



ORIGINE DE LA SALINITE DANS L'AQUIFERE SUPERFICIEL DU GOLF D'ANNABA (NE ALGERIEN) : UTILISATION D'UNE APPROCHE HYDROCHIMIQUE

Benchaib Abdelwahid⁽¹⁾, Djabri Larbi⁽¹⁾, Sayad Lamine⁽²⁾, Khelifa Kheireddine⁽¹⁾, Mehdaoui Ibrahim⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire ressources en eau et développement durable, Université BADJI Mokhtar-Annaba

⁽²⁾ Département de géologie, Université BADJI Mokhtar-Annaba
wahidhydro@gmail.com

Résumé— La croissance démographique et les secteurs agricoles et industriels en expansion ces dernières années ont entraîné une augmentation de la demande en eau. Cependant, la surexploitation de l'aquifère côtier du golfe d'Annaba (nord-est de l'Algérie). Ces fortes demandes ont provoqué une dégradation de la qualité hydrochimique des eaux souterraines (salinisation). Cela se produit plus tard dans de nombreux aquifères côtiers à travers le monde. Pour identifier l'origine de la salinité des eaux souterraines et interpréter les processus de la minéralisation; des informations relatives aux paramètres hydrochimiques et physiques ont été examinées. Les valeurs de conductivité électrique trouvées entre 551 et 15450 $\mu\text{S} / \text{cm}$. La concentration en chlorure atteignait 5 200 mg / L et la proportion d'intrusion d'eau de mer dans l'extrême nord de la plaine était de 28% calculée par la formule de la fraction d'eau de mer, ce qui montre l'intrusion intense d'eau de mer. Les valeurs de nitrate comprises entre 1,87 et 407 mg / L, on il y à une probable pollution par les engrais agricoles et les eaux usées domestiques. Par conséquent, l'origine principale de la salinisation des eaux souterraines a été attribuée à l'intrusion d'eau de mer et à la pollution anthropique.

Mots clés— Plaine d'Annaba, aquifère côtier, salinité des eaux souterraines, intrusion d'eau de mer, pollution anthropique.

I. INTRODUCTION

Les zones côtières sont caractérisées par leur forte demande en eau, où l'exploitation intensive des aquifères côtiers dans le but de satisfaire cette demande peut générer des problèmes [1]. La salinisation des eaux souterraines dans les zones

côtières est présente dans de nombreux aquifères à travers le monde [2] et dans de nombreux pays méditerranéens [3]. Comprendre les variations spatiales de la composition chimique des eaux souterraines est utile pour identifier les différentes sources de pollution [4]. Dans les études précédentes, l'intrusion d'eau de mer est présentée comme la principale cause de la dégradation de la qualité des eaux souterraines [5]. Les terres agricoles, les usines et les zones touristiques sont situées dans la zone côtière, où l'économie se développe rapidement, ce qui crée une contamination anthropique qui augmente les concentrations de nitrates dans les eaux souterraines [6] et en plus une forte sollicitation de la nappe d'eau. L'objectif de cette étude est de déterminer la source de la salinité (intrusion d'eau de mer ou sources anthropiques) dans l'aquifère côtier peu profond en fonction des caractéristiques hydrochimiques de l'eau souterraine.

II. MATERIELS ET METHODES

Seize échantillons d'eau souterraine ont été prélevés des puits domestiques et un échantillon d'eau de la mer Méditerranée. La localisation des puits et le niveau piézométrique ont été enregistrés lors de l'échantillonnage. La conductivité électrique (EC), le pH et la température de l'eau (T) ont été mesurés in situ via (multiparamètre WTW). Les principaux ions des échantillons d'eau ont été traités et analysés dans le laboratoire d'analyses physicochimiques.

La fraction d'eau de mer (f_{mer}) dans les eaux souterraines a été estimée en utilisant la concentration de chlorure car cet ion a été considéré comme un traceur conservateur [7], non affecté par l'échange d'ions. Il est calculé comme suit [8]:

$$f_{\text{mer}} = (C_{\text{Cl,echtt}} - C_{\text{Cl,douce}}) / (C_{\text{Cl,mer}} - C_{\text{Cl,douce}})$$

Où

f_{mer} est la fraction d'eau de mer, $C_{Cl,echtt}$ est la concentration de Cl^- de l'échantillon, $C_{Cl,mer}$ est la concentration de Cl^- de la mer Méditerranée, $C_{Cl,douce}$ représente la concentration de Cl^- de l'eau douce.

L'échantillon d'eau douce a été choisi en considérant **la plus faible valeur mesurée de la conductivité électrique (CE)**. Les seuls intrants proviennent soit des sels de la matrice aquifère, soit d'une source de salinisation telle que l'intrusion de l'eau de mer.

Sur la base de la fraction d'eau de mer, **la concentration théorique de chaque ion i** résultant du mélange conservateur de l'eau de mer et de l'eau douce a été calculée en utilisant:

Où $C_{i,mer}$ et $C_{i,douce}$ sont la concentration de l'ion i de l'eau de mer et de l'eau douce respectivement.

