



QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET PARAMETRES DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE BISKRA

BOUCHEMAL F.¹, ACHOUR S.²

^{1,2} Université d'El Oued

² Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface
(LARHYSS)

Université de Biskra, BP 145, RP, 07000, Biskra, Algérie

RESUME

Le principal objectif de cette étude est un diagnostic de la qualité d'eaux souterraines de la région de Biskra. L'analyse de la qualité physico-chimique a porté sur 12 échantillons prélevés de forages de différentes nappes aquifères exploitées dans la région, utilisées pour la consommation humaine. Les résultats obtenus ont montré que l'eau de la nappe des calcaires (Maestrichien) a une meilleure qualité que celles des autres aquifères (Phréatique, Miopliocène, Eocène inférieur). Ceci concerne plus particulièrement le pH, la conductivité (minéralisation), la dureté totale ainsi que la concentration des éléments majeurs. L'étude des paramètres de pollution a mis en évidence qu'il y avait un excès dans la concentration des nitrates ainsi que du manganèse et de l'ammoniac. Cela peut probablement être dû à la proximité de terres agricoles ainsi que de zones industrielles dans le cas de quelques forages. À cet effet, l'évaluation continue de la qualité de l'eau est impérative et un traitement pour réduire la détérioration de la qualité des eaux et éliminer les problèmes de santé peut s'avérer nécessaire.

Mots clés : Diagnostic, eaux souterraines, qualité physico-chimique, pollution, région de Biskra.

ABSTRACT

This study's main objective is the diagnosis of the quality of groundwater in the Biskra area. The analysis of the physico-chemical quality included 12 samples from boreholes in different aquifers exploited in the area, used for human consumption. The results showed that the water of the limestone aquifer (Maestrichian) is better than other aquifers (phreatic, Miopliocene, Eocene). This affects more particularly the pH, conductivity (mineralization), total hardness and the concentration of the major elements. The study of the pollution parameters showed that there was an excess in the concentration of nitrate and manganese and the ammonia. This may possibly be due to the proximity of agricultural land as well as industrial areas in the case of some boreholes. To this end, continuous assessment of the water quality is imperative and treatment to reduce the deterioration of water quality and eliminate health problems may be necessary.

Keywords: Diagnosis, groundwater, physicochemical quality, pollution, Biskra area.

INTRODUCTION

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (PNUD, 2009)

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigué et l'industrie (Harrat et Achour, 2010).

La gestion des ressources en eau, en quantité et en qualité, reste au centre des préoccupations du pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse.

Le degré de qualité exigible des eaux dépend évidemment de ces usages, et on est particulièrement attentif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, elle même dépendante de celle des ressources en eau disponibles (Festy et al., 2003).

La Wilaya de Biskra jouit sur le plan hydrique d'un double avantage : les eaux superficielles du Nord (Aurès, Atlas tellien) qui quadrillent la quasi totalité du territoire de la wilaya (Oued Biskra, Oued Djeddi, Oued El Arab, Oued El Abiod), et les eaux souterraines du Sahara septentrional représentées

principalement par les aquifères du Complexe Terminal (CT) et du Continental Intercalaire (CI) en plus de la nappe phréatique (A.N.A.T, 2003).

Le principal objectif de cette étude est la détermination de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région ainsi que le degré de pollution des ces dernières grâce à un échantillonnage des eaux de différentes nappes exploitées.

APERCU SUR LA REGION D'ETUDE

La wilaya de Biskra se situe au Sud Est de l'Algérie, elle occupe une superficie de 21671 km², son altitude est de 128 mètres au niveau de la mer. Elle est caractérisée par un climat froid en hiver, chaud et sec en été.

La wilaya de Biskra (Figure 1) est limitée par :

- Le Nord : Wilaya de Batna et M'sila.
- Le Sud : Wilaya de Ouargla. et El-Oued.
- L'Est : Wilaya de Khenchela.
- L'Ouest : Wilaya de Djelfa (eden-Algérie.com).

