



# Etude hydrogéologique de l'aquifère de continental intercalaire (CI) dans la région de Ghardaïa (Sud Algérie)

KEBILI Mokhtar<sup>(1)</sup>, BOUSELSAL Boualem<sup>(2)</sup>, GOUAIDIA Layachi<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> et <sup>(3)</sup>. Ressources minérales et hydriques dans l'Est Algérien. Université de Larbi Tébessi. Tébessa. Algérie.

<sup>(2)</sup>. Laboratoire des réservoirs souterrains pétroliers gaziers et aquifères. Université de KasdiMerbah. Ouargla. Algérie.

E-mail : [mokhtar.k.2015@gmail.com](mailto:mokhtar.k.2015@gmail.com)

## Résumé

Dans la région de Ghardaïa (sud Algérie), l'aquifère continental intercalaire (CI) constitué le réservoir principal pour l'approvisionnement en eau pour les différents usages. Ce réservoir est constitué de sables et de grès argileux d'âge Albo-barrémien, la profondeur de la nappe est décroissante de NE vers SO. La carte piézométrique de mars 2018 montre que le sens d'écoulement des eaux est de nord-ouest vers le sud-est, elle montre aussi des grandes dépressions piézométriques dans les centres urbains et les zones agricoles, causées par la surexploitation de la nappe de CI.

Les eaux de CI sont dominées par deux faciès sulfatées sodiques et chlorurées sodiques. Ces eaux sont non potables dans les régions de Guerrara et Zelfana, elles se trouvent à la limite de potabilité (normes OMS) dans les régions de Berriane, Metlili, Mansourah et Ghardaïa. Par contre dans la région d'EL Meniaa, elles sont de bonne qualité pour la consommation humaine. Quant à la qualité des eaux pour l'usage agricole, basé sur la norme de Riverside, les eaux de CI s'arrangent selon trois classes ; médiocre (C<sub>4</sub>S<sub>2</sub> et C<sub>4</sub>S<sub>1</sub>), admissible (C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>) et bonne (C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>).

**Mots clés :** continental intercalaire, Ghardaïa, Riverside, piézométrique, OMS.

## 1. introduction

Dans une région saharienne comme Ghardaïa, où le climat est aride et les précipitations sont rares,

les eaux souterraines constituent un facteur très important pour la survie des populations. La détermination des caractéristiques hydrogéologiques des réservoirs du sous-sol permis la conservation de ces ressources et leur gestion rationnelle et durable.

L'objectif de ce travail c'est de mener une étude hydrogéologique de l'aquifère continental intercalaire (CI), sur le plan quantitatif et qualitatif, par l'analyse des données existantes et aussi par une série de mesures effectués sur terrain.

## 2. Présentation de la zone d'étude

**2.1. Situation géographique :** La région de Ghardaïa se localise dans le sud de l'Algérie (Fig.1), elle s'étend sur une superficie de 84 660 km<sup>2</sup>, elle est limitée par les wilayas de; Laghouat au nord, Djelfa au nord-est, Ouargla à l'est, Tamanrasset au sud, El-Bayadh à l'ouest, et par la wilaya d'Adrar au sud-ouest.

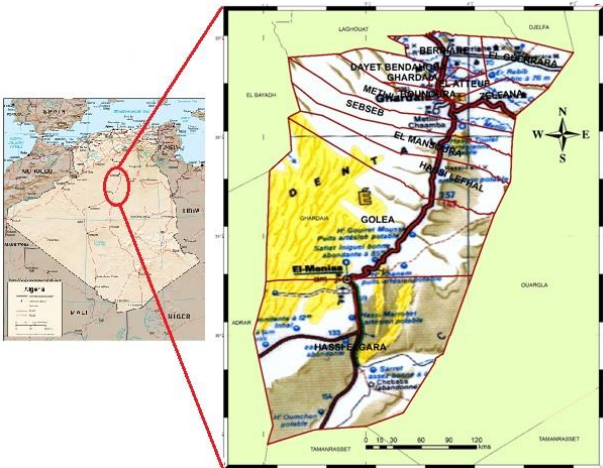


Figure 1. Situation géographique de la région de Ghardaïa.

