



CONTROLE DE LA POLLUTION MARINE DU LITTORAL ORANAIS

Sahnoun fadela¹, Bendraoua abdelaziz², Hadjel mohamed³

¹ P.G / chercheur, Labo. de la Physico Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement. UST- MB Oran.

² Maître de Conférences, Labo. de la Physico Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement. UST- MB Oran.

³ Professeur, Labo. de la Physico Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement. UST- MB Oran.

RESUME : Le littoral Oranais long de 124 km, soit 1/10 du littoral national, représente ainsi un pôle d'attraction économique, touristique et industriel. Il est aujourd'hui soumis aux mêmes menaces que les autres rivages Méditerranéens : urbanisation massive, recul du trait de côte, surexploitation des ressources naturelles, pollution urbaines et industrielles. La pollution accidentelle ou chronique représente des problèmes majeurs de l'environnement au niveau du littoral de la wilaya d'Oran. Toutefois, le littoral de la côte Oranaise est devenu vulnérable, constituant le réceptacle privilégié des apports contaminants, provenant des fleuves, de l'atmosphère ou des émissaires urbains et industriels notamment les rejets de la zone industrielle pétrochimique d'Arzew. Notre étude vise à contrôler la qualité physico-chimique de l'eau de mer et l'impact sur la santé humaine du fait de la présence des éléments contaminants polluant ainsi la rive oranaise.

MOTS-CLEFS : Oran, littoral, pollution marine, rejets, eaux usées.

1. Introduction

La ville d'Oran est une ville méditerranéenne, se situe à 432 km à l'Ouest d'Alger. Elle représente un pôle d'attraction économique et industriel. Sa façade maritime est d'une longueur de 124 km, soit le 1/10 du littoral national, offrant d'importantes potentialités dans le domaine maritime (transport et commerce extérieur) et la pêche.

Le littoral Oranais se distingue par une urbanisation massive qui concentre 936.927 d'habitants, qui représente 77,5 % de la population totale de la Wilaya. A cela s'ajoute des problèmes environnementaux de différentes natures tel que : industrielles, agricoles, domestiques, ... etc.

Cependant, le littoral de la côte Oranaise est devenu vulnérable, constituant le réceptacle privilégié des apports contaminants, qu'ils proviennent des fleuves, de l'atmosphère ou des émissaires urbains et industriels notamment les rejets de la zone industrielle pétrochimique d'Arzew.

La Pollution Marine au niveau du littoral de la wilaya d'Oran résulte par diverses sources par exemple :

Le trafic maritime notamment le transport des hydrocarbures.

Les rejets industriels et domestiques, en effet le débit de rejet des eaux usées vers la mer par l'agglomération oranaise est estimé à 1325 l/s.

2. Matériels et méthodes

Ce travail a été réalisé dans le laboratoire de chimie de l'université de l'USTO notamment le laboratoire de l'équipe des matériaux, catalyse et environnement ainsi que le laboratoire pédagogique de chimie des eaux.

Nous avons utilisé les équipements DCO mètre, DBO mètre, pH mètre, oxygène dissous, turbidimètre, thermomètre selon les méthodes standardisées bibliographique (Rodier, 1996)

3. Zone d'étude

La zone d'Arzew est une zone urbano-industrielle située à l'extrême Est de la wilaya d'Oran et s'étend sur un linéaire de 22 Km. Limitée à l'Ouest par Cap Carbon (Pointe Sotill), à l'Est par la centrale électrique et au Sud par la voie express Oran-Marsat-El-Hadjadj, ce qui lui confère une superficie totale de 8066 ha.

3.1 La zone industrielle d'Arzew

Elle s'étend sur environ 12 km le long de la baie d'Arzew et comprend sur une superficie de 2500 ha des unités industrielles de production à caractère :

- Pétrolier tel que: Raffinerie Naftec, RTO, NAFTAL/AVM

- Gazier tel que: GNL1- GNL2 - GNL4- ENGI, Hélios -GP1Z-GP2Z- NAFTAL (centre enfuteur).

Chimique: Fertiale-Groupe Asmidal, Méthanol, Fertilge (Avec des quantités importantes de production annuelle et de stockage).

- Des unités de prestation services tel que : Sonelgaz- GTP – EMB – SOMIZ - SOTRAZ et des centres de formations : IAP – CPE - école à feu - école de soudure (GTP).
- Unité de production de dessalement d'eau de mer Kahrama .