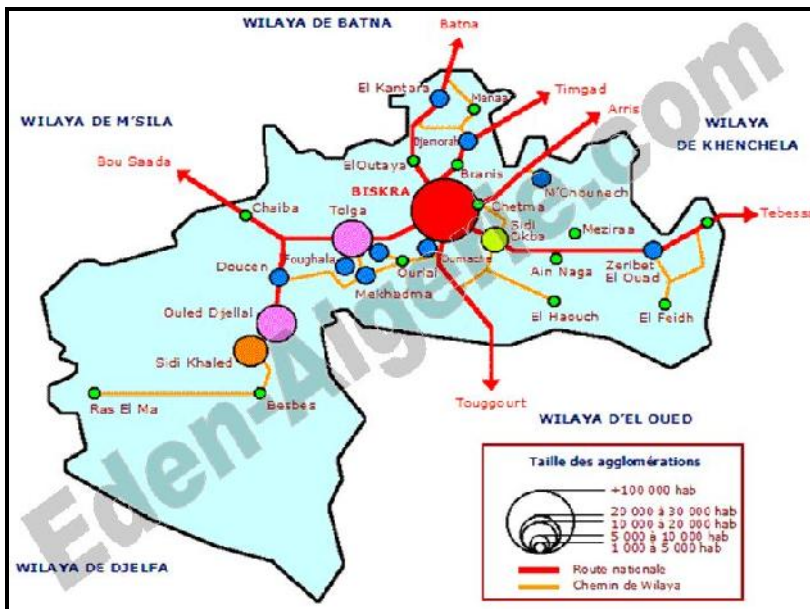


Figure 1 : Situation de la Wilaya de Biskra (eden-Algérie.com)

La wilaya de Biskra fait partie du grand bassin hydrogéologique du Sahara Septentrional caractérisé par deux systèmes aquifères, le complexe terminal et

le continental intercalaire. Ces derniers constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde dont la ressource en eau mobilisable est estimée à 5 milliards de mètres cubes (ERESS, 1972).

Les ressources en eau souterraines de la région de Biskra se localisent dans

- plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de part leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères appartiennent aux étages suivants (A.N.A.T, 2003) :
- Le Mio-plio-Quaternaire (représenté par la nappe des sables et la nappe superficielle du Quaternaire)
- L'Eocène inférieur (nappe des calcaires)
- Le Sénonien supérieur (Maestrichtien)
- L'Albien et le Barrémien (nappe du continental intercalaire)

MATERIEL ET METHODES

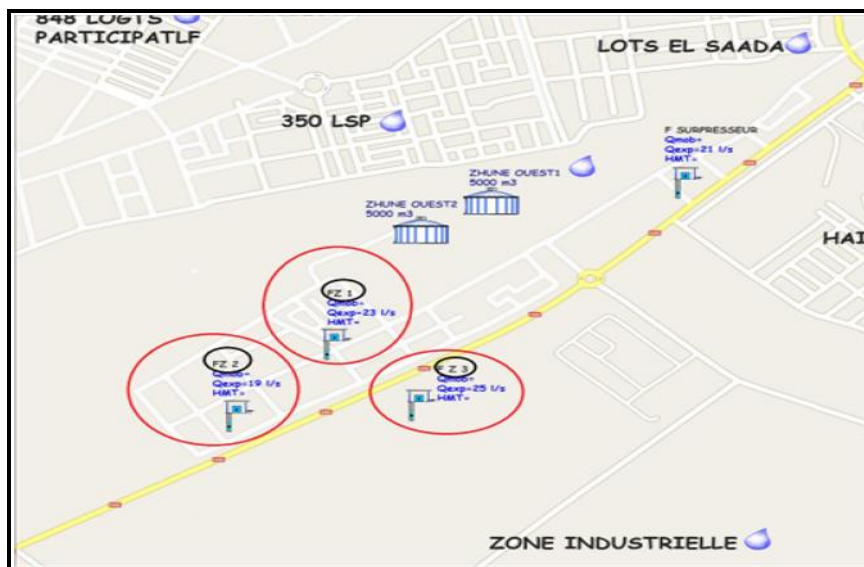
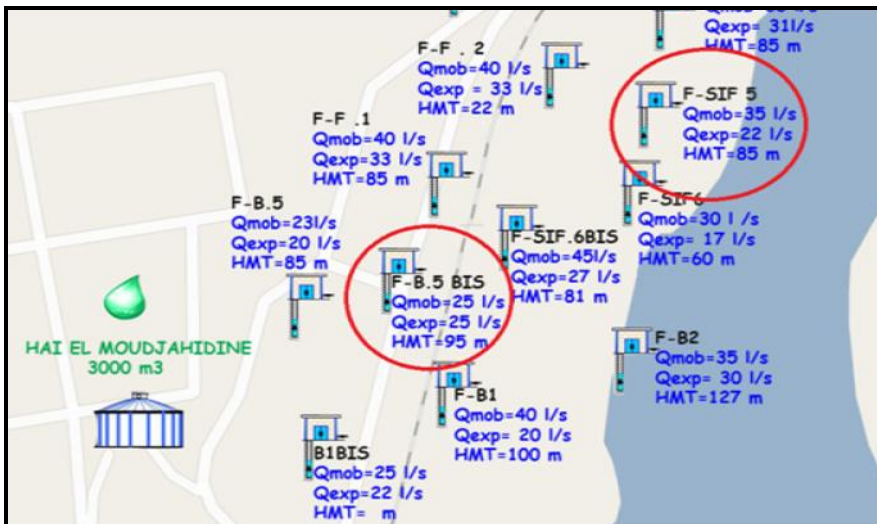
Echantillonnage

Les prélèvements des eaux des forages ont été effectués entre Janvier 2011 et Mai 2014 et concernent les nappes du complexe terminal et la nappe phréatique. Ces prélèvements sont manuels et sont réalisés en tête du forage.

