



## Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux souterraines : cas de la région d'El Kantar, Sud-Est Algérien

Dj. KERBOUB et Ch. FEHDI\*

*Department of Geology, Cheikh El Arbi Tébessi University, Tébessa 12002, Algeria*

\* Correspondance, courriel : [fehdi@yahoo.fr](mailto:fehdi@yahoo.fr)

### Résumé

La plaine d'El-Kantara se trouvant à la limite NW de la Wilaya de Biskra, est le siège d'un aquifère superficiel dont les eaux sont beaucoup plus utilisées pour l'irrigation de quelques 22 000 palmiers. Pour évaluer la pollution des eaux dans la plaine d'Oued El Hai, des relevés piézométriques et des analyses chimiques ont été réalisés, pendant deux campagnes (septembre 2011 et Février 2012), sur des échantillons d'eau prélevés de neuf points. Les résultats obtenus montrent des concentrations importantes en chlore, sulfates, matière organique (la DBO5, la DCO,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  et  $NH^{+4}$ ), et métaux lourds (chrome, plomb, cuivre et le fer) confirmant ainsi la forte dégradation des eaux de surfaces et souterraines.

**Mots-clés :** *aquifère, hydrochimie, rejets, pollution, El Kantara, Biskra, Algérie.*

### Abstract

**Impact of the urban and industrial wastes on the quality of groundwaters :Case of El Kantara area South-east of Algeria**

The plain of El-Kantara being in extreme cases NW of Wilaya of Biskra, is the seat of an aquifer surface whose water is used much for the irrigation of some 22 000 palm trees. To evaluate the water pollution in the plain of Wadi El Hai, of the piezometric statements and the chemical analyses were realized, during two partners (September 2011 and February 2012), on water samples taken of nine points. The results obtained show significant concentrations chlorinates some, sulphates, organic matter (the DBO5, the DCO,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  and  $NH^{+4}$ ), and heavy metals (chromium, lead, copper and iron) thus confirming the strong water scour of surfaces and underground.

**Keywords :** *aquifer, hydrochimie, rejections, pollution, El Kantara, Biskra, Algeria.*

## 1. Introduction

La qualité des eaux de surface et souterraine a connu ces dernières années, dans l'Algérie, une grande détérioration, en raison du développement urbain et industriel [1]. Les rejets des agglomérations ainsi que ceux de l'industrie sont souvent déversés directement dans les cours d'eau sans aucun traitement préalable. Face à cette situation plusieurs études dans notre vaste pays sont rapportées sur les effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et souterraine [2-4].

La région d'El Kantara se trouvant dans la wilaya de Biskra au Sud-est algérien, renferme une ressource en eau importante surtout pour l'irrigation. Elle se situe au pied du massif des Aurès et entourée par les monts de Bellezma [5]. Elle est composée essentiellement de deux types de reliefs :

- Des massifs dont le plus élevé est celui de Dj. Metlili qui atteint 1496m d'altitude.
- La plaine d'El Kantara qui s'étale jusqu'au barrage Fontaine des Gazelles qui se marque par la présence de vallées étroites, parfois coupées de gorges, qui montrent une adaptation partielle de l'hydrographie à la structure (*Figure 1*).