Figure 1. Zone industrielle d'Arzew

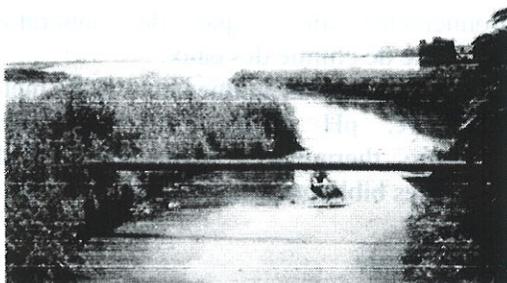


Figure 2. Rejet des eaux usées

3.2 Pollution marine:

Les sources de la pollution marine sont au niveau du port de la zone d'Arzew :

- Rejets telluriques d'origine industrielle ou des eaux d'évacuation des villes.
- Accident maritime, lavage des citernes, des eaux de ballast par les pétroliers ou autres navires.
- Rejets industriels de raffinage de pétrole.
- Des suintements naturels de pétrole du fond des océans.

- Des accidents ou éruption sur les plateformes pétrolières en



Figure 3. Installation portuaire

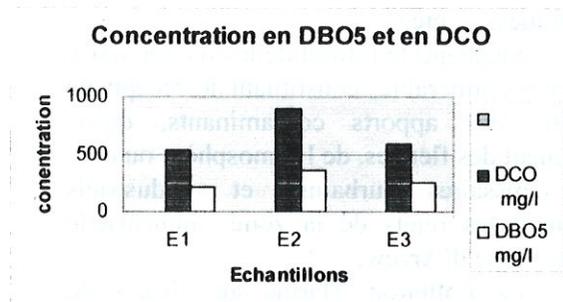
44. Résultat:

Analyses physico-chimiques

Tableau 01: Résultats d'analyses physico-chimiques

Echantillons	T (°C)	PH	Salinité (‰)	Turbidité NTU	O ₂ dissous mg/l
E1	10	7,45	35,5	22	7.5
E2	10	7,28	34,60	41	8.19
E3	10	7,19	34,2	39	5.95

Tableau 02: Résultats d'analyses de la DBO et DCO



5. Conclusion :

De cette étude et se basant sur l'enquête sur terrain, il a été constaté qu'au niveau de la majorité des zones industrielles et zones d'activités de la wilaya d'Oran, une dégradation



environnementale par l'absence totale de gestion de ces zones et l'absence des réseaux d'assainissements.

Les rejets industriels liquides et solides dans la plus part des cas ne sont pas traités et déversent directement vers les milieux naturels (Sebkha, Daya Morsly, lac telamine, terre agricole et vers la mer),

Il apparaît que le littoral oranais est plus que pollué aux alentours de la zone industrielles et urbaines. Les valeurs de la DCO et de la DBO5 qui dépassent de loin les normes tolérées par la réglementation montrent l'ampleur de la forte pollution notamment de la zone industrielle pétrochimique d'Arzew contaminant ainsi le littoral oranais, altérant l'écosystème et menaçant la santé humaine.

6. Bibliographie:

Bakalem A. et al., *Benthic indices and ecological quality of shallow Alegria fine sand community*, Ecological indicators **9**, 2009, 395-408

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Djediai H. *Etude de la qualité des eaux superficielles du bassin versant de la Tafna*, Thèse de Magister usto, 2004

Gaujous D., *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire*, Edition Tec Doc, 1995

Quevauviller P., *Métrieologie en chimie de l'environnement*, Edition Tec Doc, 2006

Rodier J. et al. , *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, résiduaires, eau de mer*, Edition Dunod, 1996

Roselyne Buscail et al. *Matière organique et pollution par les hydrocarbures dans les sédiments superficiels du golfe d'Arzew (mer Méditerranée, Algérie)*, Oceanologica Acta, Volume **22**, Issue 3, May-June 1999, Pages 303-317

Sanchez-Vidal A. et al. *Particle fluxes in Almeria-Oran Front control by coastal upwelling and sea surface circulation*, Journal of Marine Systems **52**, 2004 89-106

Liste des symboles :

symbole	signification
DBO5	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène



IMPACT DE LA DECHARGE PUBLIQUE DE ANNABA SUR LA QUALITE DES EAUX DE LA PLAINE DE L'OUED ZIED

S. Djorfi¹, A. Foufou², H. Majour², L. Belloutou¹, A. Hani², L. Djabri².

¹ Laboratoire des Ressources Naturelles et Aménagement. Université de Annaba. Algérie.

² Faculté des Sciences de la Terre. Département de Géologie. Université de Annaba.

E-mail : djorfi2001@yahoo.fr

Résumé

Pour évaluer la pollution des eaux souterraines dans la plaine de Oued Zied, des relevés piézométriques et des analyses chimiques ont été réalisés, depuis 2005, sur près de 30 points situés à l'aval et au niveau de la décharge. Les résultats obtenus montrent une importante charge polluante véhiculée par les lixiviats de la décharge (chlorures = 5g.L^{-1} , $\text{DBO}_5 = 800\text{ mg.L}^{-1}$). Ils montrent également une dégradation qualitative importante des eaux souterraines, particulièrement dans les secteurs situés en aval de la décharge : CE supérieures à 5 mScm^{-1} , $\text{Cl}^- = 1700\text{ mg.L}^{-1}$ et $\text{SO}_4^{2-} = 1100\text{ mg.L}^{-1}$, $5\text{--}9\text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$ pour le cadmium et $50\text{--}80\text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$ pour le chrome.