**2.2. Contexte climatique et géologique :** La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien aride. Le taux des précipitations annuelles recueillies est (71.4 mm), avec une lame d'eau maximale enregistrée au mois de septembre (19.2 mm) tandis que le mois de Juillet est le plus sec (1.3 mm). La température moyenne annuelle est de l'ordre de (22.2°C), avec un maximum de (33.5°C) enregistrée au mois de Juillet.

La région de Ghardaïa fait partie de la plateforme saharienne constituée d'un bouclier précambrien, n'émergeant des sédiments qu'ils surmontent que dans le Sahara Central (Massif du Hoggar) et le Sahara Occidental (Massif des Eglab) [1,2]. Elle est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire du Bas Sahara, les terrains affleurant (Fig.2) sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur, composés principalement par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques, qui forment un plateau sub-horizontale appelé couramment "la dorsale du M'zab".

Du point de vue lithologique, les affleurements sont de type :

- Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-Ouest attribués au Cénomaniens.

- Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien.
- Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.
- Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-Est attribués au Mio-pliocène.
- Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds.

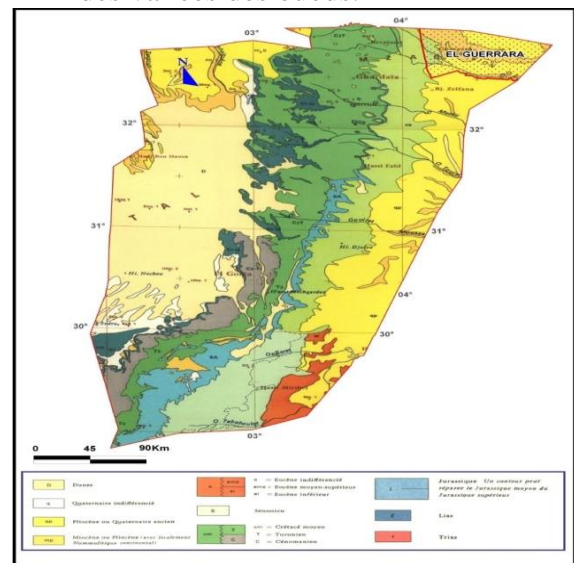


Figure 2. Carte géologique de Ghardaïa

### 3. Matériels et méthodes

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectué une interprétation des logs de forages d'eau, recueillis à partir de l'Agence National des Ressources Hydrique (ANRH), les données de forages ont permis d'élaborer une coupe hydrogéologique dans la zone d'étude.

Une campagne de mesures piézométrique a été réalisée dans la zone d'étude en 2018, le niveau piézométrique a été mesuré par la sonde piézométrique. Les coordonnées des puits ont été déterminés par le GPS et référencés selon le système de projection GW 84.

Des échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons polyéthylène suivant le protocole d'échantillonnage de Rodier(1984) [3] pour l'analyser au laboratoire. Les paramètres

physicochimiques (température, pH et salinité) sont mesurés in situ au moyen d'appareillage de terrain (pH-mètre WTW, salinomètre WTW). Des logiciels sont utilisés pour interpréter et présenter les résultats ; le logiciel RokWorks et Surfer 12 pour dessiner la coupe hydrogéologique, le logiciel ArcGIS et Surfer 12 pour l'élaboration des cartes piézométriques, et les logiciels Excel, diagramme pour l'étude hydrochimique des eaux de continental intercalaire.

#### 4. Résultats et discussion

**4.1. Géométrie de l'aquifère de Continental Intercalaire:** Le système aquifère de Ghardaïa varie d'une région à l'autre, il est composé

généralement d'un aquifère superficiel et d'un aquifère de continental intercalaire.

