

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES SCIENCE
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

**Vulnérabilité à la pollution des eaux de la nappe
superficielle d'Oued Righ.**

Présenté par :

M. ZEGHIDI Kalbeddine

Soutenu publiquement le

Devant le jury :

Président :	Dr. BOUSELSAL Boualem	M. C. A Univ. Ouargla
Promoteur :	Dr. BELKSIER Mohamed Salah	M. C. A Univ. Ouargla
Examineur :	Mr. Houari Ider Menad	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2018/2019

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :
Avant tout à ma chère mère, à mon père
A tous mes frères
Et à toute la famille Zeghidi
A Mr. BELKSIER MOHAMED SALAH pour leur
collaboration et leur aide
A tout mes amis sans exception
Et a toute la promotion 2018/2019
des sciences de la terre et l'univers
A toutes mes adorables que j'ai connu
pendant toute Ma vie ...

Zeghidi Kalbeddine

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent premièrement et avant tout au Dieu tout puissant, qui nous a aidés à réaliser ce travail, et pour sa grâce tout au long de notre vie professionnelle et personnelle.

Nous tenons à remercier vivement notre enseignant encadreur Mr. **BELKSIER MOHAMED SALAH**

pour ses conseils, orientations et sa disponibilité le long de l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de *département des sciences de la terre et l'univers* qui ont contribué à mener à bien notre formation

Egalement, nous tenons à remercier très chaleureusement l'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de **"L'UNIVERSITE DE KASDI MERBAH"** qui ont contribué à ma formation.

Nous souhaitons également remercier fortement les étudiants de mon promotion

Sans oublier, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

SOMMAIRE

Dédicace

Remercîments

List des figures

List des tableaux

List des abréviation

Introduction général1

Chapitre 01 : Généralité sur la région d'étude

1. Introduction3

2. situation géographique de la région d'étude.....3

3. géomorphologie et topographie4

4. climat et végétation5

5. activités économiques5

6. besoin /ressources en eau6

7. géologie de l'oued Righ8

8. Conclusion10

Chapitre 02 : Hydrogéologie de la nappe superficielle

1. Introduction12

2. Hydrogéologie régional13

2.1. Le Continentale Intercalaire13

A\ Limites et morphologie du continental intercalaire13

B\Toit du réservoir14

C\Alimentation14

D\Les exutoires14

E\Epaisseur du réservoir15

2.2.Le Complexe Terminal	16
2.3. La nappe phréatique	16
3. Hydrogéologie Locale (l'Oued Righ)	18
3.1.La nappe phréatique	18
3.2.Les nappes du complexe terminal	18
A\ La première nappe des sables CT1	18
B\ La deuxième nappe CT2	18
C\ La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3	19
3.3.Les Nappes du Continental Intercalaire	19
4. Caractéristique essentielles des nappes	20
5. Piézométrie	21
5.1.Carte piézométrique de la nappe libre	21
5.2.Cartes piézométrique des nappes de CT	22
6. Conclusion	23

Chapitre 03 : Hydrochimie et qualité des eaux de la nappe superficielle

1. Introduction	25
2. Etude des paramètres physico-chimique	25
2.1. Etude paramètres physiques	25
2.1.1Température.....	25
2.1.2. Résidu sec	26
2.1.3. Conductivité électrique	27
2.1.4. PH	28
2.1.5. La dureté totale	29
2.2. Etude paramètres chimiques	29
2.2.1. Etude des cations	30
2.2.1.1. Le Calcium	30
2.2.1.2. Le Magnésium	31

2.2.1.3. Le Sodium et le Potassium	32
2.2.2. Etude des anions	33
2.2.2.1. Chlorures	33
2.2.2.2. Le Sulfates	34
2.2.2.3. Les Bicarbonates	35
2.3. L’histogramme de concentration des différents éléments	36
2.4. Représentation graphique des données	36
2.4.1. Aptitude des eaux à l’irrigation	36
2.4. 2.Diagramme de REVERSIDE	37
2.5. Classification des eaux naturelles	38
2.5.1. Classification de STABLER	38
2.5.2. Classification de PIPER	41
2. 6. Impacte de la nappe phréatique sur les autres nappes	41
3. Conclusion	42

Chapitre 04 : vulnérabilité et risque de pollution

1. Introduction	44
2. Méthodes des systèmes paramétriques	44
2.1.Le système matriciel	44
2.2.Le système de classe	44
2.3.Le système de classes pondérées	44
2.4.Méthodes de comparaison	44
2.5.Méthodes des relations analogiques et modèles numériques	45
3. Application de la méthode GOD	45
3.1.Présentation de la méthode	45
3.2.Préparation des données	45
3.3.Digitalisation	45
3.4.Description des paramètres GOD	47

3.4.1. Type de nappe	47
3.4.2. Profondeur de la nappe (D)	47
3.4.3. Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques	48
4. interprétation de la carte de vulnérabilité de la nappe libre de l'oued Righ.....	49
5. Conclusion	51
Conclusion général.....	52
Recommandations.....	54

Bibliographie

Résumé

LISTE DES FIGURES

01-Situation géographique de la vallée de d'Oued Righ(image landsat Google Earth, 2017).....	3
02-Répartition communale d'Oued Righ l'Oued Righ.....	3
03-Formation géomorphologique de la région d'Oued Righ (Ballais ,2010).....	4
04-Carte des bassins sédimentaires, d'après Sonatrach (HELAL ,2006).....	8
05- Coupe géologique du Sahara septentrional d'après UNESCO1972.....	9
06- Litho-stratigraphie synthétique de la région de d'Oued Righ (Helal et Ourihane, 2004).....	9
07-Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972).....	12
08-Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal).....	13
09-Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972).....	17
10-Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ.....	19
11-Carte piézométrique de la nappe libre (Juin 2006).....	21
12-carte piézométrique des nappes CT (janvier 2003).....	22
13-carte piézométrique des nappes CT (janvier 2002).....	22
14- Carte d'isovaleurs Résidu sec de la nappe phréatique (Oued Righ).....	26
15- Carte d'isovaleurs de la conductivité en ms de la nappe phréatique (Oued Righ).....	27
16- Carte d'isoteneur en Ca ⁺⁺ (g/l) de la nappe phréatique (Oued Righ).....	30
17- Carte d'isoteneur en Mg ²⁺ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ).....	31
18- Carte d'isoteneur en Na ⁺ , K ⁺ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ).....	32
19- Carte d'isoteneur en Cl ⁻ (mg/l) de la nappe phréatique(OuedRigh).....	33
20- Carte d'isoteneur en So ₄ ⁻ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ).....	34
21- Carte d'isoteneur en Hco ₃ ⁻ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ).....	35
22- Concentration moyenne des différents éléments majeurs dessous (nappe phréatique).....	36
23-Diagramme de Richards des eaux géothermales de la région de l'Oued Righ 2016.....	37
24-le diagramme de Stabler (la nappe libre 2016).....	40
25- le diagramme de Piper (la nappe libre 2016).....	41
26- Système empirique GOD pour une estimation rapide de la vulnérabilité d'un aquifère (d'après Foster, 1987).....	46
27- méthode utilisée pour la réalisation de la carte de vulnérabilité.....	47
28- Carte de profondeur de la nappe	48
29- Carte de la lithologie de l'aquifère	48
30- carte représente le type de nappe.....	49
31-carte de la vulnérabilité de la nappe libre d'Oued Righ selon la méthode de GOD.....	50

LISTE DES TABLEAUX

01 -Récapitulatif des besoins et ressources en eau (ANRH Ouargla 2016).....	6
02 -Population Débit AEP et débit d'irrigation des différente localités (Source ANRH Ouargla 2016).....	7
03 -Données générales sur la nappe du continentale intercalaire.....	15
04 -Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères.....	17
05 - Les valeurs de PH de la nappe phréatique dans la région d'Oued Righ.....	28
06 -Potabilité en fonction de la dureté.....	29
07 - Classification de STABLER des eaux de la nappe phréatique.....	39

LISTE DES ABREVIATIONS

I.N.R.AA : Institut National des Recherches Agricoles Algérien.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

A.E.P : Alimentation en eau potable.

C.T : Complexe Terminal.

C.I : Continental Intercalaire.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

SAR : Sodium Adsorption Ratio.

DTP : département de transport et production

GOD : **-G** : Type de nappe (**Groundwater occurrence**)

-O : Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques (**Overall aquifer class**)

-D : Profondeur de la nappe (**Depth to Groundwater table**)

Introduction général

Introduction général

La salinisation est l'une des principales causes de dégradation de la qualité de l'eau dans le monde. En Algérie, la zone saharienne, aride, couvre les deux tiers de la superficie du pays. Malgré le caractère hyperaride du climat, cette région renferme deux grands systèmes aquifères dans son sous-sol :

les nappes du « Continental Intercalaire », sont très profondes dans le bassin nord oriental, et contenant des eaux chaudes et souvent très minéralisées,

les nappes du « Complexe Terminal », sont moins profondes mais salées.

La région d'Oued Righ est une région plus anciennement cultivées et l'une des mieux connues du Sahara septentrional. Elle s'étend sur une longueur de 150 km Sud – Nord et une largeur allant de 20 à 30 km. Est- Ouest.

L'extension des palmeraies, ces dernières années ont contribué à la multiplication du nombre de forages aussi que ceux du continental intercalaire, ceci a provoqué des problèmes liés à la remontée et à la salinité des eaux.

Cette étude s'articule sur les chapitres suivants :

- **Premiers chapitre :** Présentation de la zone d'étude « la région d'Oued Righ » ; dans ce chapitre sera présentée l'aspect naturel et physique de la zone d'Oued Righ et caractérisation géologique et climatique de la région.
- **Deuxième chapitre :** étude hydrogéologique ; dans ce chapitre sera présentée les différentes nappes d'eau et caractérisé la nappe phréatique (Lithologie et Piézométrie).
- **Troisième chapitre :** Hydrochimie et qualité des eaux de la nappe superficielle d'Oued Righ ; qui concerne la caractérisation physico-chimique des eaux souterraines.
- **Quatrième chapitre :** vulnérabilité et risque de pollution de la nappe superficielle d'Oued Righ par la méthode GOD.

Chapitre 01 : Généralité sur la région d'étude

- 1. Introduction**
- 2. Situation géographique**
- 3. Géomorphologie et topographie**
- 4. Climat et végétation**
- 5. Activité économique**
- 6. Besoin /Ressources en eau**
- 7. Géologie de Oued Righ**
- 8. Conclusion**

1. Introduction

Dans ce chapitre ; nous allons réaliser une présentation de la zone d'étude en particulier sa situation géographique et son contexte géologique. Nous aider l'interprétation des résultats obtenus dans la partie spéciale de ce mémoire.

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE :

La région de l'Oued Righ se situe au Sud-est du pays, plus précisément au Nord-est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental et la bordure Sud du massif des Aurès, la vallée de l'Oued Righ commence au Sud au voisinage du le village d'El Gouge (Touggourt) et se prolonge sur une distance de 150km plus au Nord vers le village d'Oum-Thiour [100 km de la wilaya de Biskra]. Elle est située entre les latitudes Nord $32^{\circ}54'$ et $34^{\circ}9'$ et longitudes Est $5^{\circ}30'$ et $6^{\circ}20'$. Sur le plan administratif, la vallée de l'oued Righ est limitée :

- Au Nord par la willaya de Biskra et la commune de Tolga.
- Au Sud-ouest par les oasis de Ouargla.
- A l'Est par la vallée de l'Oued Souf.

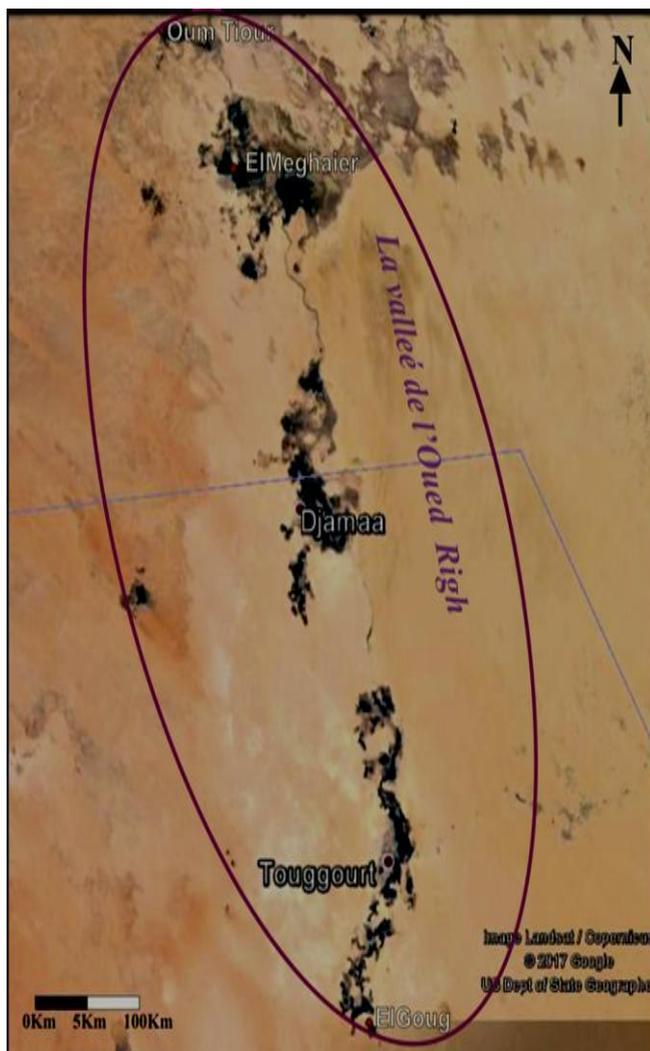


Fig.1: Situation géographique de la vallée de L'Oued Righ (Image landsat Google Earth, 2017)

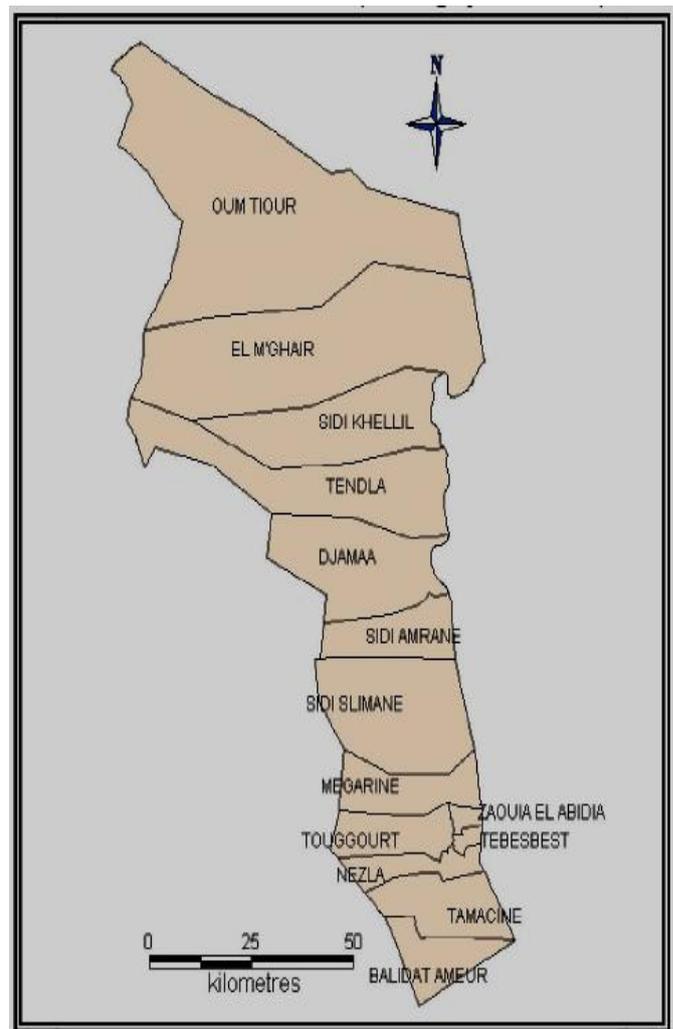


Fig.2: Répartition communale d'Oued Righ

3. GEOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE :

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 d'Oued Righ est topographiquement plus ou moins aplatie (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%. (Fig.03)

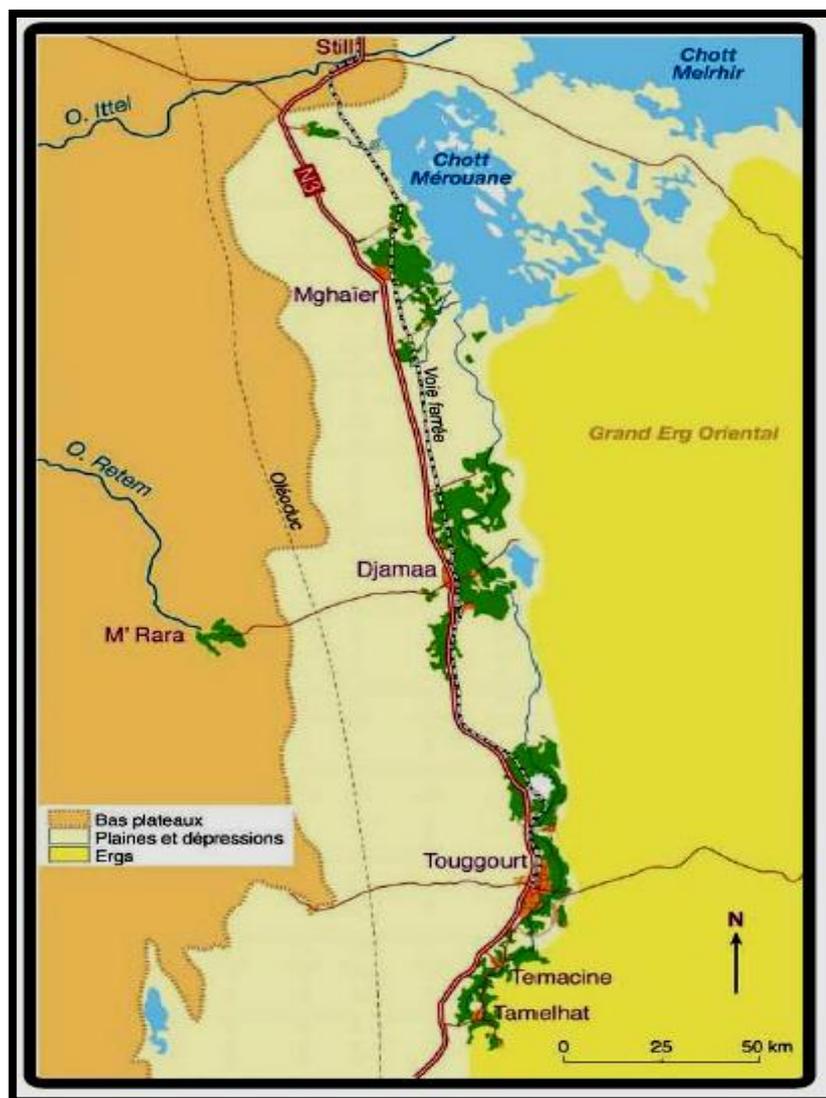


Fig.3: Formation géomorphologique de la région d'Oued Righ (Ballais ,2010).

