Terminale (CT).....	34
3. Evolution de la piézométrie.....	35
4. La piézométrie de la nappe phréatique.....	37
Conclusion.....	39

Chapitre V : « Qualité des eaux souterraines ».

Introduction.....	40
V.1 Méthodologie.....	40
V.2 Résultats.....	41
❖ Etude des paramètres physico chimique.....	41
1. Les paramètres physiques.....	41
A La température.....	41
B Le Ph.....	42
C La conductivité électrique.....	42

D La salinité des eaux souterraine (RS).....	43
2. Les paramètres chimiques	44
A Le CO ₂	44
B Les cations.....	46
C les anions.....	46
❖ Classification des eaux	48
➤ Classification de PIPER	48
❖ Apport de L'analyse En Composante principale (ACP).....	50
➤ Calcule de la matrice de corrélation.....	50
➤ Interprétation des résultats de l'ACP.....	51
❖ Indice de saturation.....	52
V.3 Analyse et discussions	52
❖ Qualités des eaux.....	52
A La dureté totale ou le degré hydrométrique DH°.....	52
B les normes de potabilité selon OMS (organisation mondial de la sante).....	53
C Indice d'échange de base.....	54
D Aptitude des eaux à l'irrigation.....	54
E Problèmes causés par la qualité des eaux.....	55
a. Indice de LANGELIER.....	56
b. Indice de RYZNAR	56
c. La température élevée de l'eau.....	62
d. Le problème de tartre.....	63
Conclusion.....	66
Conclusion générale.....	67

Introduction générale

L'eau fait partie de la nature. Elle contribue à modifier chaque jour le visage de la terre. Elle correspond à un facteur écologique, toujours important et souvent déterminant pour l'Homme, les animaux et les végétaux.

Ces dernières décennies, les problèmes liés à l'eau et l'environnement sont multiples. Nous citons à titre d'exemple: la pénurie et le manque flagrant causés par l'irrégularité du climat et la croissance démographique. Les méthodes de gestion non adéquates, la pollution des eaux et par les rejets domestiques et industrielles, le manque dans la législation sont des enjeux non négligeables de gestion qualitative des eaux.

« L'eau c'est la vie »

Avec près d'un million de km² de superficie, le Sahara septentrional, qui s'étend d'Ouest en Est entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est l'un des plus grands déserts au monde. Les hydrogéologues ayant mené des investigations dans cette région désertique reconnaissent qu'elle recèle d'énormes réserves d'eaux souterraines. Certains s'accordent à dire que leurs eaux sont héritées de périodes plus humides ; alors que pour d'autres, ces nappes peuvent encore être actuellement alimentées lorsque certaines conditions sont réunies.

La région de **OUED RIGH** fait partie du bas Sahara qui est une unité géographique où la richesse en eau favorable aux accroissements démographiques et aux extensions agricoles.

La question de gérer ces ressources fait l'objet d'un grand intérêt depuis plusieurs décennies.

C'est dans cette perspective que nous avons envisagé, en tout état de cause, de tenter de mettre à jour **l'état qualitatif** des eaux souterraines (CI et CT).

Notre étude consacrée à la présentation des principaux d'étude proposée en dégageant :

Introduction générale

❖ **CHAPITRE I : « La présentation d'Oued Righ ».**

Il consacré à la présentation de la situation géographique, la démographie et l'identification des caractéristiques géomorphologiques des sols.

❖ **CHAPITRE II : « Géologie ».**

Dans ce chapitre nous traitons la géologie régionale et locale d'Oued Righ.

❖ **CHAPITRE III : « Climatologie ».**

Dans ce chapitre Nous sommes basées sur des donnes climatologiques portées sur l'intervalle des années hydrologiques (1975-2015) selon les paramètres enregistrés par la station de Touggourt.

❖ **CHAPITRE IV: « Hydrogéologie ».**

Nous mettons l'accent sur la description géométrique des aquifères (CI et CT), leur direction d'écoulement et leur Rabattement intense.

❖ **CHAPITRE V : « Qualité des eaux souterraines ».**

Il nous a été possible d'étudier l'évolution des paramètres physico-chimiques et la détermination du faciès chimique. Ainsi que nous traitons le caractère corrosif et incrustant de l'eau souterraine de la région et leur impact sur les canalisations et l'Homme.

I. Chapitre I : « présentation d'Oued Righ ».

Introduction :

Dans ce chapitre ; nous allons réaliser une présentation de la zone d'étude en particulier sa situation géographique, la démographie et l'identification des caractéristiques topographique et géomorphologiques des sols. Ainsi que l'activité économique et les besoins des ressources en eau avec les caractéristiques du canal.

I.1 Situation géographique et administrative de la vallée d'Oued Righ :

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 $6^{\circ}20'$

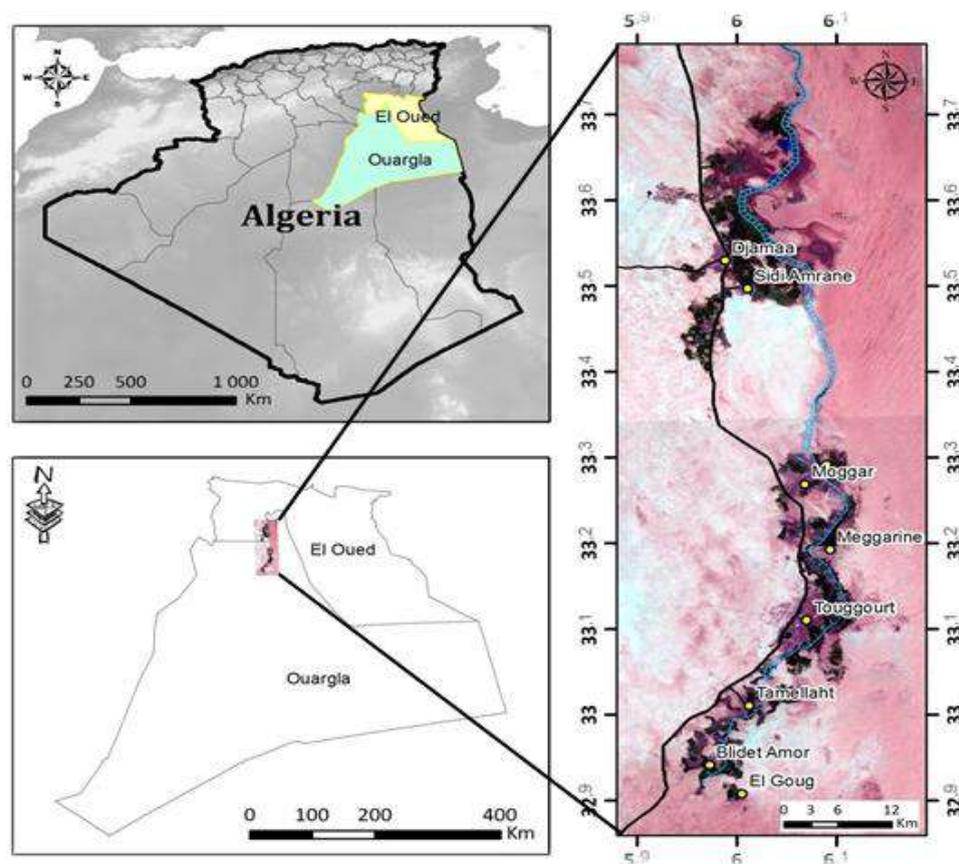


Fig. 1: Situation géographique de la zone d'étude

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 willaya 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.

I.2 Géomorphologie et Topographie :

Cette région à une morphologie homogène, elle se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions. La variation des côtes est nettement remarquable, Elle descend régulièrement de 90m à Goug, atteint la cote 0 m à El Meghaier et (-20m) à Ourir, passant par la cote de 45 m à Djamaa. Cette région est connue sous le nom du Bas Sahara, à cause de sa basse altitude notamment dans la zone du chott au Nord où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer. La région de l'Oued Righ est topographiquement plus ou moins aplatée (plaine).

Le point le plus élevé 105m est situé à Touggourt et -20m à Ourir pour le point le plus bas, l'altitude moyenne est de 46m, et la pente est 1‰.

I.3 Activités économiques :

La vallée regroupait **50** oasis couvrant **15000** hectares en **1988 (I.N.R.AA) Institut National des Recherches Agricoles Algérien**. Le domaine agricole qui était jadis la principale activité dans la région d'Oued Righ, elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région.

Elle est un peu délaissée actuellement à cause du faible rendement des palmiers dû aux effets néfastes de la « salinisation » des eaux et des sols, des phénomènes de : la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers »...etc. de plus les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés. Les dernières statistiques (**1988**) montrent que l'agriculture n'occupe dans notre région d'étude qu'une faible main d'œuvre **38%**, étant donné le contexte climatique hyper-aride, l'agriculture est très consommatrice d'eau. Parmi les espèces cultivées; la variété de « Deglat Nour » prédomine, suivie par « Ghars », « Degla Bayda ». On note 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, [DTP], transformation des plastiques (département de transport et production) ; fabrique d'aluminium, ainsi que des entreprises de conditionnement de dattes. Le tourisme existe aussi, de par l'existence de quelques repères touristiques comme les oasis, le lac de Temacine, les anciennes Medinas, les tombeaux des rois...etc. Et surtout la Zaouia Tidjania qui accueille de nombreux visiteurs chaque année.

I.4 Besoin /Ressources en eau :

Les prélèvements d'eau dans cette région s'élèvent environ à **350** millions de m^3 /an, provenant essentiellement des deux complexes, celui du complexe terminal (CT) et celui du continentale intercalaire (CI).

Tableau. N°01 : Récapitulatif des besoins et ressources en eau

COMPLEXES	CT	CT	CI	CT+CI
USAGE/	Irrigation	AEP	AEP	Total
Nombre de forage exploité	338	4	7	349
Nombre de forage non exploité	89	13	/	102
Nombre total de forage	427	17	7	451
Débit Q hec/m/an	210	02	30	243Hm3/An

(Source ANRH Ouargla 2005)

Tableau. N°2 : Population Débit AEP et débit d'irrigation des différente localités.

Localités	Populations	Dotation en L /J /hab.	AEP L/S	Irrigation L/S
B.Amor	12345	150	50	1234.5
Temacine	15802	170	70	687.82
Nezla	42477	200	120	1590.44
Touggourt	37237	200	120	417
Tebesbest	30597	200	120	535.26
Zoaouia	16200	200	120	543.52
Megarine	11452	200	120	653.84
S/Slimane	7152	240	120	663
S/Amrane	9018	60	60	2655.43
Djamaa	34798	186.66	140	3462.1
Tindla	8049	220	30	986.71
S/khlil	5934	145	76	565.48
Meghaier	39432	111.66	120	2111.35
Oum Tiour	10500	125	30	742
Total	280993	2408.32	1296	16848.45

(Source ANRH Ouargla 2005).

Dans la région de l'Oued Righ, le débit extrait destiné à l'A E P est supérieur aux besoins. La dotation journalière mesurée est en moyenne de **(172,02 l/j/h)** qui dépassent les normes de l'**Organisation de la santé (OMS) [100-150 l/j/h]**, de même le débit extrait destiné à l'irrigation est supérieur aux besoins. La dotation mesurée pour l'agriculture est en moyenne **1.12L/S/Hec**, elle dépasse les normes **1L/S/Hec** pour les plantes mixtes et **0.7L/S/Hec** pour les palmiers.

I.5 Caractéristiques et Historique du Canal :

Le canal passe par les trois grandes villes à savoir : la ville de Touggourt, Djamaâ et El-Meghaïer qui sont entourées à leur tour par les palmeraies, ce canal a été creusé avec des méthodes traditionnelles par la population de la région pour but de faire drainer les eaux en excès d'irrigation des palmeraies et l'évacuation des eaux usées, donc le canal joue le rôle de collecteur principale de ces eaux sur une longueur de **150 km** à partir d'El-Goug jusqu'au chott Merouane (exutoire naturel). Les trois premiers kilomètres du canal sont des conduites enterrées en béton armé de diamètre **1000 mm**. Le reste du canal est à ciel ouvert et de forme trapézoïdale d'une largeur de **10 m**, une profondeur de **4 m** et une pente de **1‰**. Les **2/3** Sud du canal ont été creusés, tandis que **1/3** Nord est d'origine naturel (Oued Khrouf). Le canal d'Oued Righ est passé par deux étapes avant d'aboutir à l'état actuel :

- a. **Étape de la réalisation pendant la colonisation** : Initialement, l'étude du canal collecteur a été lancée avant **1910** après l'apparition de la remontée des eaux de la nappe phréatique à partir du village de Témacine jusqu'à la zone des lacs de Sidi Slimane a été réalisé en tronçon manuellement par les fellahs en **1912**. Entre **1925 et 1926** il a été remarqué que la région présente une dénivelée naturelle moyenne de **1‰** à partir de la commune de Blidet Amor (Daïra de Témacine wilaya de Ouargla) jusqu'à Dendouga (Daïra d'El Mghaïer wilaya d'El-Oued) sur une longueur d'environ **136 km**. Sur la base de cette dénivelée des travaux manuels ont été lancés pour le creusement de l'actuel Oued Righ représentant le début de ce canal collecteur. Le canal est resté dans cet état de bon fonctionnement grâce au nettoyage périodique assuré par les autorités de cette époque jusqu'à l'indépendance.
- b. **Étape de la réalisation après l'indépendance** : cause d'inefficacité du canal avec le temps, l'état a proposé plusieurs études d'aménagement de ce dernier selon les normes

ou les travaux de réalisation ont été commencés en **1980** et la mise en œuvre du canal en **1984**.

Depuis **1993** l'ANRH de Touggourt a pris en charge l'étude hydrologique de ce canal ; par des dizaine de stations de jaugeage ont été implantées le long du canal collecteur depuis El Gougue jusqu'à Boufeggoussa, l'endroit de contact avec le chott Merouane Pour surveiller les fluctuations des débits du canal.

Appartir **BOUZEGAG. A (2014-2015)**, « Etude géologique et hydrogéologique de la région de M'rara et sa contribution à la création des effondrements ».

les caractéristiques du canal sont comme suivant :

Le débit de drainage du canal varie de **2,5 m³/s** en été à **5-6 m³/s** en hiver et la teneur en sel de son eau varie aussi de façon saisonnière de **3,5g/l** en hiver et à **6g/l** en été.

- Vitesse moyenne d'écoulement **0,7 m/s**.
- Débit moyen max **4m³/s**.
- Salinité moyenne **4.75 g/l**.
- Pente d'écoulement moyenne **1‰**.

Le débit du canal de l'Oued Righ est de l'ordre de **260 l/s** au point de départ (Beldat Amor), et augmente progressivement vers l'aval **2450 l/s** à Sidi Slimane ,atteint **5000 l/s** au point de rejet.



Figure. N °02 : Photo illustre le canal de l'Oued Righ dans la région de Touggourt(2013)

Le canal de Oued Righ joue un rôle très important dans :

- ❖ Le rabattement de la nappe phréatique ;
- ❖ L'assèchement de la vallée par l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires;
- ❖ L'évacuation des eaux d'assainissement des zones urbaines qui sont situés de part et d'autre du canal.

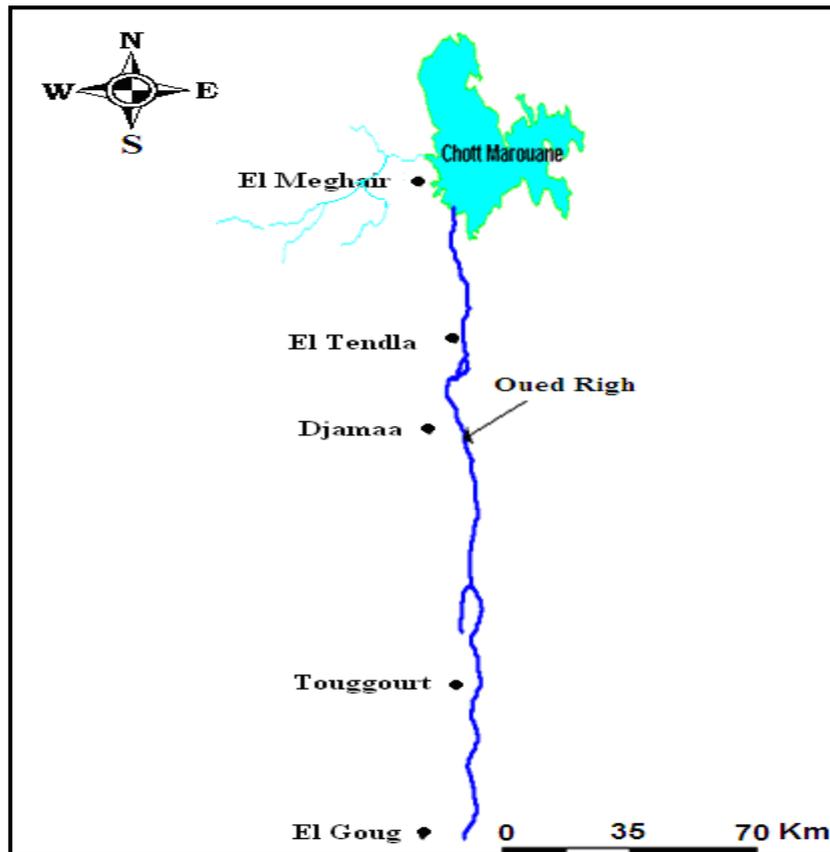


Figure. N°03 : Tracé de l'oued Righ [Source ABHS].

Malheureusement; le canal est actuellement confronté à une multitude de problèmes à savoir :

- La mauvaise gestion du système de drainage (cumulation des sels nuisibles)
- L'apparition de végétation dans les berges provoquant le changement du vitesse et sens d'écoulement.
- L'existence des dépôts provoqué par l'érosion sur le long du canal.
- l'envasement du lit de canal.

I. L'exutoire « CHOTT MEROUANE » :

Le chott comme n'importe quel écosystème réunit toute une interaction entre les biocénoses, sol et climat dans un environnement saharien.

D'une part il a un rôle important dans l'équilibre biologique, d'autre part on peut dire que le chott draine toutes les eaux des régions avoisinantes et les eaux superficielles.

La constitution naturelle du chott est directement liée à l'histoire géologique des hauts plateaux algériens. Toute cette région est marquée par un substratum

sédimentaire hérité des transgressions marines du secondaire et du tertiaire, le chott prend deux origines :

- Origine de salinisation primaire: selon les critères d'origine géologique.
- Origine de salinisation secondaire: selon les critères d'origine hydrogéologiques (l'eau qui s'écoule dans les couches profondes).

Le Chott Merouane est située dans la région Nord-Est du Sahara Algérien dans la wilaya d'ElOued (**Figure. N°04**), **9Km** d'El Meghaïer, Il couvre une superficie de **337.700 Ha** et est situé entre **33°55' N de latitude** et **6°10'E de longitude**, il présente une altitude moins **40 m**. Il représente un affleurement naturel vers le Nord de la nappe phréatique dans la région de Oued Righ.

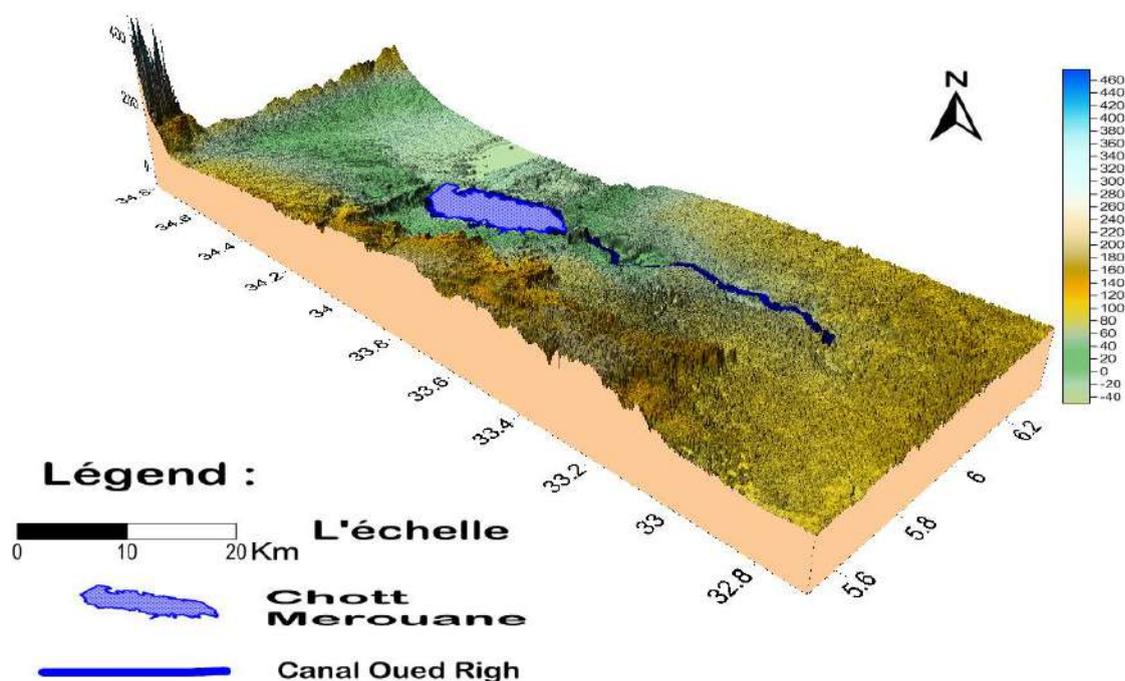


Figure. N°04: illustre le modèle numérique de terrain d'Oued Righ (MNT).

Conclusion :

La région de l'Oued Righ montre des altitudes qui s'abaissent progressivement et régulièrement du Sud vers le Nord, d'où le rôle d'un collecteur de toute les eaux d'origine diverses et lointaines aboutissant à l'exutoire naturel. Elle couvre une superficie de 3186.78 km² et sa population est de 280993 habitants. Aussi que La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région, et elle consomme plus des 90% des eaux.

II. Chapitre II : « Géologie ».

Introduction :

La fonction de la géologie est essentielle en hydrogéologie et hydrochimie, il permet la description lithologique et stratigraphique des formations aquifères et d'identifier la nature des eaux de cette ressource.

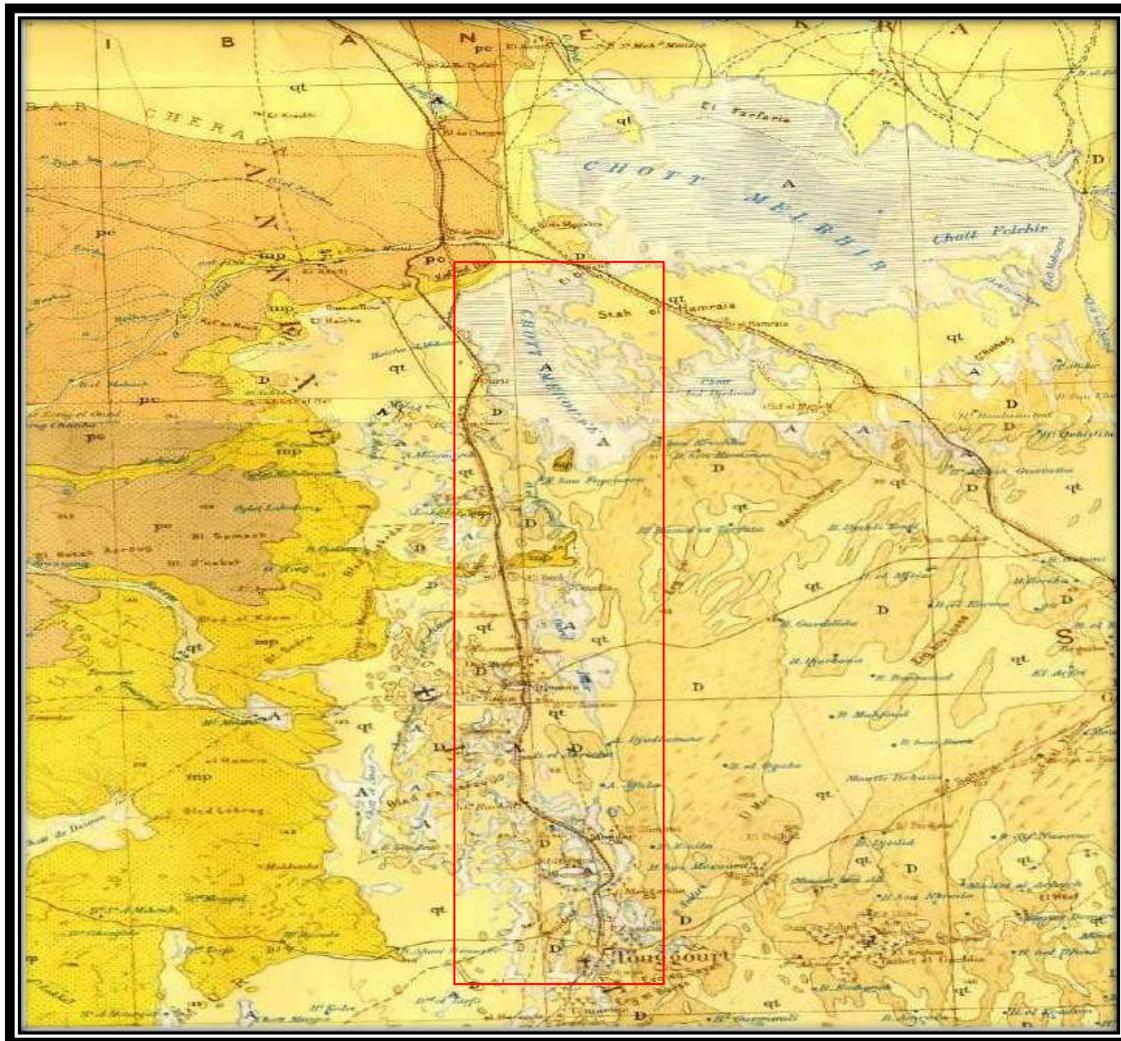
Notre chapitre est consacré à l'étude des aspects géologiques à l'échelle régionale le sous bassin du bas Sahara, et locale à Oued Righ.

II.1 Cadre géologique régional du Bas Sahara :

Pour étudier la géologie de la zone d'études, nous étendrons le champ d'investigation à tout le Bas-Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques caractérisant la région.

Nous distinguant de bas en haut trois (03) ensembles :

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud entre les plateaux de Tadmait et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïques et Cénozoïques constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- Des dépôts continentaux de la fin de Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette.