Dans la vallée de M'zeb (Fig.3) [4.5], l'aquifère superficiel est formé des alluvions et de sables du d'âge quaternaire d'épaisseur peut atteindre 25 à 30 mètres reposent sur les couches calcaires du Turonien fissurés d'épaisseur de 40 à 100m. Sous les calcaires turoniens, on rencontre une couche imperméable d'argile verte, de marne riche en gypse et en anhydrite de 220 mètres de profondeur. Cet étage d'âge céno-mano-vaconien constitue le toit de l'aquifère continental Intercalaire (CI). L'aquifère de continental intercalaire est constitué de sables fins et grès argileux d'âge albien et des formations gréseuses et grès-argileuses d'âge Barrémien.

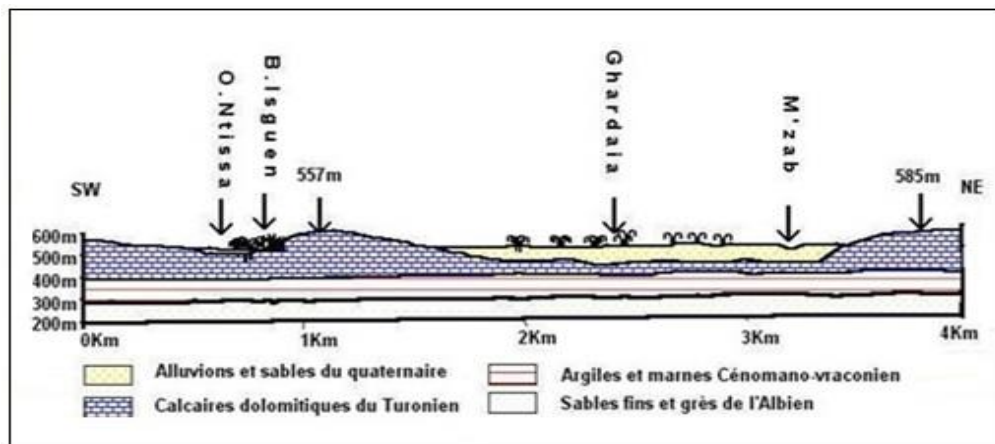


Figure 3. Coupe hydrogéologique dans la vallée du M'Zab.

A l'échelle de la zone d'étude l'aquifère de continental intercalaire (CI) [6] se trouve à des profondeurs décroissant de nord-est vers sud-ouest; dans la région de Guerrera, elle se trouve à une profondeur qui dépasse le 700 m, alors qu'il

est à moins 70m dans la région d'El Menia (Fig.4). La lithologie de CI est presque la même, représentée par des formations sablo-gréseuses et grès-argileuses d'âge l'Albien et Barrémien.