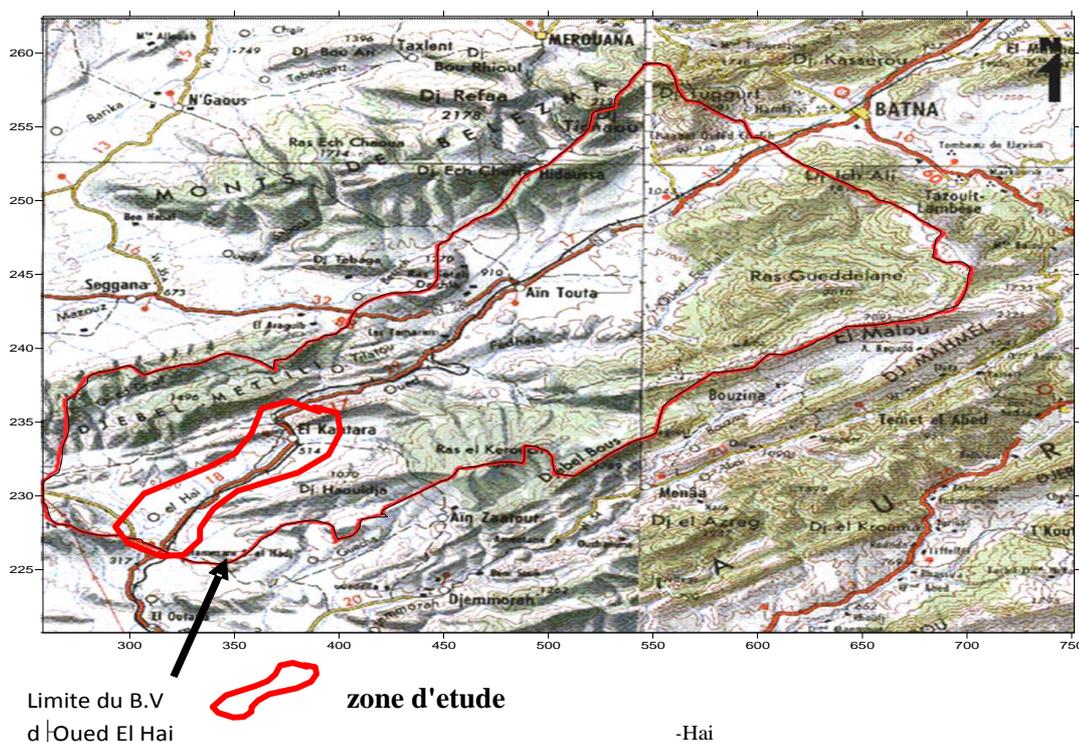


Figure 1 : Situation géographique de la région d'El Kantara

Le dernier recensement officiel de 2008 a estimé la population d'El Kantara à 11583 habitants. Cette population augmente de l'ordre de 2.05 %. Ce qui nous permet d'estimer la population actuelle à  $11,583 \times 1,0205 = 11820$ , sa principale activité est l'agriculture, visible surtout dans la partie Sud là où les palmerais sont beaucoup plus développés de quelques 22 000 palmiers [6]. Le site d'étude reçoit près de 4.92 tonnes par jour de déchets solides d'origines urbaine et industrielle (de petites entreprises spécialisées dans la fabrication des matériaux de construction (céramique), les aliments et les boissons (les moulins d'Ezibane), le recyclage des batteries, du plastique, le lavage des véhicules, stockés directement sur le sol [6]. Dans ces conditions qui ont connu un épanouissement important ce qui augmente les possibilités de pollution des eaux de surfaces et souterraines et pose le problème de la rareté des eaux. Notre étude vise à déterminer cette influence, Pour ce faire, les résultats des analyses physico-chimiques, effectuées (2011/2012) sur les échantillons des eaux de surface et souterraines ont été utilisés.

## 2. Aperçu climatique, géologique et hydrogéologique

La région d'EL Kantara est caractérisée par un climat steppique avec des tendances sahariennes caractérisées par une saison sèche qui va du mois de Mars jusqu'au mois de Novembre. La précipitation

moyenne ne dépasse pas 261 mm/an et le calcul du bilan hydrique global à l'échelle mensuelle montre qu'il est déficitaire, mais il pourrait être excédentaire s'il était établi à l'échelle journalière. La région d'étude fait partie de la chaîne des Maghrébides et elle appartient à la série de l'avant pays atlasique autochtone. D'un point de vue litho stratigraphique, elle est caractérisée par une série sédimentaire complète, du Trias au Quaternaire.

D'un point de vue structurale, la région d'étude est constituée par des structures de direction atlasique affectée par des failles transversales et longitudinales. Parmi ces structures on cite :

- **L'anticlinal de Djebel Metlili (NE-SW) (Figure 2)** : c'est un vaste pli coffré d'âge anté -Miocène qui a été repris par les mouvements post-Miocène.
- **Le synclinal d'El-Kantara** : c'est un synclinal court et très régulier, c'est plutôt une cuvette légèrement asymétrique (Figure 2).