Légende :

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

Figure. N°05 : La carte géologique du bas Sahara (ANRH Ouargla).

II.2 Cadre stratigraphique d'Oued Righ

A. Stratigraphie :

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

1. Secondaire :

a) Albien :

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

b) Vraconien :

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

c) Cénomaniens :

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

d) Turonien :

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

e) Sénonien :

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

2. Tertiaire :

a) **Eocène**: on distingue deux ensembles lithologiques ; l'Eocène carbonaté à la base, l'Eocène évaporitique au-dessus.

❖ **Eocène inférieur carbonaté** : L'Eocène carbonaté se caractérise lithologiquement qui le rend difficile à distinguer du Sénonien. La présence des nummulites est le seul critère de différence. Les calcaires ont tendance à prédominer par rapport aux dolomies et aux évaporites. Ces derniers sont beaucoup plus rares que dans le Sénonien, sinon totalement absents. Les calcaires à silex sont rencontrés au sommet du

Sénonien carbonaté se poursuivent dans l'Eocène. La puissance de cette formation varie entre 100 et 500 mètre.

- ❖ **Eocène moyen évaporitique** : Il est formé par une alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes. Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les Chotts (Bel et Cuche, 1969). Dans l'oued Righ, la nappe des calcaires semble être située dans un niveau carbonaté appartenant à l'Eocène évaporitique.

b) **Mio-pliocène** :

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

- **Niveau (01)** : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau 02.
- **Niveau (02)** : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour passer au niveau 03. Il atteint 400 m au Sud de Gassi Touil. Le niveau 02 est le principal horizon aquifère du Miopliocène.
- **Niveau (03)** : C'est une formation argilo sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.
- **Niveau (04)** : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-pliocène. Parfois en continuité avec le niveau 02. Le sommet de niveau 04 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte Hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 m.

3. **Quaternaire** :

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

Les formations géologiques sont décrites du plus ancien au plus récent :

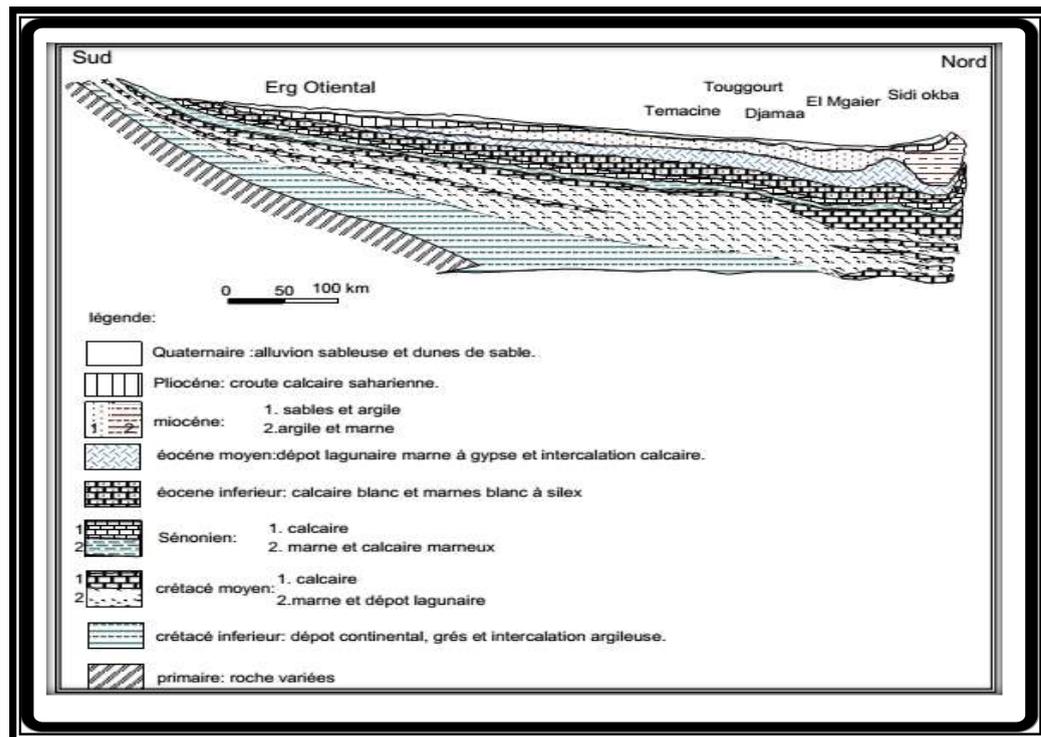


Figure. N°06 : Coupe géologique du Sahara septentrional d'après UNESCO1972

Ere	Etages	Prof	Chronostratigraphie	Lithologie	
QUATERNAIRE		10m	Sable Argile Évaporite Sable		
	CÉNOZOÏQUE	Mio-pliocène	Argile Gravie Grés Argile		
			Argile Lagunaire		
MESOZOÏQUE	ÉOCÈNE	Moyen	180m	Argile Lagunaire	
		Inférieur	280m	Dolomie	
	CRETACE	Sénonien	500m	Calcaire	
		Calcaire		Evaporite Anhydrite Sel massif Argile Marne	
		Sénonien Lagunaire		Calcaire marneux	
		Turonien	1100m 1160m	Dolomie Argile Anhydrite Marne	
		Cénomannien		Argile et dolomie	
		Vraconien	1320m	Sable Grés	
		Albien	1450m	Argile sableuse	
		Aptien Barémien	1660m 1680m	Dolomie Sable	
		Et Grés			

Figure. N°07 : Litho- stratigraphie synthétique d'Oued Righ (Helal et Ourihane, 2004).

La dénivellation entre le haut et le bas du relief est peu marquée reposant sur les formations Mio-pliocènes et Eocènes qui s'enfoncent progressivement vers le Nord, on trouve sur les parties hautes de la vallée un niveau quaternaire ancien à encroûtement gypso-calcaire, recouvert par endroits de formations dunaires ; le fond de la vallée est constitué de dépôts sablo-argileux

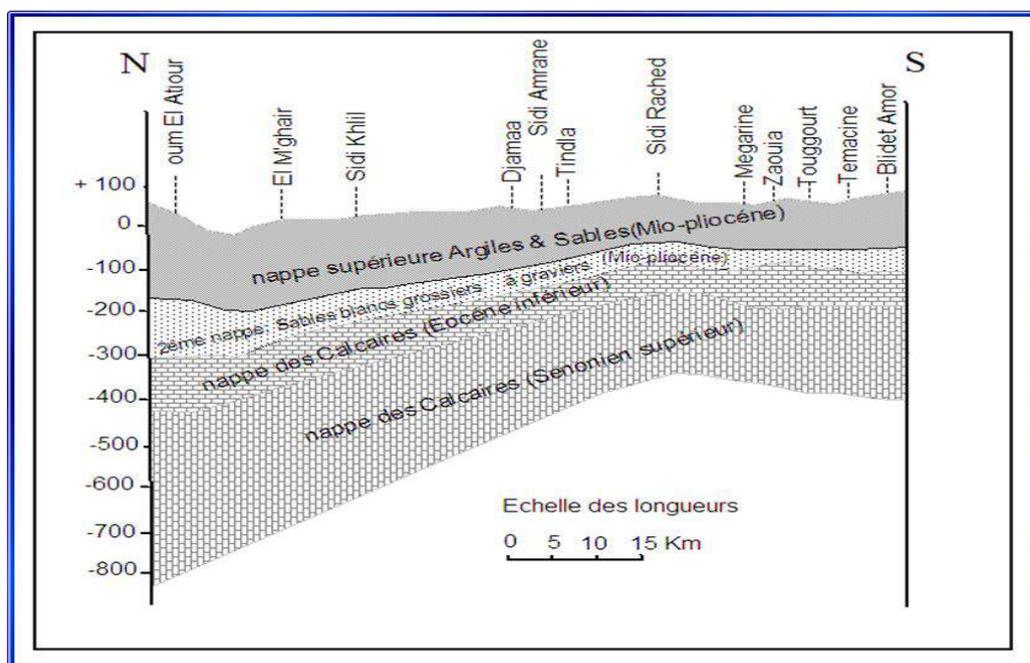


Figure. N°08 : Coupe géologique schématique Nord-Sud et intérêt hydrogéologique du complexe Terminal le long de la vallée de l'oued Righ

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien (Furon, 1968) qui se situe **3000** et **5000m**. il s'ensuit que les dépôts sédimentaires font environ **4500 m** d'épaisseur.

Le long du versant Sud, existe une immense fosse de subsidence dans laquelle l'épaisseur maximum des sables et d'argiles de l'Oligocène et du Mio-Pliocène serait d'environ **2000m**; l'épaisseur maximum des séries post-albiennes est d'environ **3000m**.

Dans cette étude nous nous intéressons surtout à la couverture sédimentaire Post Paléozoïque, qui renferme les principaux aquifères du Sahara.

II.4 Tectoniques générale :

La géométrie actuelle des formations du Continentale Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara est caractérisée par l'absence des déformations tectoniques importantes.

La chaîne des Maghrébides qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contre coups sur la Plate-forme saharienne :

Les mouvements de l'Eocène moyen à supérieur, sont bien nets, la phase du Miocène inférieur lui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès.

Enfin, la phase Plio-Quaternaire qui s'insère avec les précédentes dans la phase Alpine, d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « Sillon Sud Aurésien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tel que chott Merouane et chott Melguig. La flexure Sud Atlasique de direction Est-Ouest sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on peut avoir au Nord des points culminants « Monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés. Nous présentons un tableau récapitulatif des étapes probables des tectoniques dans le Sahara algérien (d'après R.Karpoff 1952).

Tableau.N°03 : Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952).

Age	Style
1-Antecambrien	Plis très aigus, failles.
2-Paléozoïque	Mouvements amples d'axes est-ouest Formations de chaînes orientés N-S, NNE-SSW ou NW-SE sur des axes antécambriens
3-Poste Eocène et Ante Miocène	Rejeu des structures hercyniennes avec leur orientation Ancienne
4-Post-Miocène	Premiers plis d'axe NW-SE
5-Post Pliocène	Mouvements peut être dans la région Nord seule Plis en Genous de l'Aurès d'axe E-W
6-Fini Quaternaire Ancien	Plis affectant le Mio Pliocène seul ou accompagne du Quaternaire ancien, suivant deux axes orthogonaux Dont l'axe NW-SE est le principal.
7-Neolithique	Mouvements de grande amplitude à plis faibles et Localisés.

II.5 Paléogéographie :

Bel et **Demargne**, en 1966 ont reconstitué l'histoire paléogéographique du Quaternaire de la vallée de l'oued Righ comme suit : Effondrement de la fosse pré atlasique (centre de la région actuelle des chotts) et entaillage de profondes et larges vallées (dont celle de l'oued Righ) dans la couverture Mio-Pliocène de la périphérie. Surélévation locale du sol, avec détachement de l'oued Righ de l'oued Igharghar et de son affluent l'oued Mya.

Descente lente et continue de la région des grands chotts avec d'énormes apports fluviaux et éoliens en transformant l'oued Righ en nappe souterraine et en ne laissant que quelques chotts (les actuels en surface).

Le Cénomaniens est caractérisé par l'influence marine importante traduit par un milieu marin, tantôt franc, tantôt lagunaire (le Turonien supérieur et le Sénonien inférieur paraissent régressifs). Au cours de cette époque, un affaissement marque l'effondrement progressif de la partie centrale de la zone saharienne par un dépôt lagunaire, suivit d'une période d'arrêt au cours du Sénonien supérieur et l'Eocène inférieur. Une réapparition d'un dépôt lagunaire qui comble définitivement la dépression de la cuvette saharienne. Une élévation de l'ensemble, suivit d'un nouveau mouvement de descente selon l'axe de l'Oued Righ, cet exhaussement permet d'expliquer l'absence de l'Oligocène dans le Sahara. Cet affaissement brusque du centre de la cuvette (région actuelle des chotts). Les cours d'eau venant de l'Ouest et du Sud entaillant de larges et profondes vallées dans la couverture Mio-Pliocène. L'Oued Righ est Oued Igharghar formaient probablement alors un seul grand Oued avec Oued Mya comme affluent. Un comblement partiel de la région effondré et des vallées qui l'entaillent et l'exhaussement local du se là la suite duquel l'Oued Righ se sépare de l'Oued Igharghar. Un affaissement lent de la région des grands chotts est comblement de la vallée de l'Oued Righ à la suite d'importants apports pluviaux et éoliens. Ces apports finiront par envoyer l'Oued.

Les caractéristiques paléogéographiques du Sahara Oriental, du mésozoïque à l'actuel sont :

- ✓ l'existence d'une plateforme très régulière, sur laquelle toute variations du niveau de la mer, provoquent des changements remarquables dans la sédimentation.
- ✓ l'existante d'une mer peu profonde à partir de laquelle se produisent plusieurs transgressions dont une des plus importantes à celle de Cénomaniens.

La régression définitive de la mer à la fin de l'Eocène qui s'accompagne de l'érosion d'une partie des calcaires de l'Eocène et du régime continental qui a remplacé le régime marin.

Conclusion :

La région de l'Oued Righ se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S.

Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Seuls quelques affleurements sont observés, sur les bordures.

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m .il s'ensuit que les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d'épaisseur.

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux de Tadmait et Tinhert et le massif du Hoggar.
- Les terrains des Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures.
- les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants ; **le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminale (CT).**

III. Chapitre III : Climatologie

Introduction :

Le climat affecte une bonne partie des activités humaines, telle que la production agricole, la production et la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources telles que l'eau, les aspects nécessaires de l'environnement relevant immédiatement de la climatologie.

II.7 Les stations climatologiques d'Oued Righ :

La carte ci-dessous configure les différents sous bassins versants du Sahara algérien, ainsi que les principales stations météorologique actuellement en activité.

Selon cette carte, basée sur le découpage hydrologique adopté par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), la zone étudiée appartient au sous bassin versant N° : 04, incluse dans grand bassin saharien N°13.

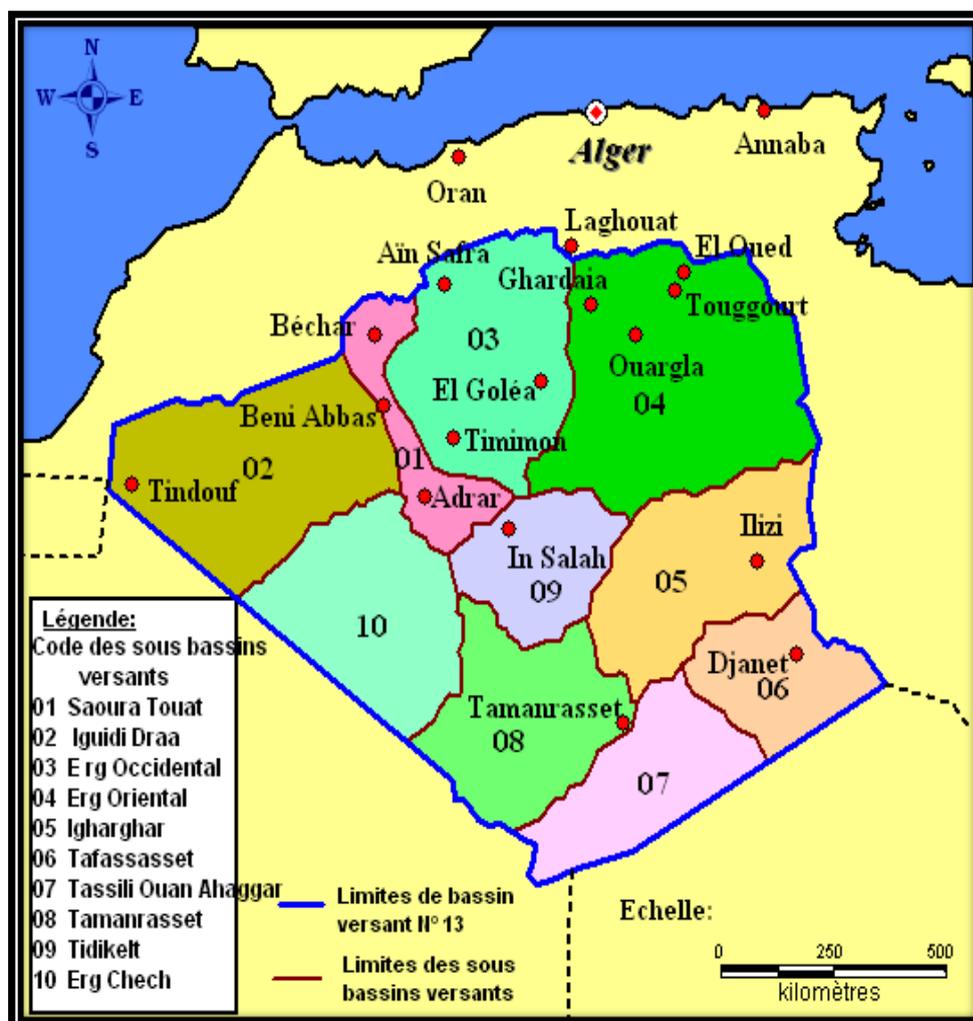


Figure. N°09 : Carte des sous bassins versants du Sahara algérien et des stations météorologiques d'après cahier de sécheresse, N 1/98(Internet).

Nous analyserons successivement les valeurs mensuelles et annuelles des précipitations, température de l'air, l'humidité relative et évaporation, vitesse du vent, insolation). Ces données climatologiques portées sur l'intervalle des années hydrologiques (1975-2015) selon les paramètres enregistrés par la station de Touggourt.

II.8 Analyse des paramètres climatiques :

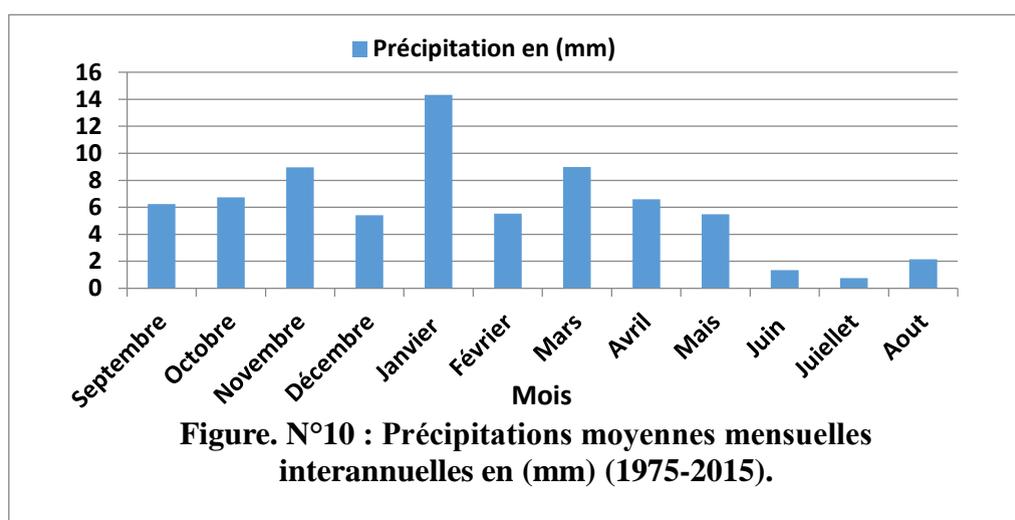
A. Précipitations :

La précipitation est tous les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, se forme liquide (ex : pluie) ; que se forme solide (ex : neige).

Le tableau ci-dessous donne la précipitation moyenne, mensuelle interannuelles observée durant la période (1975-2015).

Tableau. N°04 : Précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1975-2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fève	Mars	Avril	Mai	Juin	Jouit	Aout
P (mm)	6.25	6.74	8.97	5.41	14.32	5.54	9.0	6.60	5.48	1.35	0.76	2.15



L'histogramme de précipitations moyennes mensuelles montre que les précipitations se produisent du mois de **Novembre** à **Mars** surtout au mois de **janvier (14,3mm)**, alors que le reste de l'année est relativement sec (particulièrement au mois du **juillet 0,76mm** et au **juin 1,35mm**). Et le moyenne annuelle durant le période (1975-2015) à **74,36mm**.

➤ Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Pour qu'on puisse déterminer le climat de la région nous avons utilisé le climatogramme d'EMBERGER. Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. On reporte en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER;

Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie et qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

P: - pluviométrie moyenne mensuelle (en mm).

M: - moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m: - moyenne des minima du mois le plus froid.

L'indice Q2 calculé par cette formule est égal à 6,86.

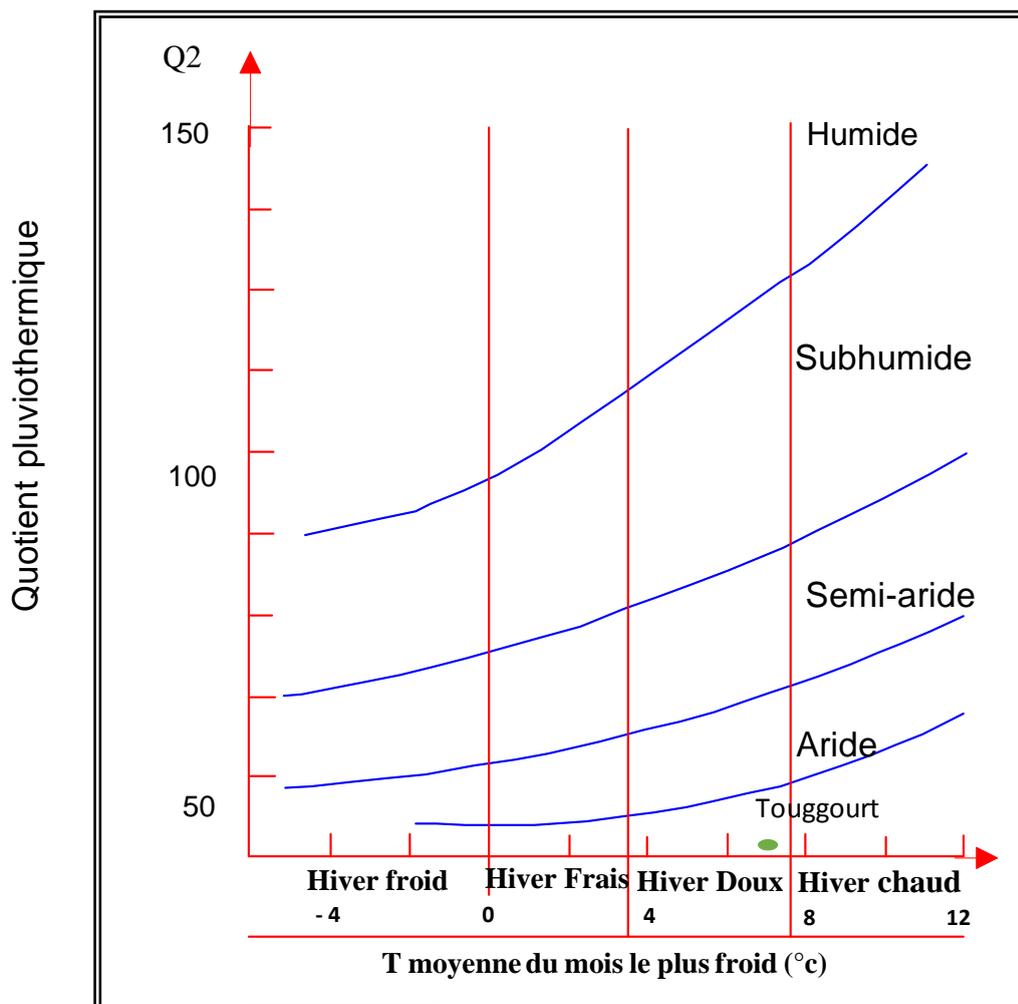


Figure. N°11 : Climagramme d'EMBERGER.

Le Climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche lorsque le quotient est plus petit. L'emplacement de cet indice sur le Climagramme d'EMBERGER, nous a permis de situer Touggourt dans l'étage bioclimatique Saharien aux hivers doux (Fig.11).

➤ **Indice d'Aridité de DEMARTONE :**

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

Avec :

$$I = P / T + 10$$

I : Indice d'aridité de DEMARTONNE.

P : Les précipitations moyennes annuelles.

T : La température moyenne annuelle.

Tableau. N°05 : Indice d'Aridité de DEMARTONE :

Valeur de l'indice	Type de climat
$00 < I < 05$	<u>Hyperaride</u>
$05 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

$$I = 74.36/22.39 + 10 = 2.3$$

Ce qui confirme que notre région est caractérisée par un climat hyper aride.

B. La température :

La température est un facteur climatique qui dépend essentiellement le changement de phase de l'eau et résulte les rayonnements solaires qui influent sur l'eau de surface de la terre par l'augmentation de l'évaporation.

