Contribution à l'étude hydrogéochimique des eaux et des formations de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla – Algérie

Belkacem AISSANI(1), Rabah BOUTRIKA(2), Imed Eddine NEZLI(1), Safa OUBIRA(3), Karima ABOUB(3),
(1) Laboratoire de géologie du Sahara, Université Kasdi Merbah Ouargla. BP 511 route de Ghardaia- Algérie ;
(2) Laboratoire de Métallogénie et de Magmatisme de l'Algérie, FSTGAT – USTHB, Bp. 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger -Algérie
(3) Département des sciences de la Terre et de l'Univers, Université Kasdi Merbah Ouargla- Algérie ;
E-mail : bbelkacem32@yahoo.fr

RESUME
Le Sahara septentrional présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par deux grands aquifères : le Continental intercalaire et le Complexe Terminal. Les eaux de la nappe phréatique de la région de Ouargla sont minéralisés à savoir l'impact de la lithologie sur le chimisme des eaux. Le présent travail tend en premier lieu à la caractérisation hydrogéochimique des eaux de la nappe phréatique et leur lithologie à partir des différentes analyses physico-chimiques sur les eaux et à la détermination de la minéralogie du sol. Les résultats obtenus montrent que, les eaux de la nappe phréatique est de faciès chloruré sodique. Les valeurs des indices de saturation indiquent que ces eaux sont sursaturées vis-à-vis des minéraux carbonatés et évaporitiques. En présence des kaolinites et des illites aucun échange de base n'a été trouvé en raison de leur faible capacité d'échange. L'eau des sables dans la région étudiée sont plus chargées en sels (SO4, Cl**,** Na, Mg, Ca).

Mots clés : Ouargla, Sahara septentrional, hydrogéochimie, nappe phréatique, indices de saturation.

ABSTRACT
The Northern Sahara present the groundwater resources, represented by two major aquifers: The intercalary Continental and Terminal Complex. The waters of the groundwater in the area of Ouargla are mineralized namely the impact of lithology on the chemistry of the water. The present work tends first the water to hydrogeochemical characterization the waters of groundwater and there lithology from the different physico-chemical analyzes on waters and to determine the mineralogy of soil .The results shows that the waters of the groundwater is chlorinated sodium facies, the value of saturation indices indicate that these waters are oversaturated in the face of the carbonate and evaporite minerals. In the presence of kaolinite and illite no base exchange has been found due to the low exchange capacity. The water sands in the study region are loaded with salts (SO4, Cl, Na, Mg, Ca).

Key words**:** Ouargla, Northern Sahara, Hydrogeochemistry, groundwater, indices of saturation.

I. INTRODUCTION

Dans les bassins, en général les caractéristiques des eaux varient dans l'espace et dans le temps. Le Sahara algérien jusqu'à présent, fait l'objet des différentes études universitaires, des études ont porté sur la reconnaissance géologique des terrains [1] et [2], et étude hydrogéologique [3] du système aquifère du Sahara septentrional. D'autres tâches on estime les potentialités hydriques du système, tout en proposant divers scénarios de son exploitation à moyen et à long terme [4] et [5].

La nappe phréatique est épaisse de 1 à 8 m. Elle repose sur un niveau épais imperméable qui occupe le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes sous-jacentes. L'alimentation se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellement apportées par les oueds. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium du Grand Erg oriental [6]. Cette alimentation se fait à travers les couches de sable du Mio-Pliocène formant des falaises à l'Ouest de Ouargla [7]. Les nappes phréatiques sont présentes au Sahara et se situent dans les zones de dépressions ou les vallées, sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi par les remontées naturelles en provenance des aquifères plus profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages. Ces ressources superficielles sont importantes dans le Sahara, elles permettent d'irriguer les palmeraies, les jardins légumiers et d'abreuver les troupeaux. Les profondeurs des nappes au Sahara varient entre 01 et 60 m, sauf dans la région des Zibans où elles atteindront les 150m.