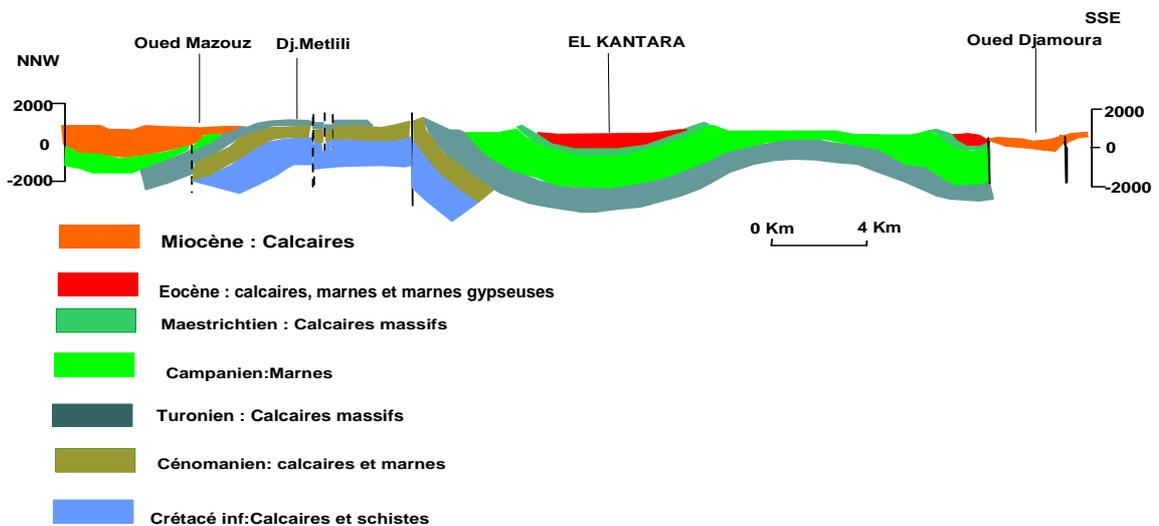


Figure 2 : Coupe à l'aval d'El-Kantara (D'après R.Guiraud) modifiée

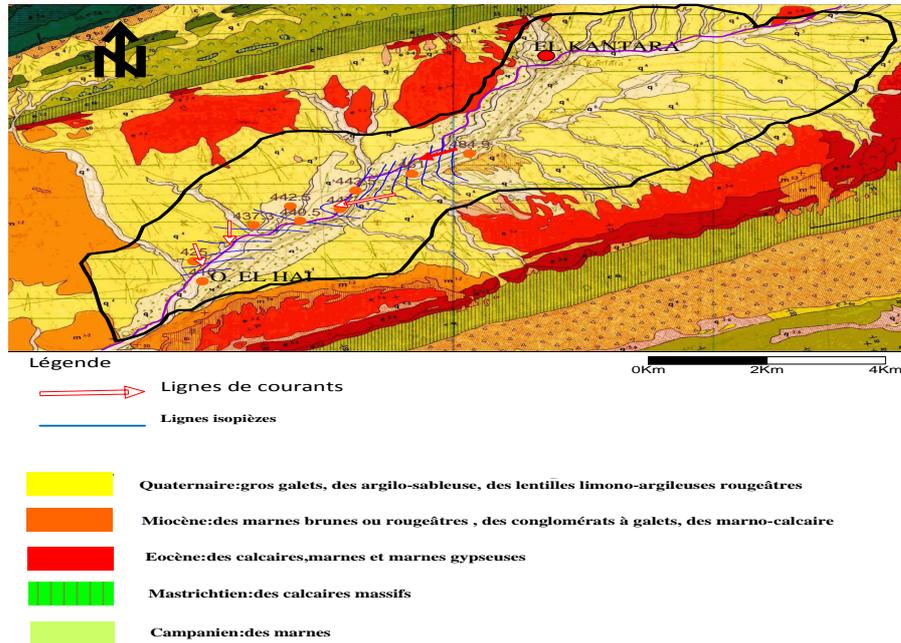
La géologie de la région a permis de constater qu'il existe une grande partie des formations d'alluvions et des calcaires perméables, permettant la création de nappes alluviales et de possibles aquifères karstiques (Figures 2 et 3). Tandis que le reste des formations argileuses et marneuses, ont une faible perméabilité jouant ainsi le rôle de substratum imperméable permettant le ruissellement des eaux de surface [7-9].

L'établissement de la carte piézométrie montre que la partie Nord constitue une limite à flux entrant, alors que la partie Sud constitue une limite à flux sortant. L'écoulement général des eaux souterraines coïncide avec la topographie (Figure 3), se fait vers le Sud avec un gradient hydraulique variable. Les valeurs de la transmissivité T de la nappe alluvionnaire sont entre  $1,6 \times 10^{-3}$  et  $6,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . 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.

### 3. Matériel et méthodes

Pour réaliser la présente étude, un suivi du chimisme des eaux de surface et souterraines pendant la période allant du mois de septembre 2011 allant jusqu'au mois de février 2012 ont touché près de 09 points. L'analyse des éléments chimiques s'est effectuée selon deux méthodes : l'absorption atomique à

flamme pour le dosage des cations majeurs et le spectrophotomètre pour l'analyse des anions et des éléments en traces [10].



**Figure 3 :** Carte piézométrique de la nappe phréatique du Mio-Plio-Quaternaire (Diawhar 2012)

### 3-1. Paramètres chimiques

#### 3-1-1. Matière minérale

##### 3-1-1-1. Les chlorures : (spectrophotomètre HACH Dr2000)

- On prend 100 mL d'eau,
- On lui ajoute 5 mL de  $\text{HNO}_3$  et 10 mL d' $\text{AgNO}_3$  1 mL de sulfate de fer et d'ammonium,
- On titre avec KCSN goutte à goutte jusqu'au virage vers le rouge.

##### 3-1-1-2. Les sulfates (spectrophotomètre HACH Dr2000) :

- On prend 100 mL d'eau,
- On lui ajoute le contenu de la gélule (sulfate),
- On laisse la solution reposer durant minutes ;
- On passe la solution au spectrophotomètre.

#### 3-1-2. Matière organique

- **La demande biologique en oxygène (DBO5) :** c'est la quantité d'oxygène (mg/L) consommée pendant 5 jours par des micro-organismes au cours de la dégradation de la matière organique à une température de  $20^\circ\text{C}$  et à l'obscurité. Le principe consiste à mettre les échantillons d'eau brute dans des flacons contenant des bactéries et ensuite les placer dans un DBO mètre pendant 5 jours. Les micro-organismes, en dégradant

la matière organique présente dans l'eau, consomment l'oxygène et produisent le CO<sub>2</sub> entraînant ainsi une dépression enregistrée par un manomètre.

- **La demande chimique en oxygène (DCO)** : est déterminée selon la norme AFNOR NT F 90-101. Le principe consiste à une oxydation de la matière organique oxydable présente dans l'eau, par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et à l'ébullition et en présence de sulfate de mercure (complexations de chlorures). L'excès du dichromate de potassium est ensuite dosé par une solution de sulfate de fer II et d'ammonium (0,025N).

### 3-1-3. Les éléments métalliques

Les métaux lourds sont déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (PYE UNICAM).

