Identification de la pollution par les éléments toxiques métalliques (ETM) des eaux souterraines de la plaine de Kherraza (Annaba-Algérie)

Samir DJORFI[(1)], Saadane DJORFI[(1)], Samir LEKOUI[(1)], Atif FOUFOU[(1)], Fatih BOUCENNA[(1)].

[(1)] Laboratoire des Ressources Naturelles et Aménagement, Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000. Algérie.
E-mail : samirdjorfi@gmail.com

Résumé— **Pour évaluer la pollution des eaux souterraines dans la plaine de Kherraza, (agriculture, rejets urbains et industriels), des relevés piézométriques et des analyses chimiques ont été réalisés sur près de 34 points. Les résultats obtenus montrent une importante charge polluante véhiculée par les eaux de l'oued Boudjemaa (chlorures = 900 mg/l, DBO_5 = 34 mg/l, nitrites = 2 mg/l). Ils montrent également une dégradation qualitative importante des eaux souterraines, particulièrement dans les secteurs situés en aval de l'oued. Dans ces zones polluées, nous avons observé les valeurs suivantes : CE supérieures à 3 mS/cm, PO_4^{-3} = 20 mg/l et Fe (total) = 6.4 mg/l. Ces concentrations dépassent largement la valeur standard pour l'eau potable.**

L'établissement de la carte piézométrique a permis de comprendre les mécanismes et l'origine de la pollution. L'interaction entre les eaux de l'oued et la nappe, la dégradation du réseau d'assainissement, l'utilisation abusive des engrais chimiques et le stockage des produits de galvanisation sont les principaux agents induisant cette pollution.

Mots clés: pollution ; ETM; EDR ; Plaine de Kherraza ; Algérie.

I. INTRODUCTION

L'Intensification des activités économiques dans la plaine de Kherrazan est accompagnée d'une augmentation des rejets de toute nature qui vont rejoindre directement le milieu récepteur sans aucun traitement préalable. Cette situation commence à avoir des répercussions très négatives sur la santé publique, sur les écosystèmes et sur l'économie elle-même. Les effluents chimiques fortement toxiques rejoignent l'oued Boudjemaa, polluant de ce fait les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'objectif de cette étude est de comprendre les mécanismes et l'origine de la pollution et de déterminer l'impact des rejets agricoles urbains et industriels sur la santé humaine

Les informations acquises sur la contamination des eaux superficielles et souterraines ont été traitées par le model RISK4 pour l'évaluation du risque (EDR) santé [1].

II. APERÇU GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Du point de vue morphologique, la plaine de Kherraza (Nord-est Algérien) s'individualise pour former une entité indépendante entourée de toute part (sauf dans son exutoire) par des formations métamorphiques du massif de l'Edough (au Nord) et de Beleilita (au Sud). Elle est considérée comme une zone d'effondrement comblée par les sédiments mio-plio-quaternaires formant le système aquifère de Kherraza.

L'oued Boudjemaa est caractérisé par un écoulement permanent en hiver. Son alimentation est assurée par les eaux de pluie, son débit est de l'ordre de 18 hm^3/an [2]. Il reçoit sur son parcours les rejets urbains et industriels des agglomérations de oued Nil, Chabbia, Kherraza etc.

Le système aquifère de la plaine de kherraza comprend essentiellement deux types d'aquifère : un aquifère superficiel contenu dans les formations sableuses (perméabilité moyenne varie de 10^{-3} et 10^{-4} $m.s^{-1}$) et un aquifère profond constitué de formation conglomératiques et graveleuses surmonté par une couche argileuse dont l'épaisseur varie de 15 à 25 m. La plupart des forages captant cette nappe sont artésiens (fig.1).

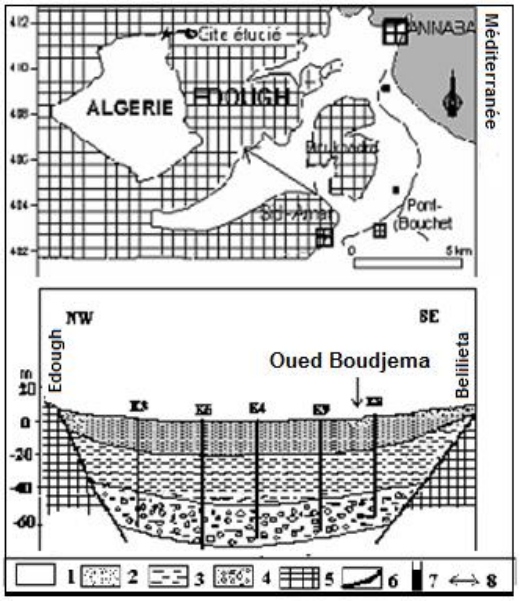

Figure 1 : Situation, esquisse et coupes géologiques de la zone d'étude : *1: Quaternaire indifférencié, 2: Alluvions anciennes, 3: argiles, 4: Conglomérats et graviers, 5 : Formations métamorphiques, 6 : Faille, 7 : Forage, 8 : Coupe*

Le climat est de type méditerranéen avec des précipitations moyennes annuelles de 650 mm, une température moyenne de 18°C. La direction dominante des vents est N-S. L'infiltration efficace est environ 15% des précipitations, soit près de 100 mm par an qui s'infiltre vers la nappe [3].