Le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des forages d'exploitation captant les aquifères du continental intercalaire (CI) et du complexe terminal (CT) destinés aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable a accéléré la remontée des niveaux hydrostatiques des nappes phréatiques. Cette situation d'excès d'eau a perturbé l'écosystème oasien et a engendré des problèmes environnementaux nuisibles notamment pour l'agriculture (salinité des sols, dégradation des palmeraies par asphyxie, etc…).

Des endroits de Ouargla subissent depuis plusieurs années les conséquences néfastes de la remontée des nappes phréatiques.

Les sables de surface du quaternaire renferment la nappe phréatique de l'Oued M'ya. La nappe est présentée à l'échelle de la région à des profondeurs proches de la surface du sol. Sa frange capillaire affleure sur la surface du sol sous forme des chotts, qui se trouvent dans la ville de Ouargla. Cette nappe se localise dans les accumulations alluvionnaires**.**

L'alimentation de la nappe s'effectue sous la ville et sous les palmeraies de Ouargla et de N'goussa, par les eaux d'irrigations et les eaux usées. Cette alimentation se fait à

travers les couches de sable du Mio-pliocène qui forme des falaises à l'Ouest de la ville de Ouargla **[**8**].**
L'objectif de ce travail est d'étudier le chimisme des eaux afin de déterminer l'influence de la lithologie sur la composition minéralogique de ces eaux et ainsi le cas contraire par interaction eau / roche.
La zone d'étude englobe la cuvette de Ouargla qui présente une superficie totale de 95000 ha qui s'étale sur une longueur de 55 km Sud-Ouest et Nord-Est (Fig.1). Elle est limitée au Nord par Sebkhet Safioune, à l'est par les ergs de Touil et Arifdji, au sud par les dunes de Sedrata et à l'ouest par la dorsale de M'Zab.
A la fin du Pliocène, une phase tectonique intervient, flexurant et faillant la bordure de la cuvette de Ouargla, vont pendant le quaternaire, s'écouler les oueds : M'ya, Igharghar et Righ; et se former les grandes dunes de l'Erg oriental.

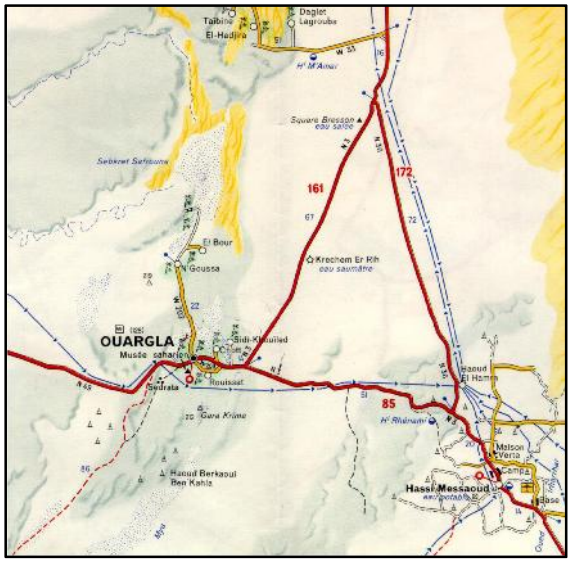

Fig.1 - Situation géographique de la cuvette de Ouargla [9]

II. CADRE GEOLOGIQUE

La région d'étude correspond à une grande dépression d'une superficie de 750 Km environ. Elle est située dans le lit quaternaire de la basse vallée de l'oued M'ya qui descend du plateau de Tademaït au Sud et se termine par la Sebkhet Safioune [10]. La région de Ouargla est caractérisée par des roches de types sédimentaires, des alluvions et des colluvions dérivées de ces roches, d'âge allant du Barrémien au Mio-pliocène (Fig. 2) [11].

