

LE CUIVRE ET LE ZINC DANS LES EAUX SOUTERRAINES PROFONDES ALBIENNES DE LA REGION DE BISKRA (ALGERIE)

COPPER AND ZINC IN DEEP GROUNDWATER ALBIAN OF THE REGION OF BISKRA (ALGERIA)

A.S. LABADI, M. HADDOUD, M.T. BOUZIANE

Laboratoire d'aménagements hydrauliques et environnement
Université de Biskra – Algérie
ablabadi@gmail.com

RESUME

L'aquifère Albien, appelé aussi nappe du continental intercalaire (CI), est de loin le réservoir le plus important dans la région de Biskra (Algérie) puisqu'il couvre la majeure partie du saharien septentrional où il présente approximativement une superficie de 600.000 Km² avec une capacité en eau de l'ordre de 50.000 Milliards de mètres cube (Nesson, 1975).

Les eaux fossiles du continental intercalaire, ont été rechargées lors des périodes humides et plus froides du Pléistocène inférieur (Guendouz & Moulla, 1995, 1996). Le fonctionnement hydraulique actuel est caractérisé par :

- un très faible taux de remplissage sinon négligeable,
- un écoulement vers le Sud-Est
- et des exutoires représentés par les forages profonds captant cette nappe.

Le présent travail traite des éléments traces dans les eaux de l'aquifère albien de la région de Biskra, particulièrement le zinc et le cuivre. Les échantillons proviennent de 17 forages d'une profondeur de 1641 à 2729 m et produisant des débits de l'ordre de 30 à 120 l/s.

Mots clés : Continental intercalaire, aquifère Albien, élément trace, forages profonds, cuivre, zinc, Biskra

ABSTRACT

The Albian aquifer, also known as the intercalary continental (IC) aquifer, is so far the most important reservoir in the Biskra region (Algeria) as it covers most of the northern Sahara with approximately 600,000 Km² with a water capacity of about 50,000 billion cubic meters (Nesson, 1975).

The fossil waters of the intercalary continental have been recharged during the humid and colder periods of the lower Pleistocene (Guendouz & Moulla, 1995, 1996). The current hydraulic operation is characterized by:

- a very low level of filling, if not negligible,
- a flow towards the south-east
- and outfalls represented by deep drills capturing this groundwater.

This work deals with trace elements in the waters of the Albian aquifer in the Biskra region, particularly zinc and copper. The samples come from 17 boreholes with a depth of 1641 to 2729 m and produce flows of the order of 30 to 120 l / s.

Key words: Continental intercalary, Albian aquifer, trace element, deep boreholes, copper, zinc, Biskra

1 GEOLOGIE DU RESERVOIR

Dans le bassin sud algérien, le Continental Intercalaire est toujours coiffé d'une épaisse série argilo-gypseuse (Cénomaniens inférieur) surmontée d'une dalle calcaire (Cénomaniens supérieur et Turonien). Il comprend un complexe gréseux barrémo-albien continu dont l'épaisseur dépasse 1.200 m au pied de l'Atlas Saharien. Les couches aptiennes d'une épaisseur de 50 à 60 m viennent s'intercaler entre ces deux ensembles. La partie inférieure de l'Aptien est entièrement continentale alors que la partie supérieure comprend des argiles, des marnes, des anhydrites, des calcaires et des dolomies.



Figure 1 : Zones d'affleurements du Barrémo-Albo-Aptien dans l'Atlas Saharien (extrait de la carte géologique de Biskra 1/200.000).

Les forages qui ont traversé le Continental Intercalaire permettent d'avancer le chiffre approximatif de 600 m pour l'épaisseur moyenne de la formation en soulignant que la moitié environ, en est occupée par des argiles pélitiques moins perméables que les grès (A. Cornet & PH. Rognon, 1961).