Pour chaque ion i , la différence entre la concentration du mélange conservateur $C_{i,mix}$ et la mesurée $C_{i,echtt}$ représente simplement les deltas ioniques résultant de toute réaction chimique se produisant avec le mélange:

$$\Delta C_i = C_{i,echtt} - C_{i,mix}$$

Lorsque ΔC_i est positif, l'eau souterraine s'enrichit pour l'ion i , alors qu'une valeur négative de ΔC_i indique une diminution de l'ion i par rapport au mélange théorique.

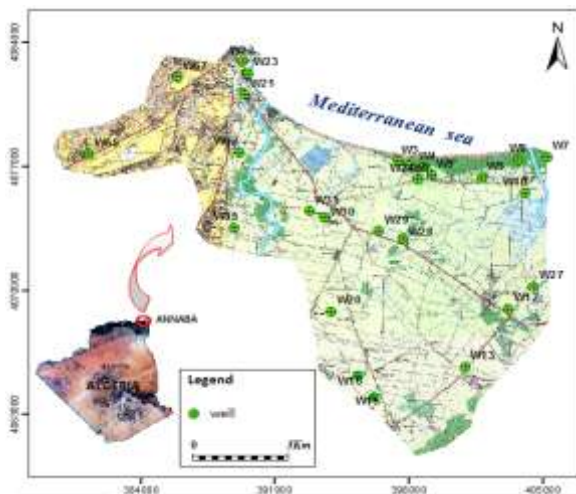


Figure 01: Localisation de la zone d'étude et des sites d'échantillonnage

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La salinité des eaux souterraines est déterminée par la conductivité électrique (EC) [9], (Figure.2). Les valeurs de la conductivité électrique (EC) varient de 551 à 15450 $\mu S / cm$, avec une moyenne de 3 893 $\mu S / cm$. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées dans la partie nord de la plaine. Lorsque les concentrations élevées résultent certainement de l'intrusion d'eau de mer dans le système aquifère et d'autres dans la plaine, que ce soit d'activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie ou le développement de interface eau de mer / eau douce. Afin de comprendre les processus indiqués par la variation théorique du contenu et d'en savoir plus sur le comportement des cations, le delta ionique a été tracé pour le sodium, le calcium, le magnésium et le sulfate [10], (Figure. 3a). La grande majorité des échantillons sont enrichis en sulfite et une partie en sodium et en calcium de la même manière, à l'inverse de quelques échantillons appauvris en magnésium. Cela suggère un échange direct de cations, comme cela se produit habituellement au stade initial d'intrusion d'eau de mer [11] et de dissolution des formations évaporitiques.

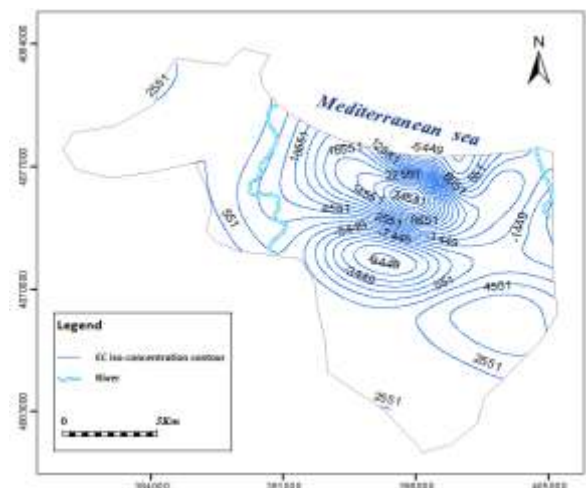


Figure 02: Distribution spatiale de la conductivité électrique (EC)

Cependant, l'excès de calcium, de magnésium et de sulfite indique l'existence d'autres sources

contribuant à l'enrichissement salifère des eaux souterraines. Les engrais peuvent être considérés comme des sources potentielles du calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et sulfate (SO_4^{2-}). La relation entre la contamination par les nitrates (NO_3^-) et l'intrusion d'eau de mer est illustrée à la (Figure. 3b), révélant des concentrations élevées en nitrates dans une faible fraction d'eau de mer. Cela indique que la contamination par les nitrates n'a aucun lien avec l'intrusion d'eau de mer. Au lieu de cela, la contamination par les nitrates peut être attribuée aux activités humaines, notamment l'utilisation abus d'engrais, les eaux usées industrielles et les eaux usées domestiques.

atteignait 5 200 mg / l et la proportion d'intrusion d'eau de mer dans l'extrême nord de la plaine était de 28%, ce qui montre l'intrusion intense d'eau de mer. Les valeurs de nitrate allaient de 1,87 à 407 mg / l, alors que trois puits répartis dans la partie centrale de la zone d'étude dépassent les normes de qualité de l'eau de boisson de 50 mg / l; où ils sont gravement pollués par des engrais agricoles ou bien des eaux usées domestiques. Par conséquent, l'origine principale de la salinisation des eaux souterraines a été attribuée à l'intrusion d'eau de mer et à la pollution anthropique.