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de 1000 cm³ de capacité. Avant le prélèvement proprement dit, le flacon est rincé soigneusement par l'eau de forage.

La conductivité et la température ont été mesurées sur place. Pour chaque échantillon, le flacon doit porter le code de forage, la date de prélèvement, la profondeur et le niveau de l'aquifère. La figure 2 présente l'emplacement de forages testés.

Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra



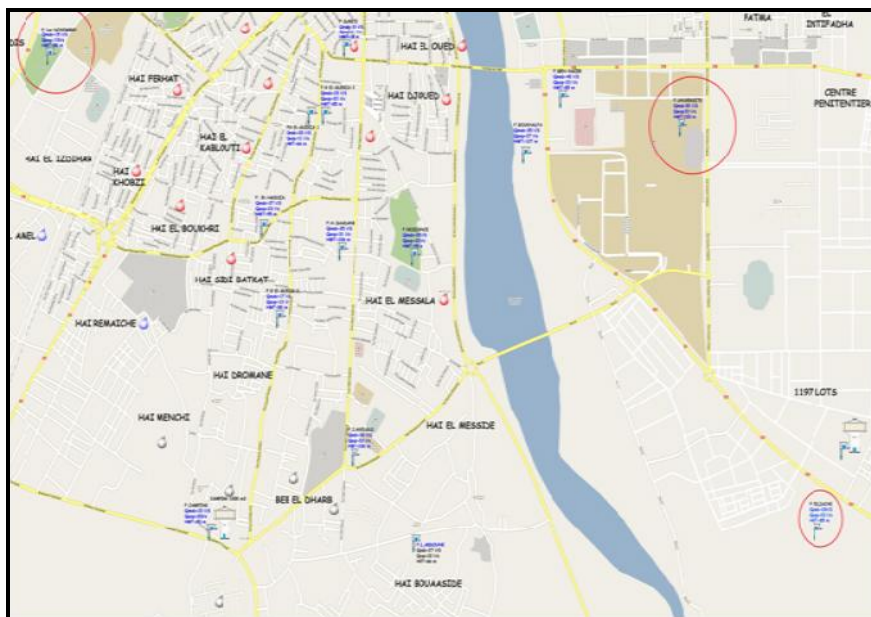


Figure 2 : Localisation de quelques points de prélèvements

Méthodes analytiques

Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux ont été effectuées au sein du laboratoire « LARHYSS », à l'université de Biskra. Les procédures de dosage sont déduites des méthodes d'analyse standard (Rejesk, 2002 ; Rodier, 2005).

La conductivité est déterminée grâce à un conductimètre électrique (WEILHEIM LF 90) qui donne directement la conductivité de l'échantillon, à la température adoptée (25°C) en ms/cm ou $\mu\text{s/cm}$. La dureté totale des échantillons est déterminée par titrage avec l'acide éthylène-diamine-tétracétique (EDTA) qui complexe quantitativement de nombreux métaux, dont le Ca^{2+} et Mg^{2+} ; ceci dans un milieu tamponné entre 9,5 et 10 en présence du noir d'ériochrome T comme indicateur. La mesure de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume de l'échantillon par l'acide sulfurique (N/50), en présence de phénolphtaleïne pour la détermination du TA, et du méthylorange pour la détermination du TAC. Les chlorures sont déterminés par la méthode de Mohr et les sulfates par la lecture de l'absorbance à $\lambda = 420 \text{ nm}$ pour une suspension obtenue par réaction des sulfates avec le chlorure de baryum pour certains échantillons et par photométrie pour la majorité des prélèvements (Palintest).

Le sodium et le potassium sont dosés par photométrie à émission de flamme sur un appareil JENWAY PFP7. Les phosphates, les nitrates, les nitrites, le manganèse, le fer, le cuivre et l'ammoniac sont déterminées à l'aide d'un photomètre multiparamètre (C 200 multiparameter ino specific meter HANNA). Les cartes de classification des éléments majeurs sont tracées à l'aide d'un logiciel « diagramme » qui nous a permis de tracer le diagramme de Piper et celui de Schoeller Berkloff. Ces deux graphiques sont les représentations des concentrations en ions majeurs les plus courants.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses physico-chimiques et l'ensemble des paramètres de pollution testés sont présentés en histogrammes dont nous proposons quelques exemples et cela pour les différents niveaux aquifères exploités dans la région.

Température

Le tableau 1 montre que les températures mesurées sur les eaux de la nappe du Miopliocène présentent des valeurs moyennement élevées, vu la période d'échantillonnage (mois de Mai). Elles varient entre 20°C et 32°C. Par contre, les eaux de la nappe de l'Eocène inférieur présentent des températures plus faibles entre 16,5°C et 25°C, la température, des nappes superficielles, est plus élevée que celle des nappes sous-jacentes (Bouchahm et Achour, 2008).