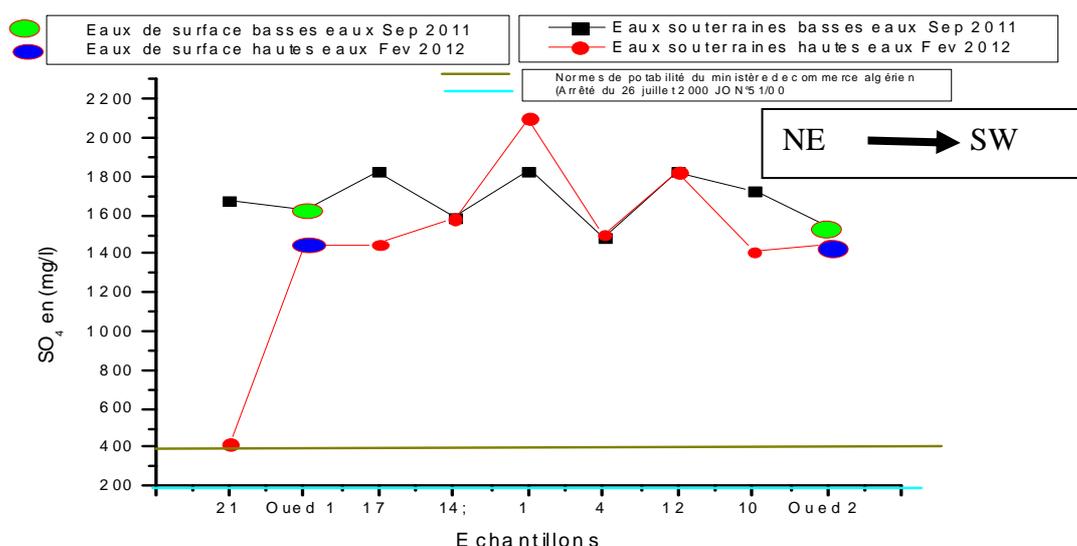
## 4. Résultats et discussion

Le traitement des résultats des analyses chimiques a montré de fortes concentrations surtout en métaux lourds tel que le plomb, le fer, le cuivre, le Manganèse, le chrome surtout dans la partie Nord de l'aquifère. Aussi le faciès chimique des eaux de surfaces et souterraines est sulfaté calcique témoignant d'une contamination par les minéraux salifères.

### 4-1. Eléments chimiques majeurs

#### 4-1-1. Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

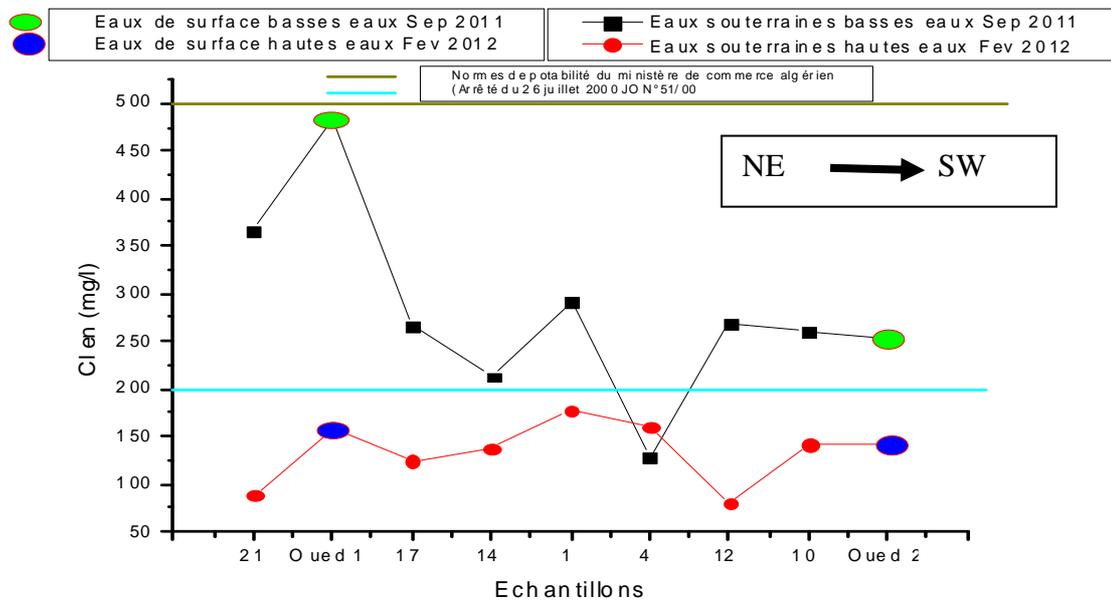
Les sulfates proviennent de la dissolution des minéraux contenant du soufre (formations gypseuses triasiques, ou formations plus récentes comme les argiles et les marnes du Miocène et du Quaternaire), comme ils peuvent être d'origine anthropique par l'usage d'engrais ou de produits phytosanitaires, dans l'agriculture. Ils sont également indicateurs d'une pollution par des eaux usées. Au vue des résultats d'analyses hydrochimique, les concentrations en sulfates dépassent la norme (200-400mg/L).



**Figure 5 :** Evolution de la teneur en sulfate de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

\* Dans le temps les sulfates ont diminué entre 2011 et 2012 ceci est dû aussi à l'effet de recharge, suite à une pluviométrie importante qui a précédé la campagne de 2012 provoquant ainsi une dilution.

\* Dans l'espace : On remarque que les fortes concentrations occupent toujours la partie Nord de la plaine ; ce qui laisse penser à une origine géologique (Eocène formé par des calcaire, marne et margesypseuses) se trouvant aux alentours de la nappe. Il est à remarquer aussi l'apparition de concentrations ponctuelles à l'aval de la ville et au centre de la plaine d'El Kantara ceci est dû essentiellement aux rejets urbains de la ville d'El Kantara.



**Figure 6 :** Evolution de la teneur en chlore de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

#### 4-1-2. Les chlorures (Cl)

Les argiles et les alluvions du dépôt de remplissage Mio-Plio-Quaternaire et les dépôts salifères, provenant de l'érosion, constituent l'origine de ces chlorures. Le rapprochement des valeurs des concentrations durant les deux périodes hautes eaux et basses eaux (septembre 2011 où la teneur en chlorure varie entre 127,8 mg/L et 482,8 mg/L et Février 2012 où les teneurs sont comprises entre et 79,85 mg/L et 177,5 mg/L donc plus faibles) met en évidence le phénomène de dilution.