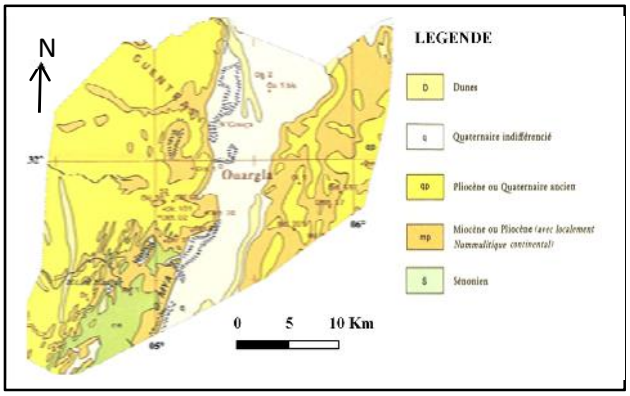

Fig.2 - Carte géologique de la région de Ouargla

III. MOYENS MATERIELS

Nous avons implantés six (06) piézomètres dans les régions El Khafji et El hdab; puis on a effectué des prélèvements des échantillons du sol pour les analyses de diffraction des rayons X au niveau du laboratoire de l'Université de Laghouat (Algérie) et des échantillons d'eau de la nappe pour les analyses physico-chimiques dans le laboratoire algérien des eaux (ADE) de Ouargla. Ces échantillons sont prélevés en mois de Mars 2013 à partir des piézomètres dans des flacons. Ces derniers ont été traités par l'acide nitrique, rincés à l'eau distillée et égouttées avant d'être rincées trois fois et remplis par l'eau à analyser [12]. Nous avons utilisés les matériaux suivants :
Une tarière manuelle, permet de forer un trou de 3m avec des tiges pour la réalisation des piézomètres; un appareil de GPS, pour la localisation géographique des piézomètres; une sonde électrique, pour déterminer la profondeur de la nappe phréatique; un Ph mètre; un conductimètre; un logiciel thermodynamique chimique de PHREEQC interactive (version 2) et le Soltests. Nous avons utilisé une pompe manuelle pour le prélèvement des échantillons des eaux et une tarière pour récupérer les échantillons du sol.

IV. METHODES UTILISES

1. Diffractométrie de rayons X : la diffractométrie de rayons X est une technique d'analyse fondée sur la diffraction des rayons X sur la matière. Nous avons mis en évidence certains minéraux comparatifs pour analyser les pics obtenus**.**

2. Essai de granulométrie : il est réalisé par trois méthodes :
a. Granulométrie par tamisage à sec après lavage ;
b. Tamisage par voie humide ;
c. Granulométrie par sédimentation ;
d. Analyse physico-chimique des eaux.

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les valeurs du pH des eaux de la nappe phréatique ne montrent pas de variations notables, ces valeurs tendent vers l'alcalinité avec un minimum de 7,92 aux piézomètres P1, P2 et un maximum de 8,10 au piézomètre P6. Les eaux de la nappe phréatique sont en contact avec une lithologie riche en évaporites, révèlent une forte minéralisation exprimées par des valeurs de conductivité électrique très élevées de 54000 $\mu S.Cm^{-1}$, les concentrations en éléments chimiques dépassent les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Les valeurs de turbidités obtenues sont comprises entre 3,02 NTU dans le piézomètre P4 et 10,20 NTU dans le piézomètre P6. Ces valeurs traduisent la présence des particules en suspension et des colloïdes dans l'eau, en relation avec la mesure des matières en suspension. Elles indiquent la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique.

Les valeurs de la matière en suspension mesurées dans les piézomètres P1, P3 et P6 sont très élevées (P1=1500, P3= 1100 et P6=1700), elles montrent des eaux assez chargées en roches de type sédimentaires.

Les eaux de la nappe phréatique analysées par le diagramme de Piper (Fig.3) et de Schoeller Berkallof (Fig.4) au niveau de la région de Ouargla a montré que, les faciès chimiques des eaux sont chlorurés sodiques, indiquant l'influence de la halite.

Le diagramme de Schoeller Berkallof (Fig.4) confirme la dominance du faciès chloruré sodique, permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée aux ions Cl- et Na+.