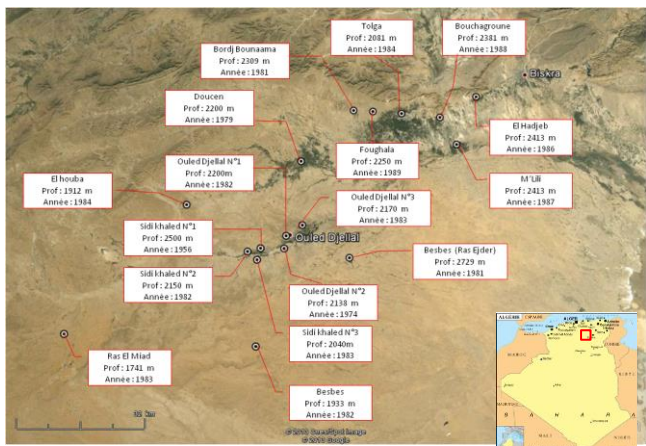


Figure 2 : Localisation des forages albiens dans la région de Biskra (○).

2 LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La conductivité, la température et le pH ont été mesurés in situ avec le wtw Multi 340i et le dosage des éléments traces métalliques (cuivre, zinc) a été effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique bifaisceau de type Shimadzu AA 6800.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 La température

Les valeurs des températures obtenues pour les différents forages oscillent entre 38 à 69°C (figure.3). Les eaux des forages albiens sont donc à classer dans la catégorie des eaux hyperthermales (sup à 45°C), hormis le forage de Ras El Miad, avec une température de 38,5°C, qui appartient à la classe des eaux mésothermales (35 à 45 °C).

Il faut admettre qu'une perte thermique pendant l'ascension des eaux jusqu'à la surface est fort probable, ainsi, les températures doivent être plus élevées à l'intérieur du réservoir que celles que nous avons enregistrées à l'exutoire (Bouziane & Labadi, 2009).

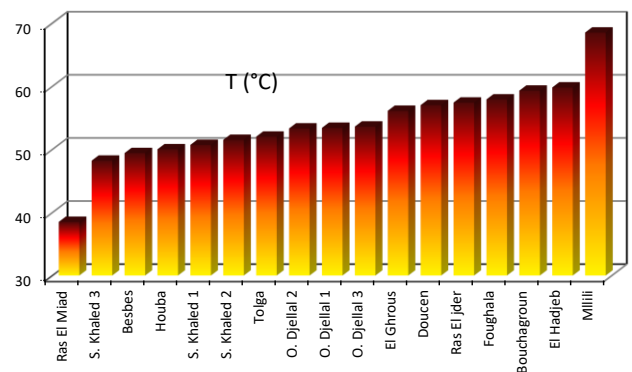


Figure 3 : Température des eaux albiennes de la région de Biskra

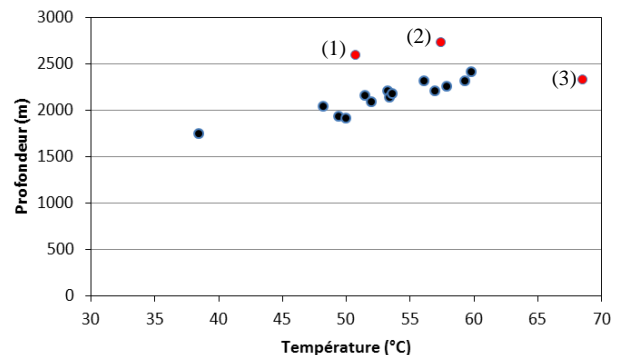


Figure 4 : Variation de la température des eaux albiennes en fonction de la profondeur.

La figure 4 montre que nous sommes en présence d'une augmentation linéaire de la température en fonction de la profondeur, sauf pour les forages de Sidi Khaled N°1 (1), de Ras El Idjer (2) et de M'lili (3). Les deux premiers présentent des températures inférieures à 60°C malgré que leurs profondeurs dépassent de loin les 2500m, et le second, avec une profondeur de 2334 m, a une température de 68,5°C qui représente la température la plus élevée de la région. Celle-ci est nettement plus élevée que les températures enregistrées à des profondeurs équivalentes.

3.2 Potentiel d'Hydrogène

Les valeurs du pH obtenues pour les différents forages oscillent entre 7.2 à 8. Si l'on tient compte des phénomènes intervenus au cours de la prise d'échantillon (aération, perte de CO₂, détente) et le long du parcours de l'eau dans le tubage (température, pression), le pH de l'eau au niveau des crépines des forages profonds doit être de l'ordre de 5,5, il évolue ensuite dans le tubage sans dépasser 6,5 à l'instant qui précède la détente à l'air libre, puis se stabilise lentement vers 7,5 (UNESCO, 1972).