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. (Benabdasadok.D, et Guettiche.S, 2007).

4. CLIMAT ET VEGETATION :

Le climat est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation.

La température est très élevée en été et une humidité très faible.

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.

5. ACTIVITES ECONOMIQUES :

La vallée regroupait **50** oasis couvrant **15000** hectares en **1988 (I.N.R.AA)**

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité est un peu délaissé 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'oeuvre **38%**, étant donné le contexte climatique hyperaride, 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.

6. 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).

Tab.01 : Récapitulatif des besoins et ressources en eau (ANRH Ouargla 2016)

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

Tab 02: Population Débit AEP et débit d'irrigation des différente localités (Source ANRH Ouargla 2016)

Localités	Populations	Dotation en L	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		1296	16848.45

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 actuels. 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.(Naceur.Z ,2016)

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

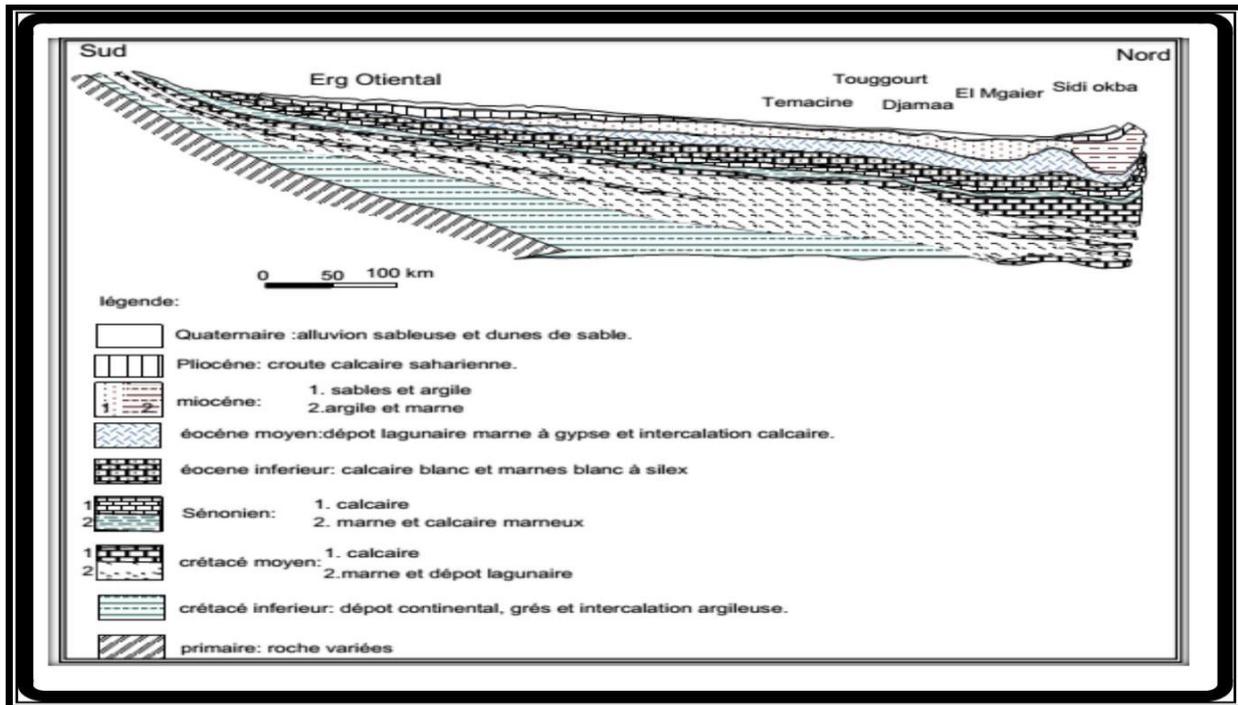


Fig.5 : Coupe géologique du Sahara septentrional d'après UNESCO1972.

Ere	Etages	Prof	Chronostratigraphie	Lithologie	
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE		Sable		
			Argile		
			Évaporite		
			Sable		
	Mio-pliocène		Argile		
			Gravie		
			Grès		
			Argile		
	ÉOCÈNE		180m	Argile Lagunaire	
	Inférieur			Dolomie	
MÉSOZOÏQUE	SÉNONIEN	280m	Calcaire		
		500m	Evaporite		
	SÉNONIEN Lagunaire		Anhydrite		
			Sel massif		
		Argile			
		Marne			
	TURONIEN	1100m	Calcaire marneux		
		1160m	Dolomie		
	CÉTOMANIEN		Argile		
			Anhydrite		
		Marne			
	VRACONIEN	1320m	Argile et dolomie		
		1450m	Sable		
ALBIEN		Grès			
		Argile sableuse			
	1660m	Dolomie			
	1680m	Sable			
APTIEN		Et			
		Grès			

Fig.6 : Litho-stratigraphie synthétique de la région de d'Oued Righ (Helal et Ourihane, 2004)

8. Conclusion

La région d'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.

Cette région est caractérisée par un climat hyperaride marqué par des températures élevées, de faibles précipitations annuelles.

L'exploitation des différents systèmes aquifères fait dans notre région que le manque d'eau ne se pose pas. En revanche, les rejets d'eau domestiques et le surplus d'irrigation posent d'énormes problèmes.

La région de l'Oued Righ appartient à la plate forme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatis au début de l'Ere secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable.

Chapitre 02 : Hydrogéologie de la nappe superficielle

1. Introduction

2. Hydrogéologie régional

2.1. Le Continental Intercalaire

A\ Limites et morphologie du continental intercalaire

B\ Toit du réservoir

C\ Alimentation

D\ Les exutoires

E\ Epaisseur du réservoir

2.2. Le Complexe Terminal

2.3. La nappe phréatique

3. Hydrogéologie Locale (l'Oued Righ)

3.1. La nappe phréatique

3.2. Les nappes du complexe terminal

A\ La première nappe des sables CT1

B\ La deuxième nappe CT2

C\ Les nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3

3.3. Les Nappes du Continental Intercalaire

4. Caractéristique essentielles des nappes

5. Piézométrie

5.1. Carte piézométrique de la nappe libre

5.2. Cartes piézométriques des nappes de CT

6. Conclusion

1. INTRODUCTION :

La zone étudiée appartient au Bas Sahara. Cet environnement socio-économique se situe dans un contexte climatique de type désertique hyperaride. Les précipitations sont très faibles et irrégulières ne jouent qu'un rôle limité dans la recharges des nappes.

L'agriculture est la principale activité dans ce territoire.

Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de :

- Ressources renouvelables provenant des infero-flux du versant sud des Aurès, donc le régional de Biskra.
- 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.

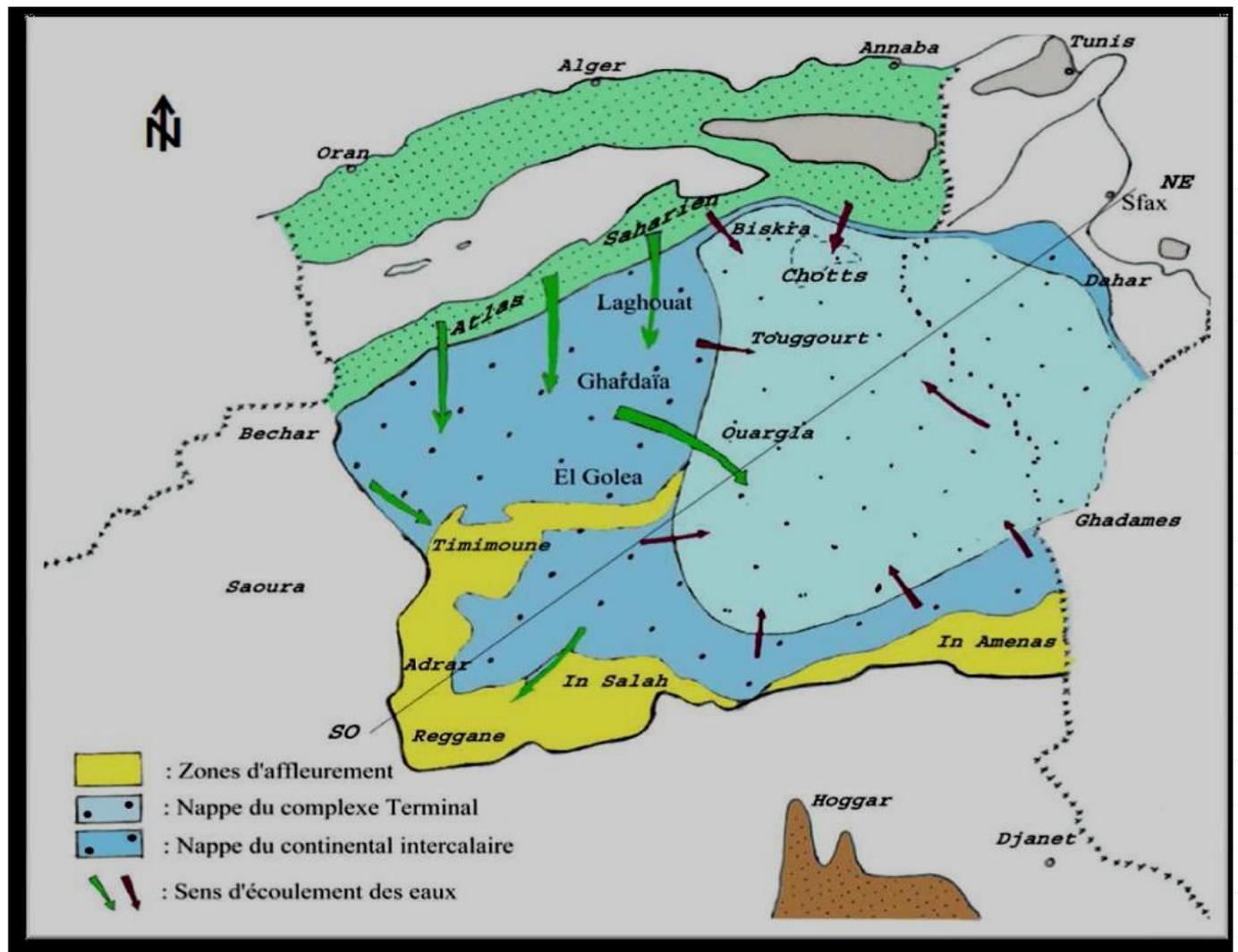


Fig.7 : Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972)

2. HYDROGEOLOGIE REGIONAL :

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 Sud.

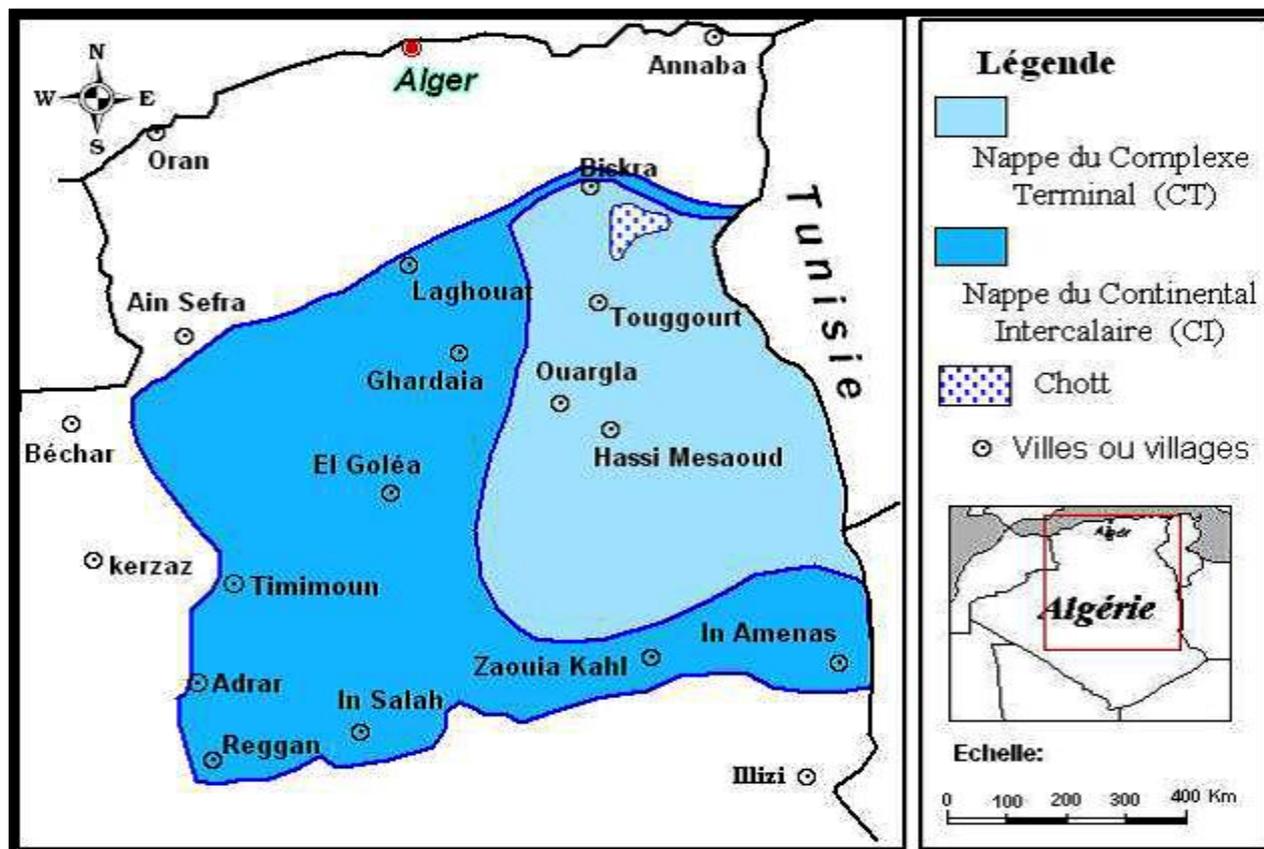


Fig.8 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal)

2-1. Le Continentale Intercalaire :

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins (l'Algérie, la Tunisie et la Libye). La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre **600000 km²**. Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 3.5×10^9 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien ». Le terme Continental Intercalaire, par contre désigner l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara entre deux cycles marins, c'est le plus puissant aquifère du Sahara (**250 -1000 m** épaisseur).

A\ Limites et morphologie du continental intercalaire :

Est limité au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Ouest par l'axe Béchar Reggan et au Sud par l'axe Reggan-Ain Amenas ; à l'Est il se prolonge au delà des frontières Algéro-Libyenne et Algéro-Tunisienne. Il est partagé par la dorsale du M'zab en deux bassins :

- Le bassin Occidental Oriental.
- Le bassin Oriental qui englobe le Bas Sahara.

La transgression Cénomaniennne donne au Continentale Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure.

A la périphérique, le Continentale Intercalaire, se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

Au sens large, le Continentale Intercalaire recoupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien [la définition donnée par l'UNESCO dans « l'étude sur les ressources en eau du Sahara Septentrional ».

B\Toit du réservoir :

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

Le toit de cette nappe varie selon les régions : à l'Ouest (Gourara-Touat), il est en surface et l'aquifère forme une nappe libre captée par les foggaras .à l'Est, le toit plonge progressivement sous d'épais terrains, jusqu'à atteindre son maximum de profondeur dans la dépression de l'Oued Righ.

Une même morphologie du substratum est observée dans le sens méridien, qui atteint son maximum au Nord, en bordure de l'Atlas Saharien.

C\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 ; la quantité d'eau qui tombe annuellement sur les affleurements du Crétacé inférieur continental est estimée en **2,5** milliards m³ /an. Les conditions climatiques (hauteur de pluies faibles et évaporation intense), étant très différentes de celles des régions où ces coefficients ont pu être expérimentés :

Le volume d'eau emmagasiné dans le CI, évalué à 3.5×10^9 milliards m³ , ce qui se signifie qu'il faudrait un débit continu de 1000m³ /s pendant 1000 ans pour le remplir.

D\Les exutoires :

Ils sont constitués par :

- **Les foggaras** : longues galeries drainantes, fonctionnant sous un faible rabattement et utilisant la topographie locale pour permettre l'écoulement libre de l'eau vers des points bas (cas du bassin occidental).
- **Les puits artésiens** (bassin oriental).
- **Les sebkhas** : vastes étendues humides et salines, surfaces évaporantes dont le débit total n'est pas négligeable.

E\Épaisseur du réservoir :

Son épaisseur utile est souvent déterminée à partir des diagraphies, cette épaisseur utile correspond à la sommation des horizons perméables gréseux et des couches calcaires dolomitiques de l'Aptien immergées au sein de cette série gréseux-sableuse.

Les plus fortes épaisseurs sont localisées de l'Est d'El Goléa ou elles sont comprises entre **750m** et **1000m**. La vallée de l'Oued Righ est un peu moins bien lotie avec des valeurs inférieures à 350 m.

- L'écoulement des eaux de cette nappe se fait dans la partie occidentale du Nord vers le Sud et dans sa partie orientale de l'Ouest vers l'Est (Tunisie).

Le Continentale Intercalaire proprement dit nappe d'eau douce comprise dans les grès Albo-Barrémiens.

Tab.03 : Données générales sur la nappe du continentale intercalaire (Naili.Ch ,2016)

Etendue	600 000 km²
Épaisseur total (m)	150 à 200
Profondeur (m)	60 à 2400
Profondeur au toit (m)	20 à 2000
Épaisseur de la couche utile productrice (m)	50 à 100
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
Réserve théorique calculée (m^3)	50000×10^9
Température (°c)	25 à 70
Salinité des eaux	0,5 à 6g/l

2-2. 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 km²** ; sa profondeur oscille entre **100** et plus de **500m** et son épaisseur, en moyenne de **220 m**.