La cartographie des éléments hydrochimiques a permis de comprendre les mécanismes et l'origine de la pollution : L'interaction entre les eaux de l'oued et la nappe, l'absence d'un système de collecte des lixiviats, la présence des produits de galvanométrie sont les principaux agents induisant cette pollution.

Mots-clés : Pollution, eaux souterraines, Décharge urbaine non contrôlée, Lixiviats, Algérie.

Abstract: Impact of Annaba landfill on the quality of groundwater of oued Zied plain

To evaluate groundwater pollution in the oued Zied plain, piezometric level and geochemical analyses have been monitored since 2005, on 30 wells downstream and at the landfill. The average results of geochemical analyses show an important pollutant charge vehiculed by landfill leachate (chloride = 5g L^{-1} , chemical oxygen demand = 800mg L^{-1}). They show also an important qualitative degradation of the groundwater, especially in the lower parts of the landfill. In these polluted zones, we have observed the following values: $> 5\text{ mScm}^{-1}$ in electric conductivity, 1700 and 1100 mg L^{-1} respectively in chlorides and sulfate (SO_4^{2-}), $5\text{--}9\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ in cadmium, and $50\text{--}80\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ in chromium.

The mapping of hydrochemical elements helped to understand the mechanisms and origin of pollution. The interaction between the waters of the river and the groundwaterwater, the absence of a system to collect leachate, the presence of galvanometric products are the primary agents inducing pollution.

Keywords: Pollution; Groundwater; Uncontrolled urban landfill; Landfill leachate; Algeria.

1. INTRODUCTION

La décharge publique d'Annaba (Berka Zerga) est l'une des nombreuses décharges non contrôlées de l'Algérie. Le site reçoit près de 500 tonnes/jour de déchets solides d'origines urbaine et industrielle stockés directement sur le sol. Elle est située à 15 km à l'ouest de la ville d'Annaba (fig.1), dans un environnement très vulnérable (proximité du lac Fetzara, présence d'un réseau urbain assez dense, activité agricole intense). La décharge occupe la vallée de l'oued Gouilla qui débouche sur la plaine alluviale de l'oued Zied. Les eaux de surface et le lixiviat qui s'écoulent sur la zone de la décharge se jettent dans l'oued Zied, qui débouche dans le lac Fetzara, un écosystème protégé, depuis 2006, par la convention de Ramsar.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact des rejets de la décharge sur la qualité du milieu et sur les eaux souterraines. Pour ce faire, les résultats des analyses physico-chimiques, effectuées (2005/2006) sur les échantillons des eaux de surface et souterraines ont été utilisés.

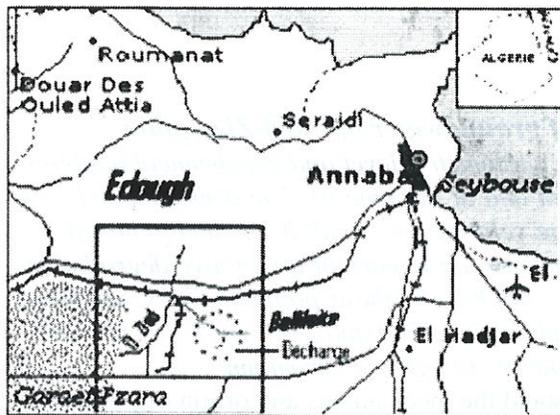


Figure 1: Situation géographique de la décharge de Annaba

2. APERÇU CLIMATIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le climat est de type méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et un été sec et chaud. Les précipitations atteignant en moyenne 767 mm/an avec un maximum à Seraidi, point culminant du massif de l'Edough (plus de 1000 m).

L'étude géologique du bassin versant de la décharge met en évidence la superposition de plusieurs formations géologiques à savoir, de bas en haut, dans un ordre chronologique [1] : les formations métamorphiques (gneiss,

micaschistes et calcaires cristallins), et sédimentaires (calcaire marno gréseux, argiles numidiennes, grès numidien, éboulis de pentes et alluvions).

Les gneiss couvrent la plus grande partie du site de la décharge [2], (fig.2). L'altération superficielle et l'existence d'une multitude de failles au sein de ces formations leur confèrent une importance hydrogéologique certaine. L'écoulement des eaux souterraines coïncide avec la topographie (fig.3). Dans ces conditions, les échanges hydrauliques entre les eaux superficielles polluées et la nappe phréatique sont susceptibles d'avoir des impacts négatifs sur la santé publique, sur les écosystèmes et sur l'économie elle-même.