Tableau 1 : Températures des eaux de la région de Biskra pour le niveau du Complexe Terminal

Nom de forage	Niveau aquifère	Température
Felliache 1	Miopliocène	27
Jeunes Aveugles	Miopliocène	31
F. Environnement	Miopliocène	32
1 ^{er} Novembre	Miopliocène	20
Université	Miopliocène	21,5
Ben nacer	Miopliocène	29
Gendarmerie	Miopliocène	27
Labdaa 1	Eocène inférieur	16,5
Nouvelle Daïra	Eocène inférieur	19
Bordj Ben Azouz	Eocène inférieur	25

Le pH

Le pH des eaux de différentes nappes varie entre 6,50 et 8,30 (Figure 3). Il apparait que le pH de toutes ces eaux est de caractère à caractère alcalin pour les eaux les plus superficielles de la nappe phréatique et avec un caractère acide ou alcalin variable pour les autres nappes. Pour les eaux à caractère légèrement acide, ceci pourrait impliquer que les eaux pouvaient encore contenir du CO₂ libre au moment de la mesure In Situ. Toutefois, les valeurs mesurées restent conformes aux normes de potabilité, que ce soit celles algériennes (JORADP, 2011) ou de l’OMS (2004) puisqu’elles sont comprises dans un intervalle de potabilité de 6,5 à 9.

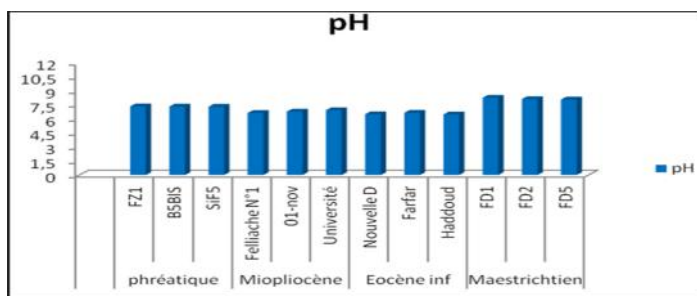


Figure 3: La variation du pH dans les nappes étudiées

La Conductivité

Toutes les valeurs mesurées de la conductivité (Figure 4) indiquent une minéralisation très élevée car elles sont globalement supérieures à 1000 µs /cm. Les conductivités dépassent en majorité 2 à 3mS/cm sauf pour les eaux du Maestrichtien. Remarquons enfin que cette salinité est avant tout d’origine géologique (salinité primaire). Mais elle aurait tendance à s’accroître du fait d’une mauvaise exploitation des forages, voire même être aggravée par une pollution d’origine anthropique, rendant l’eau impropre même à l’irrigation (Achour et al., 2008).

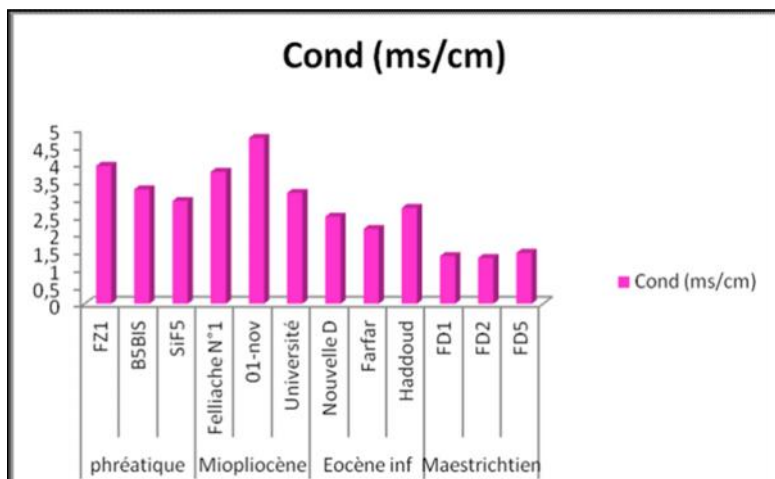


Figure 4 : Conductivité mesurée au niveau des forages testés

Titre hydrotimétrique

Sur l'ensemble des échantillons prélevés, le titre hydrotimétrique (TH) dépasse dans la majorité assez largement 50° F, voire même 100°F, et de ce fait les normes de l'O.M.S. Seuls les échantillons d'eau provenant de la nappe du Maestrichtien présentent des valeurs du TH plus faibles.