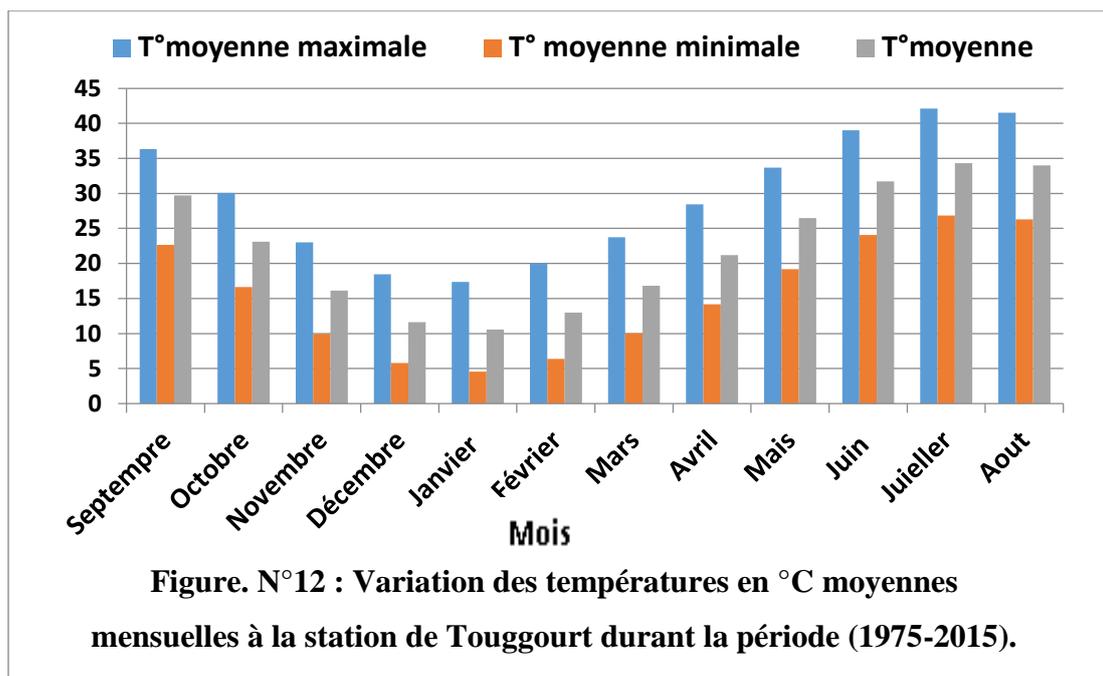
A partir des statistiques hydro-climatiques de station de Touggourt en remarque les trois types de température : La température maximum et la température minimum, la température moyenne, les résultats de ces températures enregistrées dans le tableau suivant :

Tableau. N°06 : représentant la variation des températures moyennes mensuelles à la station de Touggourt période (1975– 2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Des	Jan	Fève	Mars	Avril	Mai	Juin	Jouit	Août
Tmaxc°	36.3	30.1	23.0	18.5	17.4	20.0	23.8	28.5	33.7	39.0	42.1	41.5
Tminc°	22.7	16.6	9.9	5.8	4.5	6.4	10.0	14.2	19.2	24.1	26.8	26.3
Tmoyc°	29.7	23.1	16.1	11.6	10.6	13.0	16.8	21.2	26.5	31.7	34.3	34.0

Selon les résultats de tableau et histogramme nous ne concluons que les températures :

- ✓ **Température maximum** est très fréquente au mois de Juillet avec une valeur de 42,1°C et réduit au mois de Janvier avec une valeur de 17,4°C.
- ✓ **Température minimum** est très fréquente au mois de Janvier avec une valeur de 26,8°C et réduit au mois de Janvier par une valeur de 4,5°C.
- ✓ **Température moyenne** est très fréquente au mois de Juillet se trouve valeur de 34,3°C et réduite au mois de Janvier par une valeur de 10,6°C.

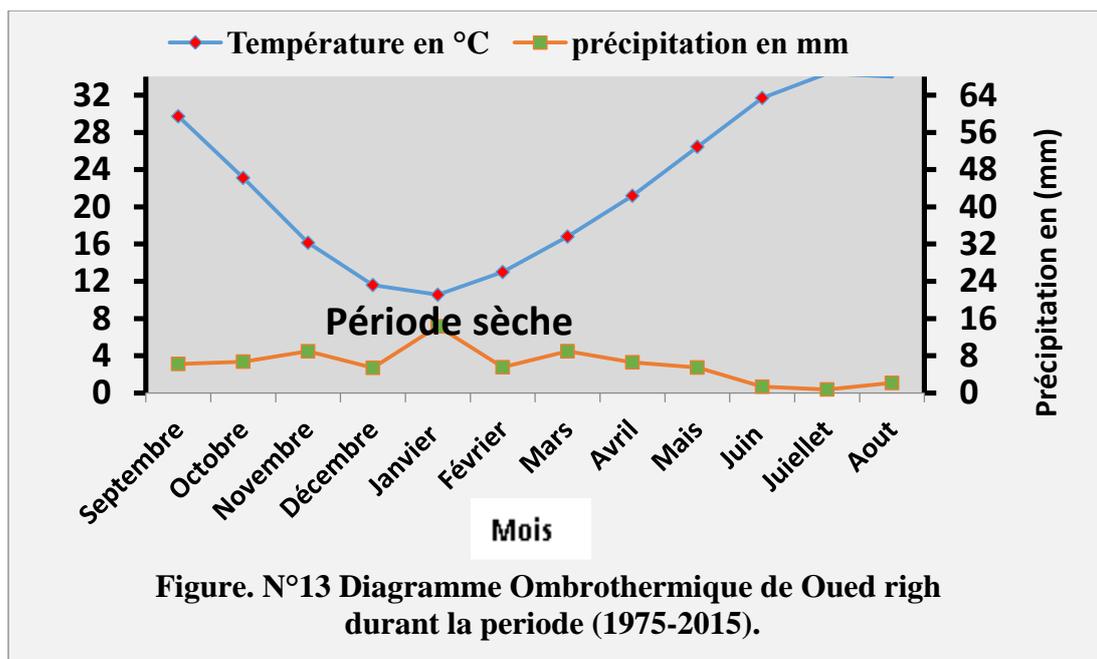


On a remarqué que les températures se trouvent les valeurs maximum au mois de Juillet et les valeurs minimum au mois de Janvier.

Ainsi que la température à la cours d'année est enregistrée la grande quantité au mois de Juin-Juillet-Aout c'est-à-dire la température est augmentée en été, Aussi que la température annuelle durant la période (1975-2015) est de 22,4°C.

➤ **Diagramme ombro-termique :**

Pour l'établissement de ce diagramme, les températures y sont portées à l'échelle double que la précipitation, $P = 2T$ c°. il met en évidence la période sèche selon Gausson et Bagnouls est considérée sec, le mois pendant lequel la totalité des précipitations est inférieur ou égale au double de la température moyenne de même mois $P \text{ mm} \leq 2T$ c°. La période déficitaire en eau, ou sèche, correspond à la zone où la courbe des températures est au-dessus de la courbe des précipitations. Par contre la période humide où la courbe des températures est au-dessous de la courbe des précipitations. Ce diagramme montre que pour un climat saharien, qu'il est caractérise par une période sèche, donc Oued Righ correspond un hiver froid sec. Avec un été chaud beaucoup plus sec.

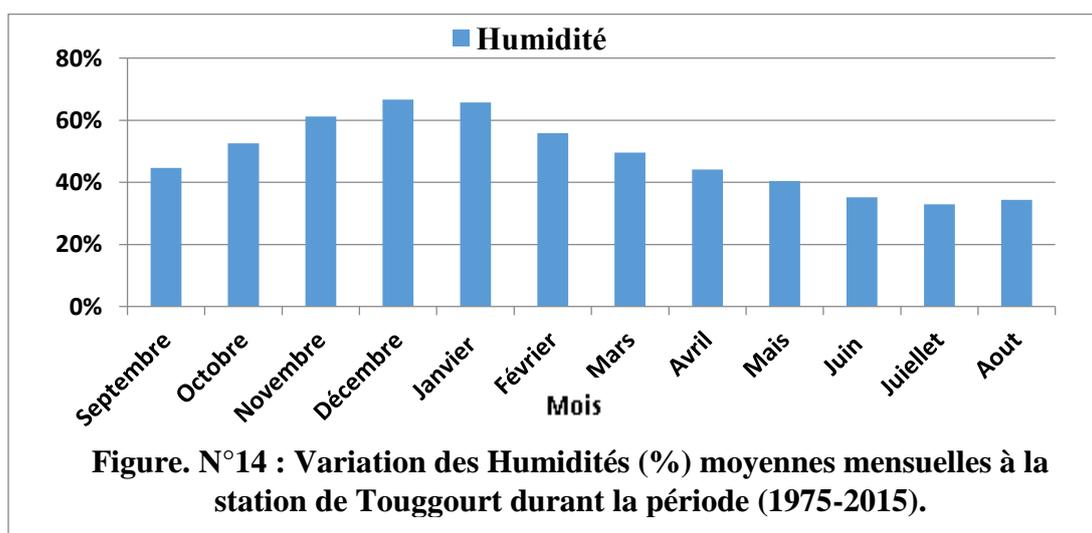


C. Humidité :

Humidité relative est un facteur important pour caractériser un climat. Sa variation dépend en partie de la température de l'air et des caractéristiques hygrométriques des masses d'air.

Tableau. N°07 : Humidité relative moyenne mensuelle période d'observation (1975-2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jouit	Août
H%	45%	53%	61%	67%	66%	56%	50%	44%	40%	35%	33%	34%



Dans notre zone d'étude avec un remarque les valeurs d'humidité nous avons vu que les résultats de humidité moyenne mensuelle est homogènes qui variant entre 67% et 33%, elle enregistrée de pourcentage fréquente au mois de Décembre et pourcentage réduite au mois de Juillet.

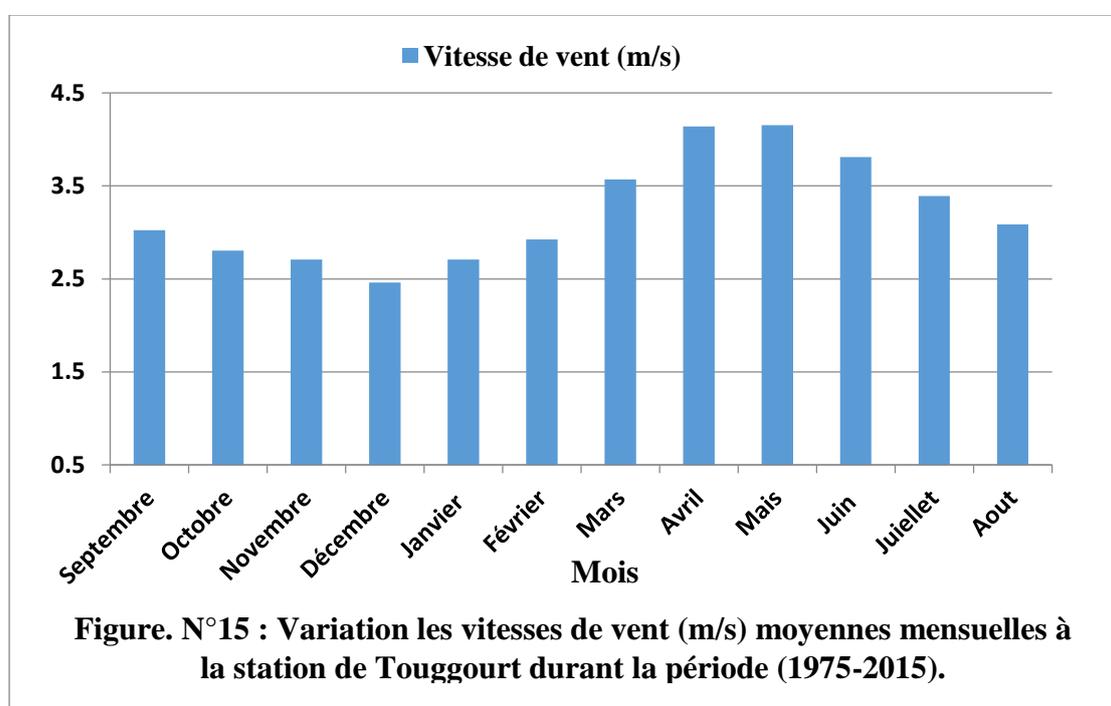
D. Le Vent :

Dans les régions arides, les vents sont les principaux facteurs de l'édification des reliefs (Dunes) et dans la dégradation des sols (vannages).

Tableau. N°08 : Vitesse des vents moyenne mensuelle période d'observation (1975-2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jouit	Août
Vent m/s	3,0	2,8	2,7	2,5	2,7	2,9	3,6	4,1	4,2	3,8	3,4	3,1

Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été. Le Sirocco est un vent chaud et sec qui souffle en été et accélère l'évapotranspiration. Les vents de sable sont fréquents surtout au printemps et en été (Mars –Aout) Figure. N°15.



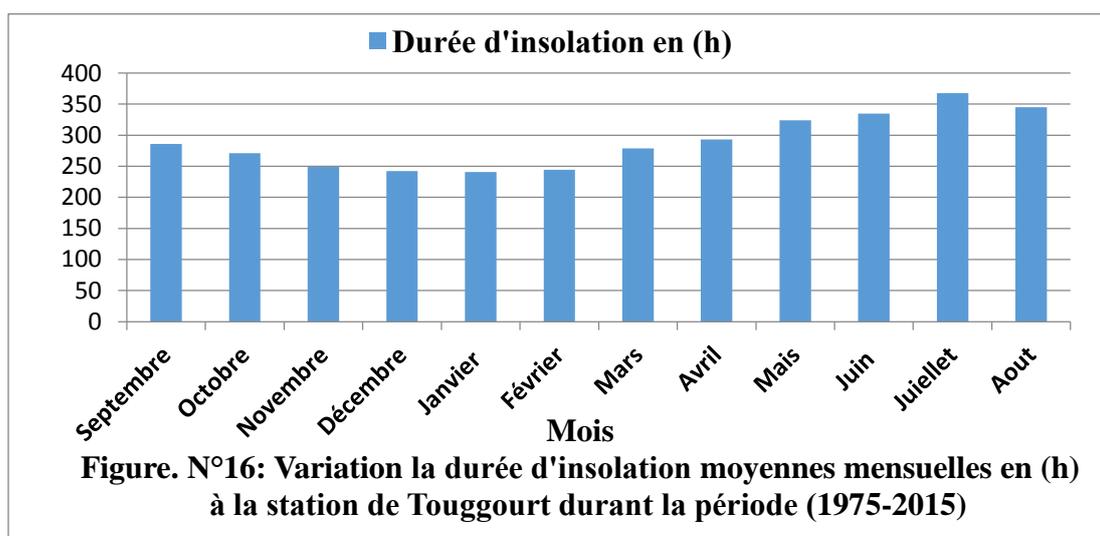
E. Durée d'insolation :

La durée d'insolation dépend de la période durant que le soleil pourra briller, cette insolation reste effective quand le ciel est dégagé de nuage.

Dans notre zone d'étude nous avons calculons la durée d'insolation moyenne mensuelle au cours de 40 ans et les résultats enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau. N°09 : La durée d'insolation moyenne mensuelle, période (1975-2015).

Mois	Sep	Oct.	Nov	Dec	Jan	Fève	Mars	Avril	Mai	Juin	Jouit	Août
Inso(h)	279,6	266,8	241	234,9	233,8	237,31	268,69	286	316	326	358	336,8



Dans la région de Touggourt accepte une quantité de rayonnement solaire très forte ; qui atteindrent une durée d'insolation au maximum 358.3 en heures à mois de Juillet et une valeur minimum de durée d'insolation 233.8 en heures (tableau. N°09).

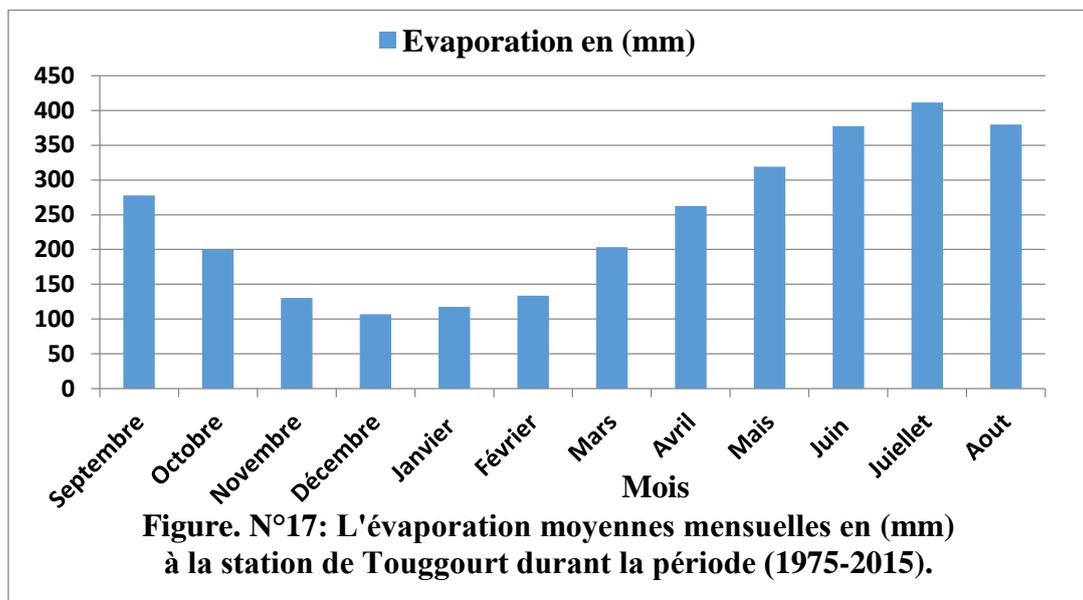
En remarque que la durée d'insolation au d'année par la période de (1975-2015) généralement considérable et ciel été briller à la plupart de temps dans station de Touggourt.

F. Evaporation :

L'évaporation est une des composants fondamentaux du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région.

Tableau. N°10 : L'évaporation moyenne mensuelle, période (1975-2015).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fève	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août
Eva(mm)	278	200	131	107	118	134	203	262	319	377	411	380



En remarque par l'observation d'historgramme, la quantité de l'évaporation de la région de Touggourt est fréquente qui enregistrée l'évaporation maximale au mois de Juillet avec une valeur de **411mm** et l'évaporation minimale au mois de Décembre atteindre **107mm**.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect climatique de la région de l'Oued Righ est caractérisée par un climat désertique, hyper-aride :

Les précipitations sont faibles et irrégulières, de l'ordre **74.36 mm/an** et ne jouent aucun rôle dans la recharge directe des nappes, à l'exception de quelques orages violents qui génèrent des ruissellements.

Les températures sont élevées **22,39 c°** en moyenne annuelle et **34,3 c°** au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation.

L'humidité relative moyenne annuellement est de **48.67%**, avec **67%** mois de décembre et **33%** au mois de juillet. Tandis que l'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de **243 mm/an**.

IV Chapitre IV : « Hydrogéologie ».

Introduction :

La zone étudiée appartient au Bas Sahara. Cet environnement socio-économique se situe dans un contexte climatique de type désertique hyper-aride. Les précipitations sont très faibles et irrégulières ne jouent qu'un rôle limité dans la recharge des nappes. Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de :

- Ressources renouvelables provenant des infero-flux du versant sud des Aurès donc les piémonts de l'Atlas Saharien.
- Ressources non renouvelables représentées par les deux grandes aquifères :
 - Continentale Intercalaire.
 - Complexe Terminal.

Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique.

III.1 Hydrogéologie régionale :

Le bassin sédimentaire du Sahara septentrional constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de **780000 km²**. On distingue deux grands ensembles Post-Paléozoïques, constituant deux systèmes aquifères séparés par d'épaisses séries argileuses ou évaporitiques de la base du Crétacé Supérieur.

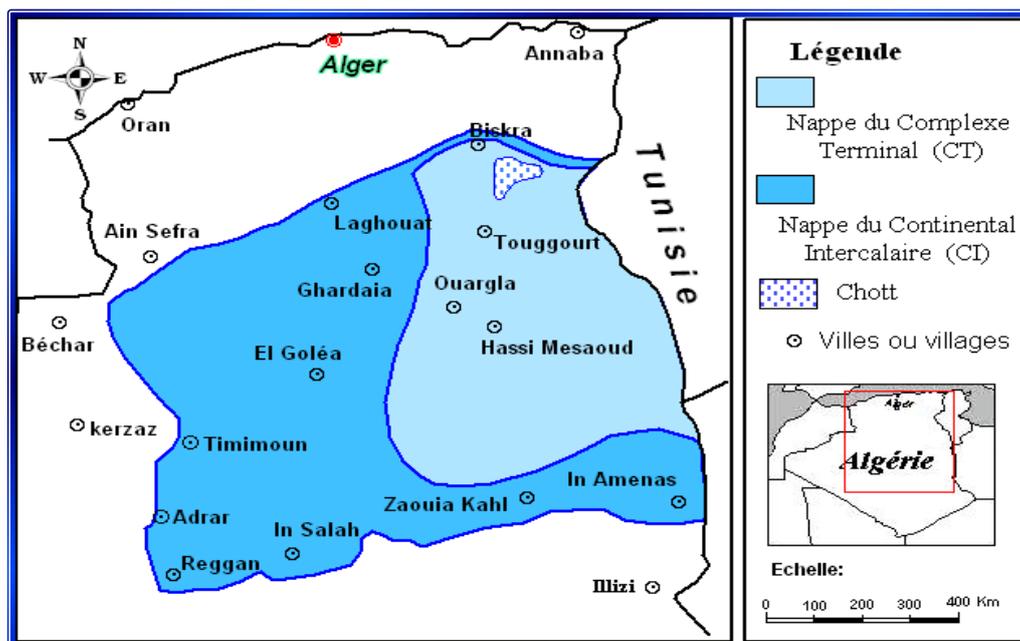


Figure N°18 : Carte des ressources en eau souterraines « Continental Intercalaire et Complexe Terminal » (UNESCO 1972).

- **Toit du réservoir :** Le toit du CI débute presque toujours au toit de l'Albien + **2000m** par rapport au sol, le mur de CI coïncide avec la discordance hercynienne sous les plateaux du Tadmait et du Tinhert.

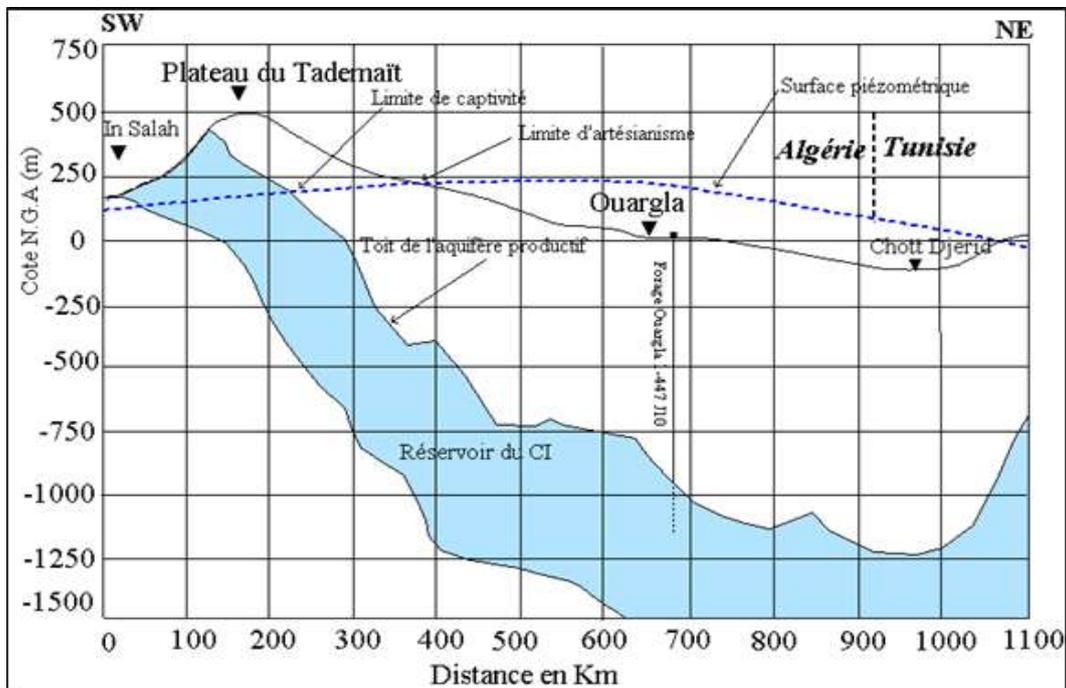


Figure. N°20: Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI.

- **Alimentation :** Cette nappe 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 Tinhert, 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 chotts.**

Tableau. N°12 : 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)
Rabatement 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

III.3 Le Complexe Terminal :

Le système aquifère du Complexe Terminal est moins étendu que le (CI) néanmoins, il couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara Septentrional, sur environ **350.000 km^2** ; sa profondeur oscille entre **100** et plus de **500 m** et son épaisseur, en moyenne de **220 m**. Sont désignées sous le nom de Complexe Terminal (CT) les formations les plus récentes, déposées au Bas-Sahara. Il se compose de deux ensembles aquifères principaux d'âge et lithologie différentes, séparées par des formations semi-perméables ou imperméables. Elle est composée de trois nappes superposées comme suivant :

a. 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 m^3 /s**) cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés.

b. La deuxième nappe CT2 :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène, comme la première nappe, elle est formée essentiellement de grès, de gravier et de sable avec la présence de quelques lentilles argileuses. Son épaisseur est de **20 à 36 m**, elle est très exploitée avec un débit variant entre **25-45 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 l'autre ensemble du Complexe Terminal ; constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur Sénonien supérieur.

c. La nappes des calcaires du Sénonien Eocène 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, sa puissance est de **350m**, **200m** à Touggourt, **360m** à Meghaier. Il n'est pas très exploité. L'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.

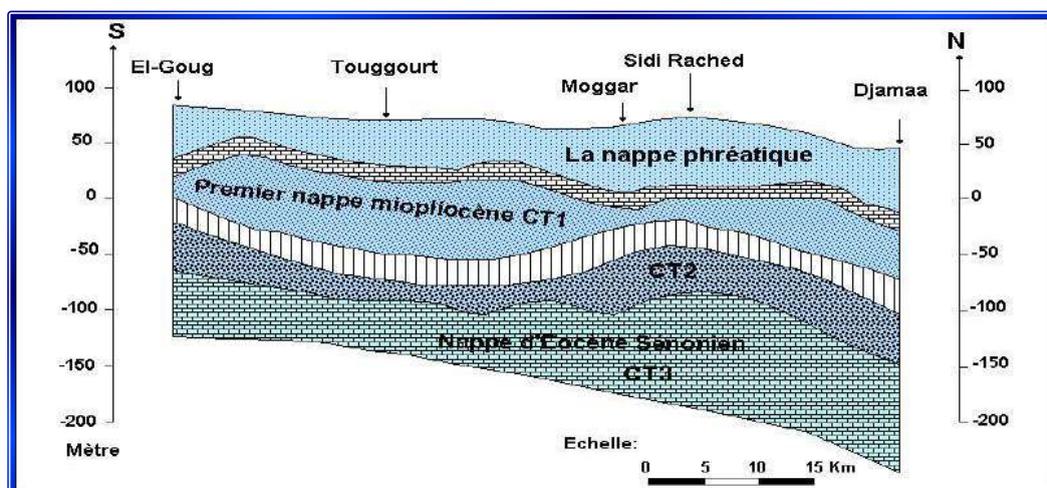


Figure. N°21: Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ.

III.4 La nappe phréatique :

Elle est continue dans les niveaux sableux et argilo-évaporitique du Quaternaire. Elle se présente sous forme pelliculaire par apport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur et dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-Pliocène. La nappe phréatique est présentée dans toutes les oasis de la vallée. Elle est contenue dans les sables fin à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du Sud vers le Nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres. Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de **4.91µs/cm** à **13.44 µs/cm**.

La nappe phréatique est « gonflée » par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du **CI** et du **CT**. C'est pour drainer cet excès que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ. Elle est principalement alimentée par l'infiltration des eaux d'excès d'irrigation et des eaux d'assainissement, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du complexe terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation.