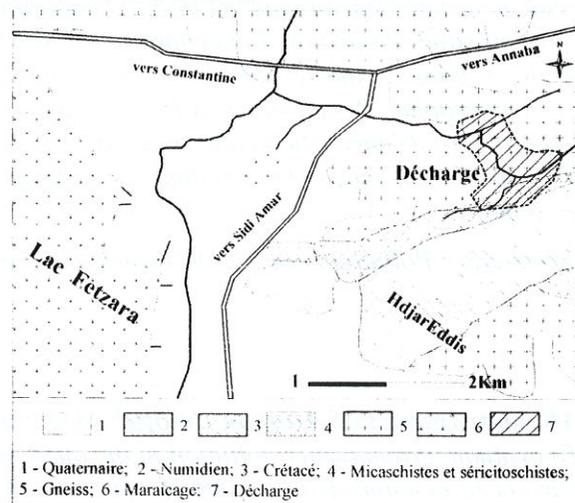


Figure 2: Carte géologique de la zone d'étude (d'après J. Hilly, 1962) modifiée

3. MATERIEL ET METHODES

Les nombreux travaux, réalisés dans la région [2], [3], [4], [5] ont permis de suivre l'évolution des niveaux piézométriques de la nappe et de surveiller la qualité des sols et des eaux.

Les mesures et les prélèvements effectués sur les eaux superficielles et souterraines ont touché près de 30 puits (fig. 3), utilisés généralement pour l'alimentation du bétail et pour l'irrigation. La température (T), la conductivité électrique (CE) et le pH ont été mesurés *in situ* en utilisant un multiparamètre WTW (multiligne P3 PH/LF-SET) et un Oxymètre (WTW) avec une sonde (CellOx 325) pour la mesure de l'oxygène dissous. L'analyse des éléments chimiques 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 en traces.

Au niveau de la décharge, des analyses chimiques ont été effectuées sur trois sites alignés selon une direction amont - aval: le premier (non contaminé) sur une source de l'oued Gouilla avant son entrée dans la décharge, les deux autres (concernant les

lixiviats), au milieu et à la sortie de la décharge.

Le dépouillement et l'analyse des données géologiques, géochimiques et hydrodynamiques permettent d'élaborer la cartographie hydrogéochimique et de comprendre l'évolution de la contamination du milieu et des eaux souterraines (fig.3).

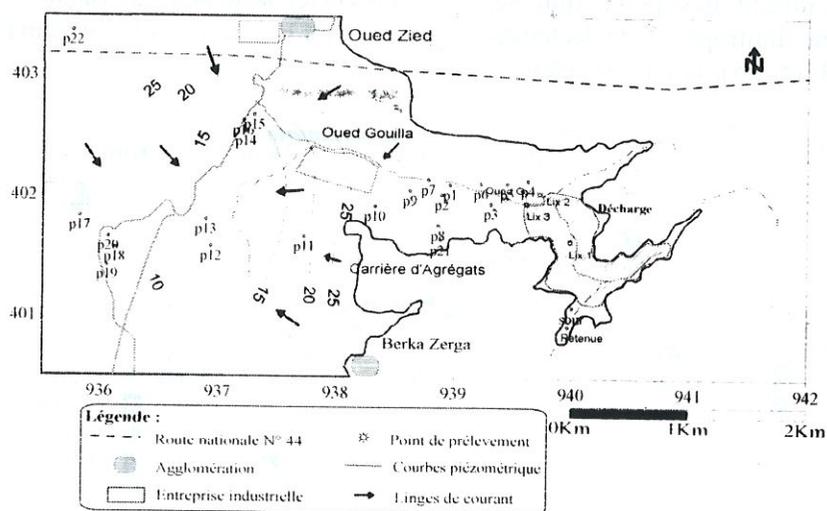


Figure 3: Carte piézométrique et inventaire des points d'échantillonnage (Juin 2006).

4. RESULTATS, ANALYSE ET INTERPRETATION

Les résultats montrent une importante charge polluante véhiculée par les lixiviats de la décharge vers la nappe (Fer = 1243,89 mg/l, CE = 33220 μ S/cm).

Le traitement des résultats des analyses chimiques a montré une dégradation

qualitative importante des eaux souterraines, particulièrement dans les secteurs situés en aval de la décharge. Dans ces zones polluées, nous avons observé les valeurs suivantes : CE supérieure à 5 mS/cm ; 7,51 ; 3,26 ; 0,63 ; 25,23 et 9,43 mg/l respectivement pour le zinc, le chrome, le plomb, le cuivre et le fer. Ces concentrations dépassent largement les valeurs standard pour l'eau potable (tab.1).