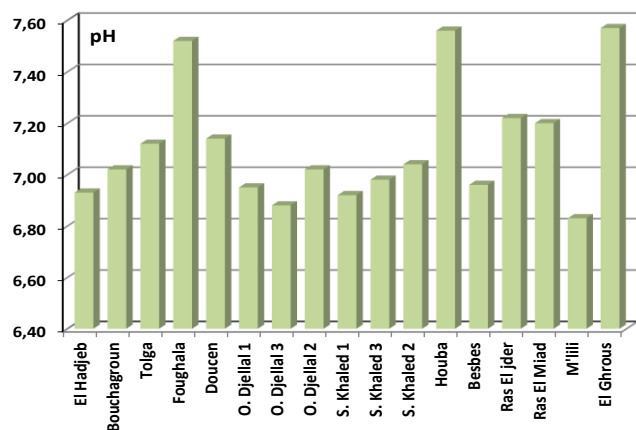


Figure 5 : Valeurs du pH des eaux des forages albiens.

3.3 La conductivité électrique

Les mesures de la conductivité montrent une minéralisation élevée et pour la plupart un dépassement de la norme recommandée pour les eaux d'alimentation en eau potable. Elles varient de 1,15 mS/cm à 4,1 mS/cm. Nous retrouvons ici le rôle de la température élevée dans la dissolution des sels minéraux contenus dans les structures géologiques.

Différents processus peuvent affecter la composition chimique des eaux chaudes profondes, au cours de leur remontée et de leur refroidissement depuis le réservoir géothermique vers la surface (mélange avec des eaux superficielles plus froides, dissolution et/ou précipitation de minéraux, dégazage, ébullition, etc), (Serra & Sanjuan, 2004).

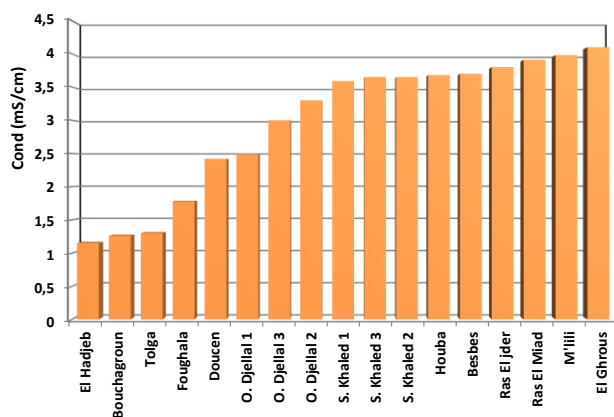


Figure 6 : La conductivité électrique des eaux albiennes.

La conductivité augmente aussi dans le sens de l'écoulement. En effet, plus nous nous éloignons vers le Sud des affleurements de l'Albien au nord de Tolga, plus la minéralisation augmente.

3.4 Résultats relatifs au dosage du zinc

Les valeurs du zinc obtenues pour les différents forages oscillent entre 0,75 10⁻² mg/l (forage M'lili) à 2,13 10⁻² mg/l (forage Ouled Djellal 1).

Les résultats obtenus dans tous les forages sont très inférieurs au seuil de toxicité cité par l'OMS qui est de 5 mg/l pour le zinc.

Tableau 1 : Valeurs de quelques paramètres du Zinc

Minimum (10 ⁻² mg/l)	Maximum (10 ⁻² mg/l)	Moyenne (10 ⁻² mg/l)	Variance	Ecart type
0,75	2,13	1,29	0,14	0,37

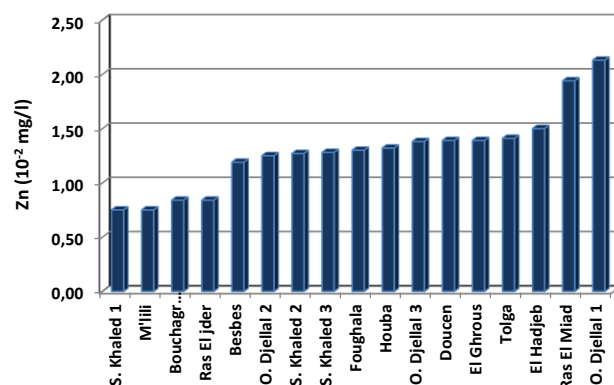


Figure 7 : Teneurs en zinc dans les eaux des forages albiens de Biskra

3.4.1 Relation entre la teneur du zinc et la profondeur des forages

Pour une courbe de tendance linéaire et pour l'ensemble des forages, le coefficient de corrélation est de 0.41. Ce qui signifie que la relation entre la teneur en zinc et la profondeur des forages est relativement faible (figure 8).