#### 4-2. Les éléments indicateurs de pollution agricole

##### 4-2-1. Répartition des Nitrates (NO<sub>3</sub>) et des nitrites (NO<sub>2</sub>)

Au cours de la campagne de Septembre 2011, la répartition des teneurs en nitrates paraît acceptable et ne dépassent pas la norme (50mg/L). En revanche, les nitrites dépassent largement la norme (0.1 mg/L). Pour le secteur SW on constate une augmentation de la concentration de ces deux éléments qui coïncide avec l'utilisation des engrais dans les vergétés pendant la saison des cultures (**Figure 7 et 8**). La teneur de ces éléments a été chutée pendant la période de Février 2012 suite à sa consommation par les plantes pendant la saison agricole.

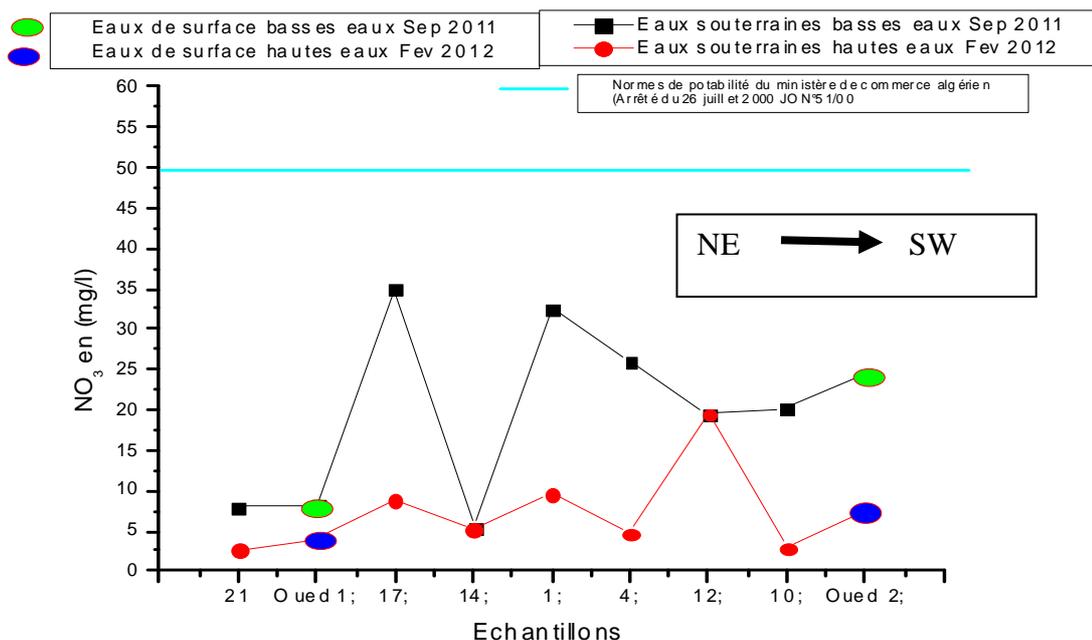


Figure 7 : Evolution de la teneur en nitrate de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

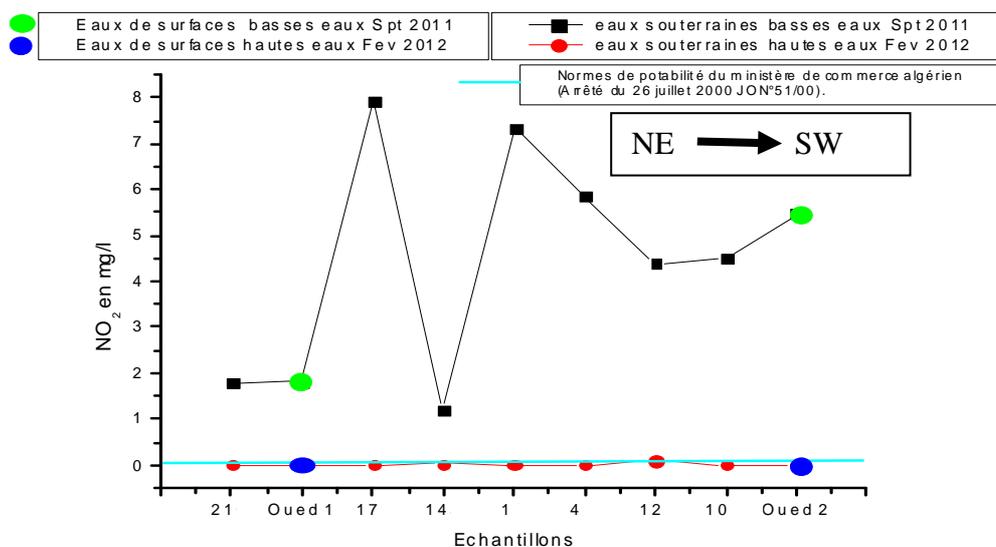
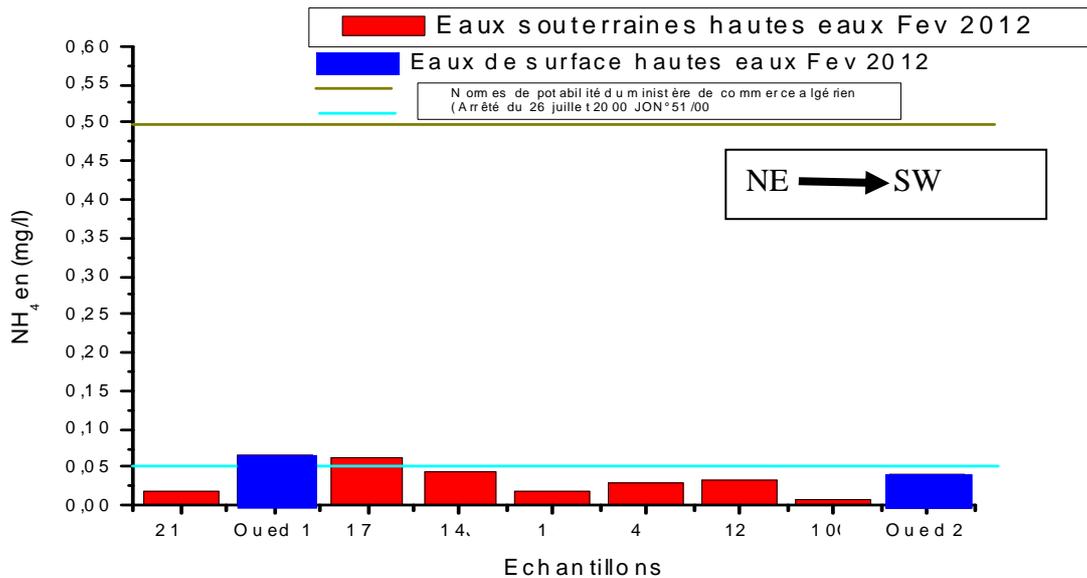


