

CHAPITRE V :
DIAGNOSTIC DE LA POLLUTION

V. 1. Introduction

Le dépouillement et l'analyse des données géologiques, hydrogéochimiques et hydrodynamiques permettent de déterminer l'évolution de la nappe superficielle (libre) et de comprendre le comportement et l'influence des éléments chimiques sur la qualité de l'eau. A fin déterminer l'impact de la décharge urbaine de Berka Zerga sur la qualité des eaux de la nappe, l'interprétation des analyses a pour but de diagnostiquer l'état de la pollution, d'effectuer des comparaisons spatio-temporelles et de mettre en évidence les différents facteurs pouvant jouer un rôle primordial dans l'établissement de la genèse et l'origine de la contamination du milieu et des eaux souterraines.

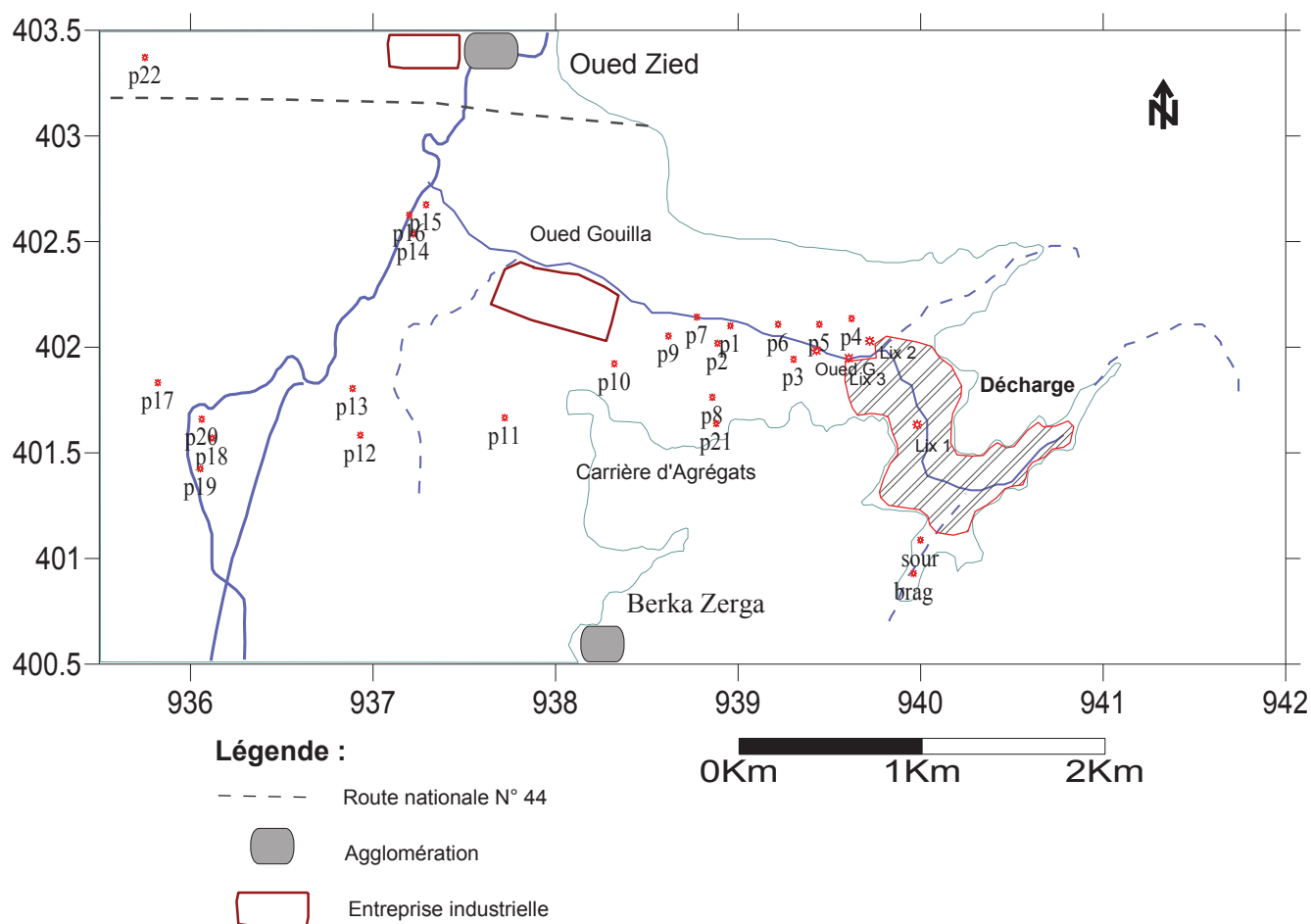


Figure 70 : Carte d'inventaire des points d'échantillonnage.

V. 2. Matériels et méthode d'échantillonnage

Les métaux lourds de la campagne d'échantillonnage 2006 sont dosés au laboratoire de la faculté des sciences de la terre de l'université de Badji Mokhtar Annaba, par spectrophotomètre à absorption atomique à flamme de marque AA. 6601F Shimadzu, concernant les échantillons de la campagne 2012 sont dosés au sein du laboratoire de la raffinerie de Skikda.