Tableau 1. Comparaison des normes de l'OMS et des concentrations des lixiviats et des eaux souterraines de la zone d'étude

Eléments	Normes recommandés (mg/l) par l'OMS		Concentration (mg/l) Zone d'étude	
	Eau de consommation	Rejets	Eau s/terrine	Lixiviats
Cr	0,05	2	0,03 – 3,26	2,39 – 9,13
Cu	1,0	0,6	4,05 – 26,74	256,75 – 512,74
Pb	0,01	4	0,03 – 0,83	0,98 – 2,46

4.1. Les caractéristiques physiques

4.1.1. La température

La température varie entre 15,1°C et 23,2°C, le maximum est observé au point P9 durant le mois d'Octobre, le minimum au point P16 durant le mois de Février. La température de l'eau des puits et des lixiviats augmente, en général, en passant de février vers octobre.

4.1.2 Le pH

Les valeurs du pH varient entre 6,21 et 8,33 pour les eaux de la nappe. le pH le plus acide est mesuré au point P1 pendant le mois d'octobre.

Pour le pH des lixiviats, il est trop basique : le maximum est observé au point Lix.2 durant le



mois de Juin, le minimum au point Lix.3 en février.

4.1.3 La conductivité électrique (CE)

La valeur maximale de la conductivité est enregistrée au point P19 au centre de la plaine avec 4250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (effet de la stagnation des eaux), le minimum est enregistré au point dénommé source, à l'amont de la décharge (692 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Au niveau des points qui se trouvent dans la zone limitrophe de la décharge (P7, P2, P1, P6, P3, et P5), la CE est élevée,

mais elle diminue progressivement en s'éloignant de la décharge.

La conductivité des lixiviats est relativement forte ce qui induit une dégradation importante de la qualité des eaux de la nappe, car ces lixiviats sont déversés directement dans les eaux de l'oued Gouilla. Les valeurs les plus faibles sont observées au point Lix3 avec 2160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la plus forte valeur est enregistrée au point Lix2 avec 4937 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (fig.4).

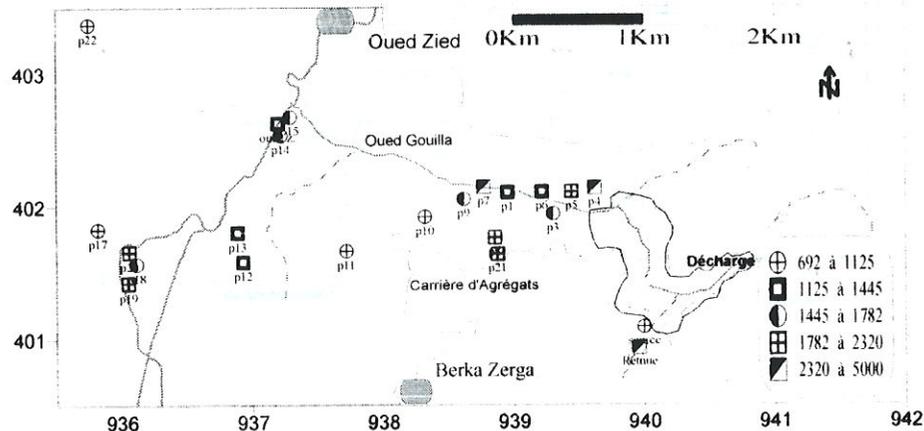


Figure 4. Carte des conductivités ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Campagne de juin 2006

4.2. Les métaux lourds

Les concentrations obtenues dans les puits limitrophes de la décharge sont très élevées et dépassent largement les normes de rejets.

4.2.1, Le Plomb

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination irrégulière et parfois importante des eaux de la nappe. En effet, la valeur minimale de 0,03 mg/l est enregistrée au niveau du point P15, les valeurs maximales (jusqu'à 0,83 mg/l) est enregistrée au niveau des points situés près de la décharge et le long de l'oued Zied (P16, P1, P3, P5, P6, P7 et P9). Pour les lixiviats, la teneur minimale de 0,98 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.3, le maximum 2,46 mg/l est enregistré au niveau du point Lix.2 (Fig.5). On constate que même les teneurs en plomb des lixiviats dépassent largement les normes des rejets des effluents.

4.2.2, Le Cuivre

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination importante des eaux de la nappe. En effet, la valeur minimale de 4,05 mg/l est enregistrée au niveau de la source, elle est trois fois supérieure à la concentration maximale admissible (CMA) recommandée par l'OMS (1300 $\mu\text{g}/\text{L}$). La valeur maximale

(26,74 mg/l) est enregistrée au niveau du point P5.

Pour les lixiviats, la valeur minimale de 256,76 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.1 et une valeur maximale de 517,74 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.2.

La répartition des teneurs en Cuivre montre que les concentrations les plus élevées ont été relevées au niveau des points situés à proximité de l'oued Zied et de la décharge alors que les faibles valeurs, qui restent largement supérieure à la norme, ont été enregistrées au niveau des points situés au centre de la plaine, loin de toute source de pollution. L'origine de ces teneurs serait de nature géologique (fig.6).