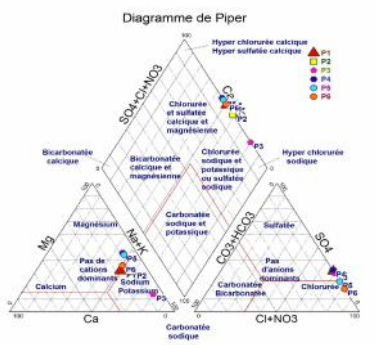

Fig.3 - Faciès chimique par diagramme de piper

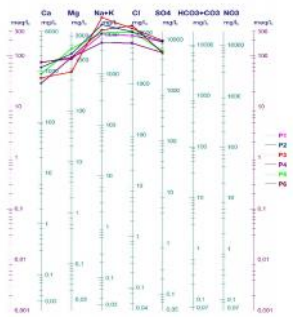

Fig.4 – Faciès chimique par diagramme de Schoeller

Ces résultats permettent de montrer que, le chimisme des eaux est l'origine de la lithologie de la région d'étude. Les résultats de l'analyse granulométrique permettent de déterminer cinq classes granulométriques : les graviers, les sables grossiers, les sables fins, les limons et les argiles. Les échantillons présentent plusieurs classes granulométriques variant depuis les grains grossiers aux grains très fins (Tab.01).

Tableau 01 - Pourcentage des différentes fractions granulométriques.

Piézo-mètres	graviers	Sables grossiers	Sables Fins	Limons	Argiles
P1	56%	2%	28%	11%	3%
P2	36%	1%	41%	14%	8%
P3	30%	4%	46%	17%	3%
P4	20%	1%	63%	/	/
P5	26%	1%	59%	/	/
P6	53%	1%	27%	17%	2%

D'après, les résultats du tableau 01, la classe granulométrique des échantillons est très variées (Cu>02), les faciès les plus dominants sont les sables fins.

Le graphe granulométrique (Fig.5), montre une dominance des sables fins par rapport aux autres matériaux.

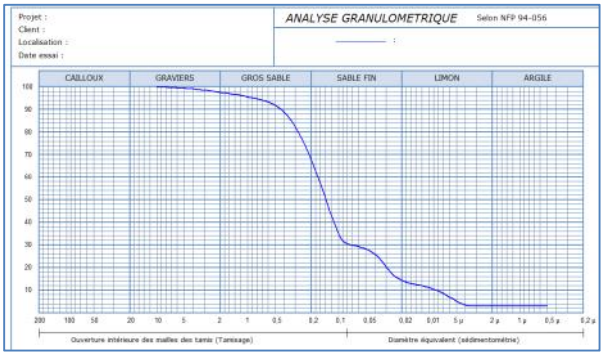

Fig. 5 - Courbe granulométrique de l'échantillon du sol du Piézomètre P1.

Les résultats de la méthode aux rayons X (Fig.6) ont montrés que l'ensemble des spectres obtenus ont une prédominance de quartz en particulier et une présence de la calcite, de la kaolinite et de l'illite. Nous avons utilisés une fiche de certains minéraux comparatifs pour pouvoir analyser les pics obtenus.