Tableau. N°13: Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères (sans échelle).

ERE	Etage		Lithologie	Nature Hydrogéologique
Q u a t e r n a i r e			Sables.	Nappe superficielle (la nappe phréatique)
			Argiles, évaporites.	Substratum (imperméable)
T e r t i a i r e	Mio-Pliocène		Sables.	1 ^{ère} nappe des sables (Complexe Terminal).
			Argiles gypseuses	(semi-perméable)
	Eocène	Pontien	Sables, graviers et grès	2 ^{ème} nappe des sables (Complexe terminal).
		Moyen	Argiles lagunaires	Substratum
		Inférieur		Nappe des calcaires (Complexe Terminal).
S e c o n d a i r e	Crétacé	Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum
		Cénomaniens	Argiles, marnes	Substratum
		Albien		Nappe albienne
		Barrémien	Sables et grès	(Continental Intercalaire).

III. Piézométrie :

1. La piézométrie de la nappe continentale intercalaire :

Pour élaborer la carte piézométrique du "CI", les données publiées dans les études précédentes telles qu'ERESS en 1972, ont été mises à contribution. Nous utiliserons la carte piézométrique du "CI", élaborée dans le cadre du projet SASS 2003 (figure. N°22).

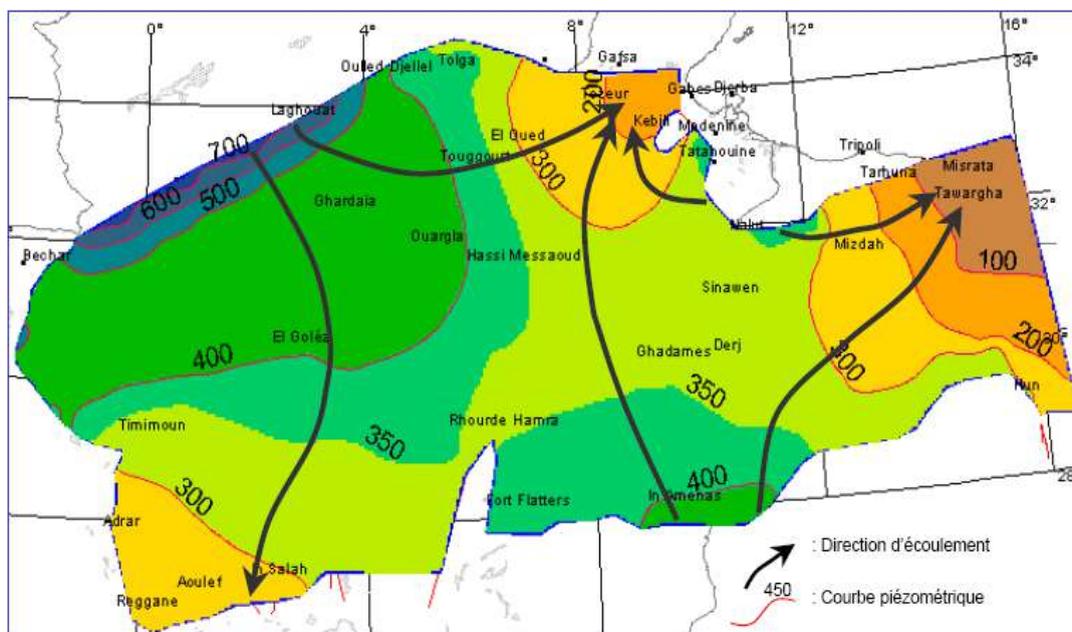


Figure. N°22: carte piézométrique de la nappe du continental intercalaire (D'après SASS 2003).

Cette carte définit l'écoulement de la nappe à l'état naturel, peu ou pas influencé par pompage. L'écoulement de cette nappe se produit dans le sens Ouest -Est, dans la zone d'étude, où les eaux en provenance de l'Atlas Saharien, se convergent vers l'exutoire tunisien.

Ainsi que un autre sens d'écoulement Nord-Sud au bassin occidental et Sud-Nord au Sud-Est le Bassin Orientale.

Remarque : C'est la dorsale du M'Zab l'axe Nord-Sud qui sépare l'écoulement dans les sous bassins Occidental et Oriental en ces deux directions distinctes précitées (Nord-Sud et Sud Nord).

2. La piézométrie de Complexe Terminale (CT) :

Dans la présente étude, aborde précisément l'aspect hydrogéologique de la nappe complexe terminal de la région de l'Oued Righ.

Nous avons basés sur des données faites par l'équipe d'ANRH de TOUGOURT, des prises en 2003 et en 2014. Mais malheureusement rareté des donnés d'OUED RIGH SUD ou ces données sont pas pris régulièrement du coté temps; et du cotés local.

Donc pour établir des cartes piézométriques, nous avons basés sur une analyse statistique d'archive piézométrique d'ANRH d'une part, et d'autre part d'après des études universitaires.

Ou ces travaux sont basés sur le principe suivant:

- La détermination de la côte Z de chaque point à l'aide d'un GPS.
- Mesure de niveau statique dans chaque puits, à l'aide d'une sonde sonore lumineuse.
- La mesure de niveau piézométrique [NP= Z- NS]

NP : niveau piézométrique. NS : niveau statique. Z : cote, niveau naturel du sol.

Détermination du gradient hydraulique est donnée par la formule $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$

Les niveaux piézométrique H_1 et H_2 sont déterminés par les courbes iso-pièzes et la distance **L** entre ces deux points par l'échelle de la carte.

3. Evolution de la piézométrie :

L'analyse des cartes piézométriques permet de définir l'écoulement souterrain et de localiser les zones d'alimentation et de sorties des eaux de la nappe aquifère de complexe terminal et la nappe continentale intercalaire le gradient hydraulique qui est un paramètre important dans l'estimation des rapports latéraux.

L'établissement des cartes piézométriques, respectivement des années 2003 et 2014, s'est réalisé par interpolation triangulaire, en utilisant le logiciel Surfer 11 (Golden software, 2013). Elles montrent que l'allure générale des courbes ne varie qu'assez peu d'une campagne à l'autre. L'observation de la morphologie des cartes piézométriques des périodes (2003 et 2014) permet de constater que l'écoulement souterrain se fait, en général, de Sud vers le Nord (Figure. N°23, 24).

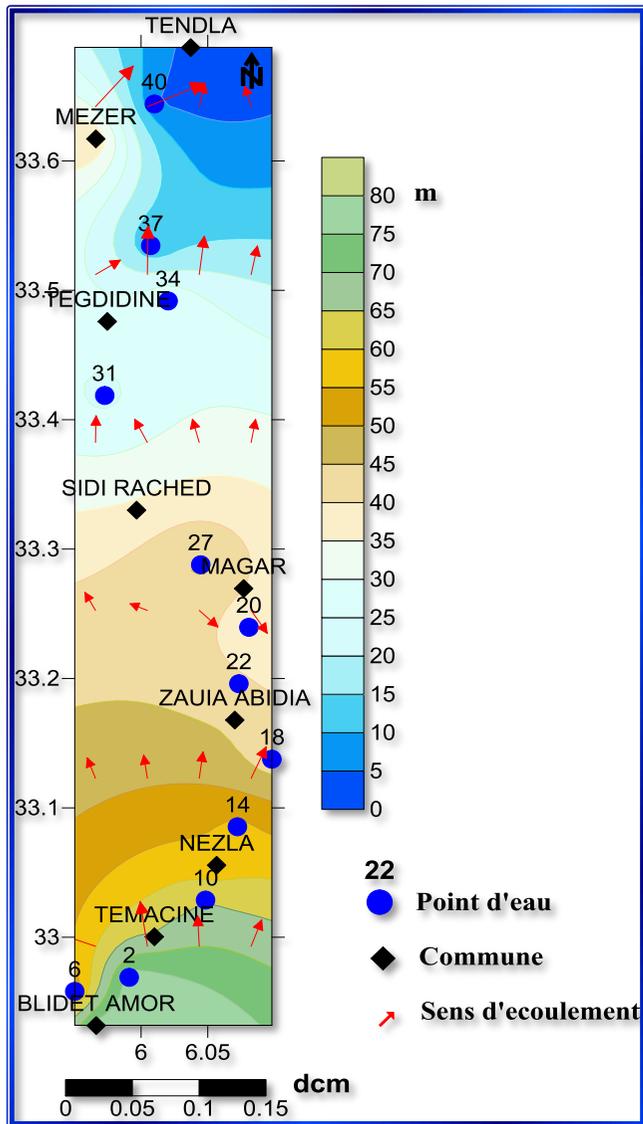


Fig. N°23: Carte piézométrique de la nappe CT 2003

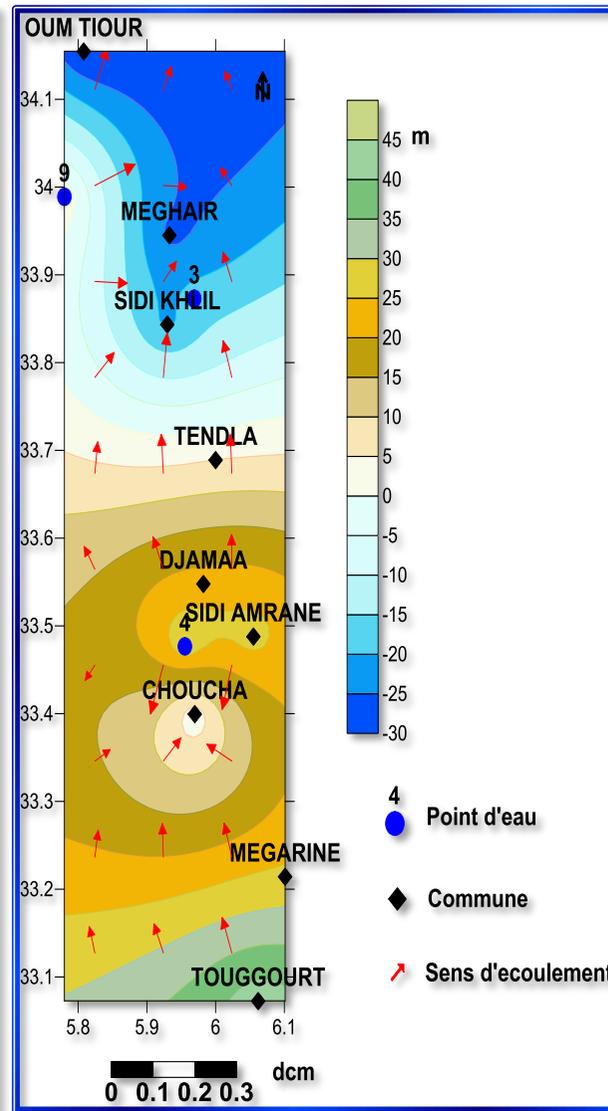


Fig. N°24: Carte piézométrique de la nappe CT 2014.

(Oued Right).

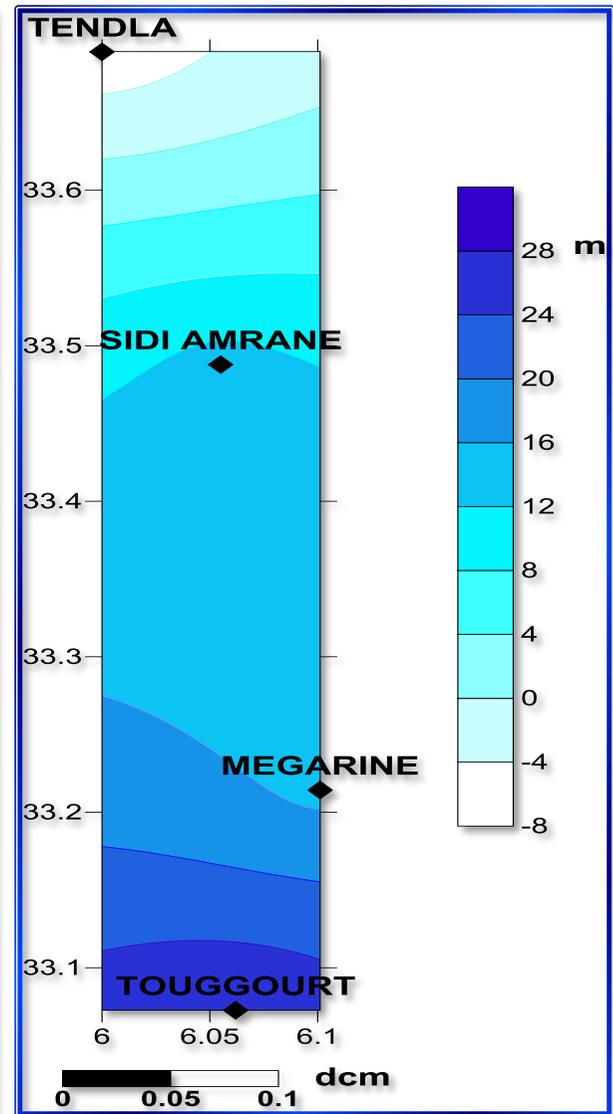


Fig. N°25: Carte de rabattement 2003 – 2014.

Source Mémoire **BELLABIDI. S**

- **La carte piézométrique (2003-2014) :** montre que le sens d'écoulement se fait suivant une direction Sud – Nord, le tableau. N°17 au dessous illustre ces variations, ainsi que la valeur du gradient hydraulique pour la zone d'Oued Righ.

Tableau. N°14: Valeur de gradient hydraulique.

Localité	Gradient hydraulique	Sens d'écoulement
Touggourt	$1,7 \times 10^{-3}$	Nord-Sud
Djamaa	$3,8 \times 10^{-3}$	Sud-Ouest vers Nord-Est
Sidi Khlil	$3,6 \times 10^{-3}$	Sud-Ouest vers Nord-Est
Berkajia	$2,1 \times 10^{-3}$	Ouest vers Est
Oum Thiour	$2,0 \times 10^{-3}$	Nord-Ouest vers Sud-Est
Boaj	$2,8 \times 10^{-3}$	Nord-ouest vers Sud-Est

Source Mémoire **BELLABIDIS**

- **Rabatement de la nappe Complexe Terminale :**

La comparaison de la piézométrie entre les périodes 2003 et 2014 permis de dresser une carte de battement de la nappe, (Figures. N° 25).

On note que la carte de fluctuation 2003-2014 est projeté sur le milieu de la zone étudié cause de manque des données, qu'on peut dire que l'aquifère est rabatte dans cette dizaines d'années au maximum 28 m dans la zone de Touggourt. Par contre on remarque une remonté à Tendla à cause de la faible altitude (16 m) (Figure. N°25).

4. **La piézométrie de la nappe phréatique :**

Dans la présente étude, nous abordons précisément l'aspect hydrogéologique de la nappe phréatique d'Oued Righ. Nous nous sommes basés sur des données de la campagne Avril 2006 faites par l'équipe d'ANRH de TOUGOURT.

La carte piézométrique montre que les courbes isopièzes montrtent une forme cylindrique au Nord, légèrement divergente au Sud (Touggourt), pour devenir concave à Djamaa. Le sens d'écoulement des eaux est Sud-Nord, ces eaux vont directement se jetées dans le **chott Merouane** qui constitue l'exutoire naturel.

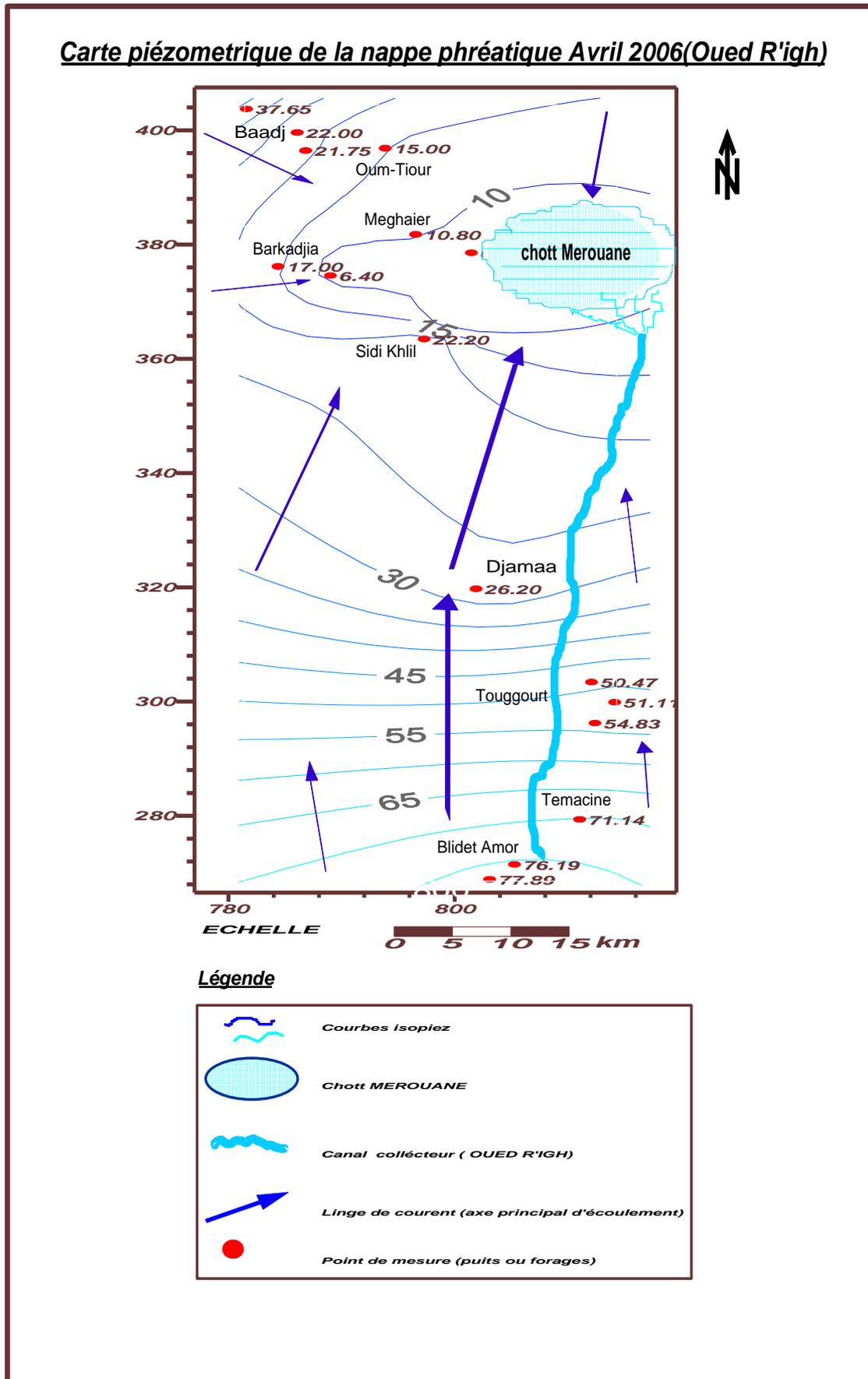


Figure. N°26 : carte piézométrique de la nappe phréatique (ANRH TOUGGOURT).

Conclusion :

Dans le bassin de l'Oued Righ, il existe deux systèmes aquifères :

- ❖ Le premier profond étendu, dit le Continentale Intercalaire (**CI**), constitué en grande partie par des sables et des grès d'âge Albien.
- ❖ Le deuxième est multicouche, peu profond, moins étendu que le premier dit Le Complexe Terminal (**CT**), constitué de deux ensembles différents: L'un marin constitué par les calcaires d'âge Sénonien-Eocène (**CT3**). L'autre continentale constitué par des sables, graviers et des grès d'âge Mio-Pliocène caractérise la 1^{ère} et la 2^{ème} nappe du Complexe Terminal (**CT1**) (**CT2**). Un aquifère superficiel qui surmonte ces deux ensembles dit nappe Phréatique contenue dans les sables fins à moyens d'age Quaternaire à récent.

L'analyse de la carte piézométrique de la nappe phréatique et de la nappe Complexe Terminal montre un sens d'écoulement global du Sud vers le Nord caractérisé par un gradient hydraulique voisin de **0.1%**, un autre sens tend du Nord vers le Sud vers l'exutoire naturel dans la nappe phréatique. La nappe Complexe Terminale (**CT**), présente un forte d'exploitation en fonction de temps atteint les 28 m en 10 ans.

V. Chapitre V : « Qualité des eaux souterraines ».

Introduction :

L'hydrochimie étudie les processus chimiques qui affectent la distribution et la circulation des composés chimiques des eaux. Pour cela l'hydrochimie se sert essentiellement de la chimie, mais aussi de la biologie et de la géologie.

Elle a pour objet l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux ainsi que la définition de leur qualité (importante pour l'utilisateur).

L'utilisation des données en hydrochimie repose parfois sur des outils assez compliqués et lourds d'emploi, mais dans de nombreux cas il est heureusement possible de visualiser simplement des caractéristiques importantes d'un échantillon d'eau ou même d'un groupe de solutions.

Le recours à des diagrammes et graphiques divers est donc assez fréquent et utile en hydrochimie, ce qui est le cas dans ce chapitre.

Les analyses physico-chimiques des eaux de la vallée de l'oued Righ ont fait l'objet de mesures partielles, recueillies à partir (ANRH). Ils correspondent aux inventaires des différentes campagnes à savoir : 2004, 2010, 2012.

V.1 Méthodologie :

Pour l'évaluation de la nature chimique des eaux souterraines de l'aire d'étude, nous sommes basés sur l'analyse spatio-temporelle des données physico-chimiques élaborées par le laboratoire de l'**ANRH**.

L'analyse des eaux du Complexe Terminale (**CT**) correspond aux campagnes **2004, 2010** et **2012**, tant dis que celle de la nappe Continentale Intercalaire (**CI**) est faite pendant l'année **2012**.

Etude des paramètres physico chimique des eaux souterraines (**CI 2012** et **CT 2010**), est basé sur le calcul à l'aide de programme (l'office Excel).

L'établissement des cartes de la salinité, est basé sur l'utilisation du logiciel **surfer** (choix d'interpolation triangulaire) et **Mapp-info**.

Etude l'évolution de la salinité des eaux souterraines **CT (2004-2012)**.

Classification des eaux selon **Piper** est basé sur l'utilisation du logiciel de diagramme.

Etude l'apport de L'analyse en composante principale (**ACP**).

Ce travail a été fait par le logiciel « **STATISTICA** » ; afin de connaître le lien existant entre la composition chimique et l'eau ainsi que il définit le minérale le plus comportant dans l'eau.

Nous traitons L'indice de saturation des minéraux (la Calcite, l'Aragonite, la Dolomite, le Gypse et l'Anhydrite) dans les eaux souterraines CT **2010** à l'aide du logiciels AqQA et PhreeqC en suite définie le minérale le plus comportant dans l'eau. à l'aide du logiciels « STATISTICA ».

Détermination la qualité chimique de l'eau par :

- La dureté totale ou degré hydrométrique.
- les normes de potabilité selon OMS.
- L'indice d'échange de base (i.e.b).
- Sodium adsorption ratio (SAR).
- L'indice de Ryznar et Langelier (corrosion et entartrage).

Le calcul des indices de **LANGELIER (IL)** et de **RYZNAR (IR)** est basé sur l'utilisation du logicielle de diagramme.

V.2 Résultats :

❖ Etude des paramètres physico chimique :

1. Les paramètres physiques :

A. La température :

La température joue un rôle très important dans la mobilité des sels et des gaz, donc sur la conductivité électrique, elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur où le mélange éventuel entre les eaux. L'augmentation de la température des formations est simultanée à la profondeur. Si la profondeur augment de 35 mètres la température s'accroît de **1°C**. Avec une profondeur avoisinant les **2000** mètres, la température de l'eau peu atteindre **65°C**.

La température de l'eau potable devrait être inf à la T° de l'air en été, et supérieur à la T° de l'air en hiver. Une eau est en équilibre qu'a une température donnée. Toute modification de cette température va entraîner des modifications dans sa composition.

Les forages albiens dégagent des températures aux alentours de **60°C** à l'atmosphère ce qui les rend inutilisables directement. Cette température d'eau va augmenter les contraintes physico-chimiques et donner des conséquences dramatiques, par l'accélération des réactions chimiques, surtout celles qui concernent le tartre et la corrosion.

B. Le pH :

Le pH constitue le mode de représentation de la concentration en ion H^+ d'une solution c'est-à-dire l'acidité ou l'alcalinité (basicité) du chimisme du milieu (eau), sa valeur varie en fonction de l'action de la force ionique :

Milieu neutre **pH=7**. Milieu acide **pH< 7**. Milieu basique (alcalin) **pH>7**.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie entre **7,2 – 7,6**.

Selon les normes internationales, les eaux de boissons ont un pH entre **7 – 8,6**.

Le pH d'équilibre, ce définit le caractère incrustant ou agressif de l'eau.

- L'eau incrustante $pHe < pH$ mesuré.
- L'eau neutre $pHe = pH$ mesuré.
- L'eau agressive $pHe > pH$ mesuré.

A oued Righ, il est généralement supérieur à **7**, il est compris entre **7.5** et **8.3**. Cette faible alcalinité des eaux s'explique par l'abondance du CO_2 dissout. Ce Ph est supérieur au pHe d'équilibre, l'eau est agressive.

C. La conductivité électrique :

La conductivité électrique indique de façon globale, la teneur en sels dissous dans l'eau, ou bien de degré de salinité. Selon la norme algérienne de conductivité supérieure **3ms/cm** d'une minéralisation très élevée. Celle-ci est plus forte dans la région elle comprend entre **1,82** et **5,56ms/cm**. L'eau est beaucoup minéralisée. Ces valeurs élevées sont dues essentiellement à la présence des formations aquifères très chargées en sels très solubles.

D. La salinité des eaux souterraine (R, S) : Représente la minéralisation totale de l'eau c'est-à-dire la totalité des sels dissous et des matières organiques (MO) contenue dans l'eau après évaporation à **110°C**, Il exprime en g/l ou en mg/l. A oued Righ, la teneur de R, S des eaux de la nappe Complexe Terminale varie selon les zones et la profondeur entre **3.5 – 7 g/l**, aussi que la nappe Continentale intercalaire de **1.1-2 g/l**.

➤ **Interprétation des cartes de RS 2010 :**

On remarque que les parties dépressions de la carte qui montre la zone de captage ou exploitation, elle est constaté une valeur forte du résidu sec augmentent de 3500 mg à **7000 mg/l** de la nappe Mio-Pliocène (**CT1**). Plus profonde de la nappe (**CT2**), (**CT3**), (**CI**) qui enregistre des valeurs de résidu sec faible (figure. N°27). Cette augmentation due à la nature géologique des formations aquifère d'une part et d'autre part, d'une forte exploitation qui a posée surtout par les forages qui captée la nappe Mio-Pliocène (**CT1**).