III. MATERIEL ET METHODES

Les nombreux travaux, réalisés dans la région [4], [5]; [6], ont permis de suivre l'évolution des niveaux piézométriques de la nappe et de surveiller la qualité des sols et des eaux.

L'établissement de la carte piézométrique a permis de constater que l'écoulement des eaux souterraines reflète le caractère marécageux de la plaine, il est généralement dirigé de la nappe vers l'oued pendant la période de basses eaux et de l'oued vers la nappe durant la période des hautes eaux. La cote piézométrique varie entre 0.8 et 3 m durant les hautes eaux et entre 0.5 et 1.5 m lors des basses eaux (fig.2).

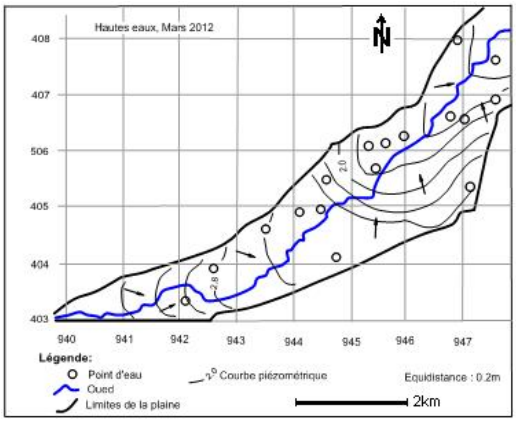

Figure 2 : Carte piézométrique hautes eaux Mars 2012

Pour estimer la concentration d'exposition dans le cadre de l'évaluation détaillée des risques sur la santé humaine, un nombre d'analyses chimiques du sol a été entrepris. Les prélèvements du sol ont été effectués sur plusieurs points de la plaine de Kherraza en tenant compte de la localisation par rapport aux sources potentielles de pollution, de la végétation, etc. L'échantillonnage et le dosage ont été effectués selon les protocoles décrits par [7] et [8].

Les mesures et les prélèvements effectués sur les eaux superficielles et souterraines ont touché près de 34 puits situés en différents points sur la zone d'étude et utilisés généralement pour l'AEP, l'alimentation du bétail et pour l'irrigation. Les paramètres physico-chimiques pH, T°C, CE, Eh, MES, TDS ont été mesurés in situ en utilisant un multiparamètre WTW (multiligne P3 PH/LF-SET), L'analyse des éléments Fe (T), NO_2 , PO_4^{3-} , N_2H_4, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, TH , DBO_5, Zn, Cu, Cr, Pb s'est effectuée selon deux méthodes : l'absorption atomique à flamme (Perkin-Elmer 1100) pour le dosage des cations majeurs et le spectrophotomètre Photolab Spektral de marque WTW pour l'analyse des anions et des éléments traces.

IV. RESULTATS, ANALYSE ET INTERPRETATION

La répartition des teneurs montre qu'au niveau du sol, elles ont une origine géologique due essentiellement au lessivage des formations métamorphiques. Au niveau des eaux superficielles et souterraines. La conductivité électrique des eaux présente des valeurs comprises entre 560 µS/cm et 30000 µS/cm. Les valeurs les plus élevées correspondent aux eaux situées en bordure de l'oued, pour lesquelles les concentrations en chlorures peuvent atteindre 900 mg/l. Des teneurs élevées en plomb (0,02-1,2 mg/l) ont été également obtenues notamment en bordure de l'oued Boudjemaa. Dans l'ensemble, les teneurs de tous les éléments dosés augmentent progressivement de l'amont vers l'aval reflétant

ainsi un gradient de pollution croissant amont-aval dans les eaux souterraines.

A. Evaluation détaillée du risque EDR

La première phase de l'analyse des risques consiste à l'estimation des concentrations en polluants présents dans l'environnement aux différents points d'exposition. Dans le cadre de cette étude, les concentrations employées pour l'estimation des risques sont les concentrations du plomb observées dans les eaux souterraines.