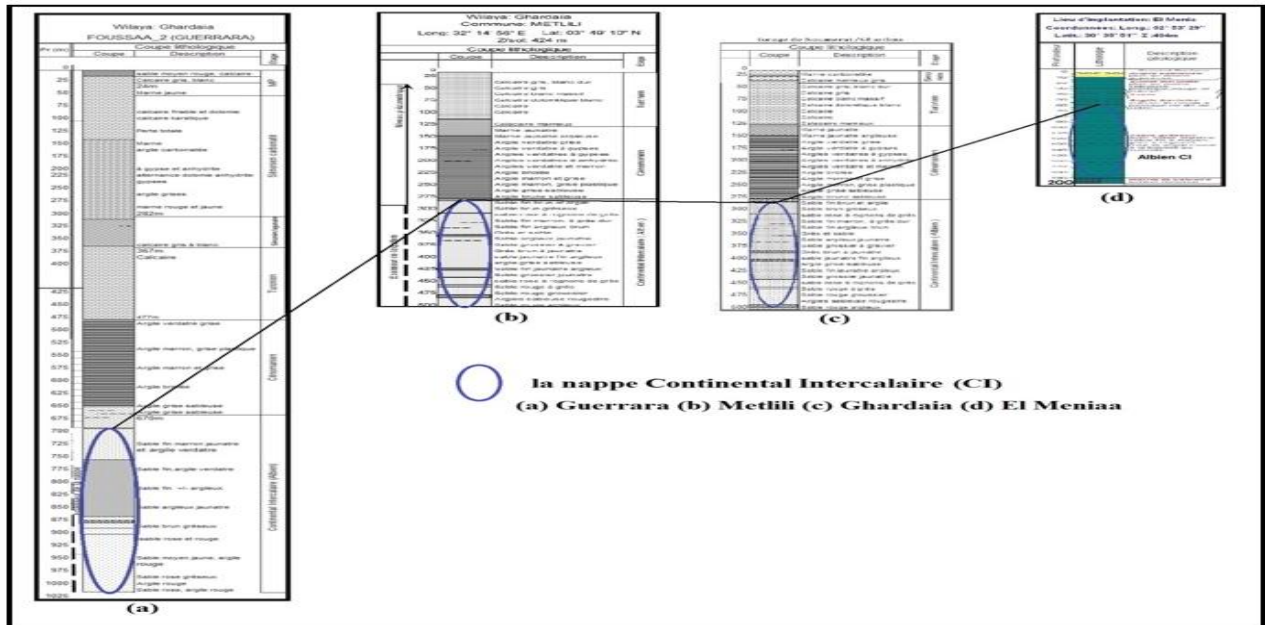


Figure 4. Corrélations litho-stratigraphique des forages d'eau.

#### 4.2. Piézométrie de l'aquifère continental intercalaire

La carte piézométrique de mars 2018 (Fig.5) [6] montre que le sens d'écoulement de CI est de direction Nord-Ouest vers le Sud-est, avec des grandes dépressions piézométriques dans les centres urbains (M'Zab et Metlili) et les zones agricoles, causées par une forte exploitation de la nappe de CI pour l'AEP et pour l'Irrigation. Le gradient hydraulique est relativement faible dans toute la région sauf dans les zones de Sud-Ouest et de Nord-Est.

En ce qu'il concerne les conditions d'exploitation de l'aquifère de continental intercalaire dans la région de Ghardaïa, on distingue deux types de puits:

- Jaillissante dans les régions de Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Meniaa.
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m dans les régions du M'zeb, Metlili et Berriane.

La comparaison entre la carte piézométrique de 2010 et de 2018, montre une diminution du niveau piézométrique dans toute la zone d'étude, avec une moyenne de 9.5 mètres. Dans la vallée du M'zeb, la diminution atteindra 18 mètres, dans le sud de Ghardaïa, la baisse de niveau piézométrique est faible, elle varie entre 6.5m à El Menia et 2.5m à Hassi El Gara.

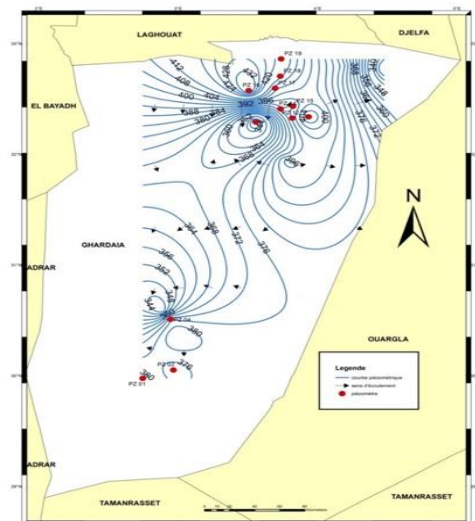


Figure 5. Carte piézométrique de l'aquifère de continental intercalaire en mars 2018.