Un suivi a été réalisé durant la période d'étude avec des opérations de contrôles et vérifications des concentrations des métaux lourds (Pb, Cr, Fe, Cu, Zn). Les analyses effectuées se rapportent aux eaux prélevées dans les puits captant la nappe, les eaux de l'Oued Gouilla et l'Oued Zied, ainsi dans trois points caractérisant les eaux des lixiviats de la décharge elle-même.

V. 3. Interprétation des résultats

V. 3. 1. Les caractéristiques physico-chimiques des lixiviats

V. 3. 1. 1. Températures

Elles varient entre 15°C et 21.4°C, le maximum est observé au point Lix.01 (Fig.71) durant le mois d'Octobre, le minimum au point Lix.03 durant le mois de Février. La température des Lixiviats est influencée par les conditions météorologiques, elle augmente en générale en passant de Février vers Octobre.

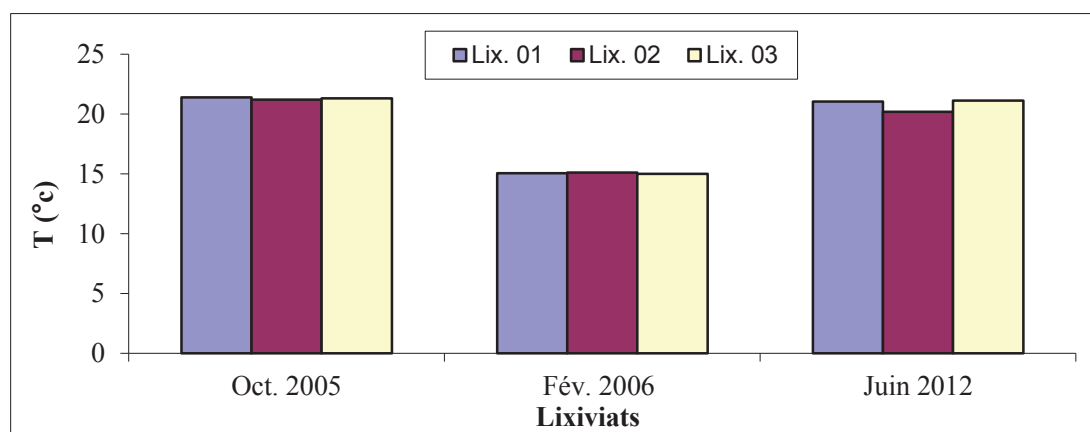


Figure 71 : Variations des températures des lixiviats de la décharge de Berka zerga.

V. 3. 1. 2. Le pH

Pour le pH des lixiviats (Fig.72), il est trop basique. Le maximum est observé au point Lix.02 (pH = 10.21) durant le mois de Juin 2012, le minimum au point Lix.03 durant le mois de Février 2006 (pH = 8.21).