L'analyse détaillée des risques s'appuie sur l'estimation des doses d'exposition des individus à cet élément. La dose journalière (DJE) d'exposition est la dose de substance reçue par l'organisme rapportée au poids de l'individu et au nombre de jours d'exposition. Elle a pour but de définir une quantité de polluant administrée, exprimée en mg/kg/j. Le calcul de la DJE pour les différents scénarios d'exposition se déroule toujours en appliquant les mêmes équations adaptées pour chacune des voies d'exposition [9]. Ces équations se présentent de la manière suivante:

$$DJE = \frac{C \times Q \times Fsp \times De \times Fe}{P \times t}$$

Avec : **C** : Concentration dans le milieu d'exposition (mg/kg) ; **Q :** Quantité ingérée (kg) ; **Fsp :** Facteur d'absorption ; **De :** Durée d'exposition (années) ; **Fe** : Fréquence d'exposition (j / an) ; **P** : Poids de l'individu (Kg) ; **t :** Période de temps sur la quelle l'exposition est moyennée (jours).

La dose journalière acceptable (**DJA**) est la quantité de substance chimique que peut ingérer un homme par jour, au cours de sa vie, sans aucun risque appréciable pour sa santé.

B. Estimation du risque

L'estimation du risque est différente en fonction de la substance qui peut être cancérigène ou non cancérigène.

L'estimation du risque non cancérigène est exprimée par le rapport entre la dose journalière d'exposition et la dose journalière acceptable. Le rapport est appelé indice de risque IR.

$$IR = DJE / DJA$$

Si IR est inférieur à 1, alors le risque toxique est considéré comme acceptable.

Lors du calcul de l'IR total, ont été prises en considération toutes les voies de transfert (ingestion, contact cutané, inhalation, consommation de végétaux…). Les résultats montrent que le risque est inacceptable (supérieur à 1) pour la majorité des points d'eau de la région d'étude (fig. 3).

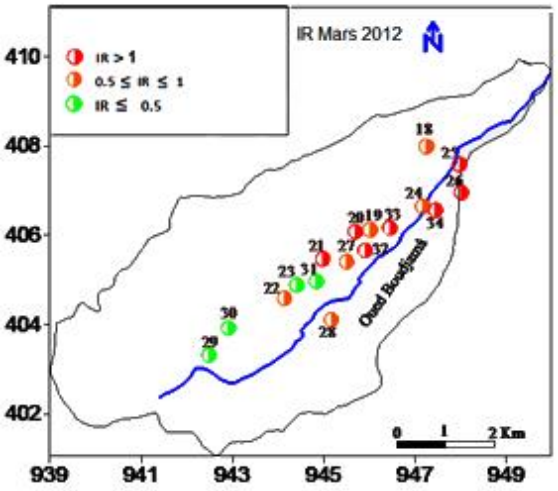

Figure 3 : Indice de risque Pb plaine de Kherraza, Mars, 2012

V. Conclusion

La présente étude se rapporte à un cas de pollution des eaux souterraines engendrée par les effluents urbains et industriels et le stockage des déchets industriels directement sur le sol. Les teneurs des contaminants augmentent progressivement de l'amont vers l'aval engendrant un risque potentiel pour l'écosystème des oueds et la mer Méditerranée. L'évaluation détaillée des risques sur la santé humaine montre que c'est surtout l'ingestion des eaux qui présentent les risques les plus élevés pour la population de la plaine.

References

[1] US EPA, (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund, Vol. 1, Human Health Evaluation Manual (EPA/1-89/002). US EPA, Washington, DC.

[2] Belloulou L. (2007), Aménagement de l'entrée ouest de la ville de Annaba : Etude hydrologique. Rapport définitif pour le compte de AUA Hafiane.

[3] Hani, A. (2003). Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen. Thèse de Doctorat Es Sciences, Université de Annaba, 214p.

[4] Kherici, N. (1993). Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba- la Maffragh, NE Algérien). Thèse de Doctorat Es Sciences, Université de Annaba, 170p.

[5] Debieche T.H., Mania J. ET Mudry J. (2001). Pollution d'une nappe alluviale par le chrome et l'étain à partir d'un stockage de résidus métallurgiques: Application à la basse plaine de la Seybouse, Nord-est Algérien. Africa Geosciences Review, Vol. 8, N°4, pp. 425-435.

[6] DJABRI, L. (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse Doctorat Es Sciences, Université de Annaba, 261p.

[7] afnor (Association Française de Normalisation). (2005). Evaluation de la qualité des sols : Volume 1 : Méthodes d'analyse chimique ; Volume 2 : Méthodes d'analyses physique et biologique. 1ère édition, Paris. 946 p.

[8] RODIER, J., 1996. L'analyse de l'eau. 8 édition, Dunod. 1384 p.[9] ASTM (American Society for Testing and Materials) (1998) Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action, PS 104-98. ASTM, Philadelphia.