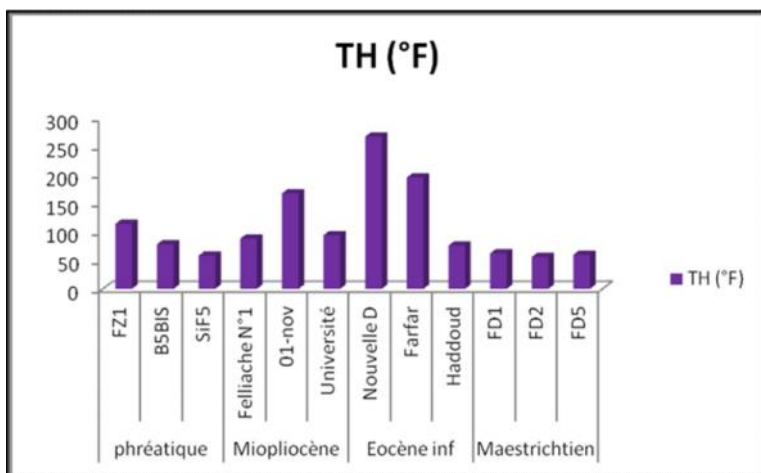


Figure 5 : Les valeurs du titre hydrotimétrique (TH) dans les eaux des différentes nappes

Concernant la répartition de la dureté des eaux entre les concentrations en calcium et magnésium, la figure 6 présente les différents résultats obtenus.

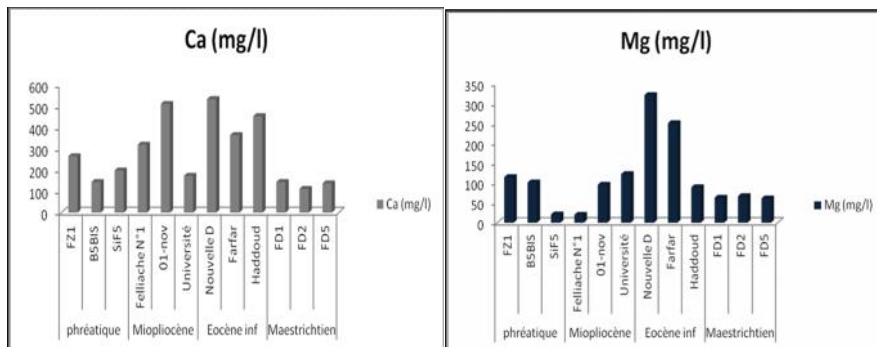


Figure 6 : Teneurs en calcium et magnésium dans les eaux échantillonnées

Notons aussi que l'étude de Bouchahm et Achour (2008) fait remarquer que l'évolution du rapport Mg/Ca a indiqué localement l'intervention de gypses dans l'enrichissement des eaux en calcium et en magnésium.

Le calcium et le magnésium sont en forte concentration et sont dominants parmi les cations dans le cas des eaux les moins superficielles (Eocène et Maestrichtien).

Notons aussi que l'étude de Bouchahm et Achour (2008) fait remarquer que l'évolution du rapport Mg/Ca a indiqué localement l'intervention de gypses dans l'enrichissement des eaux en calcium et en magnésium.

Autres éléments majeurs

La figure 7 présente les teneurs en sodium, chlorures, sulfates et bicarbonates. Contrairement aux nappes de l'Eocène et Maestrichtien, les nappes phréatiques et celle du Mipliocène ont pour cation dominant le sodium.

Pour les eaux de ces nappes, le rapport Ca/Na montre des valeurs souvent inférieures à 1. Ce qui peut constituer un fort danger d'alcalinisation et de salinisation des sols pour cette région (Achour et al., 2008).

Parmi les anions, ce sont le plus souvent les chlorures et les sulfates qui sont en plus forte concentration. L'eau du Maestrichtien présente cependant comme ions dominants les sulfates et les bicarbonates.