Figure 8 : Evolution de la teneur en nitrite de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

#### 4-2-2. Répartition de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Une seule campagne qui était le sujet d'une analyse de l'azote ammoniacal en Février 2012 montre que les concentrations sont très faibles et ne dépassent pas la norme (0.05-0.5 mg/L). Les plus fortes concentrations coïncident avec la décharge publique (Figure 9).



**Figure 9 :** Evolution de la teneur en azote ammoniacal de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

#### 4-2- 3. Répartition des Phosphates

L'examen du graphe, montre que les plus fortes valeurs coïncident avec la partie NE du terrain (1,4–1,8mg/L) notamment en liaison avec les rejets de la zone urbaine. Dans cette zone on rencontre des valeurs qui dépassent la norme (0.5 mg/L), par contre dans la partie SW on rencontre les

#### 4-3. Les éléments indicateurs de pollution anthropique

##### 4-3-1. La demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO<sub>5</sub>)

La DBO<sub>5</sub> représente la charge polluante organique biodégradable. Elle donne donc une indication importante pour juger de la qualité de l'eau et son degré de pollution. C'est un teste peu précis pour qualifier les eaux naturelles mais très utilisé pour surveiller l'efficacité des stations d'épuration. Pour la période de septembre 2011 la teneur en DBO<sub>5</sub> varie entre 10mg/L et 145mg/L, où on remarque une élévation des concentrations dans la partie NE du terrain en liaison avec la zone urbaine où la teneur dépasse largement la norme (5 mg/L). Pour la période de Février 2012 on remarque que les teneurs en DBO<sub>5</sub> sont comprises entre 2 mg/L et 35 mg/L.

La comparaison entre les valeurs en DBO<sub>5</sub> des deux campagnes selon la direction NE -SW montre que celles de la période Février 2012 sont très faibles à celles de la période de Septembre 2011 suite au phénomène de dilution.

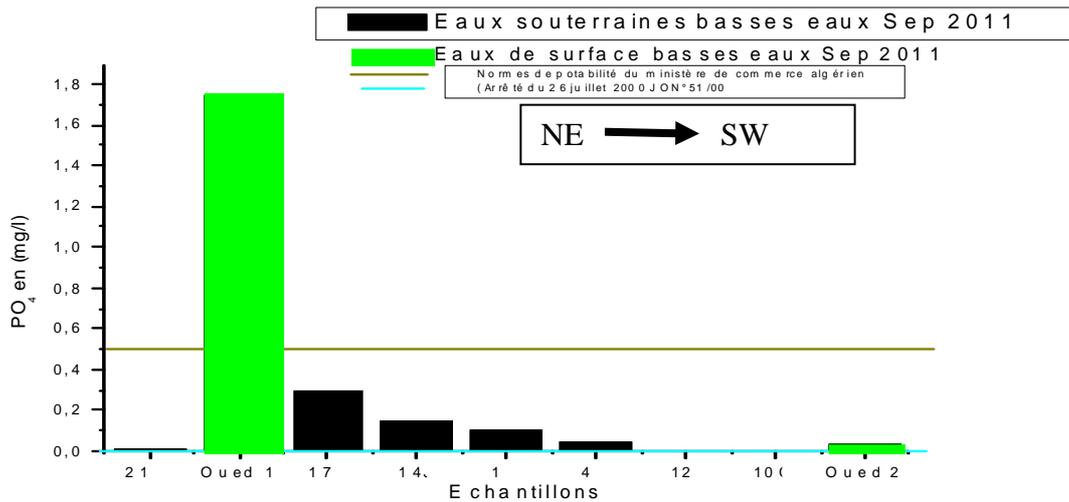


Figure 10 : Evolution de la teneur en phosphate de la nappe alluvionnaire dans l'espace selon la direction NE-SW