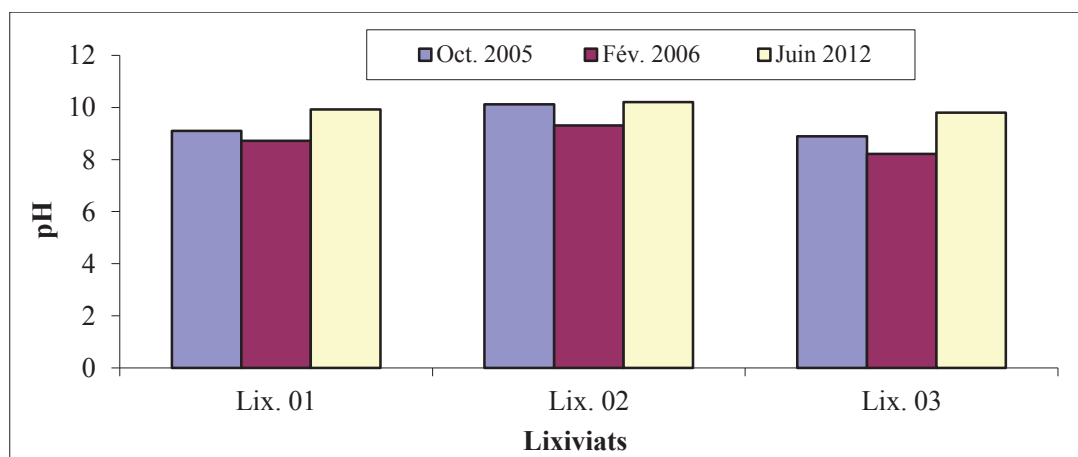


Figure 72 : Variations du pH des lixiviats de la décharge de Berka zerga.

V. 3. 1. 3. La conductivité électrique

La conductivité des lixiviats est très forte ce qui influe sur la qualité des eaux de la nappe, car ces lixiviats sont déversée directement dans les eaux de l'Oued Gouilla. Les plus faibles valeurs sont observées au point Lix.03 avec 21600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant le mois de Juin 2012 (Fig.73), la plus forte valeur est enregistrée au mois d'Octobre 2005 37370 $\mu\text{S}/\text{cm}$, c'est l'effet de la précipitation. La conductivité augmente durant les basses eaux, où la forte évaporation et la faible précipitation induisent une hyper concentration en éléments chimiques.

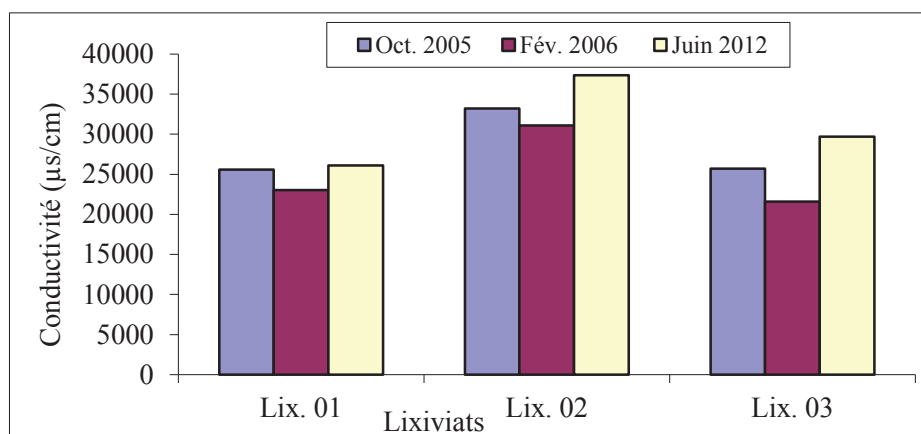


Figure 73 : Conductivités électriques des lixiviats de la décharge de Berka zerga.