➤ **Interprétation des cartes de RS (2004-2012) :**

On remarque que les 2 cartes (2004, 2012) Figure. N°28,29 représente au même inventaire de la Vallée d'Oued Righ Sud (Touggourt), elle est constate une augmentation de la salinité au cours de cette période 8 ans (Tableau. N°15) à cause de plusieurs effets comme suite

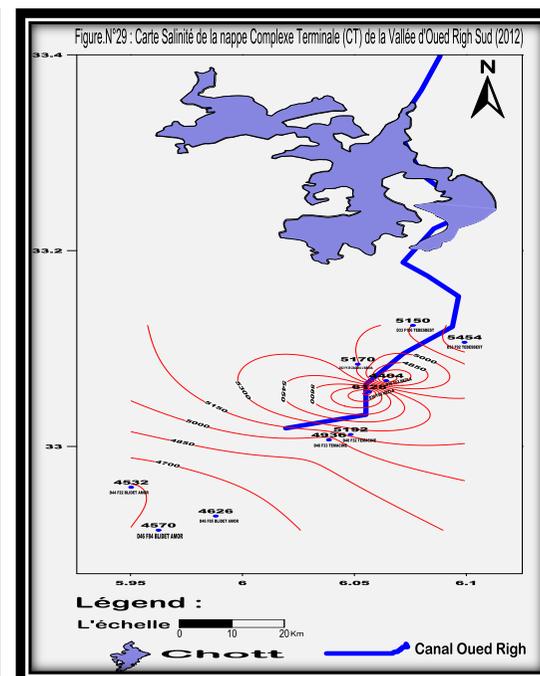
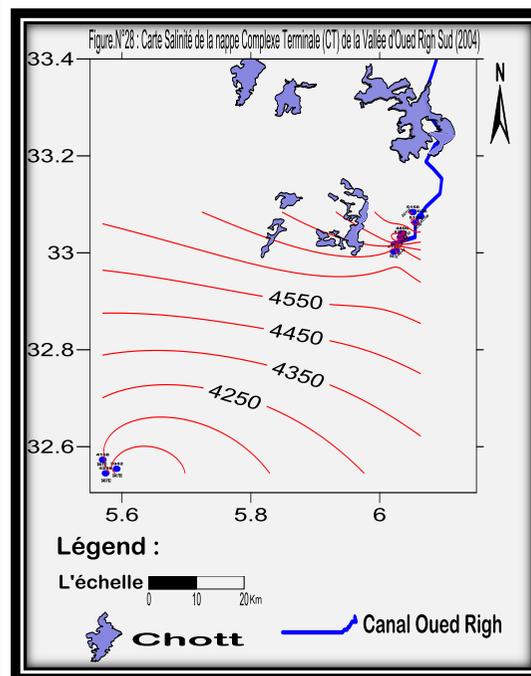
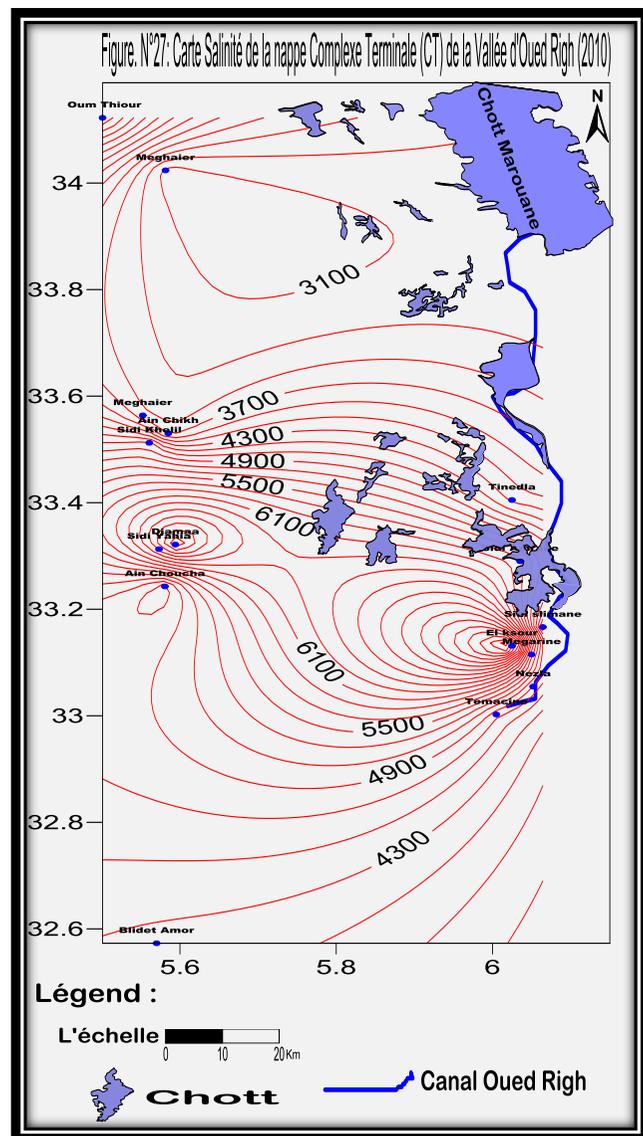
- ✓ La nature géologique des formations aquifères.
- ✓ La forte exploitation à cause une mauvaise gestion.
- ✓ La contamination par la nappe phréatique (les rejets des eaux usées et les puits non poché ou arrête, la remonté des eaux).

Tableau. N°15 : l'inventaire des points d'eau de la nappe CT 2004-2012.

Inventaires (2004, 2012)	X (°)	Y (°)	RS (2004)	RS (2012)	(-) mg/l	Commune
D46 F84	5.9625	32.91444	4238	4570	332	BLIDET AMOR
D44 F22	5.950278	32.95833	4168	4532	364	BLIDET AMOR
D33 F92	6.099167	33.10639	5198	5454	256	TEBESBEST
D40 F32	6.048333	33.01222	4602	5192	590	TEMACINE
D36 F82	6.056667	33.05583	5272	6128	856	NEZLA
D46 F 85	5.988056	32.92889	3942	4626	684	BLIDET AMOR
D33 F106	6.076111	33.12361	5036	5150	114	TEBESBEST
D40 F33	6.038611	33.00667	4720	4936	216	TEMACINE
D32 F139	6.0515	33.084	5156	5170	14	ZAOUIAL'ABIDIA

Avec :

RS : la salinité, (-) mg/l : la différence RS (2004 et 2012).



2. Les paramètres chimiques :

La chimie des eaux dépend des roches traversées lors de la circulation des eaux dans les formations aquifères et du temps de séjour qui leur permet de s'enrichir en sels minéraux.

A. Le CO₂ :

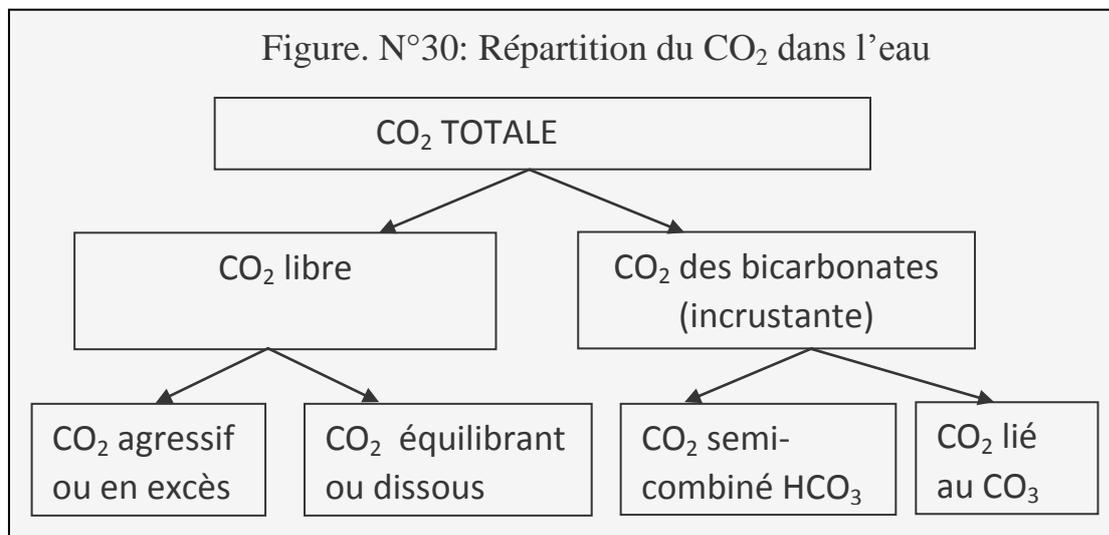
Le CO₂ provient en très faible proportion de l'atmosphère presque la totalité du CO₂ des eaux souterraines à son origine dans le sol agricole, il provient de la respiration des organismes et micro-organismes vivant dans le sol, de la décomposition de la matière organique (MO).

Le CO₂ joue un rôle de premier ordre dans la mise en solution, Il se trouve soit sous forme de molécules non-dissociées, soit sous forme de bicarbonates soit sous forme de carbonates.

Le CO₂ libre peut exister sous la forme du CO₂ équilibrant ou dissous dans l'eau et permet d'éviter la précipitation des carbonates et bicarbonates.

Le CO₂ en excès ou agressif susceptible de dissoudre le CaCO₃ ou de constituer un facteur de corrosion peut attaquer les canalisations métalliques

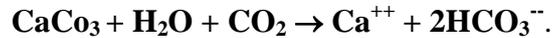
- Si le CO₂ libre est supérieur au CO₂ équilibrant on dit que l'eau est agressive.
- Si le CO₂ libre est inférieure au CO₂ équilibrant on dit que l'eau est incrustante.
- Si le CO₂ libre est égal au CO₂ équilibrant on dit que l'eau est neutre.



Dans le cas de notre région le CO₂ inférieur au CO₂ équilibrant sous forme de précipitation carbonate ou bicarbonate dans les eaux peu profondes (CT) par contre dans les eaux plus profondes (CI) le CO₂ est libre ou dissous en excès ou agressif peut exister un facteur de corrosion, à la surface le CO₂ transforme la vapeur d'eau par la chaleur (T 60°C) qui constitue un facteur de tartre.

B. Les cations :➤ **Le Calcium Ca⁺⁺ :**

Le calcium Ca⁺⁺ est un élément de plus répandu dans la nature. Il constitue un élément significatif de la dureté totale de l'eau. Il provient de la dissolution des roches carbonatées par le gaz carbonique dans l'eau qui s'est infiltré à travers ces formations :



Le calcium peut aussi provenir de **CaCO₃**, par ailleurs actuellement enregistre une augmentation de calcium surtout les eaux de Complexe Terminale, Elle varie de **220** à **700mg/L** à cause de plusieurs problèmes comme forte salinité ou l'exploitation et parfois contamination par contre les eaux de Continentale Intercalaire varie de **140** à **200mg/L**

➤ **Le Magnésium Mg⁺ :**

Il peut être apporté par la dissolution des dolomies **MgSO₄** dans les terrains gypsifères, ou bien dans les formations dolomitiques libérant le magnésium pour l'attaque des eaux. Le Magnésium comme le Calcium, Il constitue un élément significatif de la dureté totale de l'eau ainsi que est constate une augmentation pour les eaux de Complexe Terminale varie entre **150** à **580mg/L** par contre les eaux de Continentale Intercalaire varie de **130** à **230mg/L**.

➤ **Le Sodium et le Potassium Na⁺ + K⁺ :**

Ils sont toujours présentent dans les eaux naturelles combinées et en proportions variables. Le potassium se trouve généralement en très faible quantité par rapport au sodium. Ces sels proviennent des formations imprégnées de **NaCl** (marne et argile).

Dans le cas de notre région, on remarque la dominance de Na⁺, les valeurs (Na⁺ et K⁺) sont dépassées les normes alors que varient entre **400** à **1300mg/l**, pour les eaux Complexe Terminale et **350** à **550mg/l** pour le Continentale Intercalaire.

C. Les anions :➤ **Les Chlorures Cl⁻ :**

Les chlorures sont rencontrés en grande quantité dans les eaux souterraines proviennent de la même origine que de sodium. Dans le cas de notre région, les valeurs de Cl⁻ sont dépassées par fois la teneur recommandée, alors que varient de **320 – 530mg/l** pour les eaux de Continentale Intercalaire et **700** à **2300mg/l** des eaux de Complexe Terminale.

➤ **Les Bicarbonates HCO₃⁻ :**

Les bicarbonates proviennent de la dissolution des roches carbonatées en fonction de la teneur en CO₂, de la température, le PH de l'eau et la nature lithologique des terrains traversés.

Dans le cas de notre région Les valeurs de HCO_3^- comprise entre **45-80 mg/l**. pour les eaux Continentale Intercalaire et **110-130mg/l** à Complexe Terminale Ces valeurs sont correspondantes aux normes européennes < **250 mg/l**.

❖ **Les Sulfates SO_4^- :**

La concentration en ion sulfate (SO_4^-) des eaux naturelles est très variable. Elle peut atteindre **30 à 50 mg/l** dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfate minéraux et elle dépasse **300 mg/l** dans les zones contenant du gypse surtout les régions aride.

Dans le cas de notre région, on remarque la dominance de SO_4^{--} , les valeurs sont dépassées la norme précédentes elles varient entre **1200 – 2400mg/l** pour les eaux de Complexe Terminale et **85 – 111mg/l** pour le Continentale Intercalaire.

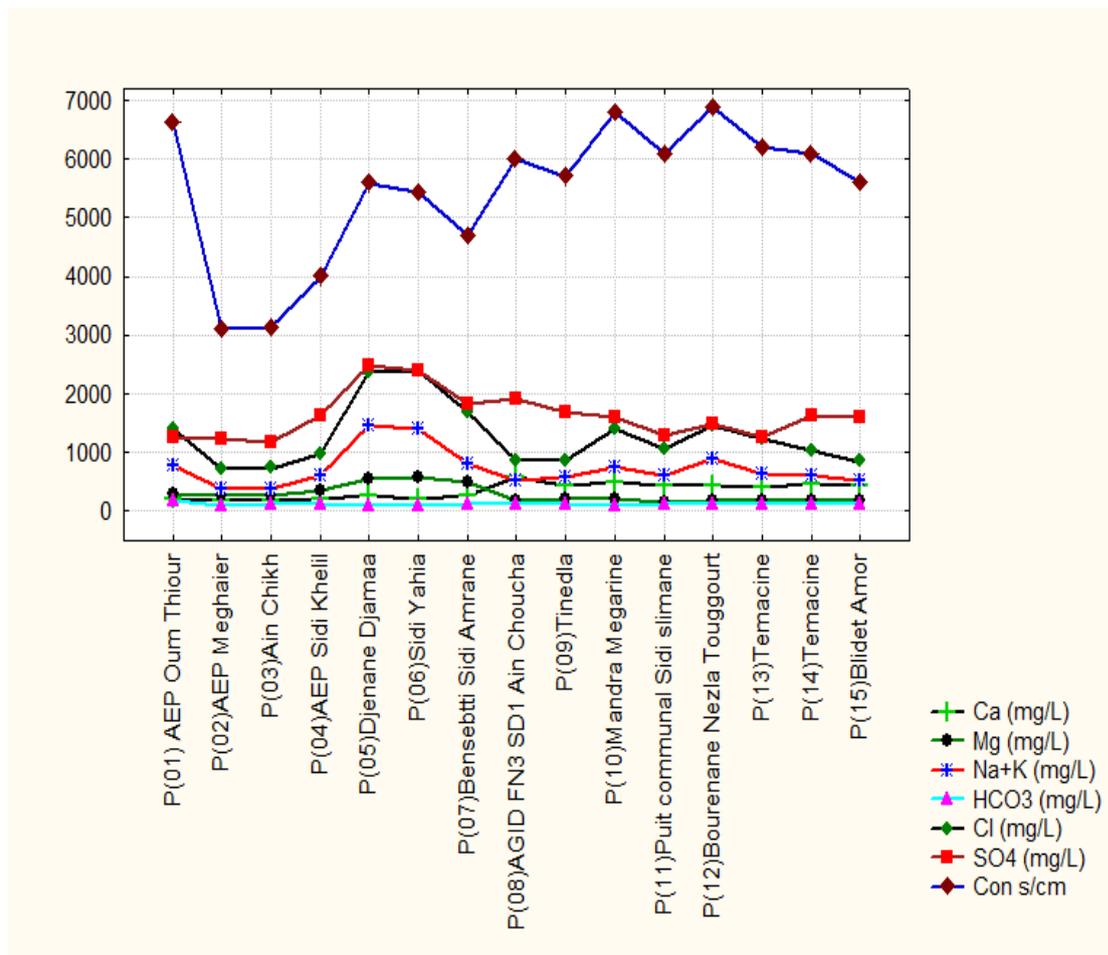


Figure. N°31 : les variations des paramètres physico-chimique de l’eau du Complexe Terminale 2010.

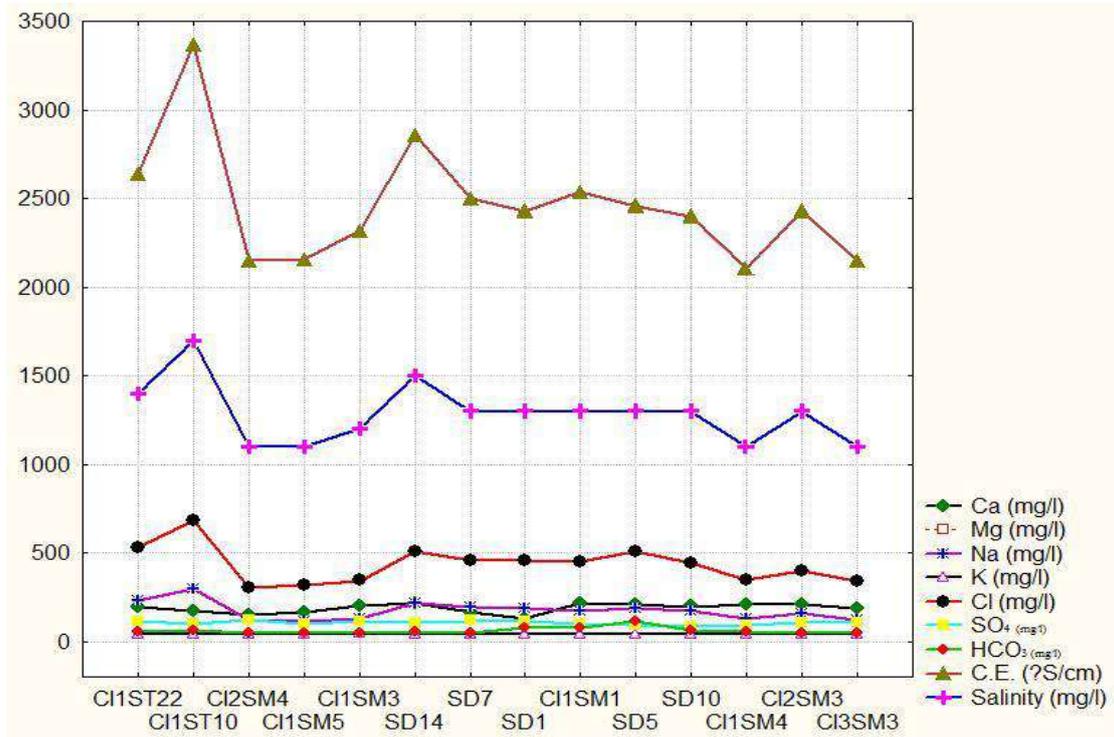


Figure. N°32 : les variations des paramètres physico-chimique de l'eau du Continentale intercalaire 2012.

❖ **Classification des eaux :**

Il existe plusieurs classifications des eaux naturelles, on distingue deux critères fondamentaux de classification :

- ✓ La composition chimique.
- ✓ L'origine et le gisement des eaux.

Les principales classifications basées sur la composition chimique des eaux naturelles sont celles de **PIPER**.

a. Classification de PIPER :

Le diagramme PIPER comprend un losange et deux triangles équilatéraux, le losange occupe la partie centrale du diagramme et les triangles la partie inférieure. Dans le cas de ce diagramme les eaux sont considérées comme des solutions à trois cations et à trois anions représentés par la quantité en réaction en %.

D'après la classification de PIPER, La représentation des concentrations des éléments chimique sur le diagramme nous permet d'avoir une idée sur le faciès chimique des eaux de la nappe Complexe Terminale caractérisé par le faciès : sulfaté calcique - chlorure sodique. Par contre les eaux de la nappe Continentale intercalaire, Chlorure Sodique (CI1ST22, CIST10 et SD1, SD7) et le reste des échantillons Chlorure calcique (figure. N°32, 33 et 34).

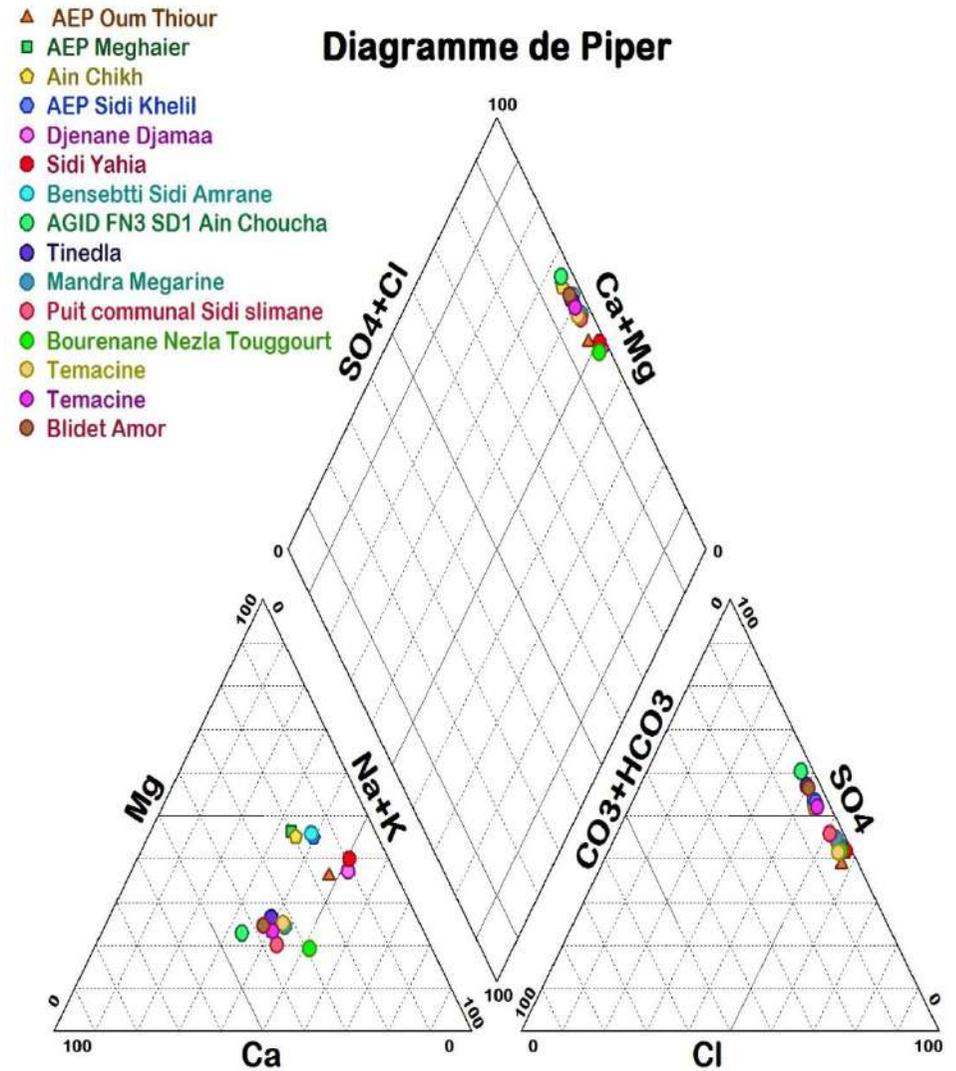
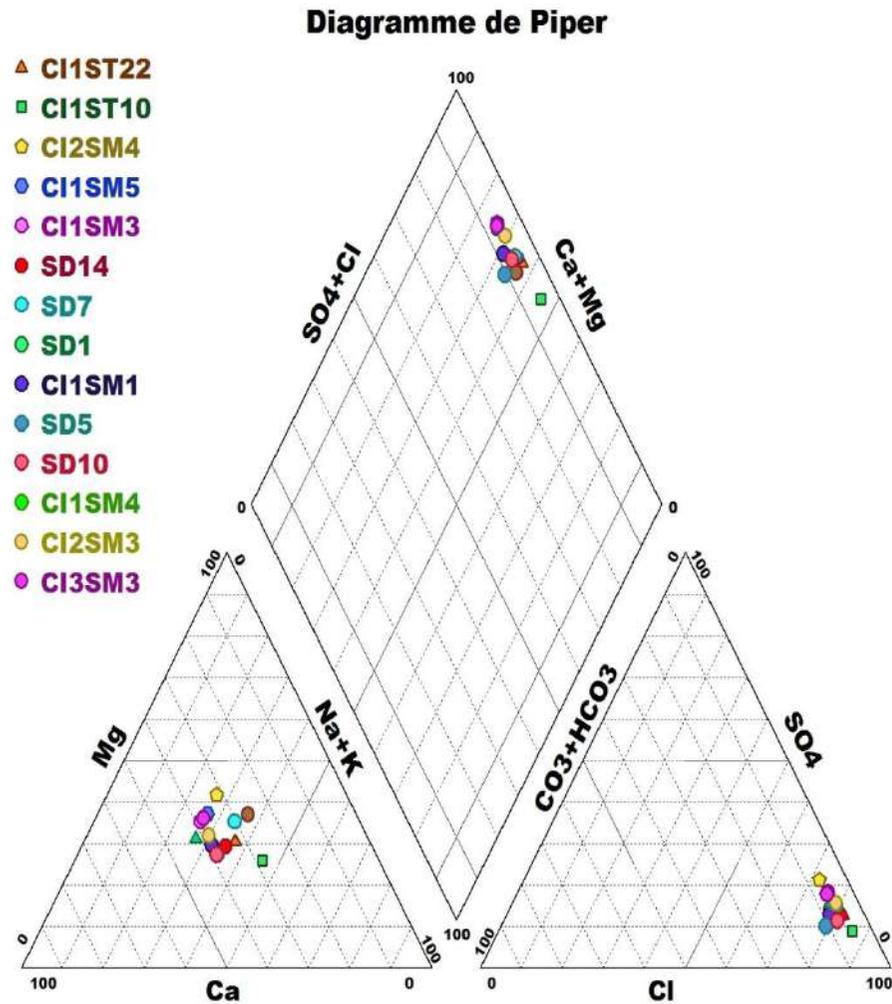


Figure. N°33 : classification des eaux souterraines d'Oued Righ.