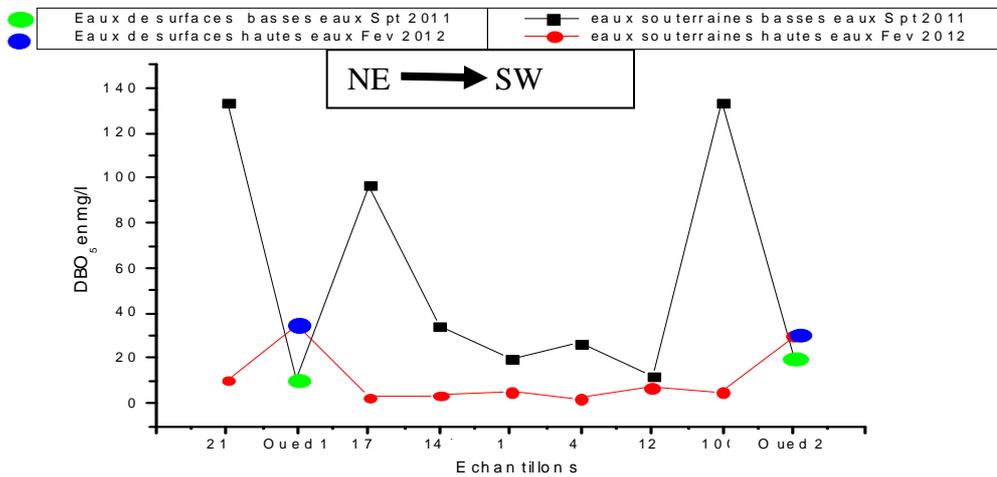


Figure 11 : Evolution de la teneur en DBO<sub>5</sub> de la nappe alluvionnaire dans le temps et dans l'espace selon la direction NE-SW

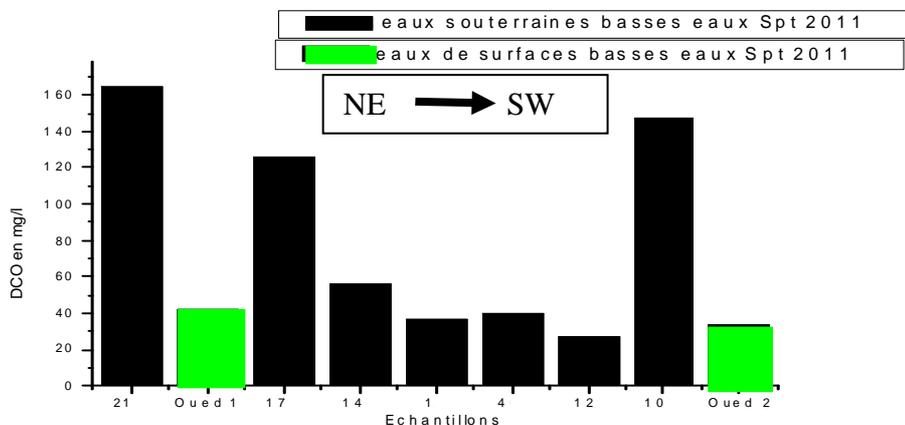


Figure 12 : Evolution de la teneur en DCO de la nappe alluvionnaire dans l'espace selon la direction NE-SW

#### 4-3-2. La demande chimique en oxygène(DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non.

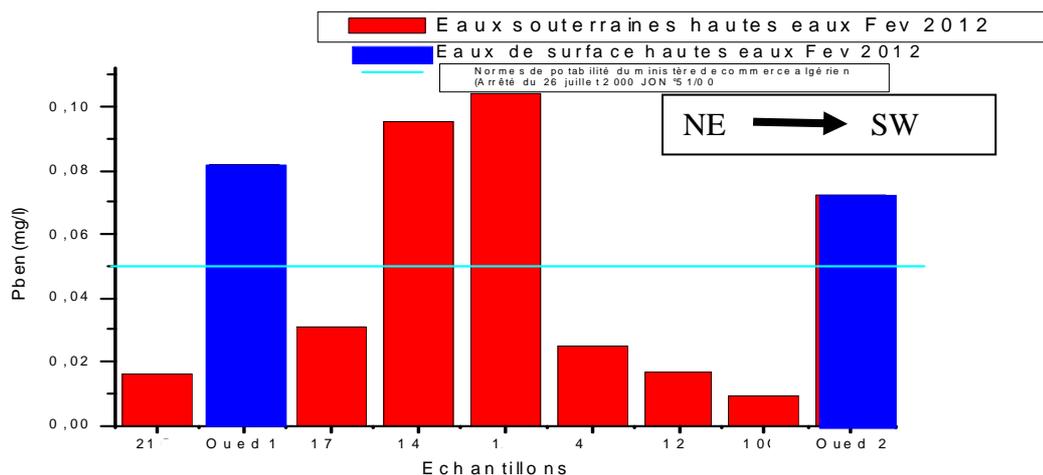
Une seule campagne qui était le sujet d'une analyse de la DCO en Février 2012 montre que les concentrations les plus élevées se situent dans la partie NE du terrain, notamment en liaison avec la zone urbaine alors que les valeurs de très faible concentration se situent dans la partie SW. Ceci est en accord avec la variation de la DBO<sub>5</sub>.