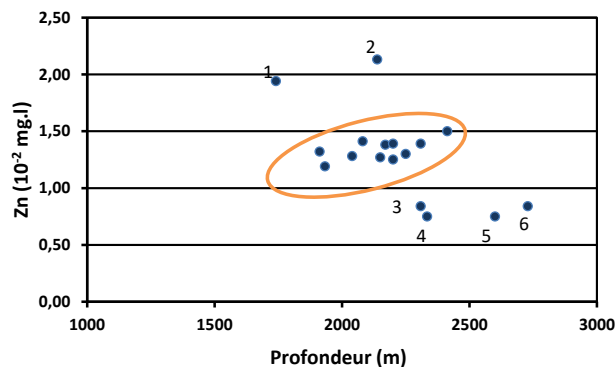


Figure 8 : Relation entre la teneur en zinc et la profondeur

Néanmoins, nous pouvons observer la présence d'une relation linéaire sous forme d'un nuage de points pour 11 forages sur les 17 pris en considération.

3.4.2 Relation entre la teneur du zinc et la température des eaux

De la même façon que pour la profondeur, nous constatons sur la figure 9 qu'il n'y a aucune relation franche entre la teneur du zinc et la température.

Là aussi, nous remarquons l'individualisation de 11 forages sous forme de nuage de points et l'éloignement de la même façon que dans le cas de la profondeur des mêmes 6 forages en dehors de ce nuage.

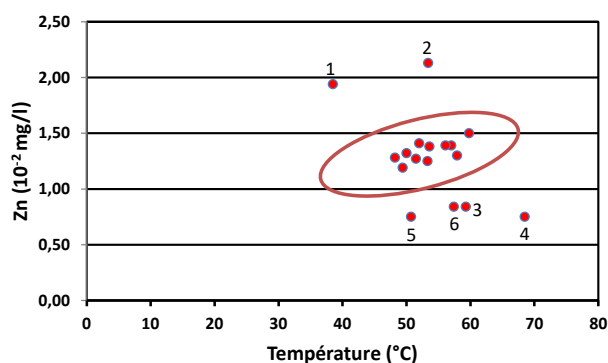


Figure 9 : La relation entre la teneur du zinc et la température des eaux

3.4.3 Répartition spatiale du zinc

La figure 10 représentant la répartition spatiale de la teneur du zinc dans les eaux albiennes fait ressortir clairement une diminution de la concentration du Nord-Ouest, depuis les zones d'affleurement, vers le Sud-Est. Cette direction correspond au sens de l'écoulement global des eaux de l'aquifère albien.

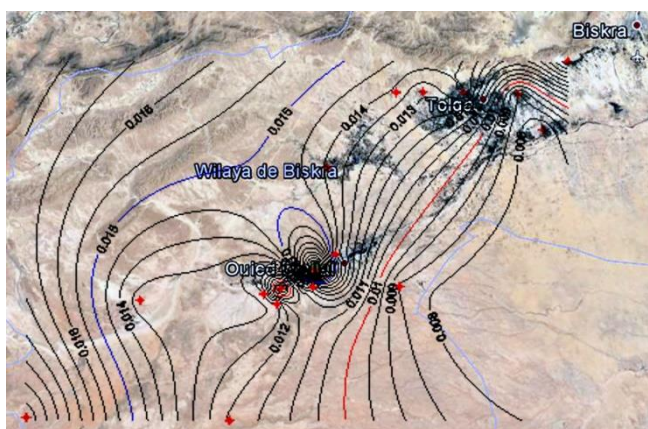


Figure 10 : Répartition spatiale du zinc

3.5 Résultats relatifs au dosage du cuivre

Les valeurs du cuivre obtenues pour les différents forages oscillent entre 0.029mg/l au niveau du forage de Tolga et 0.175mg/l obtenue au forage de Sidi Khaled 1(Cité Karkar).

Les concentrations du cuivre dans les eaux sont assez disparates, tous les indicateurs statistiques sont nettement plus élevés, comme le témoigne le tableau 2.