4.2.3, Le Chrome

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination importante des eaux de la nappe. La valeur minimale de 0,03 mg/l est enregistrée au niveau de la source, le maximum de 3,26 mg/l est relevé au niveau du point P17. Généralement, les teneurs au niveau des puits, sont supérieures à la norme préconisée par l'OMS pour l'eau potable. Pour les lixiviats, la valeur minimale de 2,39 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.1 et la valeur maximale (9,13 mg/l) est enregistrée au



niveau du point Lix.2. Ces teneurs dépassent largement les normes pour les effluents (fig.7).

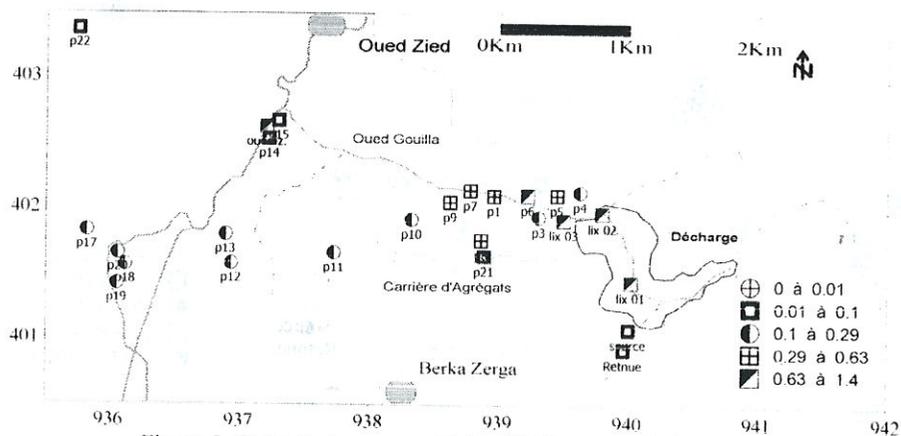


Figure 5. Carte des teneurs en Pb (mg/l). Campagne de juin 2006

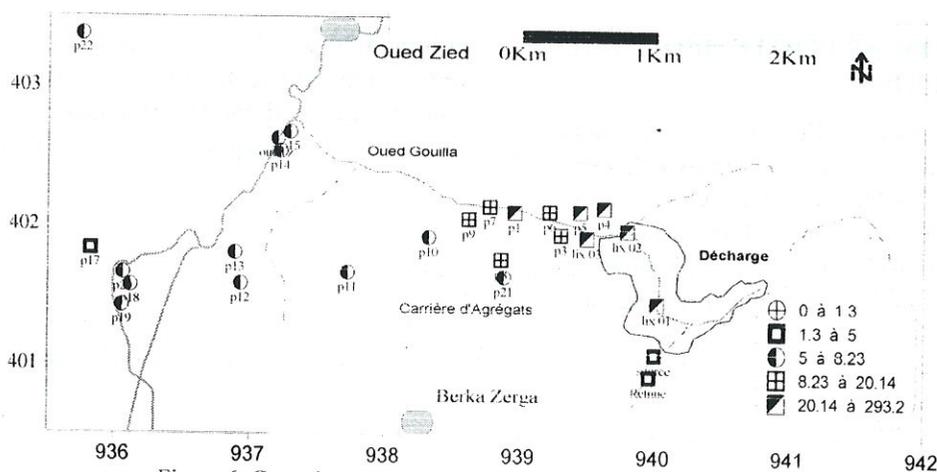


Figure 6. Carte des teneurs en Cu (mg/l). Campagne de juin 2006

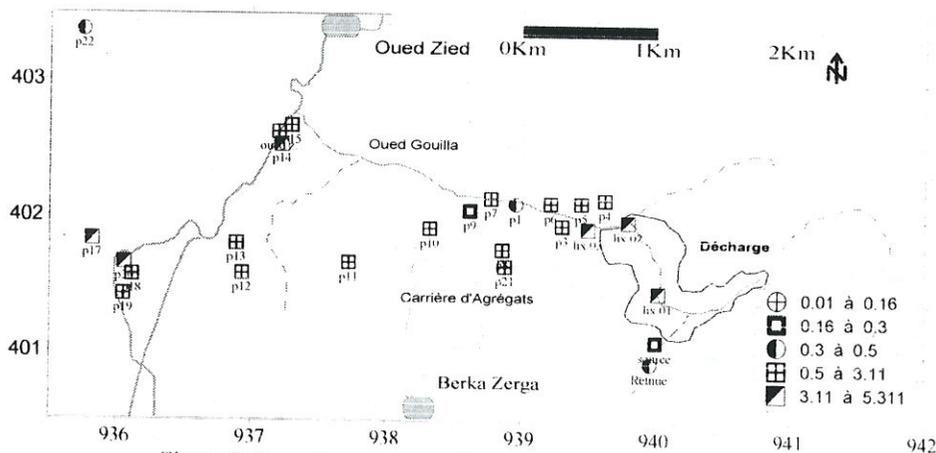


Figure 7: Carte des teneurs en Cr (mg/l). Campagne de juin 2006

4.3 La DBO₅

Les valeurs élevées de la DBO₅ sont localisées sur la bordure de la décharge et au niveau des lixiviateurs. On remarque que les valeurs diminuent selon le sens d'écoulement de l'oued Gouilla (de la