### 4.3. Géochimie des eaux de continental intercalaire

Le diagramme Piper (1944) [7] a été utilisé dans le but de caractériser l'eau de continental intercalaire. La représentation des résultats d'analyses des eaux échantillonnées sur le diagramme (Fig.6) montre la dominance des eaux sulfatées chlorurées sodiques.

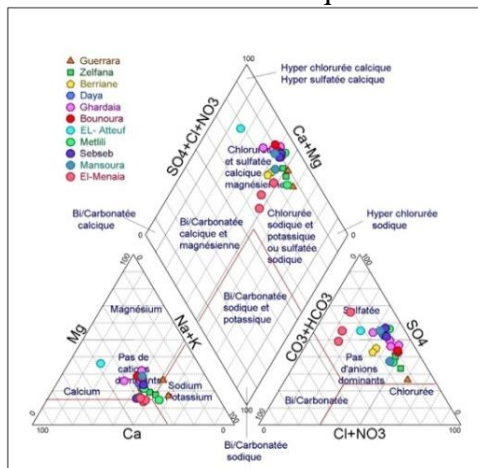


Figure 6. Diagramme de piper pour les eaux de l'aquifère de CI de la région de Ghardaïa.

Du point de vue de la qualité des eaux de CI vis-à-vis au potabilité, la comparaison entre les résultats d'analyses chimiques effectués sur les échantillons d'eau de CI des différentes localités de Ghardaïa et les normes de l'OMS [8.9] (Tab.1), montre que les eaux de CI de Guerrara et Zelfana sont non potable, pour les localités de Berriane, Metlili, Mansourah et Ghardaïa, l'eau de CI se trouve à la limite de potabilité. Les eaux issue de l'aquifère de continental intercalaire de l'EL Meniaa sont de qualité bonne pour la consommation humaine.

Tableau 01: variations des paramètres physico-chimique des eaux de CI de Ghardaïa.

Localités	Ca <sup>2+</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	R.S (mg·L <sup>-1</sup> )
Berriane	67	105	145	8	270	325	170	26	1068
Guerrara	98	170	212	16	470	536	140	21	1840
Ghardaïa	21	149	145	13	265	400	128	10	1226
Zelfana	126	169	112	20	135	950	153	0	1832
Metlili	35	214	145	8	180	796	275	20	1424
Mansourah	60	110	132	7	230	305	163	21	987
EL Meniaa	39	13	63	7	40	45	210	7	370
N-OMS	200	150	200	12	250	250	240	50	2000

Pour étudier la qualité des eaux pour usage agricole, on s'est basé sur les normes de Riverside (Richard, 1954) [10] qui combine deux paramètres: le SAR et la conductivité électrique. La représentation des échantillons sur le diagramme de richard montre quel s'arrangent selon trois classes (Fig.7):

- **Classe C<sub>4</sub>S<sub>2</sub>etC<sub>4</sub>S<sub>1</sub>** : les eaux de CI de Guerrara et quelque forages de la ville de Ghardaïa, sont de qualité médiocre, elles sont fortement minéralisées, on peut l'utilisées seulement pour irriguer des plantes tolèrent aux sels.
- **Classes C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>** : les eaux de CI de Zelfana, Ghardaïa, Bounoura, El Atteuf, Metlili, Sebseb, Mansourah, Berriane et Daya, sont de qualité admissible, mais il faut que la salinité doit être contrôlée.
- **Classe C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>** : les eaux de CI d'El-Menia, sont de qualité est bonne.