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 ce sont :

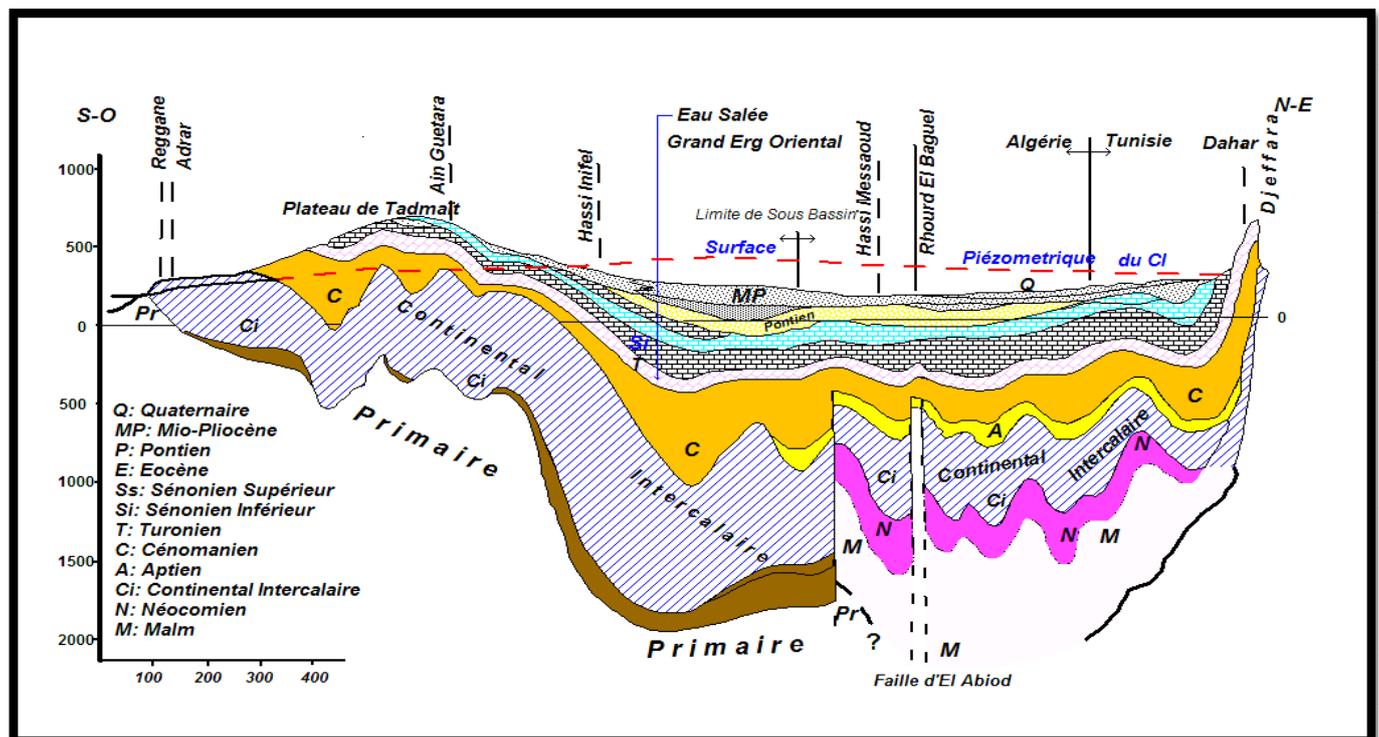
- Au sommet, des sables du Mio-Pliocène, couvrant en discordance pratiquement la totalité de l'Erg Oriental depuis la dorsale de M'zab à l'Ouest jusqu'au Dahar Tunisien à l'Est, l'épaisseur de l'aquifère des sable **50-100m** en moyenne, minimale dans la région de Hassi Messaoud **30m**, augmente vers le Sud **400 m**, et le Nord ou elle peut atteindre **600 m**.
- Les formations carbonatées des Sénonien supérieur, s'étendent sur l'ensemble du Bassin Oriental .L'Eocène inférieur ne couvre que la zone située au Nord d'une ligne de Djamaa – Tozeur.
- Les calcaires et les dolomies du Turonien sont reliés hydrauliquement aux formations carbonatées précédentes par l'aquifère des sables du Mio-Pliocène. L'épaisseur moyenne de réservoir carbonaté est de **100 à 200 m** augmentant vers le Nord, atteint **500 m** sous le chott Melghir et **600 m** dans la fosse Atlasique.
- La nappe est en charge au Nord et libre dans sa partie Sud. sa porosité dépend de la lithologie, elle est estimée à **30%** dans les sables du Mio-Pliocène et à **20%** dans les calcaires du Sénonien et de l'Eocène supérieur.
- L'alimentation de la nappe du complexe terminal se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellements apportées par les oueds qui descendent les reliefs des bordures. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium propre de grand erg oriental.

2-3. La nappe phréatique :

Elle est continue dans les niveaux sableux et argilo-évaporitiques du Quaternaire. Elle se présente sous forme pelliculaire par rapport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur et dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-Pliocène.

Tab.04 : Synthèse hydrogéologique régionale des différentes aquifères

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



3. HYDROGEOLOGIE LOCALE (l'Oued Righ) :

Dans la région étudiée, il existe deux systèmes aquifères, séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporitiques, de la base de Crétacé supérieur, il s'agit du :

- Continental intercalaire CI, aquifère profond compose de sable gréseux ou gréseux argileux.....
- Complexe terminal CT compose de trois nappes superposées :
 - ✚ l'une dans les sables et argiles du Pliocène CT1.
 - ✚ L'autre dans les sables grossiers à graviers, du Miocène supérieur CT2.
 - ✚ La troisième dans les calcaires fissures, plus au moins karstiques de l'Eocène inférieur CT3.
- Au dessus existe un aquifère superficiel à nappe libre, la nappe phréatique.

3-1. La nappe phréatique :

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 4.91ms/cm à 13.44 ms/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.

3-2. Les nappes du complexe terminal :

Le complexe terminal est constitué de deux grands ensembles, l'un continental au sommet, l'autre marin à la base.

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 m³/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 36m**, 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 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.

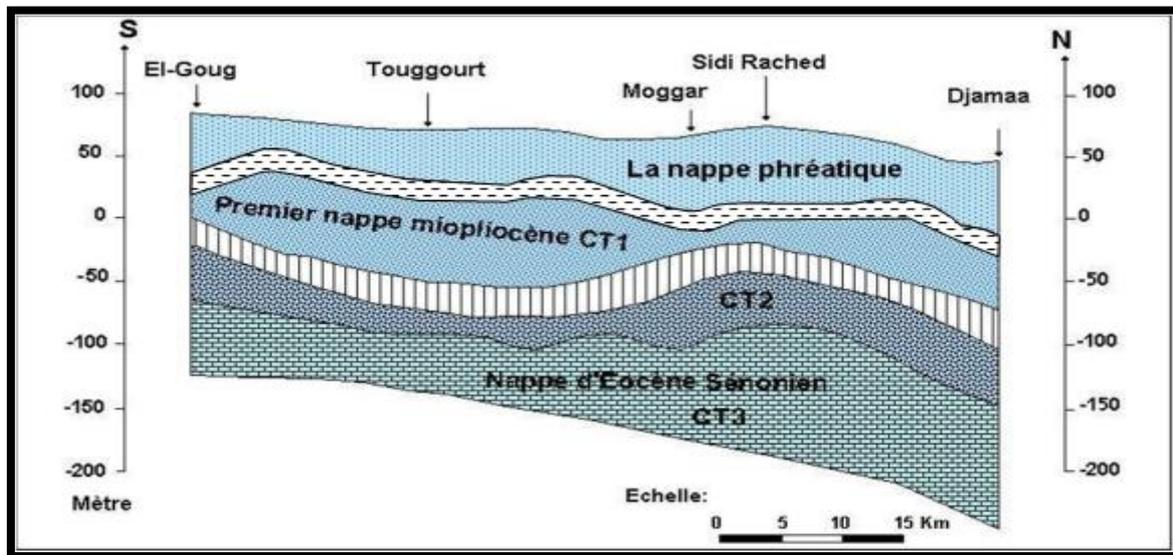


Fig.10 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ

3-3. Les Nappes du Continental Intercalaire :

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. Son épaisseur varie d'une région à une autre des valeurs inférieures à **350 m** (**200 m** à Touggourt).

Il est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien Albien).

Le mur constitue par le socle ou Primaire déformé par l'orogénèse hercynienne et très irrégulière.

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.

Pour **CORNET** cette alimentation est estimée à $25 \text{ m}^3/\text{s}$, **BURGEAR** la fixait à $15 \text{ m}^3/\text{s}$. elle provient en grande partie du piémont de l'atlas mais elle reste très faiblement alimentée par rapport au volume d'eau qu'elle contient.

Son exutoire est la zone des chotts avec un sens d'écoulement souterrain Sud Nord (dans le bassin oriental).

4. CARACTERISTIQUE ESSENTIELLES DES NAPPES :

On se rend compte que cette dénomination correspond cependant à une réalité :

L'Oued Righ n'est pas un cours d'eau, mais en le survolant. Le tracer de l'Oued Righ est marqué par l'échelonnement de petits chotts exutoires des eaux de la nappe phréatique.

Aux environs des oasis d'Ourir et d'El-Meghaier, les eaux de la nappe phréatique exhaurent dans le chott Merouane et s'y évaporent en donnant une croûte gypso saline.

A l'Ouest, la vallée de l'Oued Righ est plus au moins bien délimitée sur la moitié de sa longueur par les collines du Miocènes, qui forment du Nord au Sud une sorte de chaîne.

Derrière cette chaîne s'étend la dépression Dzioua ou le Miocène est très peu épais, il s'agit d'une ondulation dont le coeur est formé de l'Eocène moyen, qui s'allonge du Nord au Sud entre les Oueds Djellal et Dzioua.

Au Sud de l'oasis de Djamaa entre Touggourt et Ouargla, l'ondulation de Dzioua est très peu marquée, elle doit cependant exister car les points d'eau qui s'alimentent de la nappe phréatique sont très rares, il y a donc séparation entre la nappe phréatique de l'Oued Righ et celle de Ouargla.

Au Sud de Touggourt, les points d'eau exploitant la nappe phréatique deviennent particulièrement nombreux et s'étalent en éventail sur une très large zone.

L'extension des eaux très profondes suit celle de la nappe phréatique tout en étant de moins grande ampleur.

La limite Ouest des nappes souterraines est suffisamment nette, elle est marquée par les collines Miocènes qui bordent la vallée de l'Oued Righ entre Ourir et Djamaa, correspondant à la remontée du substratum argileux imperméable de l'Eocène moyen.

Les ressources artésiennes de l'Oued Righ se repartissent en trois nappes ou plutôt en trois faisceaux des nappes circulant dans les niveaux sableux et graveleux du Miocène continental.

Zone d'alimentation : l'eau des nappes provient de :

- L'infiltration d'eau météorique dans les sables poreux.
- L'infiltration pluviale dans l'Erg.
- L'infiltration directe dans les fissures des couches affleurant au sol.

Les zones d'alimentation des nappes artésiennes de l'oued sont très lointaines et très vastes, il existe d'autres zones moins connues vers l'Ouest et le Nord-Ouest de la vallée.

Le sens d'écoulement des eaux est Sud Nord jusqu'au chott Merouane.

5. PIEZOMETRIE :

Notre projet aborde précisément les aspects hydro chimiques et hydrodynamiques de la nappe du Complexe Terminal de la région de l'Oued Righ.

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 $NP=Z-P_e$

NP : niveau piézométrique (m).

P_e : profondeur à l'eau (m).

Z : cote, niveau naturel du sol (m).

Détermination du gradient hydraulique est donné 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.

5.1. Carte piézométrique de la nappe libre :

La nappe est cylindrique au Sud de Djamaa(p5), Légèrement divergente au Sud de Touggourt (p10) pour devenir concave à Touggourt. A partir de Djamaa dans le sens découlement est Sud-Nord est due à l'influence de chott Merouane.

Dans la partie Nord les courbes sont franchement Convergentes autour du chott ; zone déprimée par l'effet de l'évaporation qui joue ici le rôle d'exutoire naturel et moteur de circulation.

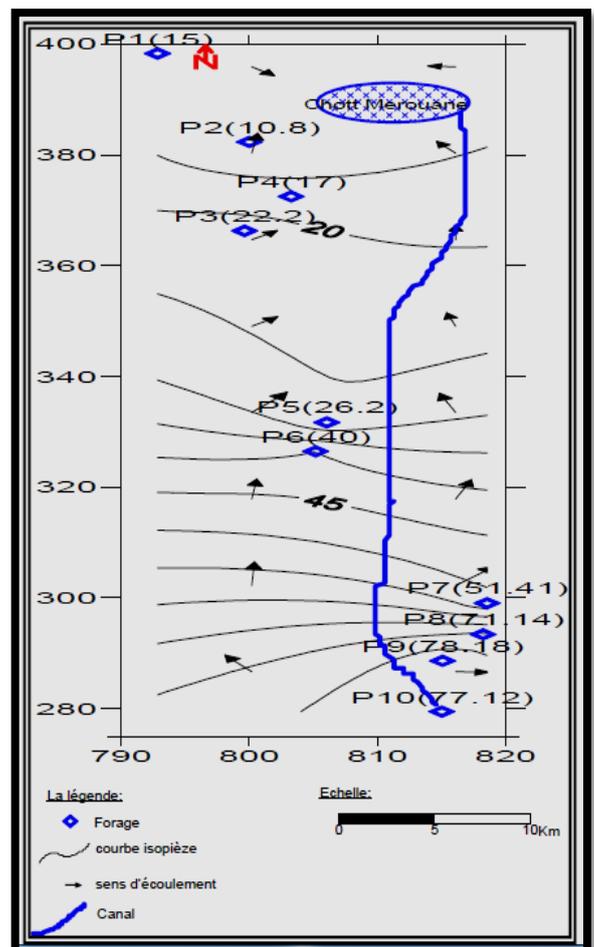


Fig.11 : Carte piézométrique de la nappe libre (Juin 2006) (BELKSIER.MS ,2009)

6. Conclusion :

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

Le premier profond étendu, dit le Continental 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 continental 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'âge quaternaire à récent.

Les cartes piézométriques sont des documents de base de l'analyse et de la schématisation du comportement hydrodynamique de l'aquifère, et la synthèse la plus importante d'une étude hydrogéologique.

D'après les cartes piézométriques établies le sens d'écoulement tend vers l'exutoire naturel.

Selon les données, notre étude s'oriente vers l'interprétation des essais du forage à débit constant en régime transitoire.

Chapitre 03 : Hydrochimie et qualité des eaux de la nappe superficielle

1. Introduction

2. Etude des paramètres physico-chimique

2.1. Etude paramètres physiques

2.1.1 Température

2.1.2. Résidu sec

2.1.3. Conductivité électrique

2.1.4. PH

2.1.5. La dureté totale

2.2. Etude paramètres chimiques

2.2.1. Etude des cations

2.2.1.1. Le Calcium

2.2.1.2. Le Magnésium

2.2.1.3. Le Sodium et le Potassium

2.2.2. Etude des anions

2.2.2.1. Chlorures

2.2.2.2. Le Sulfates

2.2.2.3. Les Bicarbonates

2.3. L'histogramme de concentration des différents éléments

2.4. Représentation graphique des données

2.4.1. Aptitude des eaux à l'irrigation

2.4. 2. Diagramme de REVERSIDE

2.5. Classification des eaux naturelles

2.5.1. Classification de STABLER

2.5.2. Classification de PIPER

2. 6. Impacte de la nappe phréatique sur les autres nappes

3. Conclusion

1. Introduction

L'hydrochimie est un moyen dans un cadre géologique, d'étudier les relations de l'eau souterraine et superficielle avec l'environnement où elle se trouve.

Cette étude a été effectuée à partir des analyses de 22 échantillons prélevés.

Ont été déterminés les paramètres physico-chimiques suivants :

- La température (c°).
- Le résidu sec (mg/l).
- La minéralisation (mg/l).
- La conductivité (ms/cm).
- Les anions Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-
- Les cations Ca^{++} , Mg^{++} , (Na^+ , K^+).
- Le potentiel d'hydrogène (P.H).
- La dureté totale.

Les résultats des analyses chimiques sont portés dans des tableaux et portés sur des cartes et diagrammes.

Le but de notre étude est de :

- Déterminer la répartition quantitative des différents éléments majeurs et étudier éventuellement les relations pouvant exister entre les différentes nappes exploitées
- D'apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution de la qualité des eaux du secteur d'étude.
- Déterminer les principaux faciès chimiques des eaux, les comparer et faire ressortir les meilleures eaux à l'utilisation.

Le choix des lieux de prélèvement des échantillons est basé sur la répartition spatiale des différents points d'eau de façon à couvrir tout le secteur étudié (variation horizontale).

2. Etude des paramètres physico-chimique

2.1. Etude paramètres physiques

2.1.1 Température

La température joue un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz, elle permet de différencier les eaux qui circulent en surface de celles qui circulent en profondeur ou le mélange entre les eaux.

L'augmentation de la température est fonction de la profondeur (1°C pour 35m).

La température moyenne des eaux de la nappe phréatique est de l'ordre de 20°C, et celle de l'air est de 24, 8°C.

On constate que la température de l'eau est pratiquement de la même que celle de l'air ; Ce qui montre l'interaction complète entre la nappe et l'air.

2.1.2. Résidu sec

C'est la totalité des sels dissous dans l'eau et suspensions (organiques et minérales) obtenues par peser (évaporation à 110°C durant 24 heures) exprimée en mg/l, c'est donc la minéralisation totale de l'eau.

D'après la carte d'iso teneur du résidu sec de la nappe phréatique, on constate une augmentation du Sud vers le Nord avec le sens d'écoulement jusqu'au atteindre la valeur maximale **7.8 g/l** à El Bared au nord et Megarine au sud de centre, passant par une valeur minimale de **2.6 g/l** au niveau des puits de sidi mahdi de périphérique.