REMERCIEMENT

Les auteurs souhaitent remercier tous ceux qui ont apporté leur aide à la réalisation de ce travail modeste. Nous remercions également le Laboratoire des ressources en eau et du développement durable (LREDD), qui regroupe tous ses membres.

REFERENCES

- [1] Pablo Pulido-Leboeuf et al (2003) Strontium, $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ and $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ratios as tracers for the evolution of seawater into coastal aquifers: the example of Castell de Ferro aquifer (SE Spain). C. R. Geoscience 335 (2003) 1039–1048. doi:10.1016/j.crte.2003.08.004
- [2] Barlow, P.M., 2003. Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast, US Geological Survey.
- [3] Cost Environment Action 621, 2005. Groundwater management of karstic coastal aquifers. European Communities, Luxembourg.
- [4] Zhang B, Song X, Guo Z, Zhao X (2013) Investigation of the origin and evolution of groundwater in Yang-Dai River Plain by chlorine, oxygen 18 and deuterium. Acta Clientage Circumstantiate 33:2965–2972
- [5] Xianfang Song et al(2016) Origin of groundwater salinity and hydrochemical processes

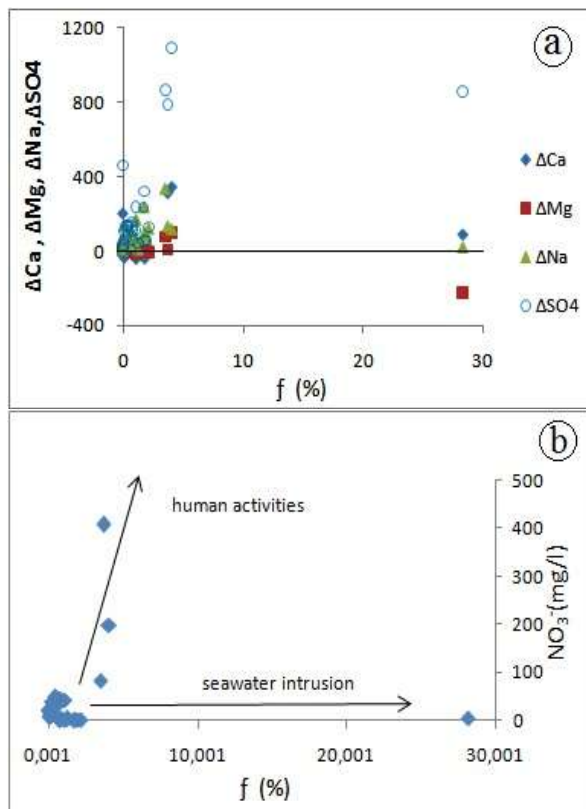


Figure 03 : Diagramme bivarié de (a): (Na, Ca, Mg et SO4) par rapport au pourcentage d'eau de mer prélevé dans des échantillons d'eau souterraine (b): fraction d'eau de mer versus NO3

IV. CONCLUSION

La méthode d'étude utilisée révèle que les valeurs de conductivité électrique variaient entre 551 et 15450 $\mu\text{S} / \text{cm}$. La concentration en chlorure



Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement

12 - 14 Mars 2019, Ouargla (Algérie)



in an unconfined aquifer: case of Yang-Dai River basin in Qinhuangdao (China). *Environ Earth Sci* (2016) 75:54. doi: 10.1007/s12665-015-4825-5

[6] Slama F, Bouhlila R, Renard P (2010) Identification of groundwater salinization sources using experimental, multivariate statistical analysis and numerical modelling tools: case of Korba coastal aquifer (Tunisia). In: XXXVIII IAH congress, groundwater quality sustainability, Krakow, 12–17 Sept

[7] Custodio E, Bruggeman GA (1987) Hydrogeochemistry and tracers. In: Custodio E (ed) *Groundwater problems in coastal areas studies and reports in hydrology*, vol 45. UNESCO, Paris, pp 213–269

[8] Appelo CAJ, Postma D (2005) *Geochemistry, groundwater and pollution*, seconded. Balkema, Rotterdam

[9] Bouchaou L et al (2008) Application of multiple isotopic and geochemical tracers for investigation of recharge, salinization, and residence time of water in the Souss–Massa aquifer, southwest of Morocco. *J Hydrol* 352:267–287. doi:10.1016/j.jhydrol.2008.01.022

[10] Xianfang Song et al(2016) Origin of groundwater salinity and hydrochemical processes in an unconfined aquifer: case of Yang-Dai River basin in Qinhuangdao (China). *Environ Earth Sci* (2016) 75:54. doi: 10.1007/s12665-015-4825-5

[11] El Yaouti F, El Mandour A, Khattach D, Benavente J, Kaufmann O (2009) Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou- Areg (NE Morocco): a geostatistical, geochemical, and tomographic study. *Appl Geochem* 24:16–31. doi:10.1016/j.apgeochem.2008.10.005