décharge vers le lac Fetzara). La forte valeur relevée à proximité de l'oued Zied (P 16) serait due aux rejets urbains et à l'usine agroalimentaire qui se trouve dans l'agglomération de l'oued Zied (fig.8).

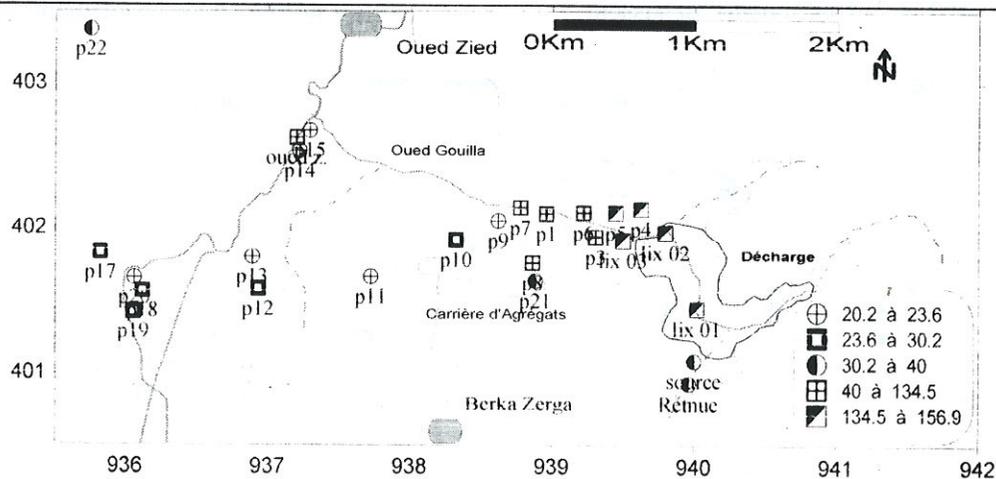


Figure 8. Carte des valeurs de la DBO₅ (mg/l). Campagne de juin 2006

5. EVOLUTION SPATIOTEMPORELLE DE LA POLLUTION

Pour caractériser l'évolution des teneurs dans le temps, nous avons choisi les points P3, P5, P7, P14, et P17 (dans la plaine), les points Lix.1, Lix.2, Lix.3 (dans la décharge) et un point de l'oued Gouilla (Fig.9). Les éléments concernés par le suivi qui a été effectué aux

et juin 2006 sont la CE, le Zn, Cu, Cr, Pb et Fe. D'une manière générale, les variations des concentrations dans les lixivats et dans les eaux de la nappe sont soumises aux fluctuations saisonnières des précipitations