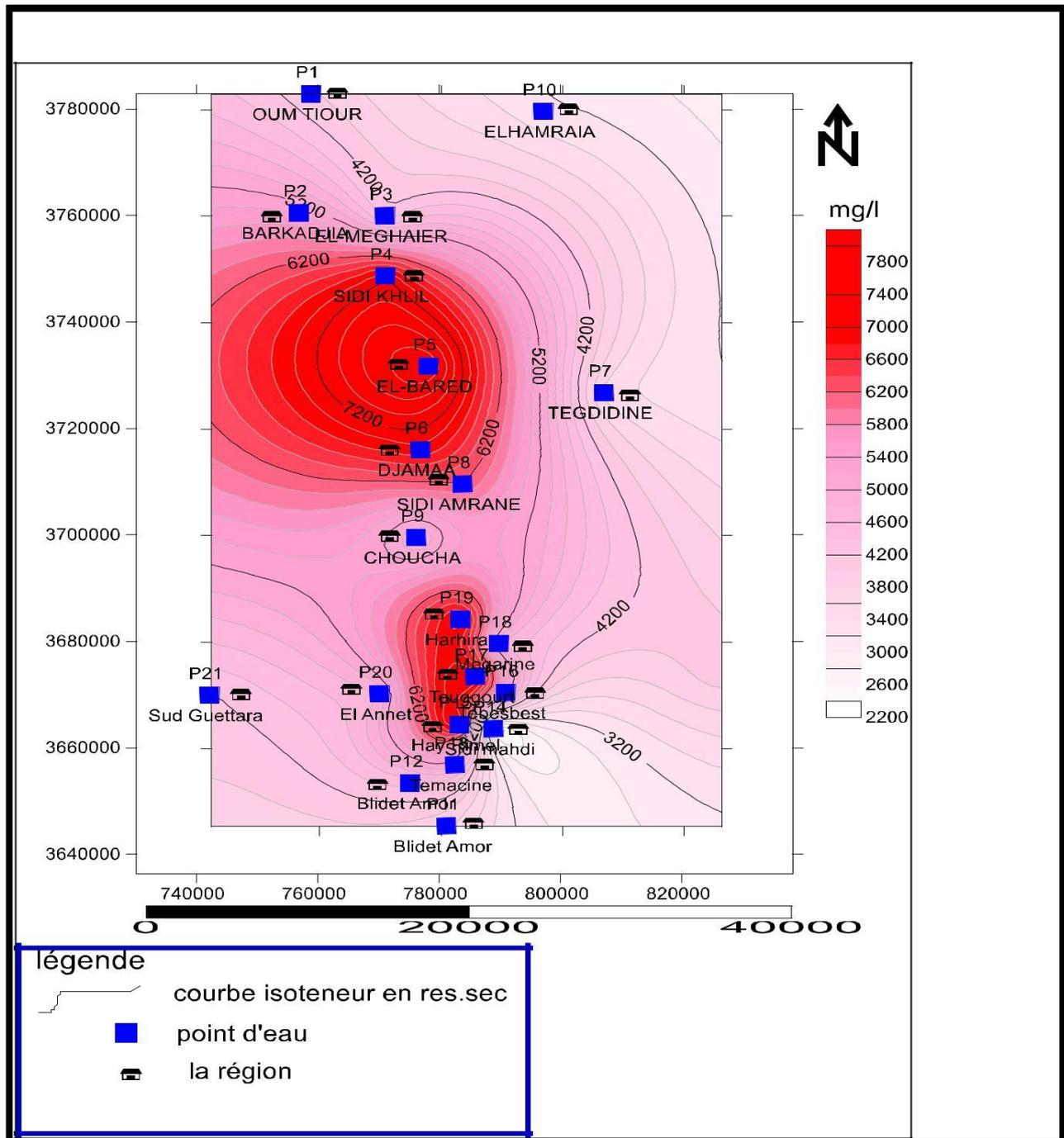


Fig.14 : Carte d'isovaleurs Résidu sec de la nappe phréatique (Oued Righ).

2.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide .sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration.

Pour la nappe phréatique de la région d'étude, la valeur de conductivité varie entre **2,4 ms/cm** et **7,6 ms/cm**.

Elles sont importantes en El Bared au Nord et en Megarine au sud, diminuent de centre vers le périphérique de la vallée.

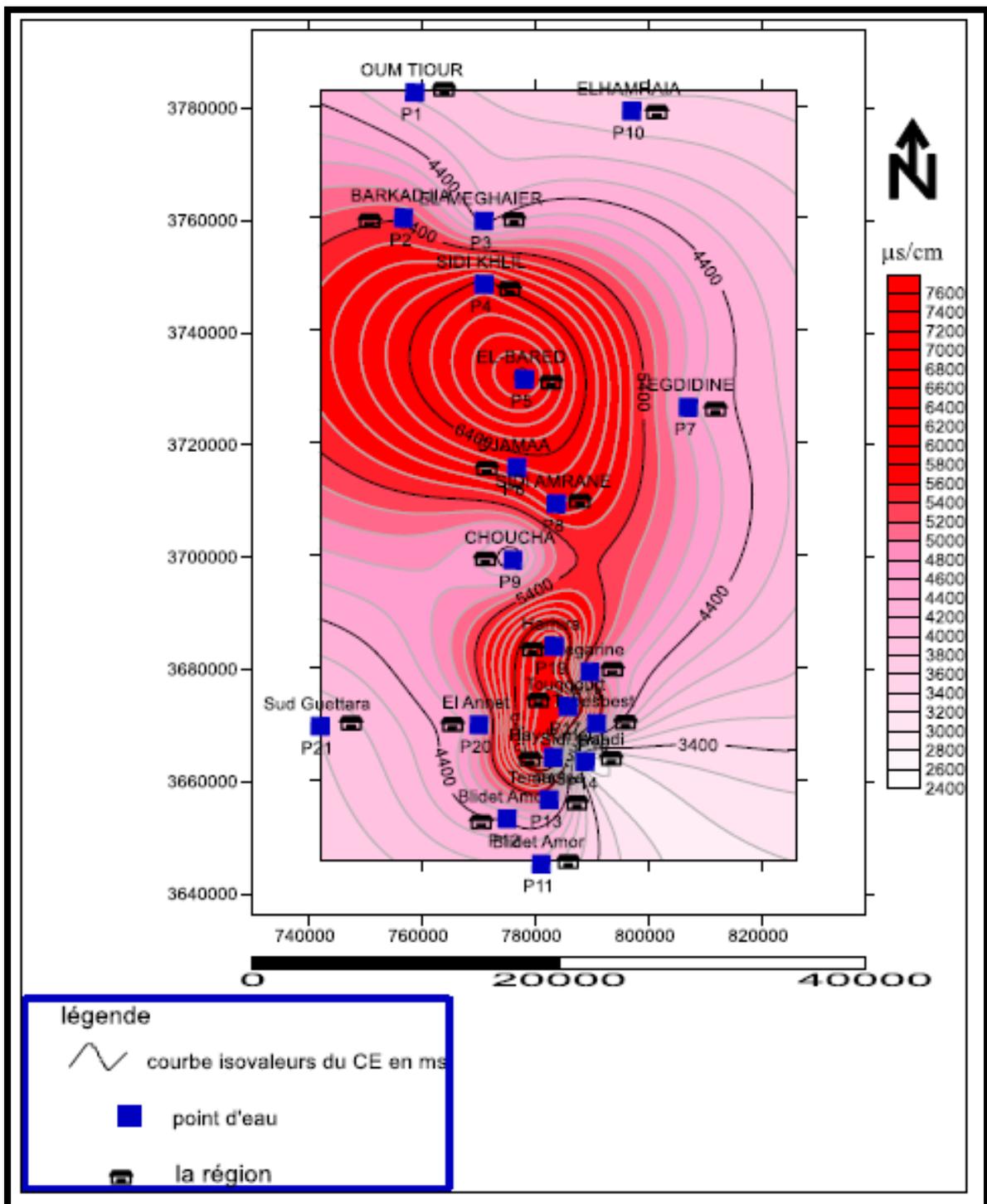


Fig.15 : Carte d'isovaleurs de la conductivité en ms de la nappe phréatique (Oued Righ).

2.1.4. PH

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogènes, il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau, sa valeur varie en fonction de l'action de la force ionique :

- Milieu neutre $\text{pH}=7$.
- Milieu acide $\text{pH}<7$.
- Milieu basique $\text{pH}>7$.

Les valeurs de pH sont très proches, entre 7 et 8, mais dans la plupart des puits de la nappe phréatique les eaux sont légèrement alcalines.

Tab.05 : Les valeurs de PH de la nappe phréatique dans la région d'Oued Righ

Localité	pH
OUM TIOUR	8,36
BARKADJIA	8,2
EL-MEGHAIER	8,17
SIDI KHLIL	8,2
EL-BARED	8,1
DJAMAA	8,27
TEGDIDINE	8,21
SIDI AMRANE	8,41
CHOUCHA	7,66
ELHAMRAIA	8,35
Blidet Amor	7,65
Blidet Amor	8,35
Temacine	8,49
Sidi mahdi	8,37
Hay Rimel	8,38
Tebesbest	8,28
Touggourt	8,43
Megarine	8,28
Harhira	7,99
El Annet	8,36
Sud Guettara	8,2
Sud Guettara	8,17

2.1.5. La dureté totale

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

Elle est calculée par la formule suivante : $\text{DHT (}^\circ\text{F)} = (\text{r Ca}^{++} + \text{r Mg}^{++}) \times 5$

Donc, on peut classer les eaux d'après leur dureté totale (d'après CASTANY, page 243).

Tab.06 : Potabilité en fonction de la dureté

Degré °f	0-3	3-15	15-30	>30
Eau	Très douce	douce	Dure	Très dure

Dans l'ensemble les eaux analysées présentent un $\text{th} > 200^\circ\text{f}$.

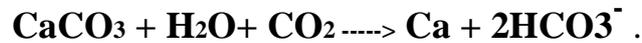
2.2. Etude paramètres chimiques

La nature des eaux dépend des roches traversées lors de leurs circulations dans les formations aquifères et du temps de séjour qui permet de s'enrichir en sels minéraux.

2.2.1. Etude des cations

2.2.1.1. Le Calcium

C'est un élément de la dureté totale, la dissolution du calcium résulte principalement de l'infiltration des eaux dans les formations carbonatées, cette dissolution est due principalement à la présence du gaz carbonique. Ce gaz provient de l'atmosphère en raison de l'activité bactérienne qu'il génère :



Les teneurs de Ca^{++} de la nappe phréatique sont comprises entre **260 mg/l** comme valeur minimale à Sidi Mahdi, elles vont atteindre la valeur maximale **480 mg/l** à El Bared au Nord et Megarine au sud de la carte.

D'après la carte, on constate aussi que les teneurs en Ca^{++} augmentation du centre vers le périphérique de la carte sont remarquables.

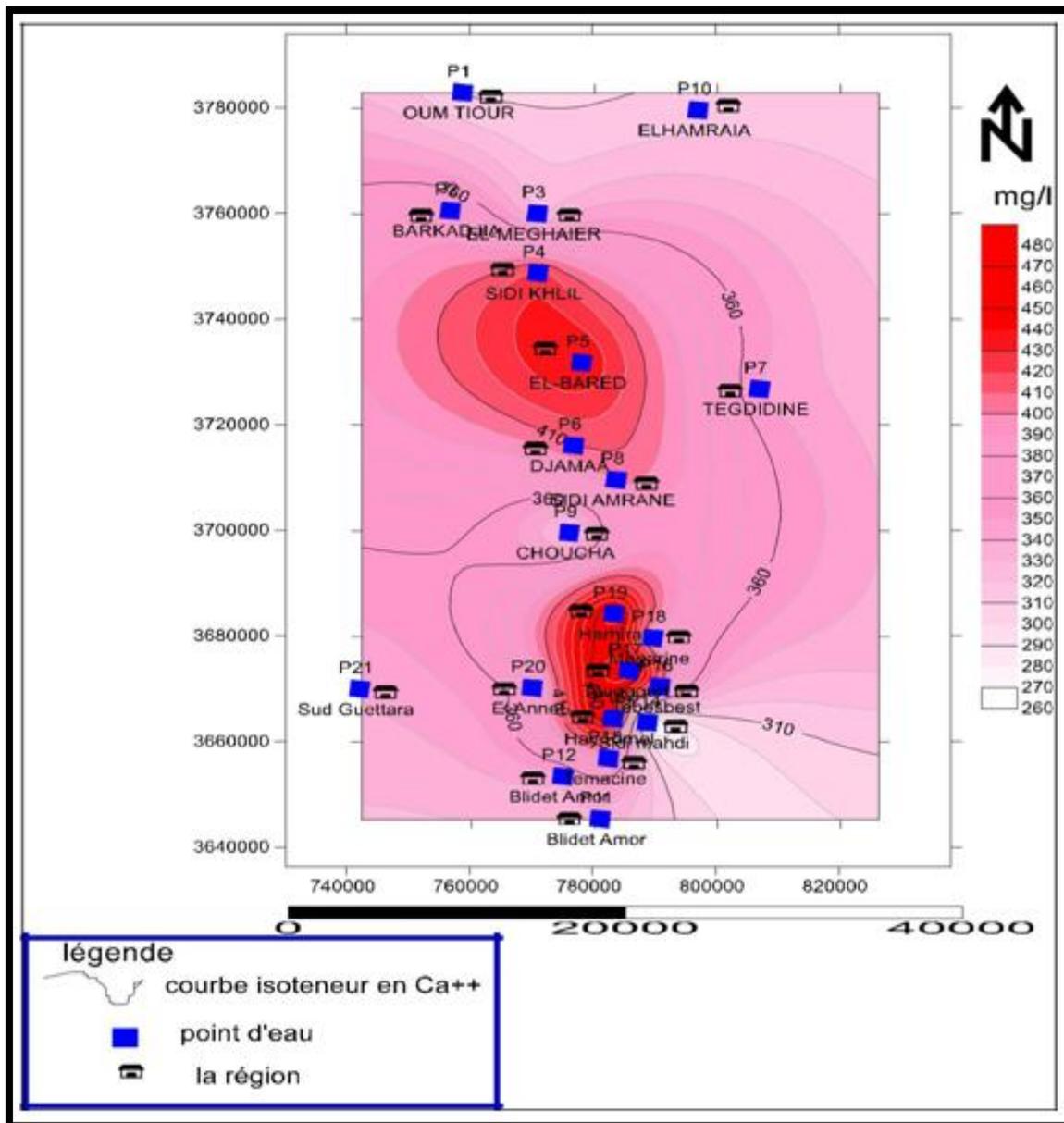


Fig.16 : Carte d'isoteneur en Ca⁺⁺ (g/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.2.1.2. Le Magnésium

Ces ions proviennent de la dissolution des roches magnésiennes du gypse et des minéraux ferromagnésiens et surtout de la mise en solution des dolomies et des calcaires dolomitiques.

D'après la carte d'iso teneurs de Mg^{++} , on constate que les valeurs de concentration de Mg^{++} sont augmentées au sud à **580 mg/l** de Harhira et le nord de Choucha, dans la carte remarqué l'augmentation de la teneur au centre et sa diminution jusqu'au périphérique.

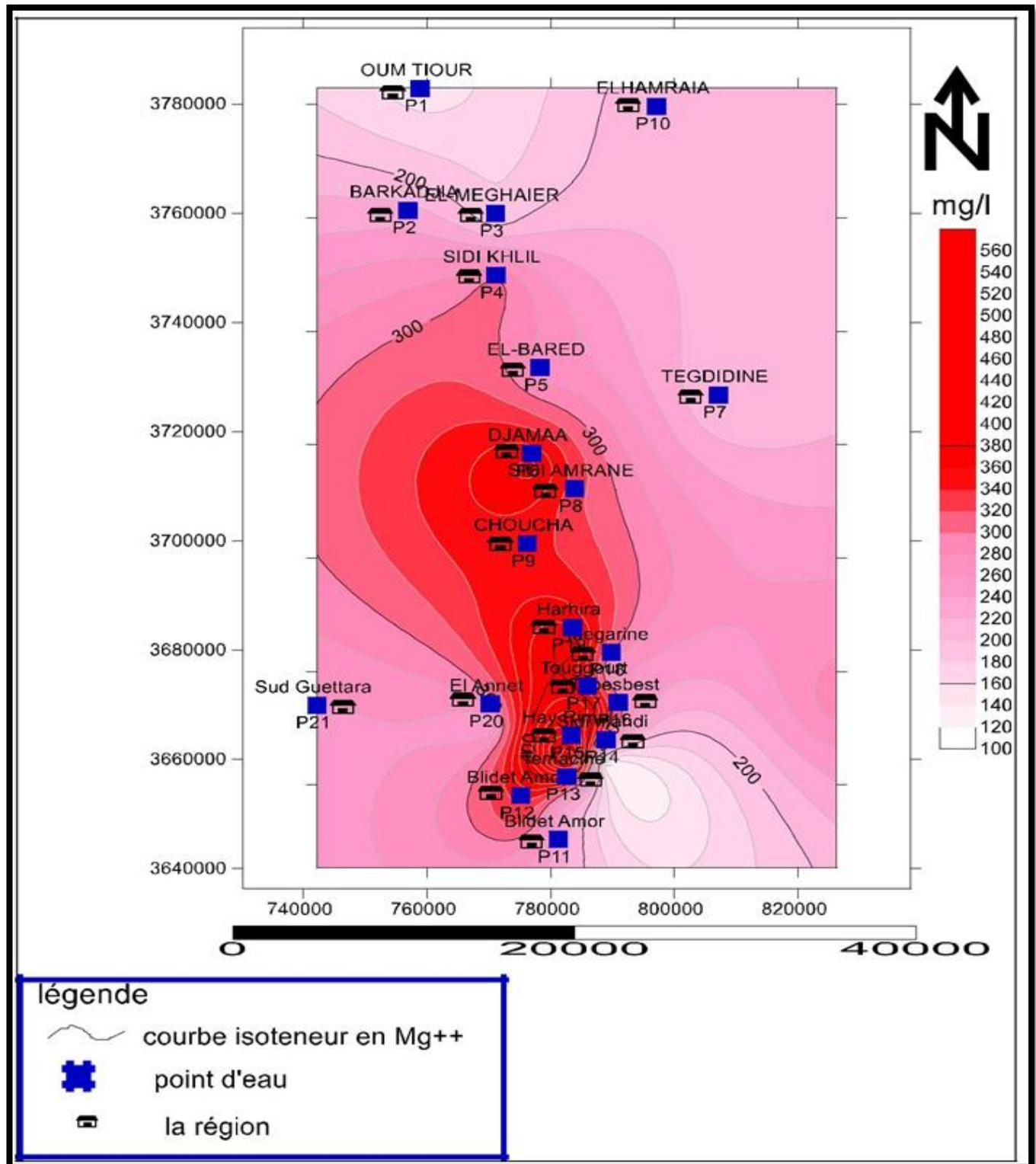


Fig.17 : Carte d'isoteneur en Mg^{2+} (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.2.1.3. Le Sodium et le Potassium

Le sodium et le potassium sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportion variable. Le sodium peut provenir du lessivage des formations géologiques riches en **NaCl** ; le potassium est beaucoup moins abondant que le sodium, rarement présent dans l'eau.