Les résultats obtenus dans tous les forages sont strictement inférieurs au seuil de toxicité fixé par l'OMS qui est de 2mg/l pour le cuivre.

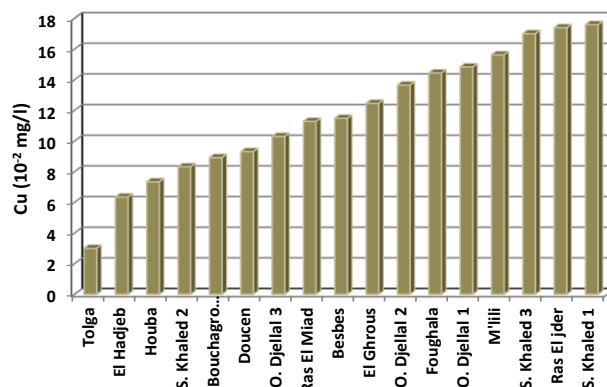


Figure 11 : Teneurs du cuivre dans les eaux albiennes de Biskra

Tableau 2 : Valeurs de quelques paramètres du Cuivre

Minimum (10 ⁻² mg/l)	Maximum (10 ⁻² mg/l)	Moyenne (10 ⁻² mg/l)	Variance	Ecart type
2,99	17,66	12,90	19,82	4,45

3.5.1 Relation entre la teneur en cuivre et la profondeur

La figure 12 montre clairement l'inexistence de relation entre les teneurs du cuivre dans les eaux albiennes et la profondeur des forages. Les points représentatifs ne présentent aucune corrélation et ne suivent aucune courbe de tendance.

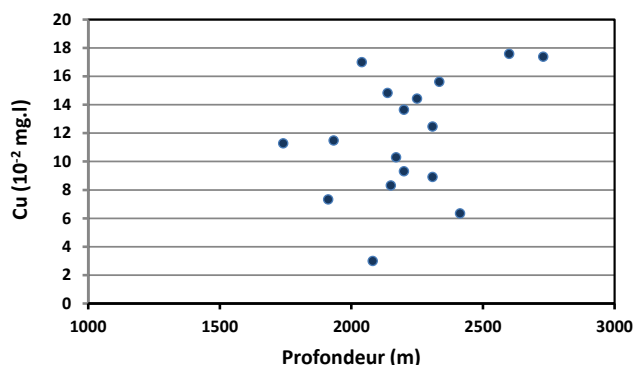


Figure 12 : Relation entre la teneur de cuivre et la profondeur des forages

3.5.2 Relation entre la teneur du cuivre et la température des eaux

L'agencement des points issus de la fonction cuivre-température de l'eau ne montre aucune concordance entre ces deux facteurs. La variation de la teneur en cuivre de l'eau se fait indépendamment de la température de celle-ci.

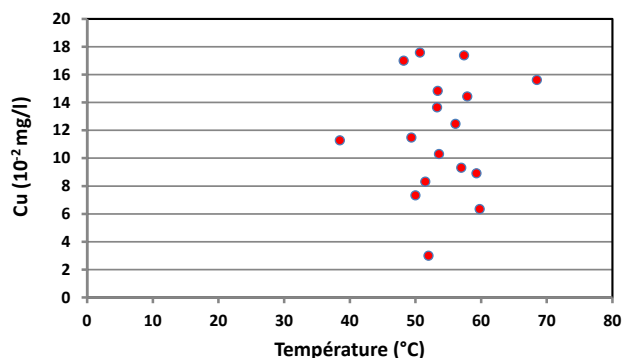


Figure 13 : Relation entre la teneur de cuivre et la température

3.5.3 Variation spatiale du cuivre

La figure 14 représentant la répartition géographique des teneurs en cuivre dans les différents forages fait apparaître deux zones distinctes ; la première autour du forage de Sidi Khaled 1 où la concentration est la plus élevée et la seconde autour du forage de Tolga qui possède la teneur la plus faible.

Contrairement au zinc, nous sommes en présence d'une augmentation globale de la concentration en cuivre du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Cette augmentation est dans le sens de l'écoulement des eaux souterraines (Bouziane, Labadi, 2009).