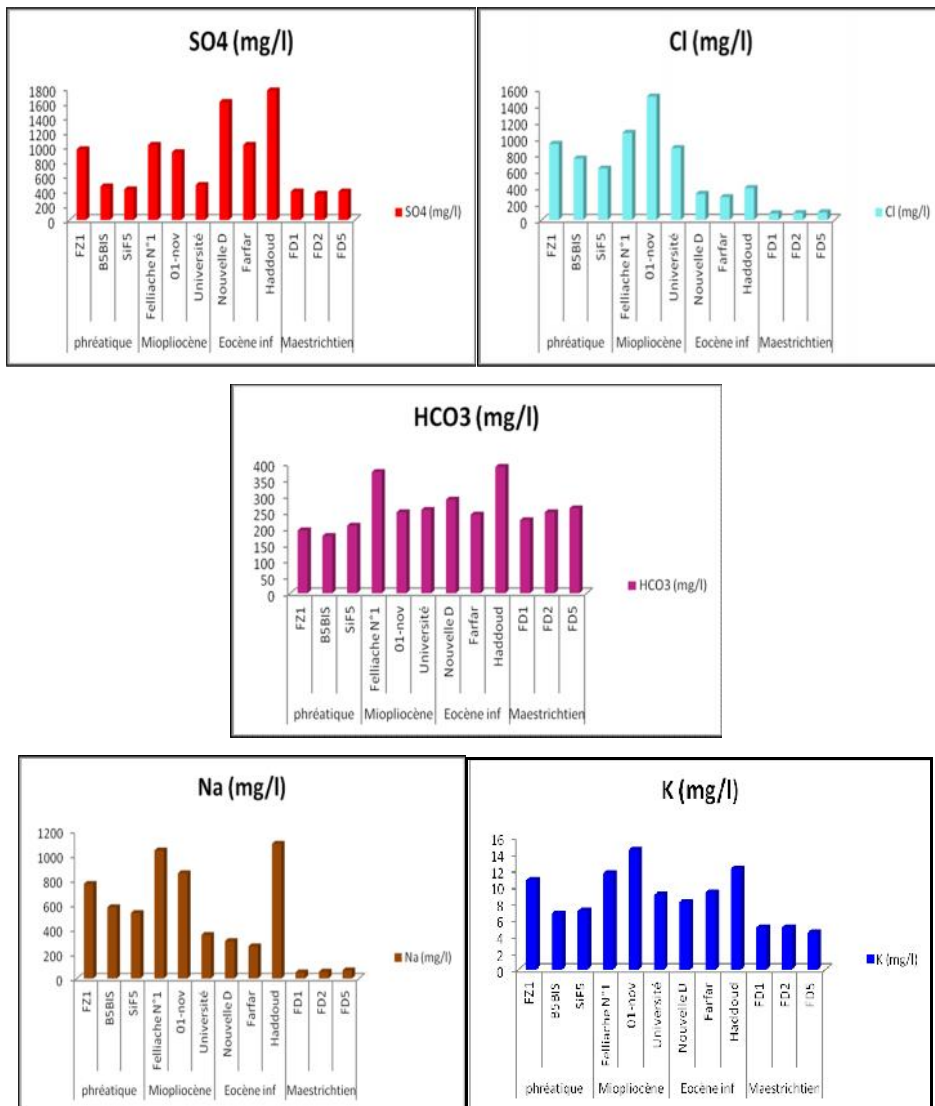


Figure 7 : Concentrations d'éléments minéraux majeurs au niveau des forages des différentes nappes

Facies chimique des eaux testées

Nous avons utilisé le diagramme de Piper (figure 8) qui permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

Ce diagramme de Piper met en évidence les faciès des quatre catégories d'eau de l'étude.

1. Les eaux de la nappe phréatique
2. Les eaux de la nappe du Mioplocène
3. Les eaux de l'Eocène inférieur
4. Les eaux du Maestrichtien (Sénonien supérieur)

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff (Figure 9) permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