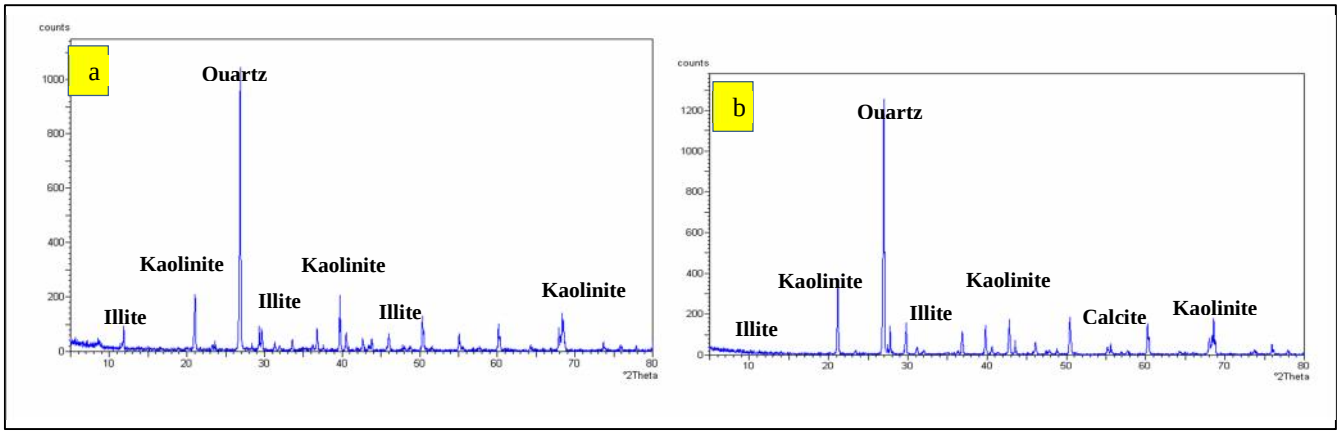

Fig. 6 – **a-** Spectre de diffraction et minéraux du sol de piézomètre P1 ; **b-** Spectre de diffraction et minéraux du sol de piézomètre P6

VI. CONCLUSION

La cuvette de Ouargla est située dans le prolongement du bassin mésozoïque de l'oued M'ya dans la partie Nord-Est du Sahara avec des caractères climatiques de hautes températures à 40°C pendant les mois de juillet et d'août, ainsi que de précipitation moyenne annuelle de 51,76 mm et une évaporation de l'ordre de 3214.82 mm/an.

Notre zone d'étude appartient à la plateforme saharienne, qui présente une tectonique relativement stable. Elle est creusée dans un dépôt détritique des terrains du Mio-Pliocène, et du quaternaire à dominance sableux de la basse Vallée de l'Oued M'ya du bassin Mésozoïque, dans lequel ces sables dominants avec alternance des argiles, des calcaires et des gypses.

Le système hydrogéologique des deux grands aquifères, le complexe terminal et le continental intercalaire est utilisé dans le domaine urbain et agricole.

Notre étude est basée sur la nappe phréatique, qui affleure et détermine l'influence entre les formations et les eaux. Les eaux sont en contact avec les formations lithologiques riches en évaporites, révèlent une forte minéralisation exprimées par des valeurs de conductivité électrique très élevées 54000µS. Cm^{-1}.

Les faciès chimiques de la nappe phréatique au niveau de la région de Ouargla sont chlorurés sodiques, indiquant l'influence de la halite. Ces résultats permettent de montrer que, le chimisme des eaux prend son origine à partir des formations lithologiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]- BUSSON, G. (1970) : Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages Algéro-Tunisien. Edit., Paris, «Centre de Recherche en Zones Arides», Géol. Ed. C.N.R.S., p11, 811.

[2]- FABRE. J. (1976) : Introduction à la géologie du Sahara d'Algérie et des régions voisines. SNED, Alger, p 421.

[3]- Cornet, A. (1964) : Introduction à l'hydrogéologie du Sahara, Algérie. Revue géographie physique et de géologie dynamique, Vol. 6, Num-1, p 5,72.

[4]- UNESCO(1972) : Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional, Rapport sur les résultats du Projet REG-100, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris, p100.

[5]- OSS(2003) : Système aquifère du Sahara Septentrional. Volume 4 : Modèle Mathématique. Projet, SASS; Rapport interne. Annexe. Tunis, p 229.

[6]- CASTANY, G. (1982) : Hydrogéologie, principes & méthodes. Paris, éd. Dunod, p 237.

[7]- B.G. (2003) : Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet d'impact sur l'environnement. Rapport de la mission III B. Caractérisation environnementale de la situation actuelle. Bonard &t Gardel, Lausanne, p34-35.

[8]- DJIDEL, M. (2008) : Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie). Thèse Université Badji Mokhtar, Annaba, p 58.

[9]-BG. (2004) : Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Rapport de la mission II final. Investigations, essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de réhabilitation, de protection des ressources en eau. Bonard &t Gardel, Lausanne, p11, 13, 14,18, 22, 43.

[10]-DUBIEF J. (1963) : Le climat du Sahara. Institut des recherches Sahariennes. Mémoire hors-séries, tome 1 et 2.

[11]-BUSSON, G. (1972) : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris, 464 p.

[12] Rodier, J.1996 : L'analyse de l'eau : Eaux résiduelles, eaux résiduaires, eau de mer : Edition Dunod (Paris), 8ème édition, 1383p.