#### 4-4. Impact de la décharge sur les eaux souterraines : cas des éléments traces métalliques (ETM)

##### 4-4-1. Plomb (Pb<sup>++</sup>)

Nous avons pu doser cet élément uniquement pendant la campagne de Février 2012.

Les plus fortes concentrations coïncident avec la décharge publique au centre de la plaine avec 0,105 mg/L et dépassent la norme (0,05mg/L). Alors que le reste du terrain est caractérisé par des valeurs plus faibles (0,015 mg/L) (*Figure 13*).



**Figure 13 :** Evolution de la teneur en Plomb de la nappe alluvionnaire dans l'espace selon la direction NE-SW

##### 4-4-2. Répartition du cuivre (Cu<sup>++</sup>)

Pour la période de septembre 2011 la teneur en cuivre varie entre 0,06 mg/L et 0,32 mg/L, où les fortes concentrations coïncident avec la décharge publique.

Pour la période de Février 2012 on remarque que les teneurs en cuivre sont plus fortes (1,2 mg/L à 46,5mg/L) suite au lessivage de la décharge et dépassent largement la norme (0,05-1,5 mg/L).

##### 4-4-3. Répartition du Manganèse (Mn<sup>++</sup>)

Nous avons pu doser cet élément uniquement pendant la période de Septembre 2011 qui montre que les concentrations les plus élevées se situent dans la partie centrale du terrain en liaison avec la décharge publique et les eaux usées de la ville.

#### 4-4-4. Répartition du Fer ( $Fe^{++}$ )

Le fer est un élément lourd, toxique, il peut avoir une origine naturelle provenant des terrains traversés (formations alluvionnaires) ou une origine industrielle. Au vue des résultats d'analyses hydrochimique, les concentrations en sulfates dépassent la norme (0.3 mg/L).

\* Dans le temps la teneur en fer a augmenté entre 2011 et 2012. Le rapprochement des valeurs des concentrations durant les deux périodes hautes eaux et basses eaux (septembre 2011 où la teneur en fer varie entre 0 mg/L et 1,8 mg/L et Février 2012 où les teneurs sont comprises entre 0,76 mg/L et 11,08mg/L donc plus fortes) met en évidence le phénomène lessivage de la décharge publique.

\* Dans l'espace : On remarque que les fortes concentrations occupent toujours la partie centrale du terrain en relation avec la décharge publique.

#### 4-4-5. Répartition du Chrome

L'examen du graphe montre que la totalité des échantillons ont des teneurs en chrome comprise entre 2 et 52 mg/L. Les résultats obtenus montrent une élévation remarquable dans la partie NE du terrain (40 – 52mg/L) notamment en liaison avec les usées de la ville, par contre la partie SW est caractérisée par de faibles concentrations (2– 10 mg/L) mais toutes les valeurs dépassent la norme (0,05 mg/L).

### 5. Conclusion

Le suivi du chimisme des eaux de surface pendant la période allant du mois de Septembre 2011 jusqu'au mois de Février 2012, a permis de dire que les eaux des puits plus ou moins polluées du fait que les concentrations de certains éléments chimiques dépassent les normes admissibles. La globalité des résultats montre que les points de prélèvement situés à proximité des sources de pollution se trouvent à l'amont ce qui justifie les fortes concentrations près de la décharge publique et la zone d'activité (les eaux usées surtout de la petite industrie : pompes à essence, stations de lavage, semoulerie, abattoir ...) par les métaux lourds et à un degré moindre par les nitrates et les nitrites.

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.

### Références

- [1] - D. KERBOUB, Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux souterraines, cas de la région d'El Kantar Sud-est Algérien. Mémoire de Magister, Univ.de Tébessa, (2012) 156p.
- [2] - S. DJORFI, A. FOUFOU, A. MAJOUR, H. BELLOULOU, L. HANI, et A. DJABRI, Impact de la décharge publique d'Annaba sur la qualité des eaux de la plaine de l'oued zied. Communication Science & technologie (Janvier 2010).
- [3] - M. Mekaikia MOKHTARIA, B. BELABBED, L. DJABRI, A. HANI, et R. LAOUR, Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines. Communication Courrier du Savoir (Juin 2007).

- [4] - F. BAALI, Etude hydrogéologique et hydrochimique de la région karstique de Cheria W.Tébessa. Thèse de Doctorat, Univ Annaba, (2008) 150p.
- [5] - A. HAOUCHINE, Hydrogéologie en zone semi aride et aride, région de Biskra. Thèse de Doctorat, Univ des sciences et de la technologie Houari Boumediene, (2001)187p.
- [6] - DPAT (W Biskra) (2008), Monographie de la wilayade Biskra.
- [7] - R. LAFITTE, Etude géologique de l'Aurès. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2ème sér., Stratigr. Descript. Région. N° 15, (1939) 451p.
- [8] - Y. BELLION, Etude géologique et hydrologique de la terminaison occidentale des Monts du Bellezma (Algérie).Thèse 3ème cycle, Paris VI, (1972) 221p.
- [9] - R. GUIRAUD, Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Geological Survey of Algeria, Mémoire (1990) 3 259p.
- [10] - J. RODIER, L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9<sup>e</sup> édition Dunod, Paris, France (1996).
- [11] - W. ALBERTO *et al.* Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Suquia River Basin Au vue des résultats d'analyses hydrochimique, les concentrations en sulfates dépassent la norme (200-400mg/L). (Cordoba-Argentina). *Water Research* 35 (2001) 2881-2894.