D'après la carte d'iso teneurs de (**Na⁺, K⁺**), on peut distinguer deux parties :

- **Au Sud** : on constate que les teneurs en **Na⁺, K⁺** augmentent du centre vers le périphérique avec à Harhira au centre de la carte, une valeur maximale de **1250 mg/l** et à sidi mahdi au périphérique de la carte une valeur minimale **250 mg/l**.
- **Au Nord** : on constate que les teneurs en **Na⁺, K⁺** augmentent du centre vers le périphérique avec à El Bared au centre de la carte, une valeur maximale de **1250 mg/l** et à Oum Thiour au périphérique de la carte une valeur minimale **600 mg/l**.

L'augmentation des valeurs au centre de la vallée est due aux eaux chargées provenant de la dissolution des sels de la croûte superficielle par les eaux d'irrigations.

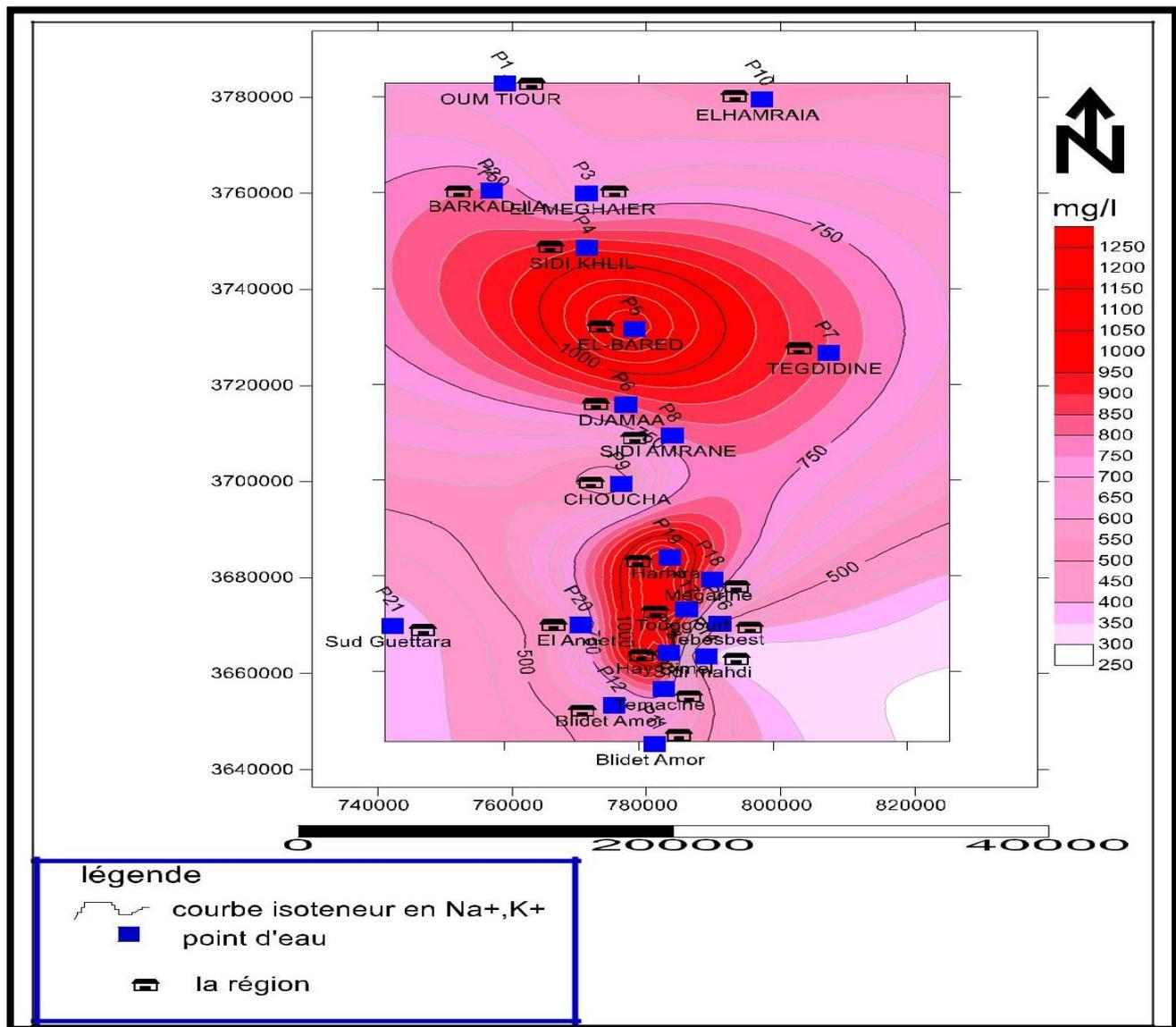


Fig.18 : Carte d'isoteneur en Na⁺, K⁺ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.2.2. Etude des anions

2.2.2.1. Chlorures

Ils sont toujours présent dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau résulte de :

- La dissolution des sels naturels par le lessivage de terrains gypseux, marneux ou argileux.
- L'évapotranspiration intense dans les régions où le niveau piézométrique est proche de la surface du sol, caractérisant notre nappe.

D'après la carte, on constate que les valeurs de Cl^- sont très importantes au centre de la carte, qui va très diminuer au périphérique où la teneur de Cl^- atteint sa valeur minimale **400 mg/l** au niveau du puits de Bildet Omar, sud Gettara, el Hamria et Oum Thiour.

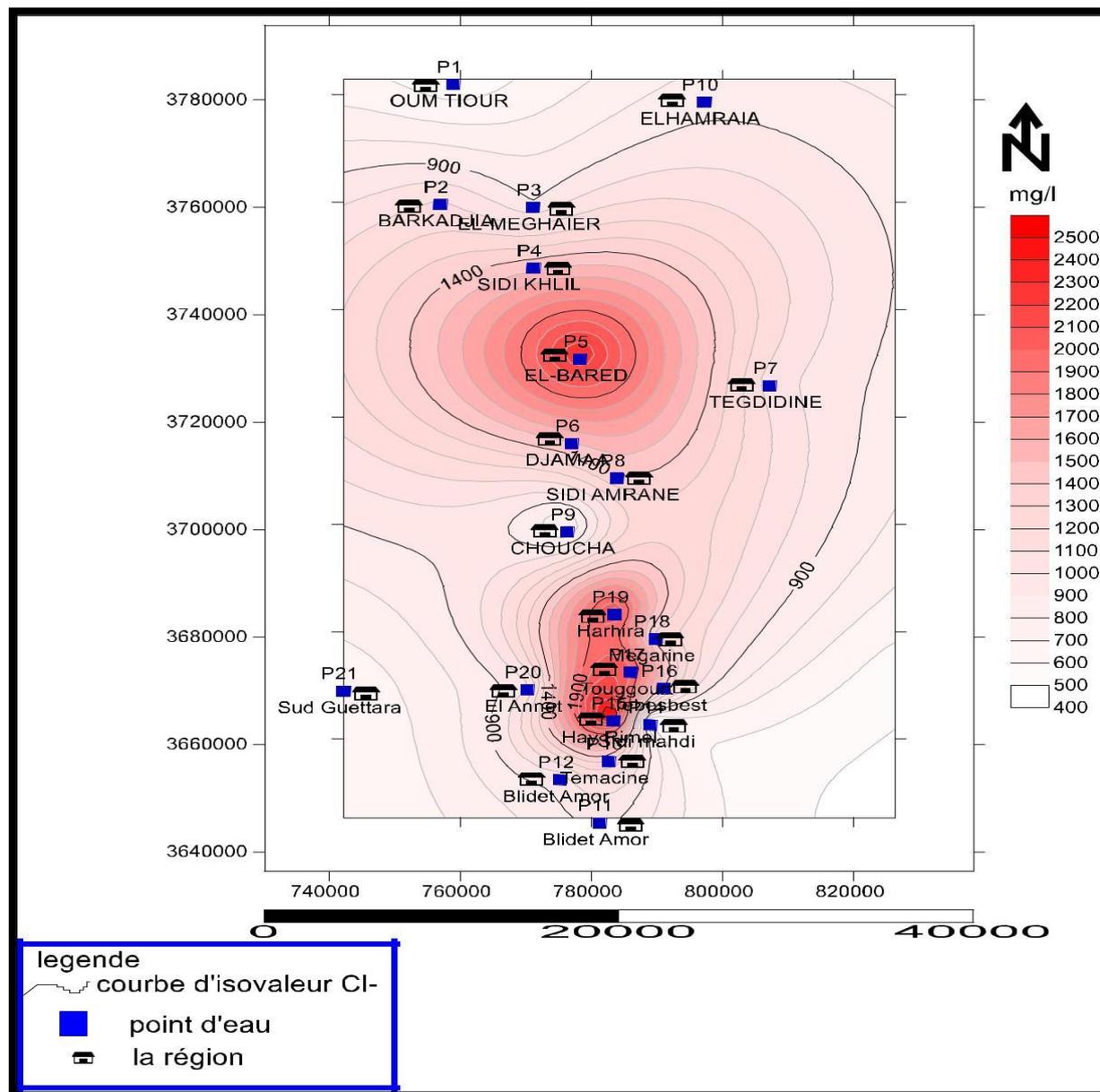


Fig.19 : Carte d'isoteneur en Cl^- (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.2.2.2. Le Sulfates

Les sulfates sont toujours présents dans l'eau naturelle, leur présence dans l'eau provient de :

- Des formations gypseuses.
- Légère solubilité de CaCO_4 avec des passées gypseuses.
- Des eaux usées industrielles.

Les teneurs varient entre **800 mg/l** comme valeur minimale et **2300 mg/l** comme valeur maximale.

D'après la carte, on constate que ces valeurs sont très proches, à l'exception de la présence d'une valeur très élevée au niveau du puits El bared **2300 mg/l** au Nord a centre de la carte.

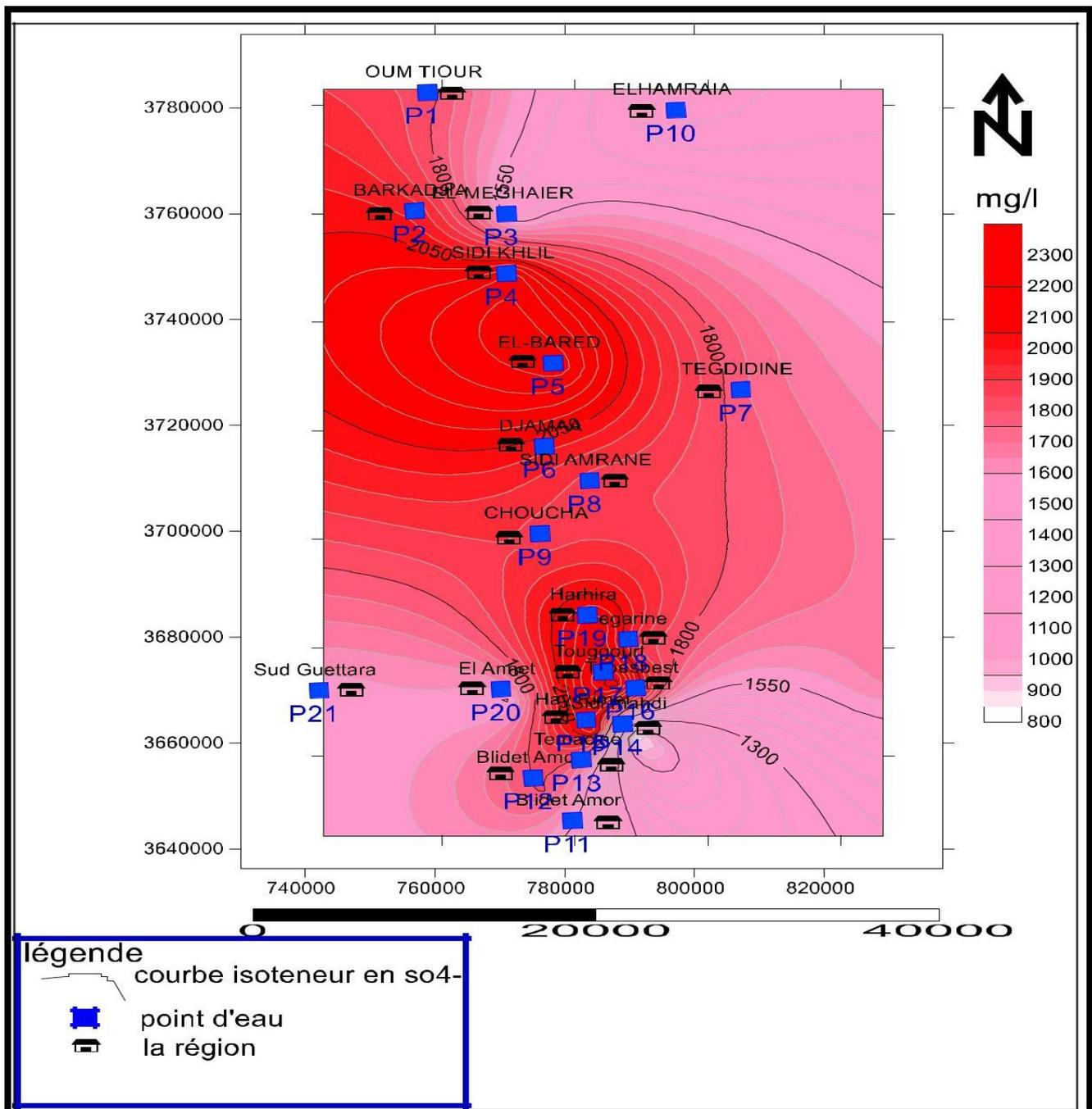


Fig.20 : Carte d'isoteneur en So_4^- (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.2.2.3. Les Bicarbonates

Elles proviennent de la dissolution des roches carbonatées en fonction de la tension en CO_2 , de la température, le **pH** de l'eau et la nature lithologique des terrains traversés.

Les valeurs de la concentration de HCO_3 sont faibles, elles sont comprises entre **140 mg/l** et **200 mg/l**.

D'après la carte, ces valeurs sont importantes au centre qu'au périphérique, on estime la valeur minimale au niveau du puits de Megarine.

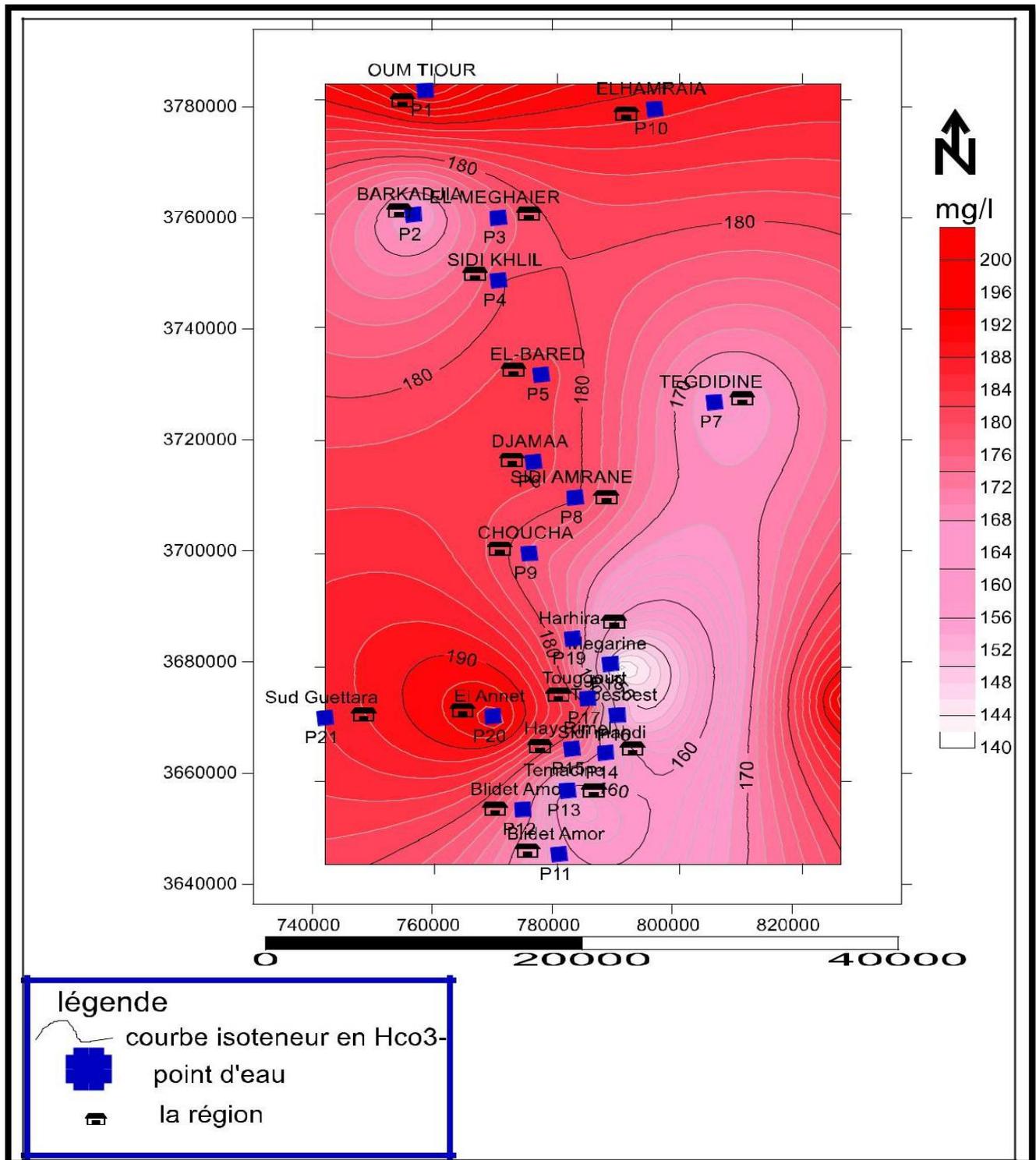


Fig.21 : Carte d'isoteneur en Hco3- (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

2.3. L'histogramme de concentration des différents éléments

La conception d'histogramme de la concentration basée sur les analyses des éléments chimiques majeurs en **méq/l**. on a calculé les moyennes arithmétiques de chaque élément, ensuite on représente les moyennes sous forme d'histogramme. (Les résultats sont en **méq /l** pour avoir un aperçu sur les éléments

L'histogramme montre que le sodium et le magnésium sont les cations dominants ; les autres éléments sont moins importants et les chlorures et les sulfates sont les anions dominants.

La dominance des chlorures et du sodium est liée d'un part à la présence de lentilles de sels **NaCl**, et d'autre part au contact d'eau d'excès d'irrigation sur la couche superficielles riche en **NaCl** (il est connu que cet excès s'infiltré dans la nappe phréatique), sans oublier l'évaporation intense qui touche cette nappe et la rend plus concentrée.