V. 3. 2. Les métaux lourds

Les métaux et les métalloïdes sont présents à l'état de trace dans la croûte terrestre. On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 . Leur présence dans les eaux naturelles résulte des processus naturels (érosion et altération, émissions volcaniques, diffusion d'aérosols à partir des sols et de l'eau de mer) et de l'activité humaine. Cette dernière est aujourd'hui considérée comme la principale source de contamination des eaux par les métaux. L'importance relative des sources de contamination anthropique (industrielle, domestique ou agricole) est variable selon l'élément considéré et l'occupation des sols sur le bassin versant.

Tableau 35 : Comparaison des normes internationales de métaux lourds pour les eaux de consommation (OMS, États-Unis, CEE, France). (Callier et al. 2002)

Métaux lourds ($\mu\text{g}/\text{l}$) \backslash Pays	États-Unis	OMS (2011)	CEE (03/11/1998)	FRANCE	Limite qualité	Concentrations maximales d'origine naturelle
Plomb	15	10	10	50	50	<1
Zinc	5 000	3 000	/	5 000	5 000	/
Cuivre	1300	1 000	2 000			24
Fer	300	300	200	200	200	/
Chrome		50	50			6.9

La décharge publique de Annaba est localisée dans la plaine de l'Oued Zied, elle génère par ses lixiviats des concentrations élevées en métaux lourds ; Cuivre, Plomb, Chrome, Zinc et Fer total. Les concentrations obtenues dans les puits limitrophes de la décharge sont très élevées et dépassent largement les normes de rejets des effluents (Tab.35 et 36).

Tableau 36 : Les normes de rejets des lixiviats.

Paramètre	T°C	pH	CE ($\mu\text{S/cm}$)	DBO ₅	Cr	Cu	Pb	Fe	Zn
Normes de rejets OMS recommandés (mg/l)	30	5.5-8.5	1000	200	2	0,6	4	10	7
Normes de rejets Algérienne (mg/l) 2013	30	5.5-8.5	2800	200	0.5	0.3	1	5	5

Les origines naturelles et anthropiques de ces métaux lourds sont présentées dans le tableau 37 (Benessam S., et al., 2015). Elles ont été tirées de la bibliographie et sélectionnées en fonction des formations géologiques et des produits anthropiques présents dans notre zone d'étude.

Tableau 37 : Sources anthropique et naturelle des métaux lourds. (Laperche et al. 2004, Baize D., 1997)

	Origines naturelles				Origines anthropiques
	Type de roche		Teneurs en mg/kg		
			Moyenne	Gamme de teneurs	
Plomb (Pb)	Métamorphique	Marbre	3.9	0.9 à 7	-Carburants
		Gneiss et Schiste	17.6	0.4 à > 100	-Batterie et piles -Canalisation
	Sédimentaire	Grès	9.8	< 1 à > 50	-Etc..
Zinc (Zn)	Gneiss		40	40 à 120	-pigments
	Argiles, Schistes				-Ordures -Agriculture -Etc..
Cuivre (Cu)	Argiles, Schistes			45 à 70	Carburants
Fer (Fe)	Argile,			3 à 15	
	Schiste, Micaschiste, Gneiss			0.5 à 1.5	
Chrome (Cr)	Gneiss, Muscovite		150	100 à 200	

V. 3. 2. 1. Le Plomb

En dehors des zones des gisements plombifères, le plomb est un constituant naturel largement répandu dans la croûte terrestre (Tab.37).

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination irrégulière et parfois importante des eaux de la nappe. En effet, la valeur minimale de 0,003 mg/l est enregistrée au niveau du point P15 pendant le mois de Juin et une valeur maximale de 0,083 mg/l (0,01 mg/l c'est la limite de potabilité) est enregistrée au niveau du point P16 au mois d'Octobre (Fig.74).