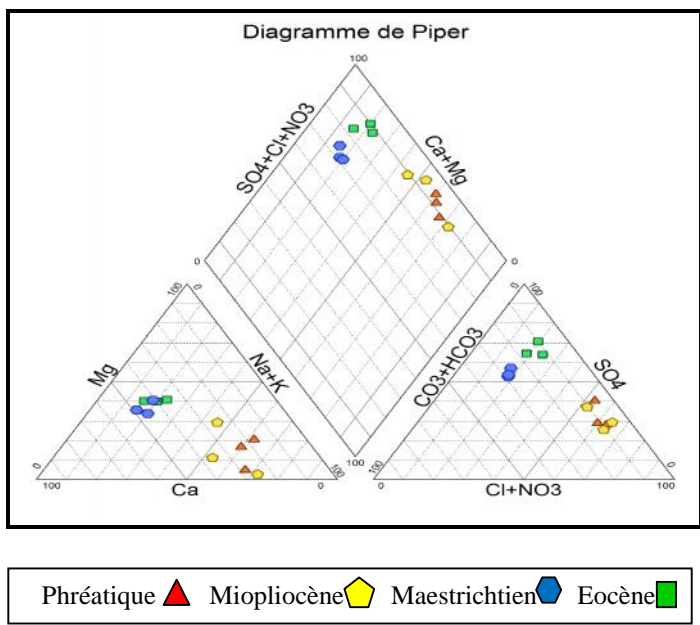


Figure 8 : Diagramme de Piper des eaux testées de la région de Biskra

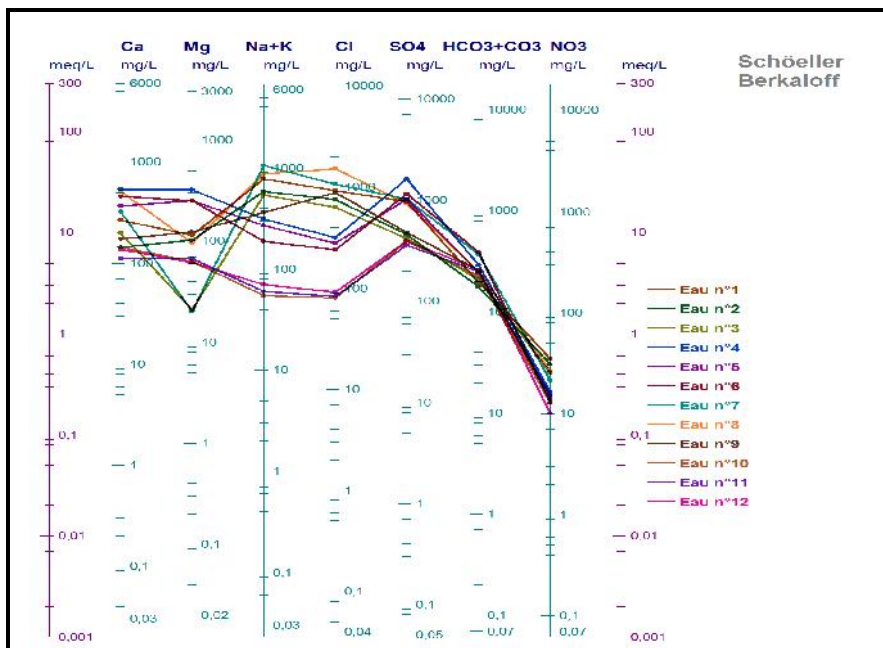
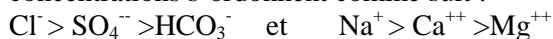


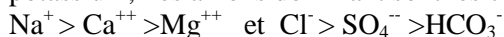
Figure 9 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de forages échantillonnées

- A travers ces représentations, les eaux de la nappe phréatique présentent un faciès chloruré sodique et potassique.

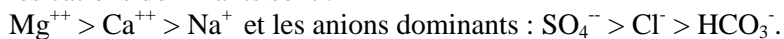
Selon le diagramme de Schöeller-Berkaloff (Figure 9), les ions dominants sont les chlorures pour les anions et le sodium et le potassium pour les cations. Les concentrations s'ordonnent comme suit :



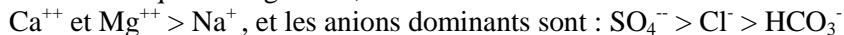
- Pour la nappe du Miopliocène, ces eaux présentent le faciès chloruré sodique et potassique, un seul forage présente le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Les cations dominants pour le premier pôle sont le sodium et le potassium, les anions dominants sont les chlorures.



- La nappe du Maestrichtien présente un faciès sulfaté calcique et magnésien, les cations dominants sont :



- Pour la nappe de l'Eocène inférieur, les eaux de cette nappe sont de type sulfaté calcique et magnésien, les cations dominants sont :



Paramètres de pollution

Les éléments minéraux que nous avons classés parmi les paramètres de pollution ont été suivis pour chaque eau échantillonnée à différents niveaux aquifères. Leurs concentrations sont représentées dans la figure 10.

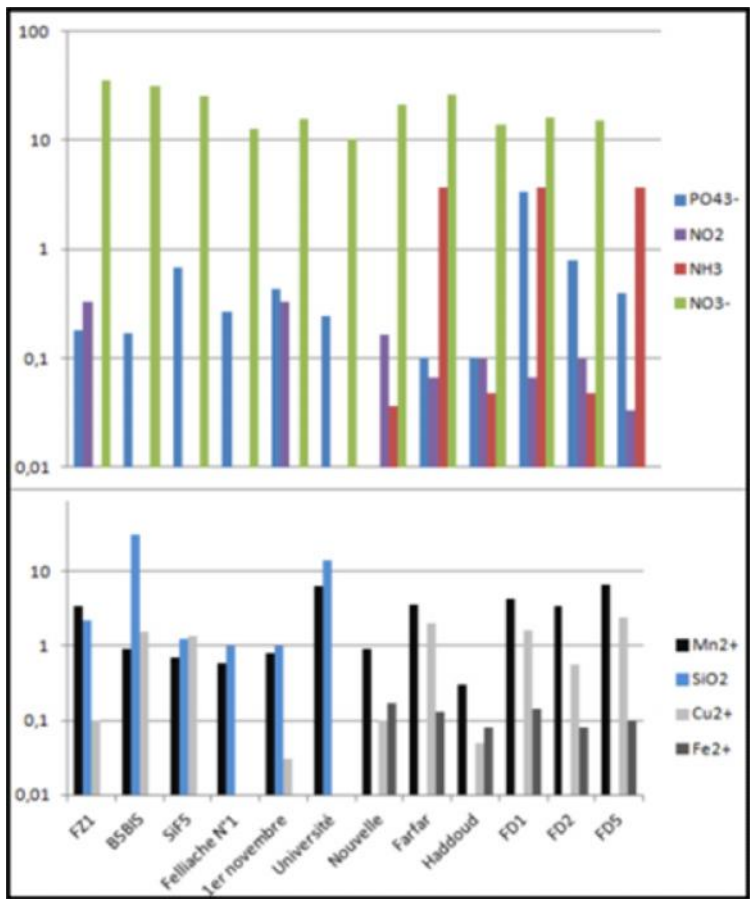


Figure 10 : Paramètres de pollution dans les eaux souterraines de la région d'étude