❖ Apporte De L'analyse En Composante principale (ACP) :

Pour mieux expliquer les origines de cette composition chimique, nous avons réalisé une analyse en composantes. Ces dernières portent sur les eaux superficielles. Par ailleurs, nous avons réalisé une **ACP**, pour la nappe **CT**, ce qui nous permettra de mettre en évidence les différentes compositions des eaux et aussi d'expliquer leurs origines. Pour l'interprétation d'**ACP**, nous contenterons de l'analyse de la matrice de corrélation et cercle **ACP**, ces deux paramètres suffisent à mettre en évidence les différences dans les liens entre les éléments chimiques. Nous avons utilisé mêmes analyses que celles traitées par le diagramme de **Piper**.

➤ Calcule de la matrice de corrélation :

Le calcul de la matrice de corrélation a été fait sur l'ensemble de données de la nappe complexe terminale (tableau. N°16).

Le Calcium est corrélé positivement avec le sulfate. Autre corrélation positive entre le magnésium et le sodium et sulfate et chlorure. Sodium prendre une corrélation avec le sulfate et chlorure.

Tableau. N°16 : Matrice de corrélation des éléments chimiques de la nappe de Complexe Terminal Oued Righ.

Variable	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4
Ca	1,00						
Mg	-0,25	1,00					
Na	-0,23	0,67	1,00				
K	0,09	0,04	0,19	1,00			
HCO3	-0,09	-0,20	-0,05	0,39	1,00		
Cl	0,40	0,60	0,95	-0,16	0,03	1,00	
SO4	0,54	0,64	0,32	0,09	-0,30	0,08	1,00

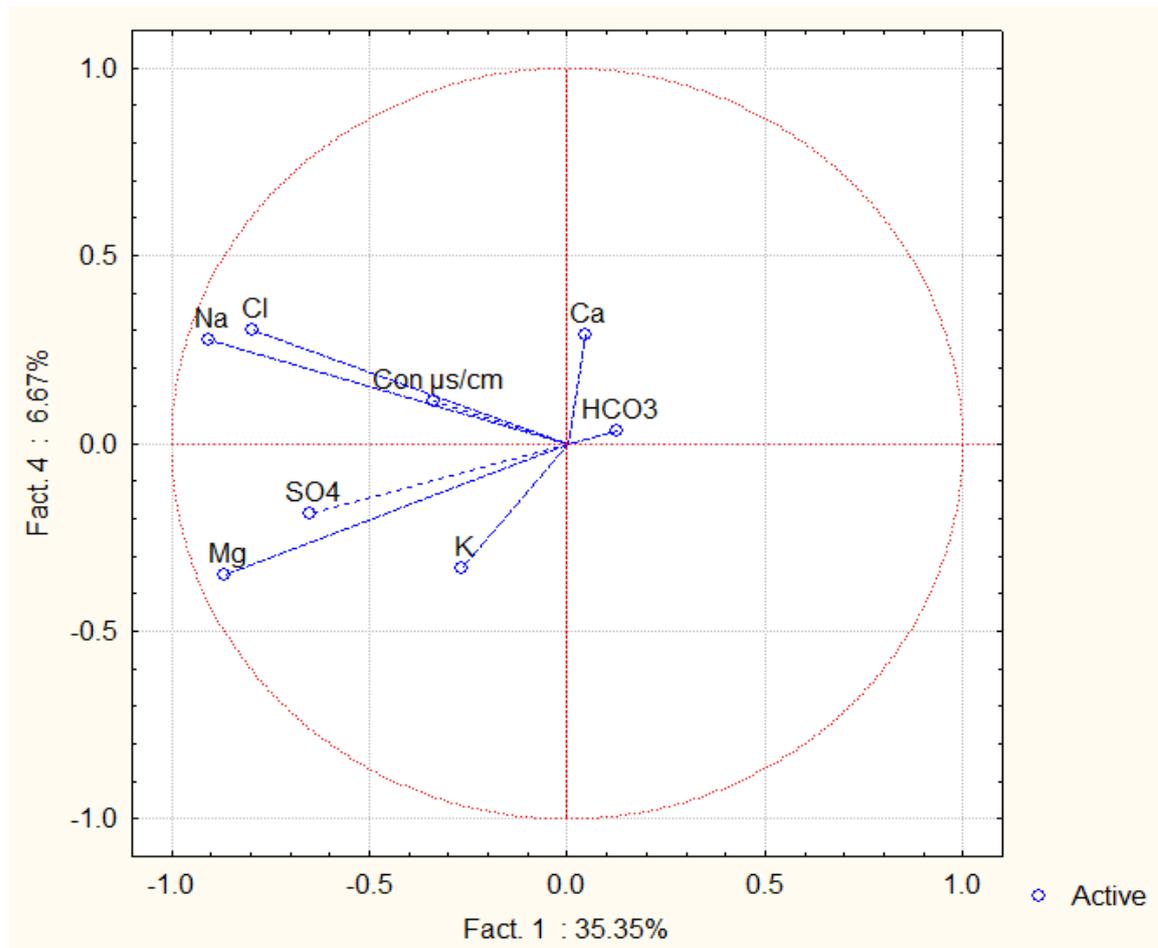


Figure. N°34 : Résultats de l'analyse en composants principales : Cercle projection des variables sur le plan F1, F4 de Complexe Terminal.

➤ **Interprétation des résultats de l'ACP :**

Les cercles de corrélation dans le plan des axes F1 et F4 qui représentent une variance cumulée de **42.02%** (**F1=35,35%**, **F4= 6,67%**) montrent :

- Les éléments chimiques (HCO_3 , Ca) ce corrélee positivement avec F1 et F4.
- Les éléments chimiques (Mg, K et SO_4) sont corrélés négativement avec F4 et F1.
- Les éléments chimiques (Na, Cl), et conductivité sont corrélés positivement avec les facteurs F4 et négativement avec F1. Sur l'axe F1 une opposition entre les eaux faiblement minéralisées partie positive et les eaux fortement minéralisées partie négative. Ce résultat confirme trois facies trouvés par le diagramme de **Piper** un facies chlorure sodique avec le facies sulfaté calcique et/ou sulfaté magnésien.

❖ Indice de saturation :

La figure ci-dessous montre les variations des indices de saturation des minéraux (la Calcite, l'Aragonite, la Dolomite, le Gypse et l'Anhydrite) dans les eaux souterraines CT 2010 dans chaque puits,

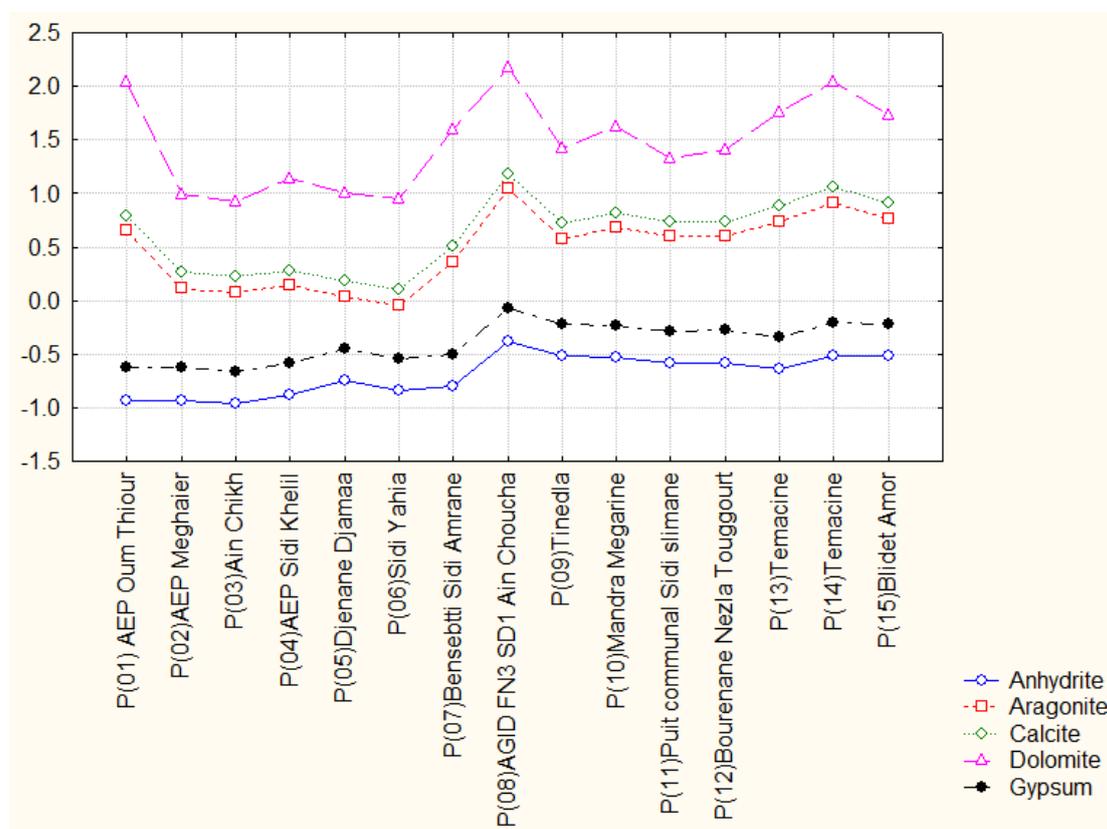


Figure. N°35 : variation des indices de saturations des minéraux de l'eau de la nappe Complexe Terminale (2010).

la figure. N°(35) illustrent que la Calcite, l'Aragonite et la Dolomite sont sur saturé dans tout les solutions. Quant aux L'Anhydrite et le Gypse sont sous saturée. Ce résultat confirme que les eaux de la nappe CT sont fortement minéralisées et le minérale la plus comportant sont la dolomite, la calcite et l'aragonite.

V.4 Analyse et discussions :

❖ Qualités des eaux :

On va déterminer la qualité des eaux par :

A. La dureté totale ou le degré hydrométrique d°h :

La teneur totale de Mg⁺⁺ et Ca⁺⁺ exprime en méq/l correspond à la dureté totale de l'eau s'exprime en °F :

$$d^{\circ}h = Ca^{++} + Mg^{++} \text{ en méq/l} \quad d^{\circ}h = (Ca^{++} + Mg^{++}) \times 5 \text{ en } ^{\circ}F.$$

Le tableau ci-dessous montre la classification des eaux en fonction de la dureté totale (°F).

Tableau. N°17 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale.

DHT (°F)	0-3	3-15	15-30	30
Dureté de l'eau	Très douce	douce	dure	Très dure

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

La dureté des eaux souterraines d'Oued Righ variée entre **115** et **290** parfois **350°F**, dans la nappe complexe Terminale par contre la nappe continentale intercalaire, elle varie entre **80** à **95°F**, c'est-à dire l'eau est très dure, On remarque que la variation de dureté des eaux souterraines varie selon les zones et la profondeur. Cette variations due essentiellement à la nature lithologique de l'aquifère d'une part et la salinité d'autre part.

B. les normes de potabilité selon OMS :

Une eau naturelle contient toujours une certaine quantité des sels dissous qui interviennent dans la qualité et la potabilité, donc l'eau absolument pure n'existe pas dans la nature l'excès des certains éléments dans l'eau présentent un danger de la consommation humaine.

L'organisation mondiale de la santé fixe des normes de concentration en éléments chimiques pour la potabilité des eaux et la qualité en vue de l'utilisation domestique.

Les normes fixées par l'OMS sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau. N°18 : concentration des faciès par l'OMS :

Paramètres ou substances	Concentration maximale acceptable	Concentration maximale admissible
PH	7 à 8,5	6,5 à 9,5
Température (°C)	400	1250
Conductivité (µm/cm)	500	1500
Résidu sec (mg/l)	75	250
Calcium (mg/l)	50	140
Magnésium (mg/l)	20	150
Sodium (mg/l)	10	12
Potassium (mg/l)	200	400
Sulfate (mg/l)	200	600
Chlores (mg/l)	9-12	15

C. Indice d'échange de base :

Schoeller appelle l'indice d'échange de base le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existents :

$$\mathbf{i.e.b = rCl - r (Na + K)/rCl}$$

Si nous admettons que dans l'eau primitive il y avait autant de rCl^- que de $(Na^+ + K^+)$, lorsque il y a échange les alcalinoterreux de l'eau contre le Na et le K des argiles, on a pour l'échange des alcalins :

D'après **Schoeller**, même si l'**i.e.b** est positive en zone aride, l'eau est d'origine sédimentaire. L'indice d'échange de base définit le sens des échanges ioniques entre l'eau et les terrains traversés.

Dans le cas de notre région la plupart des échantillons présente un **i.e.b** positive (**i.e.b > 0**), ce qui est contradictoire à la lithologie du terrain sédimentaire, cela est surtout dû à la prédominance des ions $(Na^+ + K^+)$ liée probablement à la fraction d'argile traversée par les eaux souterraines.

D. Aptitude des eaux à l'irrigation :

L'aptitude des eaux à l'irrigation est reliée à son effet sur le sol et les cultures, ces derniers sont affectés de manières différentes par la nature des sels dissouts dans les eaux destinées à l'agriculture.

a. Diagramme de REVERSIDE :

Le sodium est un élément de base alcalines et les alcalino-terreux, joue un rôle important dans le maintien de la perméabilité de sol pour l'irrigation. Parmi les différents caractères physico-chimiques d'une eau d'irrigation, la salinité en constitue l'aspect le plus important.

Si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol qu'il exerce une action défloculation (R.CLEMENT et A.GALAND, 1979).

Pour déterminer le risque alcalin, Reverside a créé une classification qui considère le rapport du sodium adsorbé par le sol (SAR) et la dureté totale.

Donc le SAR, sera calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{S.A.R = rNa^+ / (rCa^{++} + rMg^{++}/2)^{1/2}}$$

Si **S.A.R < 10** : eau utilise avec un danger appréciable d'alcalinisation des sols ;

10 < S.A.R < 18 : eau utilise avec un danger appréciable d'alcalinisation ;

18 < S.A.R < 26 : eau utilise parvient à provoquer un danger d'alcalinisation ;

S.A.R < 26 : eau présente un danger d'alcalinisation très fort.

b. L'interprétation du diagramme :

Le diagramme de Riverside montre trois classes des eaux d'irrigation :

- ✓ Eau à forte salinité et de faible teneur en sodium, risque de sodicité moyen.
- ✓ Eau à très forte salinité et de teneur moyenne en sodium, risque de sodicité fort.
- ✓ Eau à exagérée salinité et de forte teneur en sodium, risque de sodicité très fort.

Dans le cas de notre région l'eau est caractérisé par une salinité forte à très forte l'eau ne convenant pas à l'irrigation, mais à l'exception certaines cultures qui adapter la forte salinité surtout les palmiers.

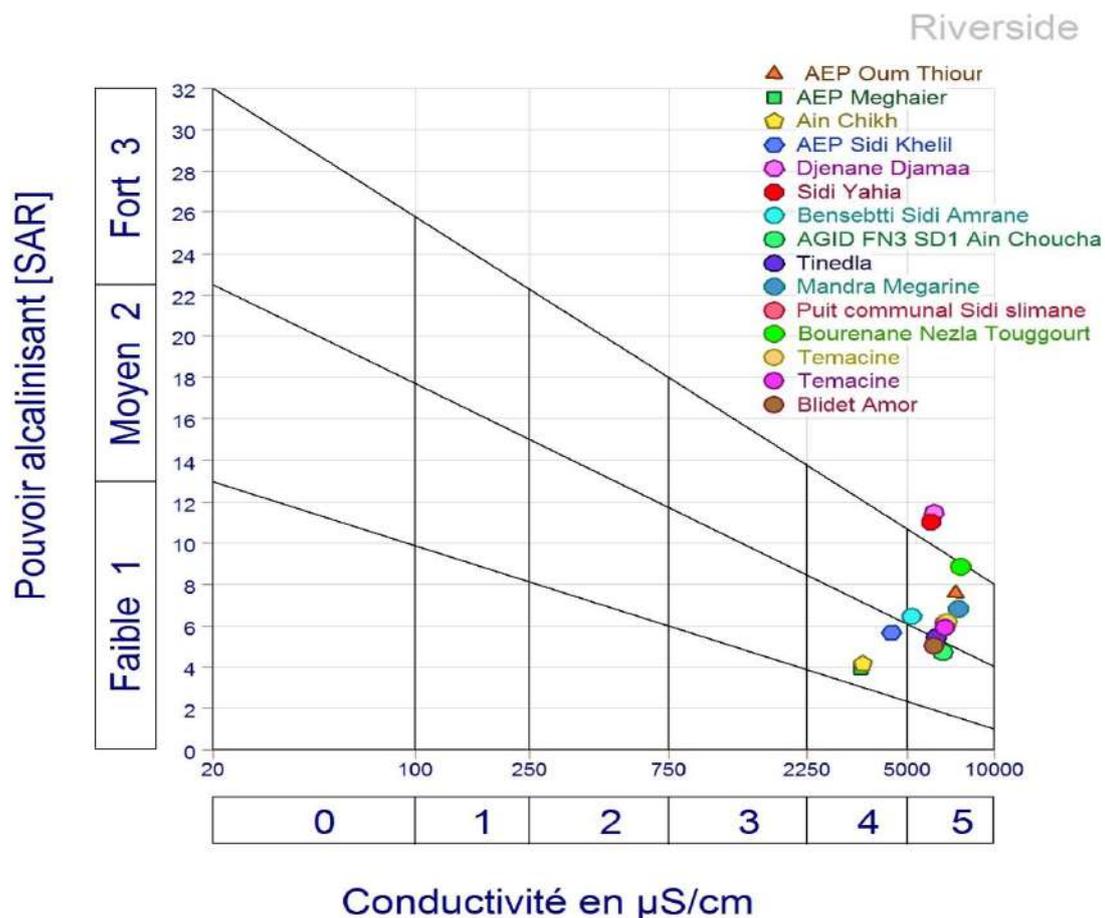


Figure. N°36 : Classification des eaux de la nappe Complexe Terminale (CT) d'Oued Righ selon RIVERSIDE (2010).

E. Problèmes causés par la qualité des eaux :

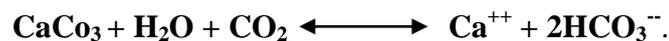
L'équilibre chimique relatif au carbonate de calcium, dit équilibre calco-carbonique, peut se déplacer sous l'action du CO_2 : c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium l'eau est dite agressive, ou de précipitation du carbonate de calcium l'eau est ainsi dite incrustante.

L'évaluation de la nature chimique des eaux de l'aire d'étude, est basée sur la détermination des indices de **LANGELIER (IL)** et de **RYZNAR (IR)**.

a. Indice de LANGELIER :

C'est l'indice le plus utilisé pour apprécier le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il est défini de la façon suivante : Une eau aggressive est caractérisée par un indice de **LANGELIER** négatif, ce qui signifie que le **pH** de l'eau mesuré est inférieur au **pHs** de saturation :

l'eau, sous saturée en **CaCO₃**, dissout le calcaire sous l'action du **CO₂** agressif.



Si **IL** est positif, il y a formation d'une couche de carbonate de calcium qui protège les tuyauteries. L'équilibre calco – carbonique est caractérisé par un indice de **LANGELIER** varie entre **(0.5 - 0.9)**.

Dans le cas d'Oued Righ les eaux de Continentale Intercalaire ou géothermale (**T=60°C**) est caractérisée par un indice de **LANGELIER** négatif ou positive, elle comprise entre **(-0.38 à 0.9)**, donc l'eau est caractérisée par une agressivité ou incrustante. Par contre les eaux de Complexe Terminal est caractérisée par un indice de **LANGELIER** positive, elle comprise entre **(0.35 à 1.25)**, donc l'eau est incrustante. Tableau. N°(20,21).

b. Indice de RYZNAR :

Il permet de définir la tendance aggressive ou entartrant d'une eau. La relation entre l'indice de stabilité et la tendance incrustante ou corrosive de l'eau est expliquée par ce ci :

Si **IR < 6** eau est incrustante.

Si **IR > 7** eau est aggressive.

L'équilibre calco – carbonique est caractérisé par un indice de Ryznar comprise entre **(6-7)**.

Dans le cas d'Oued Righ la plus par des eaux du Continentale Intercalaire ou géothermale (**T=60°C**) sont caractérisées par un indice de Ryznar supérieur à 7, donc l'eau est Légèrement corrosive à Fortement corrosive et par fois Equilibre. Par contre les eaux Complexe Terminal est caractérisée par un indice de Ryznar supérieur à 6, donc l'eau Equilibre à Faiblement incrustante. Tableau. N°(19, 20).

Les eaux du Complexe Terminal sont caractérisées par le caractère incrustant ce ci s'explique par le contact eau - roche. Quant aux eaux du Continentale Intercalaire la propriété corrosive. La corrosion peut se manifester par la disparition du métal de

l'ouvrage (Figure. N°38) mais également par transformation in situ de ce métal et formation de dépôts de corrosion. Parmi les facteurs pouvant provoquer des phénomènes de corrosion, les plus importants sont :

- La conductivité électrique importante de l'eau.
- Une teneur élevée en ions chlore.
- La présence d'eau très salée à l'extérieur des tubages.

Les eaux de la région montrent les facteurs cités ce qui provoque ou accélère les phénomènes de corrosion électrochimique favorisés, en outre, par la disparité des métaux utilisés la construction des forages.

Tableau. N°19 : Qualité des eaux souterraines de la nappe Complexe Terminale (CT) d'Oued Righ (2010).

Nom	pH	Cond à25°C	Ca	Mg	Na + K		Cl	HCO ₃	SO ₄	dureté	IEB	PHs CaCO ₃	Ryznar	Qualité	Langelier	Qualité
Norme O.M.S	6,5-9,5		150	140	150		600		400	50	<0Sédm >0Crist		6-7 équilibre		0.5 - 0.9 équilibre	
AEP Oum Thiour	8.07	7341.58	221.8	302.6	739.2	32.97	1391	172.1	1276	180	0.159	7.15	6.23	Equilibre	0.92	eau incrustante
AEP Meghaier	7.8	3448.99	194.4	273	360.4	20.62	725	99.76	1242	161	0.208	7.41	7.01	Légèrement corrosive	0.39	eau incrustante
Ain Chikh	7.7	3493.35	186.8	259.4	372.5	21.2	736.7	117.9	1168	153	0.194	7.35	6.99	Equilibre	0.35	eau incrustante
AEP Sidi Khelil	7.8	4424.91	198.9	353.5	574.6	21.25	992.9	116.9	1644	195	0.088	7.37	6.93	Equilibre	0.43	eau incrustante
Djenane Djamaa	7.7	6188.22	265.7	546.4	1424	25.06	2381	109.7	2482	291	0.068	7.35	7	Légèrement corrosive	0.35	eau incrustante
Sidi Yahia	7.7	6021.87	225.9	583.9	1382	25.21	2411	108.1	2412	297	0.107	7.43	7.16	Légèrement corrosive	0.27	eau incrustante
Bensebtti Sidi Amrane	7.9	5201.21	272.2	489.1	769.1	25.28	1681	128.5	1818	269	0.281	7.23	6.56	Equilibre	0.67	eau incrustante
AGID FN3 SD1 Ain Choucha	8.3	6654	578	183.5	506.9	10.14	862.8	120.3	1913	220	0.083	6.9	5.5	Faiblement incrustante	1.4	eau incrustante
Tinedla	7.9	6321.3	434.6	202	547.1	21.89	874.4	119.6	1698	192	0.012	7.01	6.13	Equilibre	0.89	eau incrustante
Mandra Megarine	8	7541.2	488.9	222.7	722.5	26.72	1394	112.1	1592	214	0.183	7.01	6.02	Equilibre	0.99	eau incrustante
Puit communal Sidi slimane	7.9	6764.9	437.5	144.5	577.8	22.91	1064	117.4	1293	169	0.143	7	6.11	Equilibre	0.9	eau incrustante
Bourenane Nezla Touggourt	7.9	7652.1	438	174.4	867.4	31.98	1464	126.8	1495	181	0.067	7	6.1	Equilibre	0.9	eau incrustante
Temacine	8	6875.8	422.2	195.3	611.6	28.61	1247	137.8	1267	186	0.223	6.96	5.92	Faiblement incrustante	1.04	eau incrustante
Temacine	8.2	6764.9	468.4	183.7	592.8	28.65	1032	129.6	1619	192	0.089	6.95	5.7	Faiblement incrustante	1.25	eau incrustante
Blidet Amor	8.1	6210.4	446.3	175.6	495.9	34.09	850.9	115.1	1595	184	0.065	7.01	5.92	Faiblement incrustante	1.09	eau incrustante

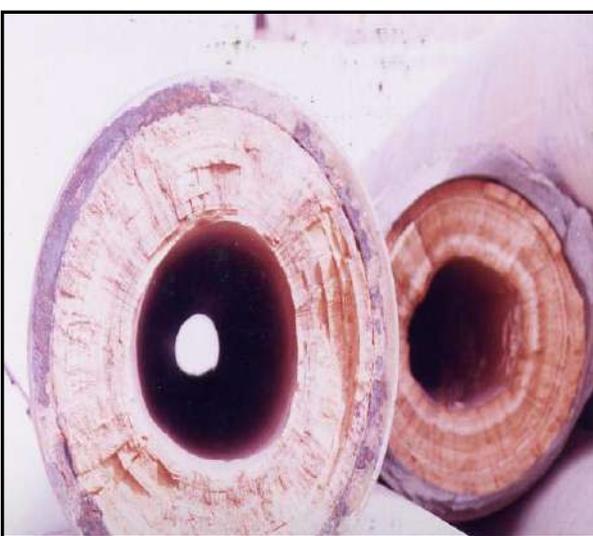
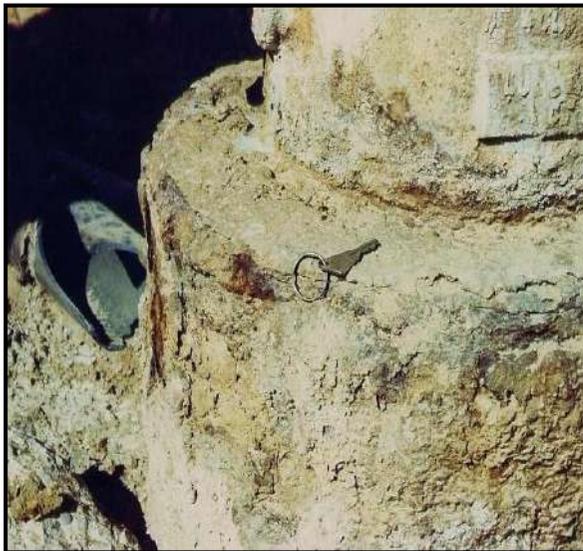
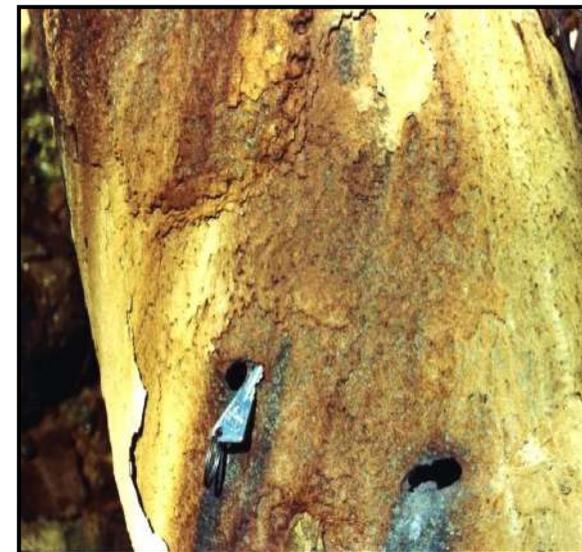
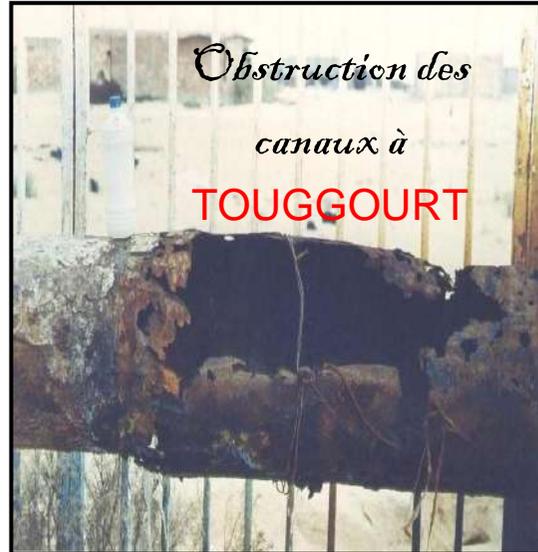
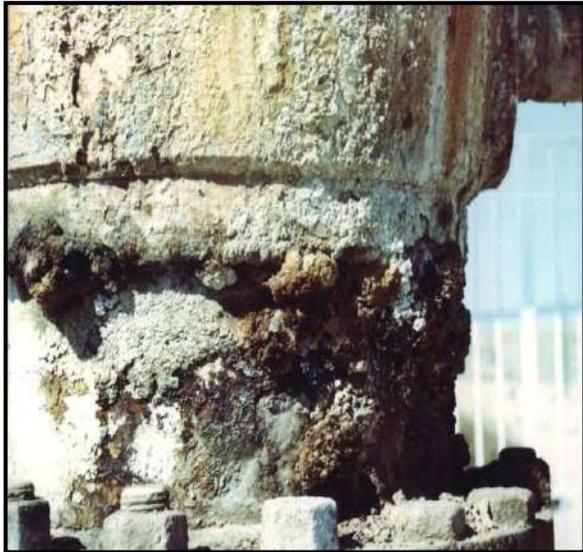


Figure. N°37: Photos illustrant les dépôts de tartre sur les canalisations.