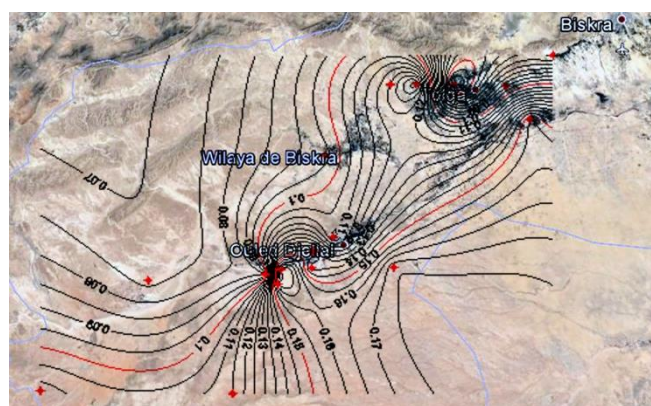


Figure 14 : Variation spatiale du cuivre

4 CONCLUSION

D'un point de vue géologique, la région de Biskra se présente comme un pays de transition structurale et sédimentaire entre deux domaines ; atlasique au Nord et saharien au Sud. La géomorphologie et la disposition des sédiments ont favorisé l'infiltration et la circulation souterraine des eaux précipitées sur les affleurements en auréoles concentriques du pourtour.

Dans cette région caractérisée par une aridité marquée et des écoulements superficiels limités, ce sont les eaux souterraines qui font son originalité, car indépendantes des fluctuations climatiques actuelles.

La majorité des eaux souterraines de la région de Biskra sont fortement chargées, les conductivités passent du simple au triple et dépassent de loin les normes de potabilité admises.

L'acquisition du chimisme de ces eaux est contrôlée ou guidée par le contexte naturel global des aquifères.

L'analyse des eaux souterraines albiennes de la région de Biskra par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme a montré que les deux éléments métalliques, le cuivre et le zinc, sont présents avec des teneurs très faibles. Les concentrations sont de l'ordre de 0.0634 à 0.1738 mg/l pour le cuivre et de 0.0075 à 0.0213 mg/l pour le zinc. Ces teneurs restent très inférieures aux normes fixées par l'organisation mondiale de la santé.

La corrélation de la concentration de ces deux éléments avec les différents facteurs physico-chimiques des eaux souterraines ainsi qu'avec la profondeur des forages n'a pas mis en évidence une relation apparente entre les teneurs et les différents facteurs. Ce qui nous pousse à penser que la variation spatiale des teneurs en cuivre et en zinc des eaux souterraines albiennes est essentiellement géochimique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. BOUZIANE, M.T., LABADI, A.S. (2009). Les Eaux Profondes de la Région de Biskra (Algérie) European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.25 No.4, pp.526-537.
- [2]. CORNET A. (1964) : Introduction à l'hydrogéologie saharienne ; Rev. Geog. Phys. Geo. Dyn. Vol.VI ; Fasc.1 ; pp5-72.
- [3]. FABRE J. (1976) : Introduction à la géologie du Sahara algérien. Ed.SNED, Alger ;
- [4]. GUENDOUCZ, A. ; MOULLA, A.S. (2006) : Utilisation des techniques isotopiques à la détermination de la recharge et de l'évaporation à travers la zone non-saturée en zone aride. Proc. International Congress on: « Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development (GIRE3D), 23-25/ 05/ 2006, Caddi Ayad Univ., Marrakech, Morocco.

- [5]. LABADI A.S. (2013). Contribution de l'hydrochimie à la connaissance de la structure et du fonctionnement des ressources hydriques superficielles et souterraines du Sahara septentrional – Cas de la région de Biskra. Thèse doctorat en sciences, université de Biskra.
- [6]. MIQUEL, M. (2001). Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.
- [7]. NESSON C. (1975) : L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara Algérien. Mem.Doc, Ed.CNRS, Vol17;96p.
- [8]. O.S.S (2003) : Système Aquifère du Sahara Septentrional : Gestion commune d'un bassin transfrontière. Rapport de Synthèse\ OSS. _ OSS : Tunis, 2003. _ 147 p., 21 cm. ISBN : 9973-856-03-1. Observatoire du Sahara et du Sahel.
- [9]. SERRA H., SANJUAN B. (2004). Synthèse bibliographique des géothermomètres chimiques appliqués aux eaux géothermales. Rapport final, BRGM/RP-52430-FR..