Au vu de ces résultats, il apparaît que les teneurs en nitrates, bien que ne dépassant pas les normes de potabilité, sont assez élevées et pourraient refléter une pollution essentiellement d'origine agricole. Les eaux les plus chargées en nitrates sont les eaux les plus superficielles de la nappe phréatique et celle du Miopliocène. De plus, les eaux plus superficielles du CT ne pourraient être le siège de réactions d'oxydo-réduction importantes. Ceci favoriserait la persistance de conditions oxydantes aérobies permettant l'augmentation des

teneurs en nitrates par le biais de processus naturels dans les aires de recharge des nappes (Guendouz et al., 2003). Les teneurs importantes en ammoniac pour les eaux de certains forages à différents niveaux pourraient indiquer surtout une pollution par les rejets urbains à proximité. Les phosphates sont présents globalement à des teneurs modérées sauf pour les eaux de l'Eocène où une pollution ponctuelle par les engrais pourrait expliquer cela. Concernant les éléments métalliques, les teneurs en fer semblent acceptables et n'indiquent pas une pollution particulière. Par contre, les teneurs plus importantes en manganèse dépassant parfois les normes de potabilité sont l'indice d'une pollution dont l'origine ne peut être qu'industrielle. Il en est de même pour les ions cuivreux dont les teneurs sont globalement élevées sauf pour les eaux du Maestrichtien.

CONCLUSION

Cette campagne d'échantillonnage a concerné les nappes du complexe terminal dans la région de Biskra, à différents niveaux aquifères. Nous avons utilisé plusieurs méthodes analytiques dans le dosage des éléments minéraux. Il nous a été possible d'étudier l'évolution des principaux paramètres de qualité physico-chimique ainsi que certains paramètres de pollution.

Les conductivités sont élevées indiquant une forte minéralisation avec toutefois une tendance à diminuer avec la profondeur en allant de la nappe phréatique vers la nappe des calcaires (Maestrichtien).

Pour les eaux de forage étudiées, le faciès chimique est globalement chloruré sodique et potassique pour les nappes les plus superficielles (nappe phréatique et Miopliocène) et sulfaté calcique et magnésien pour les nappes plus profondes (Eocène inférieur et Maestrichtien). Les anions ions dominants sont donc le plus souvent les chlorures et les sulfates et le sodium, le calcium et le magnésium pour les cations dominants.

Concernant les paramètres de pollution, il a été noté un excès en concentration des nitrates dans la quasi-totalité des forages testés. L'ammoniac est aussi présent à des teneurs non négligeables. Il a été déterminé également des teneurs anormalement élevés de métaux tels que le manganèse et le cuivre.

Tous ces éléments semblent indiquer que les eaux souterraines de la région de Biskra sont exposées à diverses pollutions aussi bien d'origine agricole, industrielle qu'urbaine.

D'une façon générale, pour les nappes Phréatique, Miopliocène et celle du l'Eocène inférieur, les caractéristiques minérales des eaux sont apparues médiocres avec parfois des valeurs non conformes aux normes de potabilité.

Cependant, les eaux de la nappe des calcaires du Maestrichtien présente une qualité physico-chimique et notamment minérale plus acceptable en particulier en ce qui concerne la minéralisation totale et certains paramètres de pollution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHOUR S., YUCEF L., GUERGAZI S. (2008). Qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles du Sahara septentrional oriental algérien, Rev. EIN, n°311, 79-84.
- A.N.A.T. (2003). Schéma directeur des ressources en eau de la Wilaya de Biskra, Dossier 2, Agence nationale de l'aménagement du territoire, Algérie.
- BOUCHAHM N., ACHOUR S. (2008). Hydrochimie des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien – Identification d'un risque de fluorose endémique, La Houille Blanche, n°2, 76-82
- FESTY B., HARTEMANN P., LEDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENT P., TRICARD D. (2003). Qualité de l'eau, Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, pp.333-368, Edisem / Tec&Doc, Acton Vale / Paris.
- GUENDOUZ A., MOULLA A., EDMUNDS W.M., SHAND P., (2003). Hydrochemical and isotopic evolution in the Algerian Sahara, Hydrogeology J., Vol.11, Issue 4, 483-495.
- HARRAT N., ACHOUR S. (2010). Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration, Larhyss Journal, n°8, 47-54.
- JORA (2011). Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine, JO N°18.
- O.M.S. (2004). Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1, Recommendations, 3rd Ed., World Health Organization, Geneva.
- PNUD (2009). Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars, Rapport Algérie/ONU.
- REJSEK, F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, France
- RODIER J. (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 9^{ème} Edition, Paris.
- TABOUCHE N., ACHOUR S. (2004). Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien, Larhyss Journal, n°3, 99-113
- UNESCO (1972). Etude des ressources en eau du Sahara septentrional (ERESS), Algérie-Tunisie, rapport final REG 100, Vol. 2 et 3, Paris, France.