**Tableau. N°20 : La Qualité des aux souterraines de la nappe Continentale intercalaire (CI) d'Oued Righ
(2012).**

Nom	pH	σ (μ mho/cm)	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	dureté	IEB	PHs CaCO ₃	Ryznar	qualité	Langelier	qualité
Norme O.M.S	6,5- 9,5	(R.Algérienn) 150	140	150				600	400	50	<0Sédim >0Crist		6-7 équilibre		0.5- 0.9 équilibre	
CI1ST22	7.3	2640	196.8	230	528.95	42.39	56.12	528.95	111.12	95	0.257	7.54	7.78	Fortement corrosive	-0.24	eau agressive
CI1ST10	7.76	3370	174.8	298.75	683.375	41.77	62.2	683.375	96.72	83	0.27	7.55	7.34	Légèrement corrosive	0.21	eau incrustante
CI2SM4	8.17	2150	152.8	123.75	305.3	39.33	45.1	305.3	121.44	88	0.258	7.72	7.26	Légèrement corrosive	0.45	eau incrustante
CI1SM5	8.24	2160	165.2	117.5	319.5	39.94	45.72	319.5	102.96	84	0.32	7.67	7.1	Légèrement corrosive	0.57	eau incrustante
CI1SM3	7.42	2320	204.8	130	344.35	46.67	48.8	344.35	112.8	98	0.295	7.57	7.71	Fortement corrosive	-0.15	eau agressive
SD14	8.05	2860	216.8	217.5	507.65	44.22	56.08	507.65	107.52	98	0.26	7.5	6.95	Equilibre	0.55	eau incrustante
SD7	8.14	2500	168	192.5	459.725	43	51.8	459.725	118.08	90	0.269	7.63	7.13	Légèrement corrosive	0.51	eau incrustante
SD1	7.23	2430	132	186.25	454.4	39.94	75.64	454.4	111.36	79	0.288	7.56	7.9	Fortement corrosive	-0.33	eau agressive
CI1SM1	8.26	2540	214.96	173.75	447.3	41.77	79.28	447.3	100.704	95	0.316	7.34	6.42	Equilibre	0.92	eau incrustante
SD5	8.27	2460	209.6	186.25	511.2	43.61	112.2	511.2	89.76	89	0.361	7.2	6.13	Equilibre	1.07	eau incrustante
SD10	7.36	2400	198.4	173.75	440.2	42.39	65.88	440.2	84.24	84	0.304	7.45	7.53	Fortement corrosive	-0.09	eau agressive
CI1SM4	7.13	2110	207.6	130	347.9	38.72	53.68	347.9	93.84	90	0.323	7.51	7.89	Fortement corrosive	-0.38	eau agressive
CI2SM3	8.34	2430	211.6	161.25	397.6	43	45.72	397.6	106.08	96	0.277	7.58	6.83	Equilibre	0.76	eau incrustante
CI3SM3	7.55	2150	184.8	123.75	337.25	40.55	50.02	337.25	107.04	90	0.325	7.59	7.63	Fortement corrosive	-0.04	eau agressive



Figures. N°38 : Photos illustrant le caractère agressif des canalisations de la vallée d'oued Righ.

b. La température élevée de l'eau du Continentale Intercalaire :

Les forages albiens dégagent des températures aux alentours de 60°C à l'atmosphère (Figure N°40) ce qui les rendent inutilisables directement.

Cette température d'eau va augmenter les contraintes physico-chimiques et donner des conséquences dramatiques, par l'accélération des réactions chimiques, surtout celles qui concernent le tartre et la corrosion.

La température joue le rôle d'un agent accélérant les réactions chimiques soit pendant le transfert des eaux (tubage, refroidisseur et canalisations), où elle facilite la corrosion du tubage et des annexes : (vannes, débitmètre...etc.), et la précipitation de tartre aux parois des canalisations.



Figure N°39 : Vapeur d'eau dégagée par un forage albien.

L'élévation de la température de l'eau nécessite un refroidissement préalable avant leur utilisation aussi bien humaine qu'agricole.

Pour refroidir cette eau, on utilise les tours de refroidissement (Figure N°40), dans les quelles l'eau géothermale circule sur des systèmes de planches (réfrigération atmosphérique).

Le refroidissement de l'eau est obtenu par la chute libre de dernière sur des grilles de séparation qui la fractionne en fines gouttelettes pour augmenter les surfaces de contact et lui permet de se refroidir en traversant l'air brassé par des ventilateurs. L'eau chaude est distribuée uniformément sur toute l'aire du réfrigérant.

Chaque ventilateur est entraîné par un moteur électrique à l'aide d'un arbre de transmission et un réducteur de vitesse. Suivant ce circuit, la température de l'eau passe de 60 à 30° C.

Malheureusement ce mécanisme favorise le dépôt de tartre sur les murs des refroidisseurs ainsi que dans les petits canaux.



Figure. N°40 : Photos du système refroidisseur (ancien et nouveau).

Cependant, l'entartrage devient, alors, inévitable dans les conduites d'eaux.

Il devient un support favorable à la réception et à la prolifération des micro-organismes pathogènes.

Ces derniers peuvent être à l'origine de maladies d'origine hydrique conduisant à des épidémies graves : choléra, fièvre typhoïde, dysenterie pouvant entraîner la mort.

d. Problème de tartre :

On appelle généralement « tartre » (Figure N°37, 41) les incrustations adhérentes et dures qui se forment sur les surfaces de chauffages et qui correspondent à un aspect cristallin des dépôts. Le tartre ainsi constitué est compact, dur, fortement adhérent et peu poreux, donc très isolant et constitue la forme la plus nuisible et la plus dangereuse de l'entartrage des surfaces.

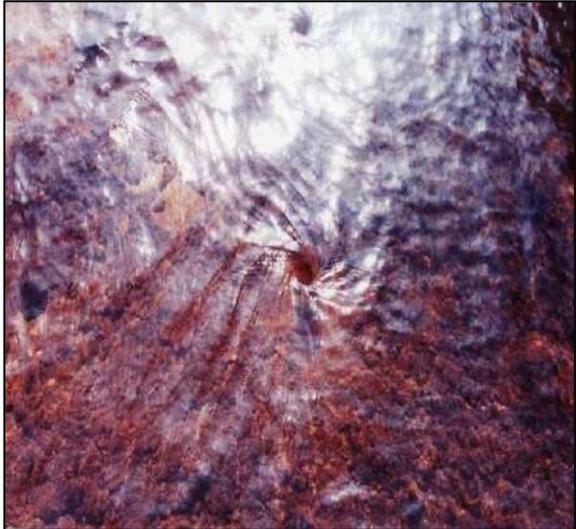
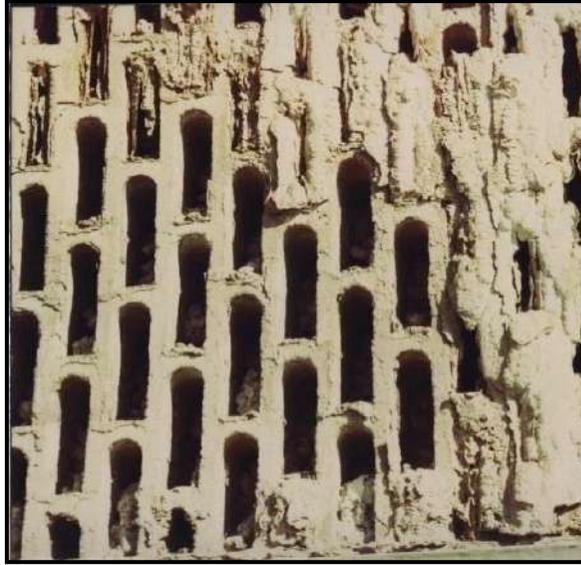
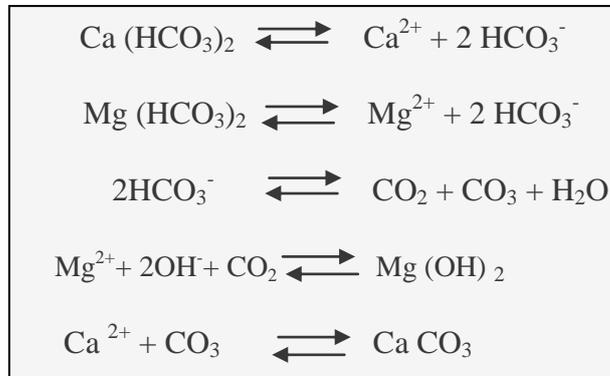


Figure. N°41 : Dépôt de tartre sur les murs du refroidisseur.

La vaporisation des eaux naturelles s'accompagne de l'entartrage du récipient qui la contient. L'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre; ce qui pose un grand problème dans les canalisations de cette région. Si la concentration du CO_2 diminue on aura précipitation de CaCO_3 . La température du liquide en contact avec les parois froides est plus faible que celle de la masse de l'eau, les sels dont la solubilité varie en sens inverse de la température auront tendance à se précipiter au sein du liquide ou à se fixer sur les parois froides. Sous l'effet de la chaleur, le bicarbonate de calcium soluble perd son gaz carbonique et précipite formant des carbonates de calcium peu soluble.

Les réactions suivantes nous montrent la formation et la précipitation qui peut apparaîtraient dans l'eau.



Il y a continuellement dépôt de tartre CaCO_3 , le phénomène se poursuit jusqu'à obstruction complète des canalisations (Figure N°38).

La dureté de l'eau est principalement causée par la présence d'ions calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}) dans l'eau. Une eau dure peut poser des problèmes d'entartrage des appareils (débitmètre, vannes) et des canalisations d'eau chaude.

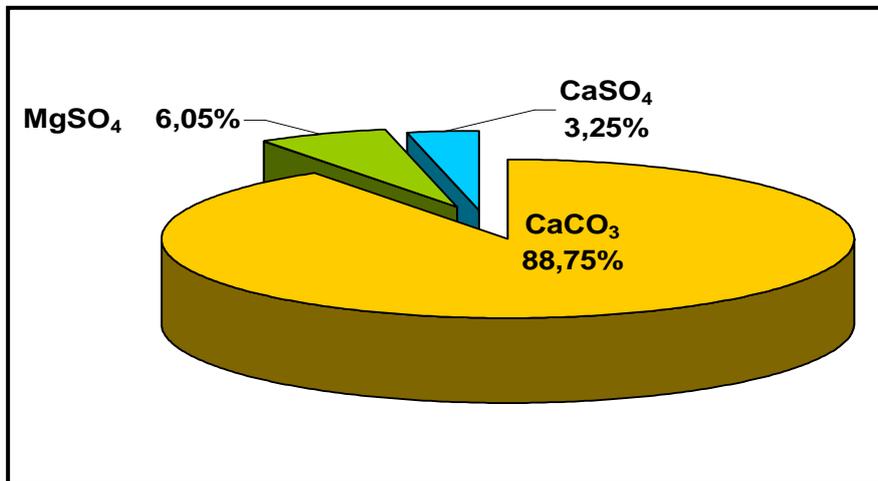


Figure. N°42 : composition chimique de tartre en pourcentage.

Conclusion :

La variation de la concentration des éléments chimiques des eaux souterraines est liée à la lithologie des formations géologiques.

La salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, (Salinisation secondaire). Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée le plus souvent par La forte exploitation qui a posé actuellement d'une part et la contamination par la nappe phréatique (les rejets des eaux usées et les puits non poché ou arrête, la remonté des eaux) d'autre part.

D'après la classification de PIPER, la nappe Complexe Terminale a un faciès : sulfaté calcique - chlorure sodique aussi que le faciès chimique des eaux de la nappe Continentale intercalaire, Chlorure Sodique Chlorure Calcique à Oued Righ. La qualité des eaux souterraines de la Vallée d'Oued Righ ont une médiocre potabilité pour les eaux souterraines du Continentale Intercalaire. Par contre, les eaux souterraines Complexe Terminal avec une mauvaise à momentanée potabilité chimique. Cette eau est caractérisé par une salinité forte à très forte l'eau ne convenant pas à l'irrigation, mais à l'exception certaines cultures qui adapter la forte salinité surtout les palmiers.

L'équilibre chimique relatif au carbonate de calcium, dit équilibre calco - carbonique, peut se déplacer sous l'action du CO_2 : c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium l'eau est dite agressive, ou de précipitation du carbonate de calcium l'eau est ainsi dite incrustante. L'évaluation de la nature chimique des eaux de l'aire d'étude, est basée sur la détermination des indices de LANGELIER (IL) et de RYZNAR (IR).

Dans le cas d'Oued Righ les eaux de Continentale Intercalaire (CI) ou géothermale ($T=60^\circ\text{c}$) est caractérisée par un indice de LANGELIER négatif ou positive, elle comprise entre (-0.38 à 0.9), donc l'eau est caractérisée par une agressivité ou incrustante. Elle est caractérisée par un indice de Ryznar supérieur à 7, donc l'eau est Légèrement corrosive à Fortement corrosive et par fois Equilibre. Par contre les eaux de Complexe Terminale (CT) est caractérisée par un indice de LANGELIER positive, elle comprise entre (0.35 à 1.25), donc l'eau est incrustante. Elle est caractérisée par un indice de Ryznar supérieur à 7, donc l'eau Equilibre à Faiblement incrustante. La température joue le rôle d'un agent accélérant les réactions chimiques soit pendant le transfère des eaux (tubage, refroidisseur et canalisations), où elle facilite la corrosion du tubage et la précipitation de tartre aux parois des canalisations et des annexes : (vannes, débitmètre...etc.), L'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre; ce qui pose un grand problème dans les canalisations de cette région. Si la concentration du CO_2 diminue on aura précipitation de CaCO_3 .

Conclusion générale

Conclusion générale

La vallée de l'Oued Righ fait partie du Bas Sahara, elle est connue par une population de cultivateurs et une production dattier exportable (variété déglet noir). Elle est connectée à un canal collecteur constituant le nerf principal pour la vie des oasis qui y existent de part et d'autre de la vallée.

Administrativement, la région d'étude s'étale sur *deux wilayas*, celle d'El Oued au Nord comprenant les daïras d'El Meghair et Djamaa et celle d'Ouargla.

La géologie permet la description lithologique et stratigraphique, la connaissance des formations susceptibles de constituer de bons aquifères et le suivi de leurs évolutions dans l'espace. Le climat de la région est désertique ou hyper aride caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, de l'ordre de 74.36 mm/an et ne jouent généralement aucun rôle dans la recharge directe des nappes, à l'exception des quelques orages violents qui génèrent des ruissellements.

Les températures sont élevées, 22.39 °C en moyenne annuelle et 34.3 C° au mois le plus chaud, ce qui explique la forte d'évaporation.

L'humidité relative moyenne annuelle est de 48.67% avec 67% au mois de Décembre et 33% en Juillet. Tandis que L'évaporation moyenne annuelle est de 243mm.

La vallée d'oued Righ apparaît ainsi particulièrement pourvue en eaux souterraines mais l'étude hydrogéologique montre que la zone renferme d'énormes réserves d'eaux souterraines. Elles constituent la richesse hydraulique de la région, elles sont contenues principalement dans deux grands aquifères, qui s'étendent au-delà même des frontières algériennes (Tuniso-libyenne): il s'agit des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT), dont l'accumulation ne peut être expliquée par le climat actuel. Dans la partie supérieure des formations continentales, une nappe non captive peu profonde vient augmenter ces réserves hydrauliques.

La multiplication des forages est la cause d'une chute importante des niveaux piézométriques entraînant la disparition de l'artésianisme du Complexe Terminal.

La quantité et la qualité des eaux sont une dimension essentielle dans la gestion appropriée des ressources. Ainsi, la qualité médiocre, réduit sensiblement le potentiel en ressources utilisables.

La salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau. Cette salinisation de la ressource est aggravée le plus souvent par La contamination de la nappe phréatique par (les rejets urbaine et les puits non poché ou arrête, la remonté des eaux).

Toutes les eaux excédentaires de drainage issues de l'irrigation des palmeraies et celles des eaux usées des régions proches et limitrophes se déversent, sans aucun traitement préalable, dans l'Oued Righ, qui à son tour, se déverse dans le Chott Merouane. Cette forme de pollution hydrique, non encore quantifiée aujourd'hui, risque, à terme d'affecter les caractéristiques écologiques du chott.

Conclusion générale

La complémentarité des résultats permet d'émettre l'hypothèse que l'utilisation des eaux usées brutes à des fins agricoles peut entraîner une toxicité chez le consommateur.

La composition physico-chimique des eaux chaudes et minéralisées pose des problèmes techniques à partir de sa sortie jusqu'à son rejet, notamment le dépôt de tartre, les maladies à transmission hydrique, la corrosion, et la salinité des sols. Cependant la grande part de ces eaux est destinée pour l'agriculture qui consomme plus de 91% du total.

Les eaux géothermale ($T=60^{\circ}\text{C}$) est caractérisée par un indice de LANGELIER négatif ou positive, elle comprise entre (-0.38 à 0.9), donc l'eau est caractérisée par une agressivité ou incrustante. Avec un indice de Ryznar supérieur à 7, donc l'eau est Légèrement corrosive à Fortement corrosive. Par contre les eaux de Complexe Terminal est caractérisée par un indice de LANGELIER positive, elle comprise entre (0.35 à 1.25), donc l'eau est incrustante. Avec un indice de Ryznar supérieur à 7, donc l'eau Equilibre à Faiblement incrustante.

La température joue le rôle d'un agent accélérant les réactions chimiques soit pendant le transfert des eaux (tubage, refroidisseur et canalisations), où elle facilite la corrosion du tubage et des annexes : (vannes, débitmètre...etc.), et la précipitation de tartre aux parois des canalisations. L'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre; ce qui pose un grand problème dans les canalisations de cette région. Si la concentration du CO_2 diminue on aura précipitation de CaCO_3 .

Malheureusement la chaleur fournie par les forages albiens reste une source d'énergie non encore utilisée, tandis que ses effets indésirables évoluent jour après jour. Cette eau pourrait offrir aussi des avantages parmi lesquels :

- ✓ Le Chauffage central et La Climatisation
- ✓ Réchauffement des serres agricoles.
- ✓ Energie (production de l'électricité par thermoconvection).
- ✓ Séchage des produits agricoles et industriels.
- ✓ Le soin Thérapeutique.

On déduit que dans cette région il n'y a pas un problème de quantité mais plutôt de qualité, pour cela il faut exiger des rigoureux critères pour améliorer la qualité chimique de l'eau et garantir la potabilité de l'eau dans les normes internationales, avant de la mobiliser aux consommateurs particulièrement humains.

Références bibliographiques

- a. **ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques (Ouargla et Touggourt) archive.
- b. **BENABDASADOK.DJ (2005-2006)** : Contribution à l'étude de la possibilité de réutilisation des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation dans la région de L'Oued Righ (Université Constantine).
- c. **BOUGUENNOUR. B (2013-2014)** : Estimation des besoins eau des cultures dans la région de Touggourt et détermination de leur qualité par méthode statistique.
- d. **BOUSSAADA. N (2007)** : Evaluation des ressources en eaux et modes de gestion dans la vallée d'oued Righ (Sud Est algérien).
- e. **BELLABIDIS (2016)** : L'utilisation de la cartographie pour déterminer la surexploitation des eaux dans une région aride (Oued Righ Sud-Est Algérien) « Université Oued souf ».
- f. **BOUZEGAG. A (2014-2015)** : Etude géologique et hydrogéologique de la région de M'rara et sa contribution à la création des effondrements.
- g. **CASTANY. G (1982)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod uni. Bordas. Paris.
- h. **CORNET. A, (2012)** : Introduction à l'hydrogéologie du Sahara.
- i. **ONM : (2017)** (Touggourt) Organisation nationale métro-géologique (archive).
- j. **NECIB. A, (2011)** : Qualité des eaux de la vallée d'Oued Righ.
- k. **Touahri Mahmoud** : Etude Hydrogéologique de la plaine de Zeribt El Oued (Université Constantine).