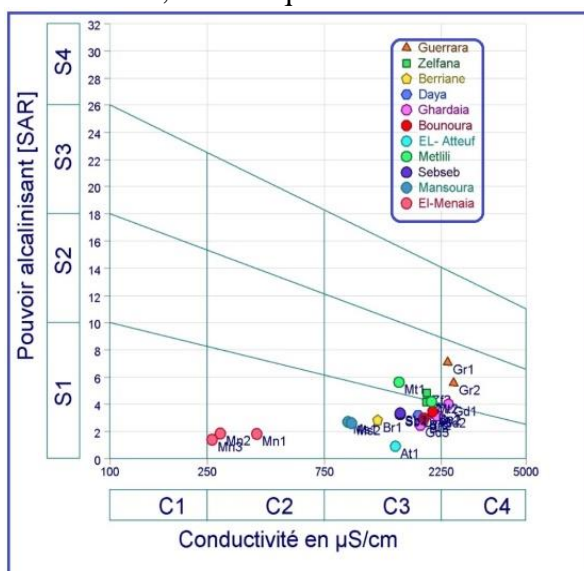


Figure 7. Evolution du SAR en fonction de la conductivité des eaux de l'aquifère de CI de Ghardaïa.

## 5. Conclusion

La région de Ghardaïa se localise dans le sud de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 84 660 km<sup>2</sup>, elle se trouve sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire du Bas Sahara, les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur. L'aquifère de continental intercalaire (CI) constitue le réservoir principal pour l'approvisionnement en eau pour les différents usages, il est constitué de sables fins et grès argileux d'âge albien et de grès et grès-argileux d'âge Barrémien, la profondeur de la nappe est décroissante NE au SO, pour devenir à moins 70 m à El Menia. La carte piézométrique de mars 2018, montre un sens d'écoulement direction Nord-Ouest vers le Sud-est, avec des grandes dépressions piézométriques dans les centres urbains et les zones agricoles, causées par une forte exploitation de la nappe de CI. On constate qu'il ya une diminution moyenne du niveau piézométrique de l'ordre de 9.5 m, dans toute la zone d'étude, on comparaison avec la carte piézométrique de 2010.

Les eaux de continental intercalaires sont dominées par deux facies sulfatées sodiques et chlorurées sodiques. Ces eaux sont non potables dans les régions de Guerrara et Zelfana, elles se trouvent à la limite de potabilité (normes OMS) dans les régions de Berriane, Metlili, Mansourah et Ghardaïa. Par contre dans la région l'EL Meniaa, elles sont de bonne qualité pour la consommation humaine. Quant à la qualité des eaux pour l'usage agricole, l'utilisation de norme de Riverside qui combine deux paramètres, le SAR et la conductivité électrique, montre que les eaux de CI s'arrangent selon trois classes ; médiocre et bonne.

## Références



- [1] **UNESCO. (1972).** Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. (7 vols et annexes).Paris, France.
- [2] **OSS (Observatoire Sahara et Sahel). (2003).** Système aquifère du Sahara
- [3] **Rodier. J. (1984).** L'analyse de l'eau, 7ème édition DUNOD, 1353p.
- [4] **Achour. M. (2014).** Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride: Cas de la vallée du M'Zab (Ghardaïa – Algérie). mémoire magister. Univ d'Oran. 126p.
- [5] **Kebili. M, et Bouziane. M.C.N. (2018).** Etude et suivi des forages hydrauliques dans la région de Ghardaïa, mémoire de master. Univ Ouargla. 65p.
- [6] **Benguelia. R et Hadj Brahim. A. (2018).** Etude Hydrogéologique de Continental intercalaire dans la région de Ghardaïa. mémoire de master. Univ Ouargla. 101p.
- [7] **Piper. A.M. (1944).** Graphical interpretation of water analysis, septentrional: gestion commune d'un bassin transfrontière. Rapport de synthèse. OSS, Tunisie, 322p.
- Transactions of the American Geophysical Union, 25: pp 914 -923.
- [8] **OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2004).** Directives pour la qualité de l'eau de boisson, Vol 1 Recommendations, 3ème édition, OMS, Genève.
- [9] **Bouselsal. B. (2017).** Groundwater quality in arid regions: the case of Hassi Messaoud region (SE Algeria). Journal of Fundamental and Applied Sciences, 9(1), 528-541.
- [10] **Richards L.A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline alkali soils. Washington, DC: US Department of Agriculture, Handbook no. 60.