d'octobre 2005, février 2006

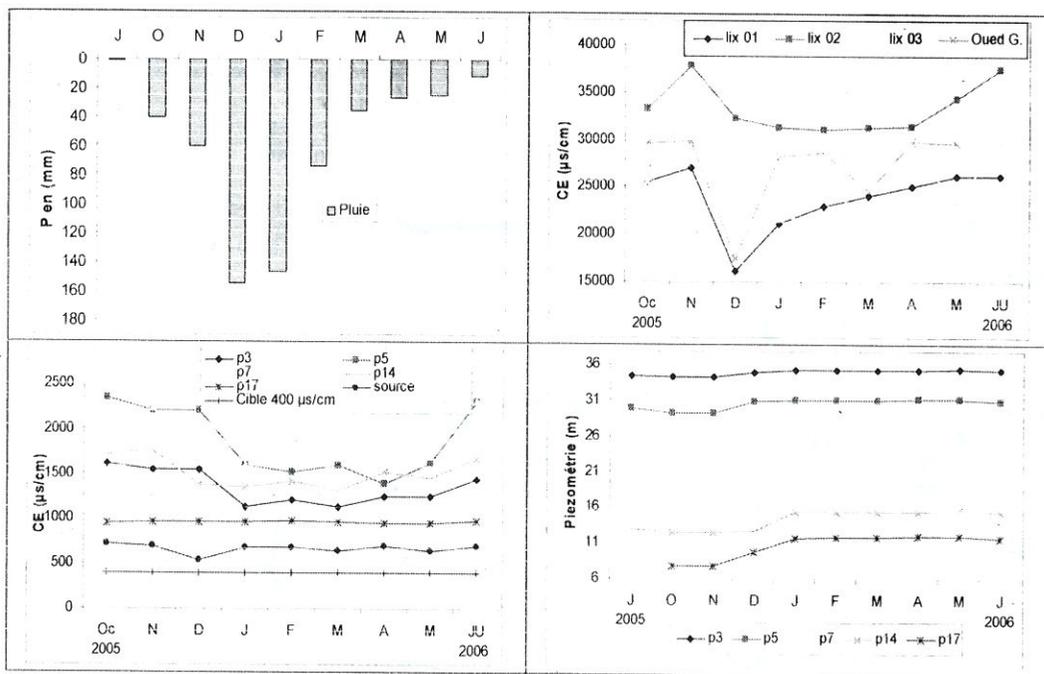


Figure 9. Variation temporelle des paramètres physiques dans la plaine et la décharge

La conductivité électrique diminue dans les lixivats et dans les eaux souterraines pendant la période des hautes eaux sous l'effet de la dilution. La faible variation de la CE au niveau de la source et du puits P17, s'explique par les conditions de leur alimentation : la première

émerge dans les formations calcaires à la faveur d'une faille, le second, étant situé à mi distance entre l'oued Zied et le lac Fetzara, subit l'influence permanent de ces derniers. A la différence de la CE, la concentration des métaux lourds montre une augmentation



régulière pendant la période de hautes eaux dans les lixiviats et dans les eaux souterraines [5]. Cependant quelques exceptions sont observées au niveau des points Lix01 pour le chrome et P3 pour le chrome et le zinc qui diminuent pendant cette période. Cette irrégularité serait le résultat de leur situation vis-à-vis de l'oued Gouilla : les deux points sont situés juste sur la rive de ce dernier, et seraient contaminé par son eau lors des débordements. On note également que la teneur en métaux lourds est relativement faible dans les puits captant la nappe, situés plus ou moins loin de la décharge mais elle reste toujours supérieure aux normes de l'OMS.

A l'inverse, durant les basses eaux, la concentration en métaux lourds diminue dans les eaux de la nappe et dans les lixiviats de la décharge. Ce phénomène peut être expliqué par l'absence de précipitations qui généralement favorisent le lessivage lors du ruissellement et de l'infiltration des eaux superficielles d'où l'importance de ces dernières dans le transfert des polluants de la décharge vers la nappe.

5. CONCLUSION

La présente étude a mis en évidence la présence d'un gradient de contamination métallique amont-aval dans les eaux de la nappe. Les polluants sont présents à des concentrations variables d'un point de prélèvement à l'autre. La globalité des résultats montre que les points de prélèvement situés à proximité de la décharge ont révélé une contamination significative par les métaux lourds. En revanche, les points de prélèvements localisés au nord ouest de la plaine, ne témoignent d'aucune pollution importante par ces métaux.

Le degré de pollution est tributaire des variations saisonnières des précipitations. L'augmentation des teneurs en éléments toxiques, pendant la période de hautes eaux est favorisée par le lessivage des déchets de la décharge, le drain et l'infiltration des eaux superficielles.

L'absence, dans la quasi-totalité des cas, de traitement préalable des rejets urbains et industriels serait en grande partie responsable de la contamination des eaux souterraines de la région par les métaux lourds. De ce fait, les lixiviats de la décharge contribueraient à la pollution métallique, d'autant plus que la décharge, n'est pas conçue

selon les normes d'une décharge contrôlée : système d'étanchéité, collecteur de biogaz et de lixiviat.

Selon les normes préconisées par l'OMS, les eaux souterraines de la région sont impropres à la consommation humaine. Elles sont confrontées à un sérieux problème de pollution par les métaux lourds, notamment par le plomb, le chrome et le fer. Ces derniers lorsqu'ils sont présents à des concentrations faibles sont à considérer également à cause des phénomènes de toxicité chronique et des effets d'interaction. Ils représentent ainsi des risques certains pour la santé des populations et pour la qualité des ressources naturelles.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] HILLY, J., 1962. Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est Constantinois). *Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie (nouvelle série) N°19, 408p.*
- [2] DJORFI S., HANI A., LAOUAR R., DJABRI L., Impacts des rejets industriels sur la qualité du milieu et sur les eaux de la nappe superficielle. Cas de la région d'Annaba (Algérie). *Bulletin du Service Géologique National, Alger/ Vol. 19 N°1- (2008)*. pp. 33-49.
- [3] HANI A., Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen. *Th. Doct. Es-Sciences, Univ. Annaba, (2003) 214p.*
- [4] DEBIECHE T.H., Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. *Th. Doct. Univ. Franche-Comté, (2002)*, 199p.
- [5] KIMBROUGH D.E., COHEN Y., WINER A.M., CREELMAN L., MABUNI C., A critical assessment of chromium in the environment. *Critical Review in Environmental Science and Technology, 29, 1, (1999)*, pp.1-46