Pour les lixiviats la valeur minimale de 0,98 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.3 pendant le mois d'Octobre et une valeur maximale de 2,46 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.2 en Février (Fig.75), on remarque que même les teneurs en plomb des lixiviats dépassent largement les normes des rejets des effluents (1 mg/l).

Cependant, l'analyse détaillée des teneurs en Pb montre que les faibles valeurs ont été enregistrées au niveau des points situées dans le centre de la plaine, loin de toute source de pollution, tandis que les concentrations les plus élevées ont été relevées au niveau des points situées à proximité de l'Oued Zied (P 16) ou à côté de la décharge.

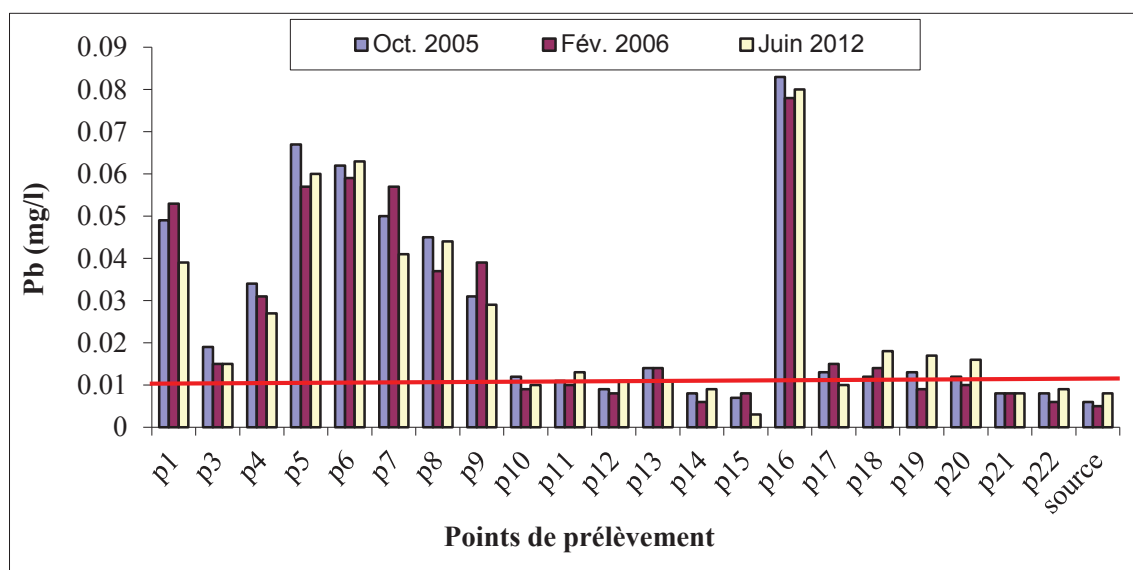


Figure 74 : Variations de la teneur en plomb des eaux de la nappe.