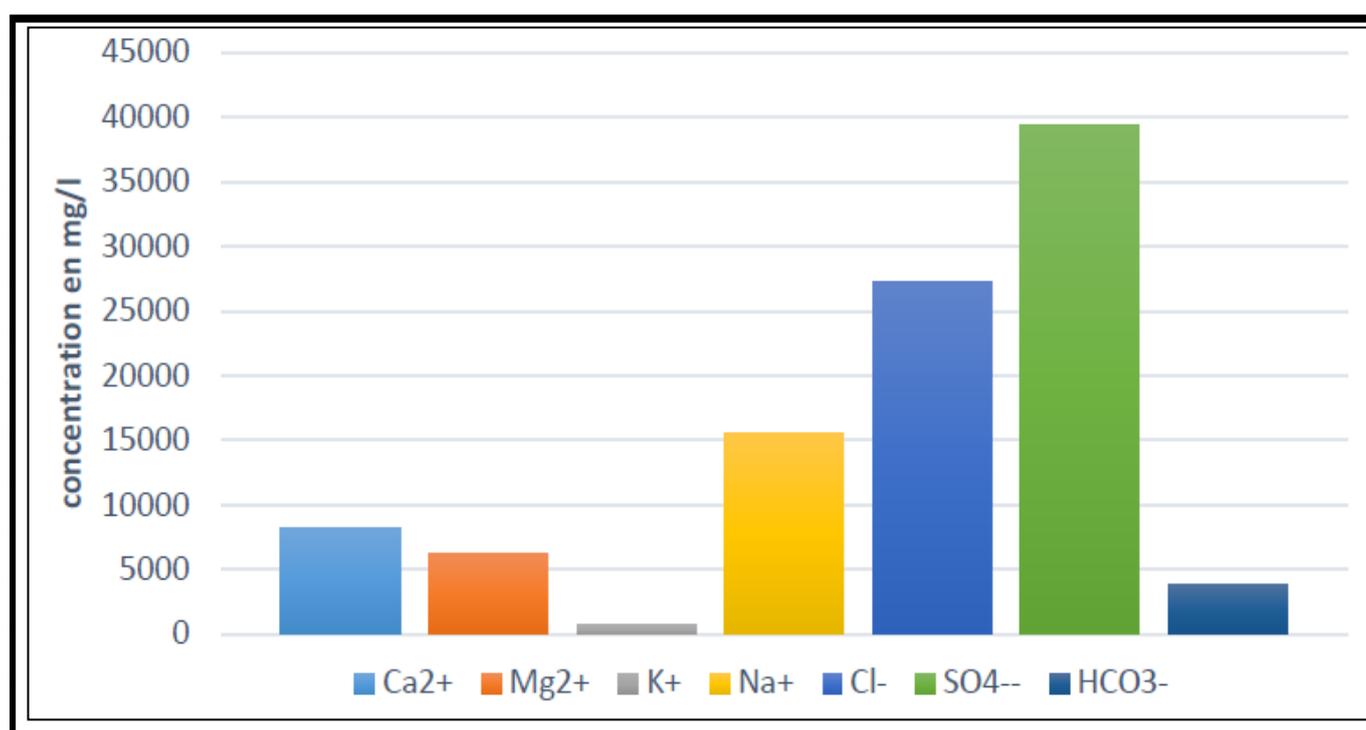


Fig. 22 : Concentration moyenne des différents éléments majeurs dessous (nappe phréatique).

2.4. Représentation graphique des données

Pour compléter l'étude hydrochimie, les résultats des analyses sont portées sur des diagrammes permettant de définir clairement des types d'eau, et compare les eaux entre elles.

2.4.1. Aptitude des eaux à l'irrigation

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

2.4. 2.Diagramme de REVERSIDE

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

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses, joue un rôle important dans le maintien de la perméabilité des sols pour l'irrigation.

Pour déterminer ce risque, **Reverside** a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par le sol (**SAR**) et la minéralisation totale.

Donc le **SAR**, sera calculé par la formule suivante :

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

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

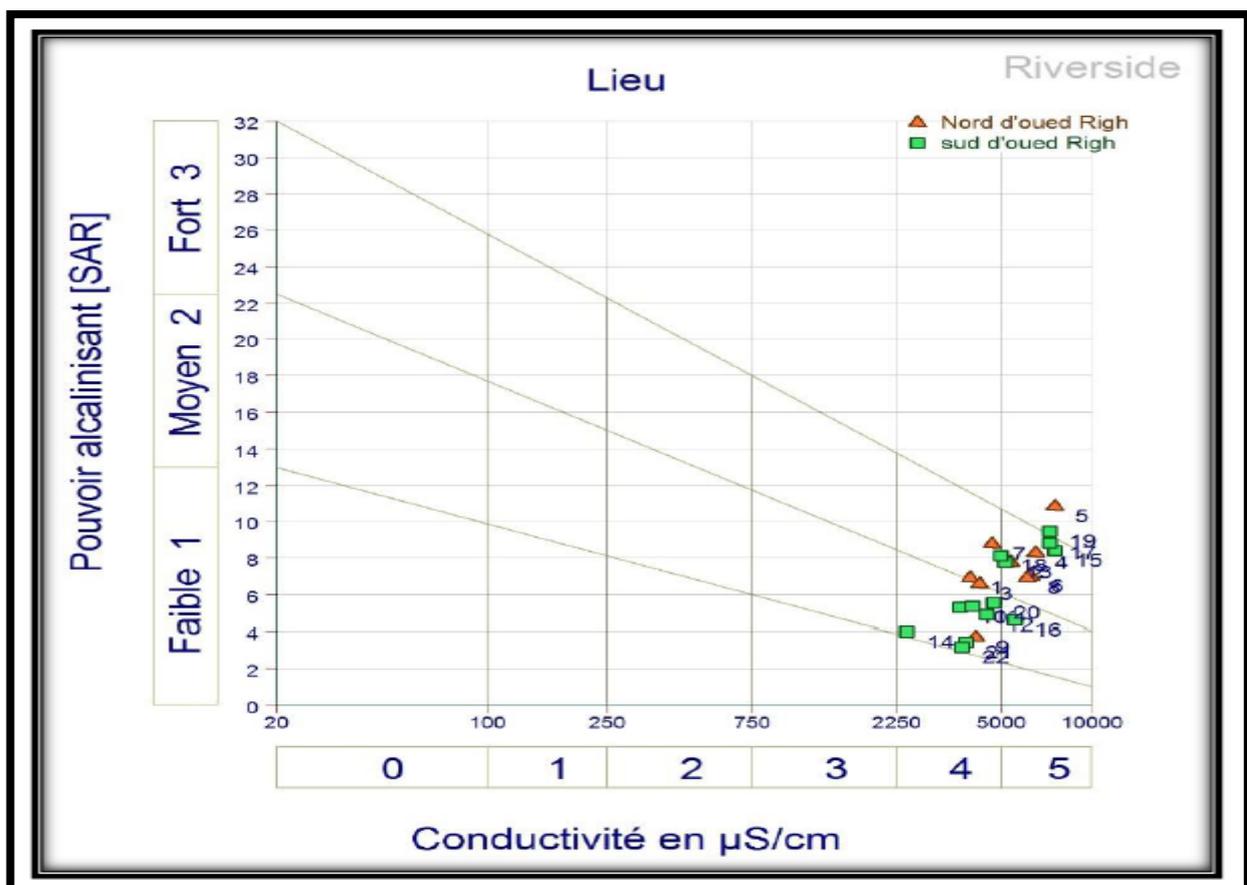


Fig.23 : Diagramme de Richards des eaux géothermales de la région de l'Oued Righ 2016.

D'après le diagramme de **Reverside**, ces eaux ne convenant pas à l'irrigation, elles ont une salinité exagérée, mais pouvant être utilisées sous certaines conditions :

- certains cultures (palmiers), sol très perméable.

2.5. Classification des eaux naturelles

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 STABLER-SAULINE, ALKENINE, SCHELLER, PALMER et PIPER mais les plus utilisées sont celles de STABLER et PIPER.

2.5.1. Classification de STABLER

Cette classification est exprimée par une formule caractéristique (formule ionique), elle consiste à calculer les quantités en réaction en pourcent par rapport à la concentration totale (**50% anions, 50% cations**).

$$r\% = \frac{r \times 100}{c}$$

❖ Dont :

r% : quantité en réaction en pourcent de l'élément.

r : quantité en réaction de l'élément chimique (mg/l).

c : concentration de l'élément chimique dans l'eau.

Puis on classe de gauche à droite par ordre décroissant, les quantités en réaction en pourcent des anions et des cations pour obtenir des formules caractéristiques. Cette dernière permet d'une part de définir la relation entre le chimisme des eaux et la lithologie de l'aquifère et d'autre part de regrouper les eaux de même origine.

Le tableau et figure suivant porte les faciès chimiques et les formules caractéristiques des analyses d'eau des puits de la nappe phréatique.

Tab.07 : Classification de STABLER des eaux de la nappe phréatique

Faciès chimique	Formule caractéristique	%	Point d'élévation
Sulfaté sodique	$r \% \text{SO}_4^{--} > r \% \text{Cl}^- > r \% \text{HCO}_3^-$ $r \% \text{Na}^+ + \text{K}^+ > r \% \text{Mg}^{++} > r \% \text{Ca}^{++}$	85.5%	<ul style="list-style-type: none"> -Oum tiour -Barkadjia -El meghaier -Sidi khilil -Djamaa -Tegdidine -Ssidi amrane - chouchA - El hamraia - Blidet Amor- -Blidet Amor - Temacine -Sidimahdi - Tebesbest - Touggourt - Megarine - El Annet - Sud Guettara -Choucha
Chloruré Sodique	$r \% \text{Cl}^- > r \% \text{SO}_4^{--} > r \% \text{HCO}_3^-$ $r \% \text{Na}^+ + \text{K}^+ > r \% \text{Ca}^{++} > r \% \text{Mg}^{++}$	4.5%	-El bared
Chloruré Sodique	$r \% \text{Cl}^- > r \% \text{SO}_4^{--} > r \% \text{HCO}_3^-$ $r \% \text{Na}^+ + \text{K}^+ > r \% \text{Mg}^{++} > r \% \text{Ca}^{++}$	4.5%	-Hay Rimel
Sulfaté Calcique	$r \% \text{Cl}^- > r \% \text{SO}_4^{--} > r \% \text{HCO}_3^-$ $r \% \text{Ca}^{++} > r \% \text{Na}^+ + \text{K}^+ > r \% \text{Mg}^{++}$	4.5%	-Sud Guettara

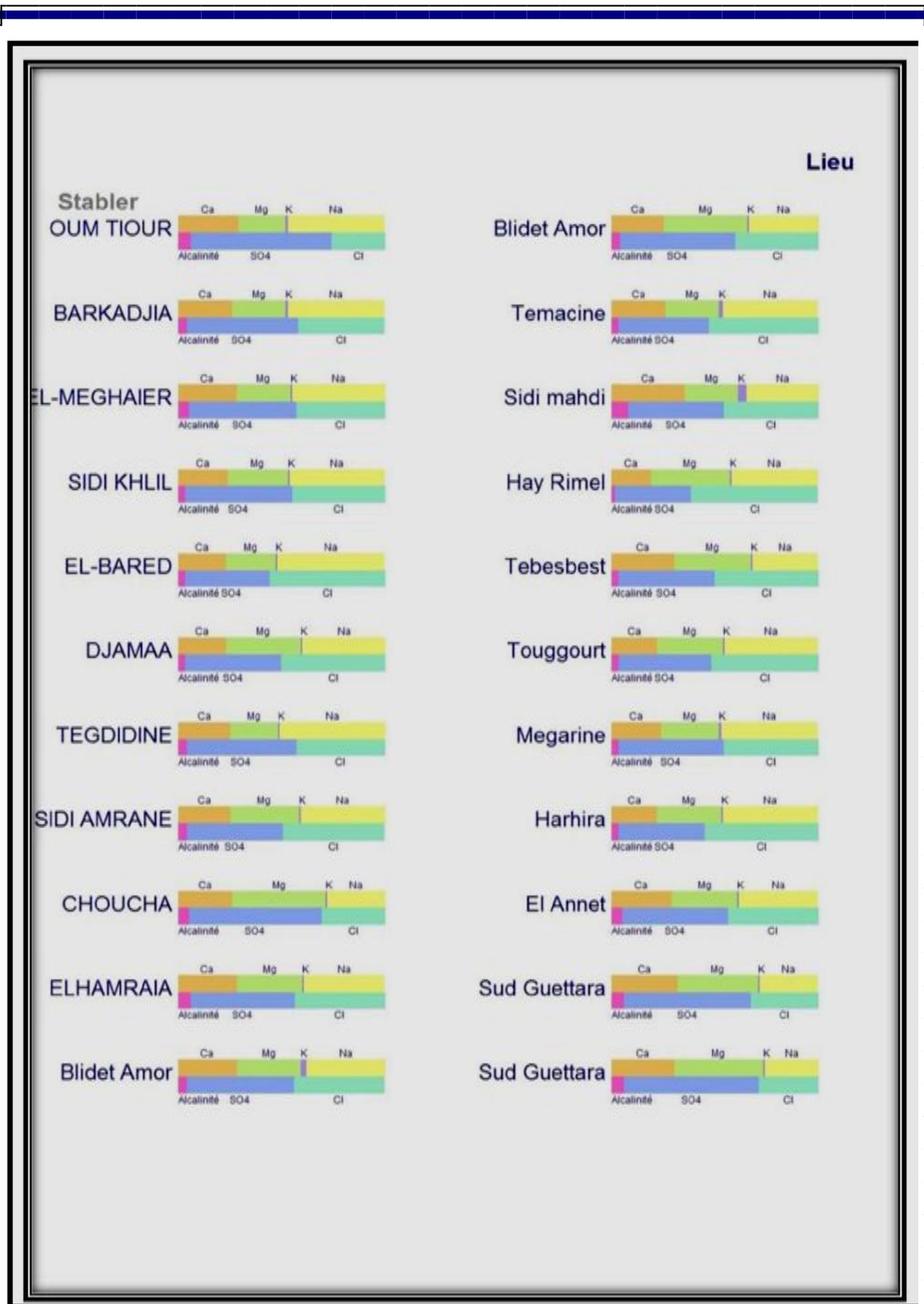


Fig.24 : le diagramme de Stabler (la nappe libre 2016).

2.5.2. Classification de PIPER

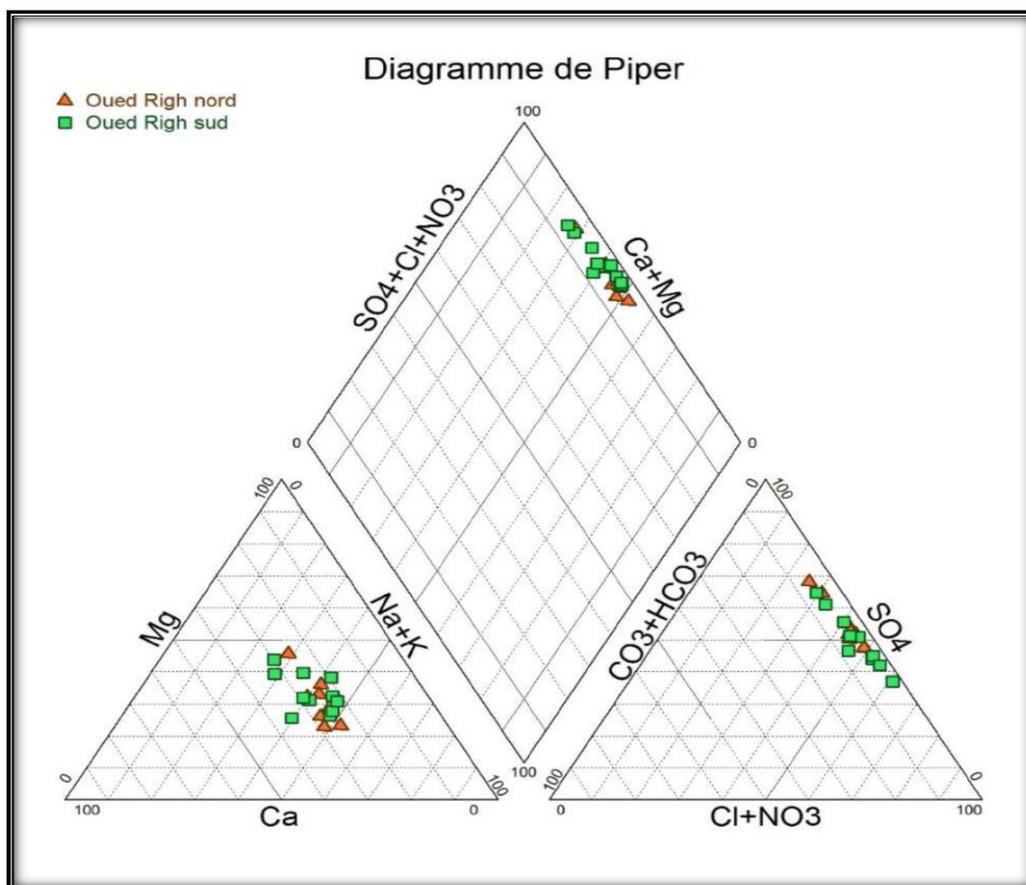


Fig.25 : le diagramme de Piper (la nappe libre 2016).

D'après la classification de PIPER, la nappe phréatique a un faciès sulfaté sodique pour la majorité des forges.

2. 6. Impacte de la nappe phréatique sur les autres nappes

L'évaporation intense qui touche la nappe phréatique d'une part, et le lessivage des eaux d'excès d'irrigation au sol qui est riche en **NaCl**. D'autre part font que notre nappe est salée, cette dernière contamine localement la nappe de **CT1** et par conséquent CT2 puisqu'elles sont en communication ceci se traduit par la minéralisation parfois élevées des eaux de deux nappes (**CT1-CT2** qui sont alimentées par les infiltrations d'eau de la nappe phréatique surtout s'il s'agit des forages détériorés, ainsi que les eaux du canal d'Oued Righ).

3. Conclusion

Les eaux de la nappe phréatique de la région de l'Oued Righ sont caractérisées par des **valeurs de conductivités élevées**.

L'utilisation de ces eaux pour l'AEP sans traitement préalable **est déconseillée**.

Du point de vue **agricole**, les eaux de la région ne conviennent généralement pas à l'irrigation mais pouvant être **utilisé sous certaines conditions**, pour certaines cultures dans certains sols.

Donc, on conclut que cette nappe **peut être exploité** du **point de vue hydrochimie**, plus au Nord qu'au Sud.