Annexes

Tableau. N° 1 : Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm (1975 -2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Jun	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne (1/10 mm)	TOTAL
1975	50.2	12.9	0	39	0	0	0	0	1.4	0	12.7	1.9	9.8	118.1
1976	19.7	16.5	34.5	0	1.6	0	0	0	7	5.3	21.4	1	8.9	107
1977	16	0	11.8	0.6	5.6	0	0	0	0.3	0	10.4	0	3.7	44.7
1978	12.6	18	0	0	1.8	0	0	3	0	1.5	0	8	3.7	44.9
1979	7.9	22.8	1.8	3.5	0.8	0	0	0	4.8	8	2.3	0	4.3	51.9
1980	10.1	14	64.7	10	0	0	0	0	0	0	50.2	4	12.8	153
1981	0	14.6	0.1	0	2.4	23.2	0	0	3.1	0	0	0	3.6	43.4
1982	0	6.4	6	40.4	0.6	0	0	0	0	0	12.4	6.6	6.0	72.4
1983	0	2.2	5.4	0.1	2.2	0.9	0	0	0	0.2	1.7	18.9	2.6	31.6
1984	2.5	0	5	0.6	0	0	0	0	0	11.7	10	1.1	2.6	30.9
1985	9.6	0	0.1	3.6	11.2	0.7	0	0	2.6	0	0	5.9	2.8	33.7
1986	0.6	0.7	37.6	8.1	2.2	0	0	0	0.6	14	6.6	9	6.6	79.4
1987	8.5	2.5	10.3	0	1	1.8	0	0	0.1	17.1	0.1	0.3	3.5	41.7
1988	0	0	1.7	0	1.3	4.1	0	0	5.2	6.9	34.9	0.4	4.5	54.5
1989	1.4	0.2	0	1	0	1.5	0	0	1	0	5.2	1.2	1.0	11.5
1990	60.2	0	6.8	17	29.4	0	0	13.4	0	1	1	19.6	12.4	148.4
1991	0	3.1	17.5	0.2	9	1.8	0	0	3.3	2.4	5.5	0	3.6	42.8
1992	34.7	0	23.1	18.8	23.7	0	14.4	0	0	0	7.2	10.3	11.0	132.2
1993	0	22.9	5.1	0	1	0	0	1	1.4	6.8	12.2	4.8	4.6	55.2
1994	4.6	3.2	10.8	6.3	0	1.1	0.1	0	12.6	10	0	0	4.1	48.7
1995	2.7	0	0	0	0	0	0	3.2	31.3	0.9	1.9	21.4	5.1	61.4
1996	42.7	21.2	16.1	0	2.1	0	0	0	4.9	0.3	0	1.2	7.4	88.5
1997	0	0	0	17.9	1.5	0	0	0	20.5	0.2	10.4	13.7	5.4	64.2
1998	0	2.9	1.3	5.1	0	7.8	0	0	5.1	19.9	2.6	1.7	3.9	46.4
1999	39.9	5	22	0	10	4	2	0	0	0	33.2	2	9.8	118.1
2000	0	0	2	2	15.1	0	14	0	1	17.5	0	7	4.9	58.6
2001	41	0	11	1	0	0	0	0	47	0	15	26.2	11.8	141.2
2002	50	0	0	0.1	72	0	0	21	34	68	84	0	27.4	329.1
2003	20.8	4.3	13.9	0.2	0	0	0	5	0	12.5	3.4	9.1	5.8	69.2
2004	0	0	2	0.2	15.1	1.4	0	0	0.1	17.5	0	0.7	3.1	37
2005	0	4.1	0.8	0.2	0	3.3	0	6.2	6.1	3.2	1.7	0.1	2.1	25.7
2006	38.7	1.1	0	3.2	1.1	0	0.2	2.2	14.5	14.2	2.7	6.6	7.0	84.5
2007	0	0.3	0.8	41.5	0.2	0	0	21.3	0.5	0.9	0.1	11.5	6.4	77.1
2008	5.4	1.4	0	0	1.1	2.9	0.5	0.1	5	29.8	3.4	6.1	4.6	55.7
2009	89.9	0.3	25.2	10.5	5.7	0.1	0	0	23.1	0.4	0	0.5	13.0	155.7
2010	9.8	1.1	0.3	12.1	2.1	0	0	0	2.4	1.7	0	0	2.5	29.5
2011	0.1	0.8	8.3	4.5	4.2	0.2	0	1.7	0.4	0.6	0	0.6	1.8	21.4
2012	3.5	0	0	7.3	0	0	0	0	3.4	2.6	1.4	0	1.5	18.2
2013	0.9	1.6	5	15.5	0	0	0	7.6	0	0.2	6.5	18.5	4.7	55.8
2014	2.2	0	5.2	0	0.6	0.3	0	0	6.1	0.9	7.5	1.9	2.1	24.7
2015	0.9	42.9	12.4	0	0	0.1	0	2.6	7.3	0.1	0	0	5.5	66.3
Moyenne	14.32	5.54	9.0	6.60	5.48	1.35	0.76	2.15	6.25	6.74	8.97	5.41		
totale	587.1	227	368.6	270.5	224.6	55.2	31.2	88.3	256.1	276.3	367.6	221.8		

Tableau N° 02 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles en C° (1975 -2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne (1/10C°)
1975	9.2	11.7	14.8	18.8	24.6	28.8	32.6	31.5	29.2	20.2	13.1	10.9	20.5
1976	8.9	12.2	13.7	19.6	24.5	28.4	32.6	31.3	27.4	21.1	12.6	11.9	20.4
1977	11.7	15.3	17.5	19.8	24.3	29.4	35	32.2	26.9	21.3	15.6	11.4	21.7
1978	9.5	15	16.1	20.2	24.5	30.6	31.8	31.5	26.9	18.3	13.5	12.6	20.9
1979	12	13.9	16.5	18.4	24.2	30.6	32.7	32.9	26.2	23	12.9	10.3	21.1
1980	9.5	12.3	16	18.6	23.5	28.9	31.2	32.5	28.5	19.7	15.8	8.4	20.4
1981	8.1	11.2	18.9	21.1	26.1	30.5	32.5	30.7	28.1	22.2	13.9	13	21.4
1982	11.2	12.4	15.4	19.2	25	32.1	34.7	33.6	28.4	21.7	15.3	9.3	21.5
1983	7.4	11.4	15.4	19.2	25	32.2	33.4	33.6	37.7	21.6	17.2	10.2	22.0
1984	10.1	11.6	15	21.1	24.4	29.7	31.6	33.1	27.4	19.4	15.1	10.4	20.7
1985	9.4	15	14.7	21.6	24.6	31.7	33.7	32.3	27.3	21.5	17.2	11	21.7
1986	10.1	13.4	15	19.5	26.6	29.9	32.3	33.6	28.2	22.9	14.5	10.5	21.4
1987	9.7	13.1	15.5	21.5	24.7	31.4	33.9	33.7	29.5	23.5	15.1	12.9	22.0
1988	12.5	13	15.6	21.8	28.3	30.4	34.8	33.5	26.7	23.6	16.5	9.7	22.2
1989	9.2	12.4	17.2	20.2	25.1	29.1	32.6	34.6	29.9	22.1	17.3	13.5	21.9
1990	11.2	13.9	16.2	20	24.2	31.4	32.7	30.9	31.7	24.3	16.1	9.9	21.9
1991	8.9	11.7	17.3	18.7	21.1	29.3	33.5	32.5	30	22.2	14.2	9.6	20.8
1992	8.6	11.3	15.2	19.5	23.9	28.8	31.1	32.9	29	22.9	15.9	11.1	20.9
1993	8.7	11.2	14.2	20.5	26.3	32.5	33.8	33.2	28.8	23.1	15.9	10.5	21.6
1994	11.4	12.7	16.9	18.6	27	31.3	33.6	34	28.9	22.1	16.3	10.5	21.9
1995	9.8	14.6	15.9	18.9	26.7	30.5	33.3	33.7	27.1	22.7	15.7	13.7	21.9
1996	12.9	12.1	13.2	20.4	25.3	28.3	32.5	34.4	27.3	20.1	16	13.1	21.3
1997	11.8	13.8	15.4	19.6	26.2	33.3	34.9	33.3	27.9	22.8	16.4	12.5	22.3
1998	10.9	13.3	16.1	21.8	25.3	31.1	33.9	33.7	30.2	20.5	15.1	9.6	21.8
1999	11	11.35	16.85	21.95	29.55	33.9	34.25	34.05	31	25.45	15.6	11	23.0
2000	8.4	12.45	17.6	22.65	28.3	33.7	30.15	32.5	29.1	21.1	16.45	13	22.1
2001	11.5	12.2	20.9	20.6	26.4	31.85	35.45	32.5	29.95	26.8	16.6	10.9	23.0
2002	9.6	13.35	18.45	21.4	25.85	31.4	34.45	33.55	28.9	22.8	17.3	13.25	22.5
2003	11.5	11.5	15.8	22.2	27.1	31.5	35.9	33.3	28.9	25.4	16.1	10.7	22.5
2004	7.8	12.3	17.6	22.9	28.5	30.6	34	32.7	29.1	21	16.1	12.5	22.1
2005	8.2	10.2	17.7	21.5	27.9	31.4	28	33.4	28.4	23.7	16.8	10.1	21.4
2006	8.7	12.1	18.3	23.8	28.5	32	34.3	33.5	26.8	24.2	16	12	22.5
2007	11	14.8	16.1	20.2	26.6	32.8	32.8	33.8	30.4	23.5	14.4	10.3	22.2
2008	11.2	12.4	16.4	19.2	25.7	30.4	35.8	34.1	29.9	22.9	14.8	10.5	21.9
2009	11.2	12.4	16.4	19.2	25.6	31.4	35.2	34.3	27.2	21.6	15.5	13.6	22.0
2010	12.9	15.7	18.7	22.5	24.5	31.7	34.6	34.4	28.6	22.4	16.5	12.8	22.9
2011	11.6	12.2	15.9	22.3	24.9	29.6	34.8	33.4	31.3	21.6	16.6	12.1	22.2
2012	10.5	9.7	16.5	21.3	26.6	34	36.2	34.6	29.2	24.5	18.4	11.3	22.7
2013	12.1	12.3	19.2	22.3	26	30.1	34.4	32.1	29.8	26.6	16.4	11.1	22.7
2014	12.3	14.8	16.2	22.6	26.9	30.6	34.7	34.8	31.9	24.6	18.5	11.6	23.3
2015	10	11.5	16.1	22.6	28	31	33.4	34	29.5	23.7	16.5	10.8	22.3
SOMME	422.2	519.75	672.4	847.8	1058.3	1268.15	1373.1	1360.2	1189.15	924.65	645.75	464.05	22.4
MOYENNE	10.6	13.0	16.8	21.2	26.5	31.7	34.3	34.0	29.7	23.1	16.1	11.6	

Tableau. N°04 : la vitesse du vent moyen mensuel et annuel en m/s (1975 - 2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne m/s
1975	2	4	6	6	5	5	4	4	5	4	4	4	4.4
1976	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4	4.6
1977	4	4	4	5	5	6	5	5	4	3	3	2	4.2
1978	3	4	4	5	6	4	4	5	3	2	2	3	3.8
1979	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	3.0
1980	3	2	4	4	4	4	3	2	3	2	3	2	3.0
1981	3	2	3	4	3	4	3	2	2	2	2	4	2.8
1982	3	3	3	4	4	3	2	3	2	3	3	2	3.0
1983	1	2	3	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2.5
1984	2	3	3	4	5	3	2	3	2	2	2	2	2.8
1985	4	3	3	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3.5
1986	3	4	4	4	3	2	2	3	2	3	3	2	2.9
1987	3	2	3	4	5	5	5	4	3	3	4	2	3.6
1988	4	4	4	5	5	6	4	4	4	4	3	3	4.2
1989	3	4	4	5	5	5	4	4	4	3	3	2	3.8
1990	4	2	3	4	5	4	3	3	3	3	2	2	3.2
1991	2	3	4	4	4	4	3	3	3	0	3	1	2.8
1992	1	2	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3	2.7
1993	1.9	4.3	3.3	4.2	5.4	5	4.8	3.7	4.3	3.8	3.7	1.7	3.8
1994	2.6	2.5	3.5	3.1	2.3	3	5.1	1.9	2.1	1.9	1.1	1.4	2.5
1995	2.7	2.3	3.3	3.3	2.8	3.4	3.1	2.9	2.9	2.4	2.5	2.7	2.9
1996	2.6	3.9	2.3	3.1	3.3	2.8	2.6	2.5	2.4	1.7	1.4	2.4	2.6
1997	1.6	0.8	1.6	3.3	3.4	3.2	3	2.3	2.2	1.9	2.6	2.3	2.4
1998	2	1.8	2.5	3.3	3.8	3	2.1	2.2	3.2	2.8	2.7	2	2.6
1999	3	3	4	4	4	4	4	0	4	4	4	3	3.4
2000	2	0	4	5	4	3	3	3	3	3	3	4	3.1
2001	3	3	4	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3.5
2002	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	4	3	3.3
2003	3.9	3.4	2.5	4.4	4.3	2.2	2.1	1.9	2.2	3.5	2.2	3.3	3.0
2004	2.1	0	3.7	5.2	3.9	3.2	3.1	2.6	3.3	2.7	2.5	3.5	3.0
2005	2.3	3.3	4.3	4	3.7	3.4	3.4	3.5	3.1	2.5	2.4	2.3	3.2
2006	2.3	2.9	3.7	3.3	3.6	3.5	2.9	2.9	2.6	2.6	1.5	2.2	2.8
2007	1.1	2.5	3.7	4.1	3	3.5	3	3.9	3.3	3.4	1.7	2	2.9
2008	1.7	1.1	3.2	3.2	4.7	4	3.7	3.2	3.7	3.2	2.5	1.8	3.0
2010	3.5	4.2	3.5	3.6	3.4	3.8	2.4	2.4	2	2.3	2.2	1.8	2.9
2011	1.5	2.6	3.4	3.7	3.3	2.4	3.5	2.9	2.6	1.8	2.5	1.8	2.7
2012	2.3	2.8	2.4	3.9	3.8	3.1	2.9	2.3	2.5	1.8	2.3	1.7	2.7
2013	2.8	3.2	3.2	4	4	3.8	2.6	2.8	3.4	2.5	2.7	1.9	3.1
2014	4	3.2	4	3	3.5	3.8	3.1	2.5	2.7	2.9	2.8	2.1	3.1
2015	2.7	4.3	4.2	3.8	3.8	3.5	2.9	3	2.4	2.7	2.3	1.1	3.1
Moyenne m/s	2.7	2.9	3.6	4.1	4.2	3.8	3.4	3.1	3.0	2.8	2.7	2.5	

Tableau. N°06 : L'Evaporation moyennes mensuelles et annuelles en mm (1975 -2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne (mm)	TOTAL
1975	74	73	239	243	301	387	481	419	288	236	105	115	246.8	2961
1976	84	126	149	234	338	420	465	515	342	288	117	121	266.6	3199
1977	84	137	177	234	310	336	394	505	261	208	135	87	239.0	2868
1978	121	101	171	252	264	276	363	381	303	121	81	140	214.5	2574
1979	140	115	236	267	310	390	409	381	240	233	105	93	243.3	2919
1980	103	121	212	261	290	410	380	333	288	194	111	115	234.8	2818
1981	144	87	290	233	248	372	374	300	236	200	113	248	237.1	2845
1982	86	78	179	208	332	458	422	479	276	211	130	83	245.2	2942
1983	97	137	252	341	402	428	540	496	333	211	147	115	291.6	3499
1984	127	222	207	292	427	431	376	563	359	197	158	155	292.8	3514
1985	156	248	245	404	477	536	622	494	379	264	155	129	342.4	4109
1986	148	226	217	303	330	364	461	421	270	146	146	120	262.7	3152
1987	172	202	168	302	310	382	384	351	169	137	159	94	235.8	2830
1988	177	164	247	330	449	422	417	388	283	236	154	91	279.8	3358
1989	92	99	319	364	321	372	396	444	364	180	180	110	270.1	3241
1990	68	130	192	227	259	433	439	317	355	257	81	100	238.2	2858
1991	75	131	311	231	314	438	450	370	262	245	165	81	256.1	3073
1992	60	108	186	314	371	458	448	478	358	325	128	108	278.5	3342
1993	101	118	192	339	445	616	569	509	376	285	109	91	312.5	3750
1994	133	194	258	316	463	433	478	422	310	162	126	130	285.4	3425
1995	158	185	256	311	418	453	509	390	284	215	201	154	294.5	3534
1996	118	159	271	340	409	415	496	472	337	230	117	174	294.8	3538
1997	137	143	201	240	417	511	507	400	287	233	161	126	280.3	3363
1998	121	137	264	344	404	443	451	498	415	237	157	121	299.3	3592
1999	81	143	227	253	339	343	361	324	260	87	79	65	213.5	2562
2000	599	100	167	275	283	341	298	295	260	147	99	112	248.0	2976
2001	111	124	202	174	220	274	422	295	189	182	96	56	195.4	2345
2002	66	106	160	208	285	304	298	272	190	139	130	90	187.3	2248
2003	99.5	95.3	104	188.7	225.5	238	317	285	247	197	111	113	185.1	2221
2004	54	100	168	275	283	299	341	295	261	147	99	112	202.8	2434
2005	64	95	158	177	192	261	305	224	234	146	129	76	171.8	2061
2006	49	102	176	192	201	295	319	248	160	158	84	55	169.9	2039
2007	45	85	118	100	267	241	208	240	220	187	102	63	156.3	1876
2008	51.8	33.9	115	202.7	233.7	371.2	332.9	216.7	160.7	82.1	78.4	52.3	161.0	1931.4
2009	45	112.4	109	123.3	166.3	226.1	202.3	200	118.5	122.3	104.2	90.9	135.0	1620.3
2010	69.6	122	142	158.5	182.5	273.8	305.4	284.9	190.1	140.8	163.8	52.3	173.8	2085.7
2011	95.7	110	128	183.9	167	224.6	387.8	361	298.8	143.8	131.8	86.9	193.3	2319.3
2012	111.4	118.4	168	264.9	282	313.8	434	379.9	213.8	175.8	157	109.9	227.4	2728.9
2013	138.2	171.5	229	281.2	299.4	356.8	377.5	271.6	254.9	242.3	131.7	58.2	234.4	2812.3
2014	140.7	151.1	141	256.3	282.9	312.2	349.5	344.7	304.3	266.8	169.2	111	235.8	2829.7
2015	106.3	134.1	180	253	241.1	231.7	359.5	320	175.4	174.4	120.4	80.5	198.0	2376.4
SOMME	4703.2	5344.7	8131	10496.5	12759.4	15090.2	16448.9	15182.8	11112.5	7989.3	5226.5	4285		
MOYENNE	117.58	133.6175	203.275	262.4125	318.985	377.255	411.2225	379.57	277.8125	199.7325	130.6625	107.125		

Tableau. N°03 : L'humidité moyenne mensuelle et annuelle en % (1975 -2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne %	TOTAAL
1975	70	72	45	54	44	37	32	38	50	54	68	68	52.7	632
1976	72	65	65	49	51	45	36	32	40	55	73	71	54.5	654
1977	79	58	46	48	47	39	30	34	46	49	60	64	50.0	600
1978	62	53	42	41	45	39	35	44	51	72	66	52	50.2	602
1979	58	54	41	43	37	36	36	35	51	48	59	61	46.6	559
1980	58	57	49	44	40	32	32	34	47	52	67	69	48.4	581
1981	60	58	42	44	38	32	32	32	40	45	61	57	45.1	541
1982	55	52	45	57	37	33	31	39	52	51	65	67	48.7	584
1983	58	55	47	38	35	34	25	29	33	46	49	57	42.2	506
1984	56	46	47	42	38	32	32	36	40	56	56	61	45.2	542
1985	59	50	51	35	37	30	24	30	42	51	50	58	43.1	517
1986	53	50	53	47	39	39	35	29	51	57	72	69	49.5	594
1987	63	52	60	48	38	31	30	32	39	50	53	65	46.8	561
1988	54	49	39	38	39	39	46	32	37	53	68	76	47.5	570
1989	71	32	46	43	42	38	37	38	48	62	60	70	48.9	587
1990	77	64	55	50	56	38	35	48	29	45	68	74	53.3	639
1991	60	52	50	43	40	34	26	26	45	53	57	69	46.3	555
1992	73	60	59	49	46	33	33	29	36	39	65	67	49.1	589
1993	65	66	54	43	38	28	28	28	41	46	73	74	48.7	584
1994	63	52	54	43	36	42	33	38	50	58	67	67	50.3	603
1995	63	59	50	45	38	36	35	36	49	57	54	74	49.7	596
1996	69	57	53	46	39	42	34	35	44	51	54	51	47.9	575
1997	58	47	50	50	44	37	34	36	51	55	58	63	48.6	583
1998	64	59	43	37	39	32	29	36	49	57	60	63	47.3	568
1999	72	57	48	34	29	29	53	31	45	46	63	75	48.5	582
2000	73	55	45	37	45	34	38	33	33	56	56	61	47.2	566
2001	62	48	42	42	39	32	28	26	48	45	57	70	44.9	539
2002	67	55	46	41	39	29	33	34	41	48	55	60	45.7	548
2003	64	56	53	40	37	34	29	32	41	51	60	66	46.9	563
2004	73	55	45	37	45	38	34	33	41	58	56	61	48.0	576
2005	69	58	47	38	32	35	28	35	46	54	53	65	46.7	560
2006	66	57	39	37	32	25	29	35	44	47	58	72	45.1	541
2007	64	52	44	55	32	27	31	31	40	47	51	63	44.8	537
2008	64	53	44	30	34	40	30	36	46	63	67	72	48.3	579
2009	75.5	51.6	54.3	44.8	37.6	32	33	31.5	54.1	48.6	53.1	56.8	47.7	572.9
2010	62	48	44	45	38	28	29	33	47	49	55	56	44.5	534
2011	63	60	57	50	48	41	30	32	38	56	57	65	49.8	597
2012	59	52	45	42	37	29	24	26	33.9	43	53	54	41.5	497.9
2013	52	49	40	38	35	30	29	29	41	40	55	70	42.3	508
2014	65	56	57	41	38	35	32	36	40	42	54	65	46.8	561
2015	61	54	47	38	36	34	28	36	45	49	62	70	46.7	560
SOMME	2631.5	2235.6	1983.3	1766.8	1616.6	1410	1318	1375.5	1785	2104.6	2448.1	2668.8		
MOYENNE	65.7875	55.89	49.5825	44.17	40.415	35.25	32.95	34.3875	44.625	52.615	61.2025	66.72		

Tableau. N°05 : la durée d'insolation moyenne mensuelle et annuelle en heure (1975 - 2015).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne heure
1975	0	174	291	243	301	372	381	344	267	313	234	205	260.4
1976	217	185	217	312	313	351	375	357	309	270	252	239	283.1
1977	220	266	307	300	329	378	341	347	330	279	264	257	301.5
1978	233	232	307	294	350	339	384	363	327	267	255	242	299.4
1979	202	190	260	309	335	303	381	353	267	239	267	264	280.8
1980	251	228	267	290	344	352	398	362	298	303	215	243	295.9
1981	274	250	271	272	336	311	351	343	286	303	281	248	293.8
1982	259	229	257	263	303	327	359	341	266	233	223	238	274.8
1983	272	240	246	240	251	312	334	294	290	268	226	261	269.5
1984	238	237	278	297	307	326	372	293	276	261	245	207	278.1
1985	219	224	263	247	313	332	362	345	281	273	217	206	273.5
1986	258	232	248	322	344	340	358	327	277	234	229	234	283.6
1987	235	235	283	295	286	259	299	328	302	265	249	201	269.8
1988	234	228	283	286	304	201	325	334	298	236	174	234	261.4
1989	231	212	287	283	339	332	365	274	261	247	245	224	275.0
1990	161	269	242	242	297	326	368	358	283	257	234	236	272.8
1991	228	239	225	284	326	308	345	366	273	233	249	194	272.5
1992	218	243	202	276	294	332	358	355	307	332	264	235	276.8
1993	244	210	283	318	324	310	360	326	283	233	191	244	277.2
1994	220	223	254	319	344	343	368	370	227	245	270	268	287.6
1995	279	268	279	309	334	336	368	315	237	277	249	226	289.8
1996	220	227	272	286	318	354	364	326	261	287	237	249	283.4
1997	233	262	321	263	334	328	355	320	264	281	261	246	289.0
1998	252	264	296	296	344	348	381	360	278	278	265	270	302.7
1999	204	261	300	308	335	328	351	300	269	280	204	227	280.6
2000	276	285	287	293	284	371	372	349	294	240	254	231	294.7
2001	256	263	299	310	221	345	344	349	266	270	223	225	280.9
2002	268	261	294	280	248	353	297	286	279	288	209	245	275.7
2003	207	229	273	274	311	370	355	366	291	207	243	231	279.8
2004	271	285	288	294	284	372	371	349	294	240	255	232	294.6
2005	253	237	229	283	325	313	330	322	272	272	235	239	275.8
2006	228.1	223.6	360	273.9	281.7	344	370.2	332.2	274.7	285.2	253	220.4	287.3
2007	259.7	209.5	284.6	234.7	339.9	329	376.1	313.2	266.8	261.2	275.3	233.7	282.0
2008	271.3	239.4	266	280.3	283.4	241.7	352.8	337.1	254.4	205.4	267.7	228.9	269.0
2009	205.4	253.2	266.1	320.8	358.5	344.1	361.7	346.7	267.3	313.6	264.2	251.6	296.1
2010	266.8	207.5	224.6	243.6	320.6	258.3	359	351.2	273.6	245.5	264.5	228.9	270.3
2011	262.8	244.8	263.3	300.5	330.8	321.3	368.8	352	275.8	282.9	240	247	290.8
2012	243.5	280.4	254.3	295.4	352.4	319.1	368.5	350.2	293.8	263.4	255.6	275.1	296.0
2013	256.5	260.1	260.5	281.2	332.9	325.3	362.2	341.1	283.9	280.3	258.8	197.6	286.7
2014	261.6	239.4	261.6	315	328.9	330.7	326	338.2	264.4	292	220.2	250.6	285.7
2015	232.5	219.9	303.4	300.7	360.2	309.3	383.4	312.9	262.5	278.5	275.5	255.4	291.2
Moyenne en heures	240.5	244.1	278.8	293.4	324.2	334.9	367.5	344.9	285.8	271.3	249.1	242.3	

المخلص

تعتبر منطقة وادي ريق وحدة جغرافية مهمة من الصحراء القاعدية حيث انها غنية بالمياه الجوفية بالاضافة الى نمو ديموغرافي متزايد مع امتداد لمساحات فلاحية كثيفة ومن بين المشاكل الواقعة فيها اتلاف شبكات توزيع المياه الطبيعية في شمال شرق الصحراء الجزائرية عموما وفي منطقة وادي ريق خصوصا حيث ان المياه الطبيعية تحتوي على مختلف التركيبات الكيميائية ومن بينها كربونات الكالسيوم, التي هي على شكلها المنحل بتفاعلها مع غاز ثاني أكسيد الكربون, منطقة وادي ريق تواجه مشكلة من هذا النوع وهي تاكل شبكات توزيع المياه وابارها وترسب كربونات الكالسيوم فيها مما يؤدي الى سدها ثم اتلافها. ومن هذا المنظور نريد تحديد حالة ونوعية هذه المياه.

كلمات المفتاح: تاكل شبكات توزيع المياه وابارها, وادي ريق, ترسب, ترسب كربونات الكالسيوم.

RESUMÉ

La région d'**Oued Righ** fait partie du bas Sahara qui est une unité géographique où la richesse en eau favorable aux accroissements démographiques et aux extensions agricoles. Parmi les problèmes les plus souvent évoqués sont ceux relatifs à des **réseaux de distributions**. Les eaux naturelles contiennent divers composés chimiques qui se trouvent sous leur forme dissoute. L'un d'eux est le carbonate de calcium, dont l'équilibre dans l'eau est soumis à des interactions avec le dioxyde de carbone.

La région d'**Oued Righ** est confrontée un ce genre de problème (**corrosion** et **entartrage**). C'est dans cette perspective que nous avons envisagé, en tout état de cause, de tenter de mettre à jour **l'état qualitatif** des eaux souterraines (CI et CT).

Mots-Clés : Oued Righ, corrosion, entartrage, réseaux de distributions, l'état qualitatif.

ABSTRACT

The region of **Oued Righ** is part of the lower Sahara which is a geographical unit where the water richness favorable to the demographic increases and extensions agricultural. Among the problems most often mentioned are those relating to **distribution networks**. Natural waters contain various chemical compounds that are in their dissolved form. One of them is calcium carbonate, whose equilibrium in water is subjected to interactions with carbon dioxide.

The **Oued Righ** region faces this kind of problem (**corrosion** and **scaling**). It is in this perspective that we have considered, in any case, attempting to update **the qualitative status** of groundwater (CI and CT).

Keywords: Oued Righ, corrosion, scaling, distribution networks, the qualitative state.