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 méthodes de traitement (dessalement) pour améliorer la qualité chimique des eaux de la nappe phréatique.

Chapitre 04 : vulnérabilité et risque de pollution

1. Introduction

2. Méthodes des systèmes paramétriques

- 2.1. Le système matriciel
- 2.2. Le système de classe
- 2.3. Le système de classes pondérées
- 2.4. Méthodes de comparaison
- 2.5. Méthodes des relations analogiques et modèles numériques

3. Application de la méthode GOD

- 3.1. Présentation de la méthode
- 3.2. Préparation des données
- 3.3. Digitalisation
- 3.4. Description des paramètres GOD
 - 3.4.1. Type de nappe
 - 3.4.2. Profondeur de la nappe (D)
 - 3.4.3. Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques

4. Interprétation de la carte de vulnérabilité de la nappe libre de l'Oued Righ

5. Conclusion

1. Introduction :

Les cartes de vulnérabilité à la pollution constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau, pour l'évaluation des risques de pollution des nappes et la mise en place de mesures destinées à la prévention des pollutions accidentelles.

Les caractéristiques à prendre en compte pour l'évaluation de la vulnérabilité sont de deux sortes : données principales et données secondaires.

Une étude bibliographique montre qu'actuellement, il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines. Les méthodes qui sont développées peuvent être classées en trois groupes :

2. Méthodes des systèmes paramétriques :

Il se compose de trois sous systèmes qui sont :

2.1. Le système matriciel :

ce système qui est adapté pour une utilisation locale, se base sur un nombre limité de paramètres, judicieusement choisis. On procède à une combinaison de classes pour définir de façon descriptive le degré de vulnérabilité des aquifères.

2.2. Le système de classe:

pour ce groupe on définit un intervalle pour chaque paramètre jugé nécessaire pour l'évaluation de la vulnérabilité, ensuite on subdivise chacun des intervalles retenus en fonction de la variabilité du paramètre en question. Le score final qui résulte de la sommation (ou multiplication) de chaque note, attribuée pour les différents paramètres, devrait être subdivisé par le nombre de classes retenues.

2.3. Le système de classes pondérées:

ce groupe de méthodes est basé sur l'affectation de notes aux paramètres qui sont retenus, jugés nécessaires pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines, en définissant des intervalles comme c'est le cas pour les autres méthodes citées précédemment. Par la suite une pondération est attribuée pour chaque paramètre selon son importance dans l'évaluation de la vulnérabilité.

2.4. Méthodes de comparaison :

utilisées essentiellement pour des aires d'étude très étendues et prend en considération 2 à 3 paramètres.

2.5. Méthodes des relations analogiques et modèles numériques :

basées sur des lois mathématiques simples ou complexes. Conseillées pour l'évaluation de la vulnérabilité des sites radioactifs.

3. Application de la méthode GOD (Foster 1987) :

3.1. Présentation de la méthode :

Ce système a été développé par Foster et présente la vulnérabilité de l'aquifère face à la percolation verticale de polluants à travers la zone non saturée et ne traite pas de la migration latérale des polluants dans la zone saturée (**Fig.26**).

Cette méthode est basée sur l'identification de trois critères :

- ❖ Type de nappe (**Groundwater occurrence**) ;
- ❖ Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques (**Overall aquifer class**).
- ❖ Profondeur de la nappe (**Depth to Groundwater table**).

Le but de cette méthode est de réaliser une estimation rapide de la vulnérabilité d'un aquifère.

L'indice de vulnérabilité est obtenu selon l'équation suivante : $I = CG \times CO \times CD$, où **CG** = cote du type d'aquifère, **CO** = cote de la lithologie, **CD** = cote de la profondeur à la nappe.

La vulnérabilité augmente avec l'indice et la classification, et peut être divisée en cinq classes allant de 0 à 1.

3.2. Préparation des données :

Les cartes des différents paramètres pris en compte pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité verticale à la pollution de la nappe.

3.3. Digitalisation :

Chaque paramètre a été digitalisé (**SURFER**) et sauvegarder, l'ensemble des données digitalisées constitue la base de données nécessaire pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité. (**BELKIER.MS ,2017**)

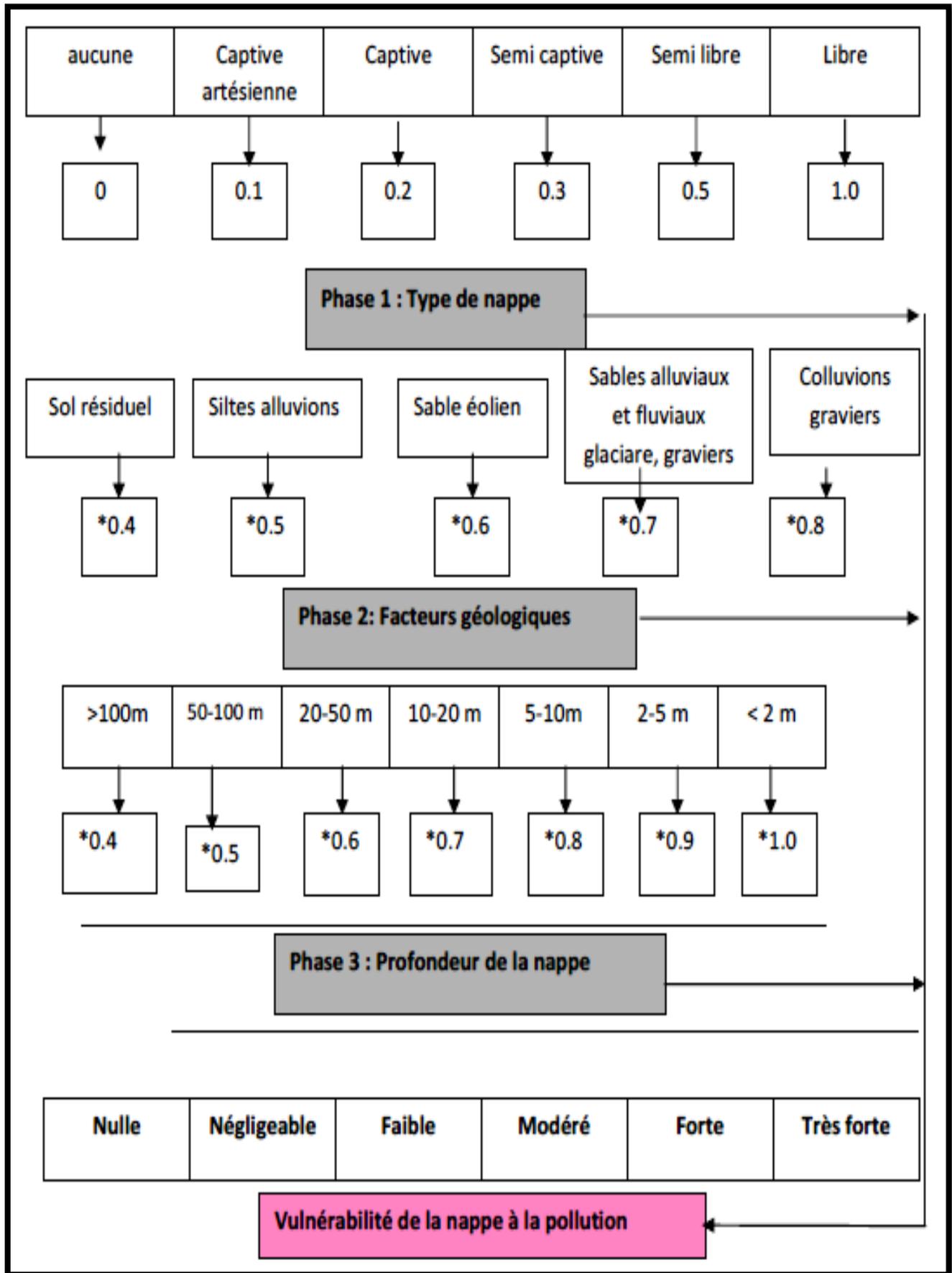


Fig. 26 : Système empirique GOD pour une estimation rapide de la vulnérabilité d'un aquifère (d'après Foster, 1987)

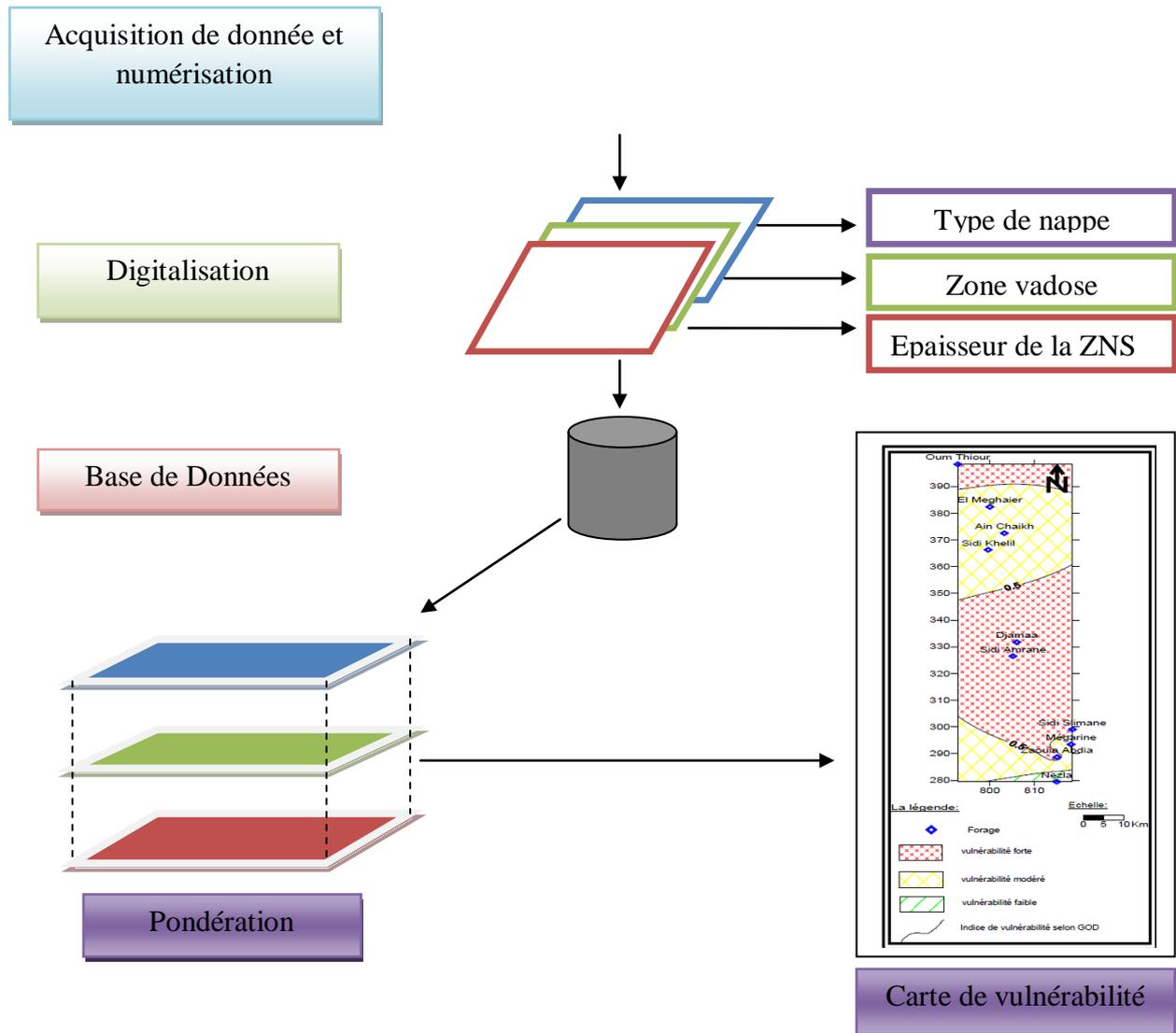


Fig. 27 : méthode utilisée pour la réalisation de la carte de vulnérabilité.

3.4. Description des paramètres GOD:

3.4.1. Type de nappe:

Dans la région de l’Oued Righ la nappe est superficielle et de type semi libre; cependant dans la partie Centrale Ouest elle devient libre (**fig. 30**).

3.4.2. Profondeur de la nappe (D) :

Ce paramètre est important car le transport des polluants et leur évolution dans le sol et sous-sol. L’analyse de la carte de la profondeur à l’eau de la nappe permet de constater qu’elle varie entre 0 m et 30 m (**fig. 28**).

Ces profondeurs sont de 0 m à 5 m : Sidi Amrane, Djamaa, Sidi Slimane, Ain Chaikh et Mégarine.

5 m à 10 m : Oum Thiour, El Meghaier, et Zaouai abidia.

10 m à 20m : Sidi khelil.

20 m à 30 m : Nezla

3.4.3. Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques :

La nappe phréatique de l'Oued Righ est constituée en grande partie de sables (fig.29).

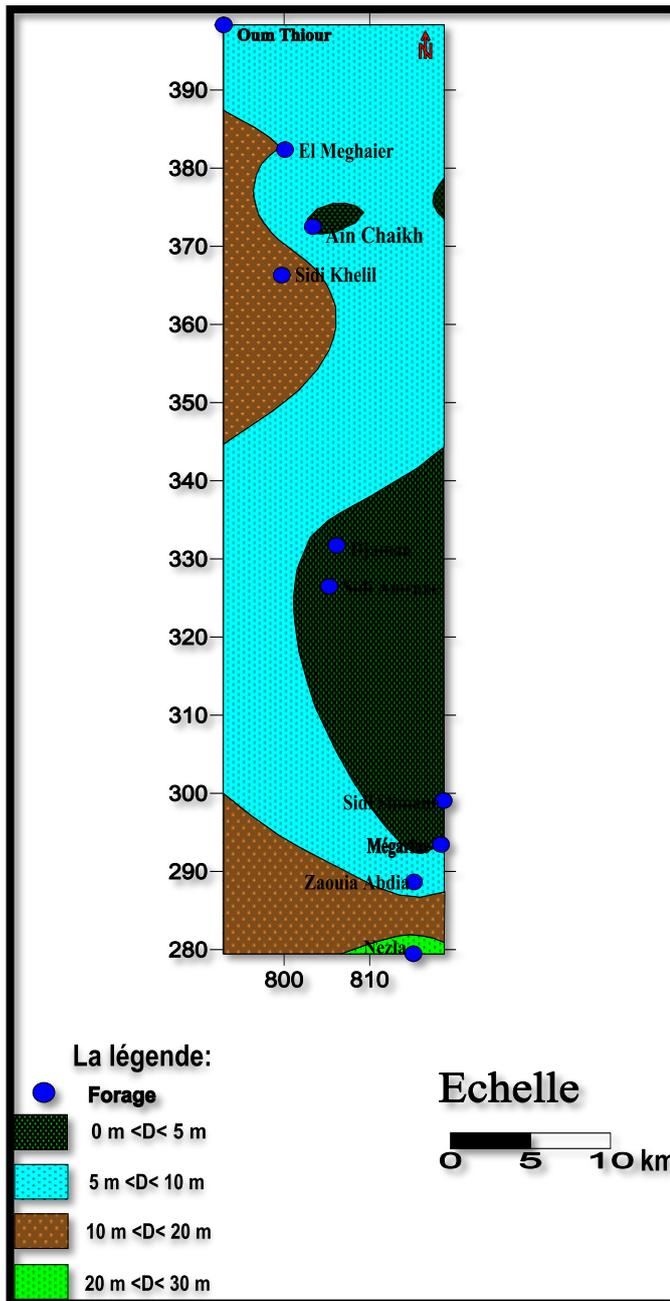


Fig. 28 : Carte de profondeur de la nappe

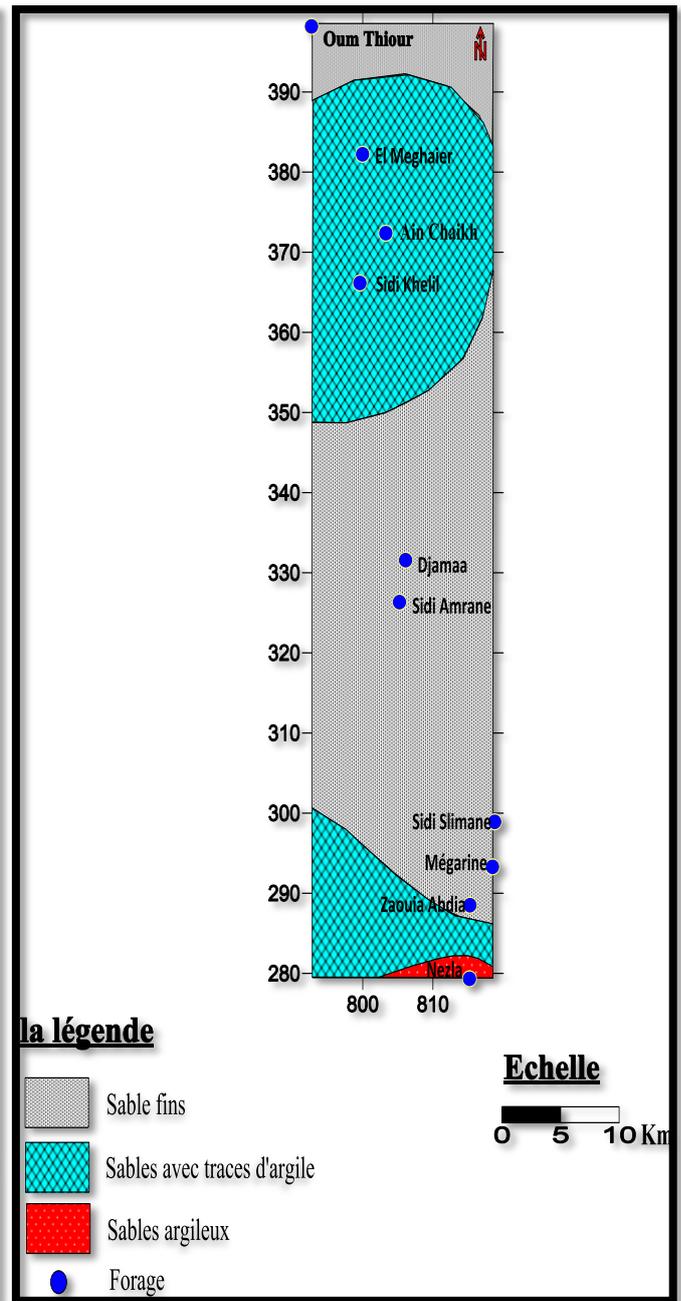


Fig. 29 : Carte de la lithologie de l'aquifère

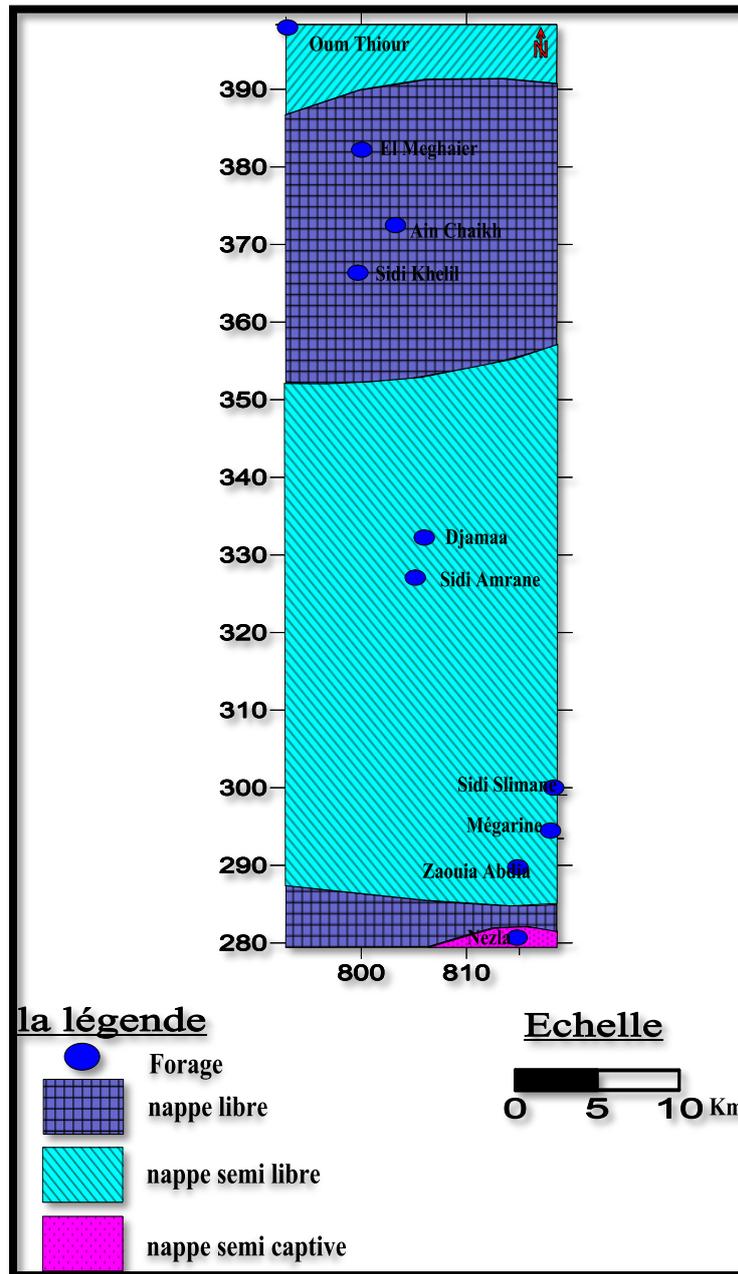


Fig. 30 : carte représente le type de la nappe

4. Interprétation de la carte de vulnérabilité de la nappe libre de l’Oued Righ :

La nappe libre d’Oued Righ est constituée dans la grande partie des sables, la profondeur de surface piézométrique varie entre 0m et 30m.

La vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive et du mode de circulation de l’eau dans l’aquifère.

Les nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d’origines superficielles peuvent diffuser librement dans le sol de la zone non saturée.

D’après l’examen de la carte de la vulnérabilité (**fig.31**) on note :

- la nappe libre de Oued Righ à vulnérabilité forte à modérée.
- Le type de polluants d’origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et dans la zone non saturée.

Cette vulnérabilité à la pollution a cause de :

- La très mauvaise qualité des eaux superficielles
- Migration ou l'infiltration (cas roches perméables) des polluants dans les eaux du canal vers la nappe phréatique
- Les oueds et les zones urbaines peuvent augmenter les risques de pollution de la nappe.
- Les zones urbaines, les chotts et les zones agricoles irriguées à partir des nappes profondes, les parties du canal affectés par un bouchon présentent une vulnérabilité forte à cause de la faible profondeur de la zone non saturé. Le reste de la zone d'étude présente une vulnérabilité modérée avec une vulnérabilité faible à Nezla.

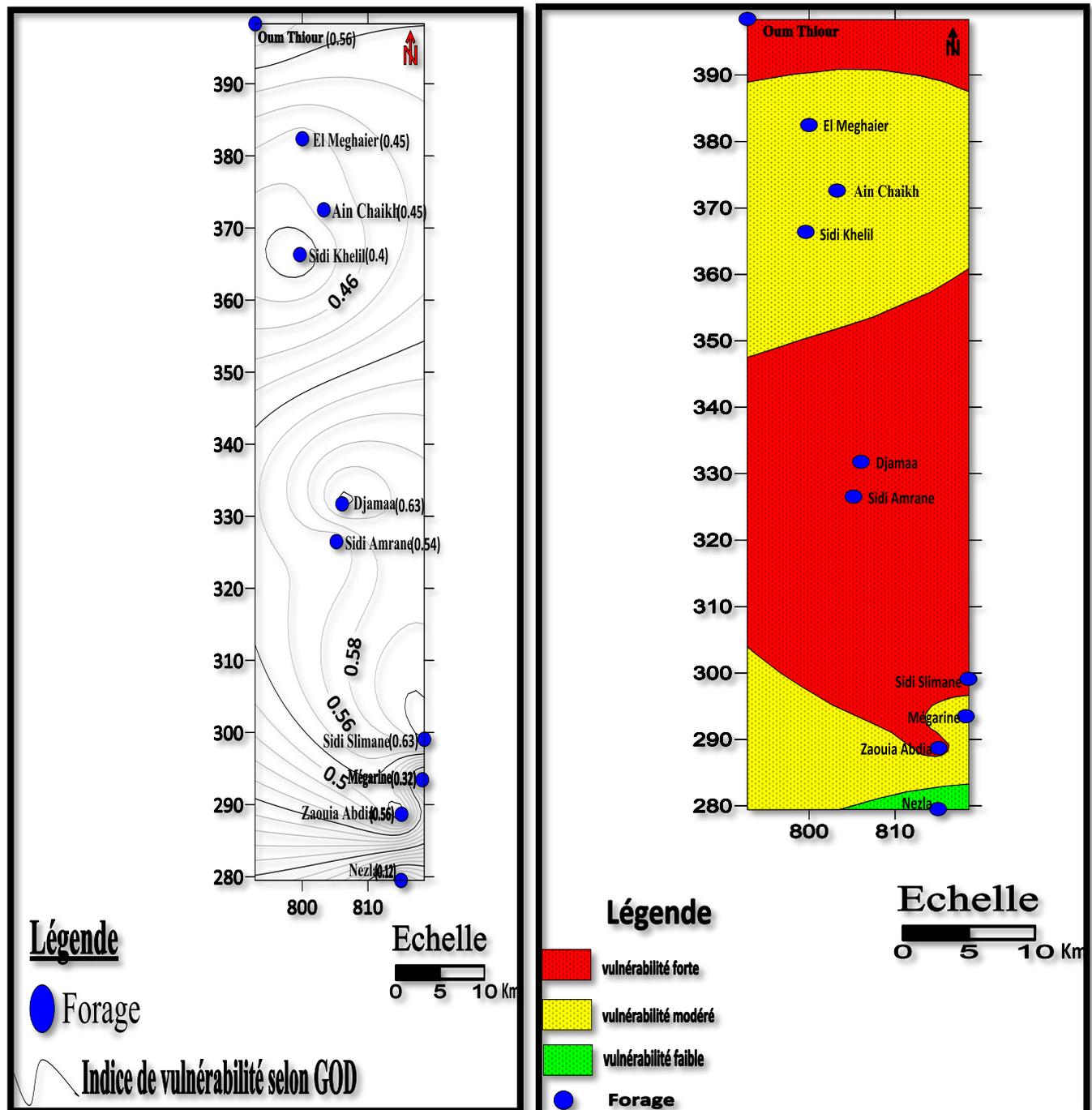


Fig. 31: cartes de la vulnérabilité de la nappe libre de Oued Righ selon la méthode GOD

5. Conclusion:

Selon la méthode de GOD la vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère.

Les nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d'origine superficielle peuvent repeindre les eaux de la nappe en passant par la zone non saturée.

Dans notre cas la nappe superficielle est très vulnérable à la pollution, soit la très mauvaise qualité des eaux superficielles et par l'infiltration des polluants des eaux du canal au niveau des bouchon, soit par les déversement accidentels et ensuit sur le sol.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La région de l'Oued Righ se situe au Sud-est du pays, plus précisément au Nord-est du Sahara. La vallée de l'Oued Righ s'étend du Sud, au voisinage du village d'El Gouge (Touggourt), et se prolonge plus au Nord, sur une distance de 150 km, vers le village d'Oum Thiour [100 km de la wilaya de Biskra].

La région de l'Oued Righ 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 ; se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud-Nord.

Le climat est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, La température est très élevée en été et une humidité très faible.

La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

Dans contexte hydrologique, la région de l'Oued Righ renferme deux systèmes aquifères profonds séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporitiques, représentés par le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI), et surmontés par une nappe libre superficielle.

La carte piézométrique du Complexe Terminal (CT) montre un sens d'écoulement général du Sud vers le Nord, épousant la topographie de la région.

D'après la carte piézométrique de la nappe superficielle établie le sens d'écoulement tend vers l'exutoire naturel Chott et sebkha (Chott Melghigh).

A oued Righ, la nappe phréatique. Située à plus de 150m de profondeur ses eaux sont la température ($\approx 50^{\circ}\text{C}$), Dans la zone d'étude.

L'étude hydrochimique montre des résidus secs varient entre 2 et 7 mg/l.

Les eaux de la nappe phréatique de la région de l'Oued Righ sont caractérisées par des valeurs de conductivités élevées.

Le magnésium, le sodium, les chlorures et les sulfates sont des éléments dominants, La classification des eaux selon les méthodes Stabler et Piper a montré la dominance des faciès suivants :

- **Sulfaté sodique.**
- **Chloruré Sodique**
- **Sulfaté Calcique**

Sur le plan de la qualité chimique et la potabilité, les eaux de la région d'oued Righ sont trop minéralisées et très dures. Ceci qui nécessite des précautions avant leur l'utilisation pour l'irrigation pour prévenir les dangers d'alcalinisation de sol. Quant à leur consommation comme eau de boisson, un traitement est recommandé.

D'après l'examen de la carte de la vulnérabilité on note que la nappe libre de Oued Righ à vulnérabilité forte à modérée et type de polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et dans la zone non saturée.

Cette vulnérabilité à la pollution a cause de la très mauvaise qualité des eaux superficielles et Migration ou l'infiltration (cas roches perméables) des polluants dans les eaux du canal vers la nappe phréatique.

Les oueds et les zones urbaines peuvent augmenter les risques de pollution de la nappe.

La nappe superficielle est très vulnérable à la pollution, soit par l'infiltration des polluants des eaux du canal au niveau des bouchons, soit par les déversements accidentels et ensuit sur le sol.

Recommandations :

Pour une meilleure prise en charge des problèmes qui touche notre région d'étude de l'Oued Righ, on propose :

- Contrôle le niveau des nappes par réalisation des piézomètres
- Dessalement par traitement des eaux dans les stations
- Rénover les réseaux d'assainissement pour éviter toute source de pollution de la nappe phréatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANRH , 2016: (Ouargla), les log stratigraphiques des forages. aux officiers du cours préparatoire aux Affaires Sahariennes. service des études scientifiques.

BALLAIS J.L (2010) : Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie

BELKSIER M. S. (2009) –Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité. Mém. Master, Univ. Badji Mokhtar Annaba.

Belksier Mohamed Salah, Chaab Salah, Abour Fella: Qualité hydro chimique des eaux de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de sa vulnérabilité à la pollution Sahara. Rev. Sci. Technol., Synthèse 32: 42 -57 (2016).

BELKSIER M. S. (2017) –Caractéristiques hydrogéologiques de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de l'impact de la pollution et de la salinité sur la qualité de ses eaux. Thèse doctorat

Belksier Mohamed Salah, Zeddouri Aziez, Halassa Younes et Kechiched Rabah., 2018.

Characterization and geostatistical mapping of water salinity: A case study of terminal complex in the Oued Righ Valley (southern Algeria), Citation: AIP Conference Proceedings 1968, 030027 (2018); doi: 10.1063/1.5039214 View online: <https://doi.org/10.1063/1.5039214>

Berguiga N. et Bedoui R., 2012. Contribution à l'inventaire des éléments traces dans les sols et dans les eaux souterraines dans la région de l'Oued Righ : leurs origines et leur impact sur l'environnement. Mémoire Magister. Génie de l'environnement. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. Birmandreis, Alger, 1961

BOUSELSAL.B, KHERICLI.N, HADJ-SAID.S. « Vulnérabilité et risque de Pollution de la nappe libre d'El-Oued (SE Algérie) : application de la Méthode DRASTIC. Bulletin du Service Géologique National Vol. 26, n° 1, pp. 1 - 21, 12 fig., 3 tabl., 2015.

BOUSELSAL.B, ZEDDOURI .A, BELKSIER.M.S. et FENAZI.B.«Contribution de la Méthode de Vulnérabilité Intrinsèque GOD à l'Etude de la Pollution de la Nappe Libre d'Ouargla (SE Algérie)». International Journal for Environment & Global Climate Change. Vol 3, Issue 4, 2015. P 92-99.

Bouselsal, B (2016) : Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère libre d'El Oued souf (SE Algérie), Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba- 126-156 p.

Castany G. (1982) : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod

CORNET, A (1961): Initiation à l'hydrogéologie Saharienne. Cours ronéoté destiné du Bas-Sahara Algérien. Physio-géo .vol 4 .2010.

Foster, S. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: Van Duijvenbooden, W. & Van Waegeningh , H.(eds) Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution. TNO Committee on Hydrological Research, The Hague,

GUETTICHE S., et BENABDASADOK D., 2007, 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, Mémoire d'Ingénieur, Université de Mentouri-Constantine.

Helal F. and Ourihane D., 2004. Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Touggourt. Aspect hydro-chimique et problèmes techniques posés. Engineer thesis. Earth Science Institute, USTHB, Algiers, 2004 July.

Naceur.Z, 2016 (Caractérisation hydro chimique des eaux de la nappe libre dans la région d'oued righ);pp18

Naili.CH ,2016 (contribution a l'étude hydrogéologique de la l'aquifère du continentale intercalaire (CI) dans la région d'oued righ),,pp52

SONATRACH :(Fig. Carte des bassins sédimentaires)

UNESCO.1972. Coupe géologique du Sahara septentrional

UNESCO.1972.Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT

UNESCO.1972.Coupe hydrogéologique à travers le Sahara

المخلص

يقع وادي واد ريج في حوض الصحراء الشمالية، وهي جزء من مساحات شاسعة من بحيرة شمال أفريقيا، وينخفض هذا الواد تحت مستوى سطح البحر بجوالي 20 متر. تتميز المنطقة بمناخ صحراوي جاف. في منطقة واد ريج تزداد الحاجة إلى المياه لزيادة احتياجات السكان والنشاط الزراعي الكبير لأشجار النخيل مما ينتج عنه الاستغلال المكثف لطبقات المياه الجوفية العميقة. يغذى واد ريج بواسطة مياه الري والتوزيع الحضري. أظهر التحليل الكيميائي أن نوعية المياه السطحية رديئة للغاية مع وجود تلوث من صنع الإنسان ينتج عنه قيم كبيرة من الكلوريد. تزايد ملوحة المياه بحيث راجع إلى الأصل جيولوجي، الذي يزداد باستمرار سوء إدارة الموارد. وفقاً لطريقة GOD، فإن المياه السطحية هي الأكثر عرضة للخطر، حيث يمكن للملوثات ذات الأصل السطحي إعادة تلويث مياه الطبقة الجوفية مرورا بالمنطقة غير المشبعة، كما أن المياه السطحية هي المعرضة بشدة للتلوث اما لسوء نوعية المياه السطحية عن طريق تسرب الملوثات لمياه القنوات أو إما عن طريق الانسكابات العرضية ثم على التربة.

كلمات مفتاحية: الصحراء الشمالية- واد ريج - المياه السطحية- التلوث - الملوحة.

Résumé

La vallée Oued Righ est située dans le Sahara septentrional, font partie des grandes étendues, lagunaires de l'Afrique du Nord, l'altitude de ces vallée est inférieure au niveau de la mer environ (-20m), La région est caractérisée par un climat saharien.

Dans la région de l'Oued Righ Le besoin en eau augmente pour augmenter les besoins de la population et la grande activité agricole des palmiers Quel est le résultat d'une exploitation intensive des nappes profondes du Complexe terminal et du Continent Intercalaire.

La vallée oued Righ est alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine.

L'analyse hydrochimique a montré la très mauvaise qualité des eaux superficielles et l'existence d'une pollution anthropique se traduisant par des valeurs importantes en chlorures. La salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource.

Selon la méthode de GOD la vulnérabilité des nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d'origine superficielle peuvent repeindre les eaux de la nappe en passant par la zone non saturée, et la nappe superficielle est très vulnérable à la pollution, soit la très mauvaise qualité des eaux superficielles et par l'infiltration des polluants des eaux du canal au niveau des bouchon, soit par les déversement accidentels et ensuit sur le sol.

Mots clés : Oued Righ- eaux superficielles- La salinité- GOD- vulnérabilité.

Abstract

Oued Righ valley is located in the northern Sahara, are part of the vast expanses, lagoon of North Africa, the altitude of these valley is below sea level about (-20m), The region is characterized by a Saharan climate. In the region of Oued Righ The need for water increases to increase the needs of the population and the great agricultural activity of the palms What is the result of an intensive exploitation of the deep aquifers of the Terminal Complex and the Intercalary Continent. The Oued Righ valley is fed by irrigation water and urban distribution. hydrochemical analysis has shown the very poor quality of surface water and the existence of anthropogenic pollution resulting in significant chloride values. The salinity of the waters, some of which is of geological origin, is continually increasing by poor management of the resource. According to the GOD method the vulnerability of free groundwater is the most vulnerable, pollutants of superficial origin can repaint water from the water through the unsaturated zone, and the surface water is very vulnerable to pollution, the very poor quality of surface water and infiltration of pollutants from the canal water at the level of the cork, either by accidental spills and then on the ground.

Keywords : Oued Righ- GOD- surface water - salinity - vulnerability.