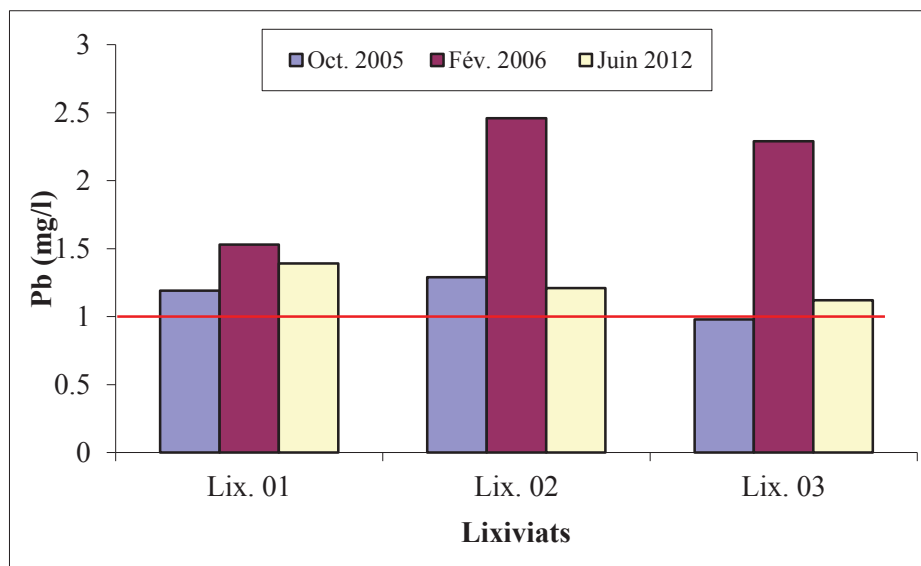


Figure 75 : Variations de la teneur en plomb des lixiviats.

V. 3. 2. 2. Cartes des teneurs en Plomb

Les teneurs en plomb suivent pratiquement la même répartition que celle du cuivre, les points qui se trouvent dans la décharge sont les plus chargés. La teneur en plomb dans la plaine est forte mais elle reste inférieure par rapport aux concentrations des points situés à proximité de la décharge (Fig. 76, 77, 78).

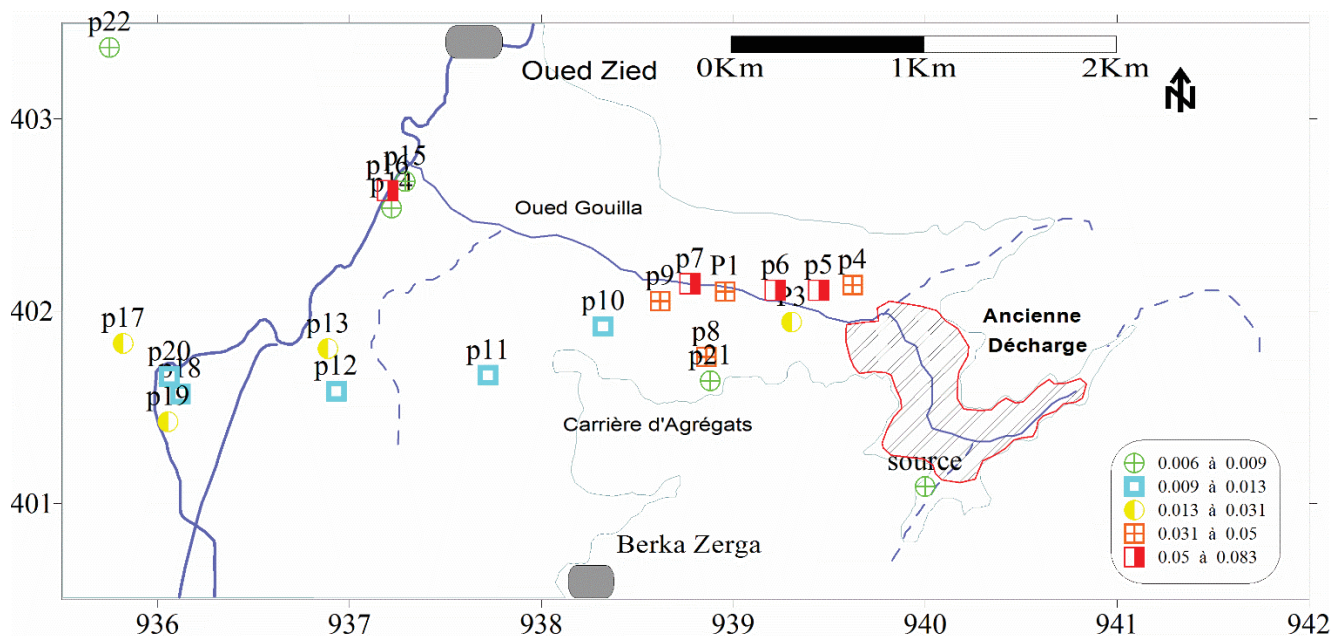


Figure 76 : Carte des teneurs en Pb (mg/l), Campagne d'Octobre 2005.

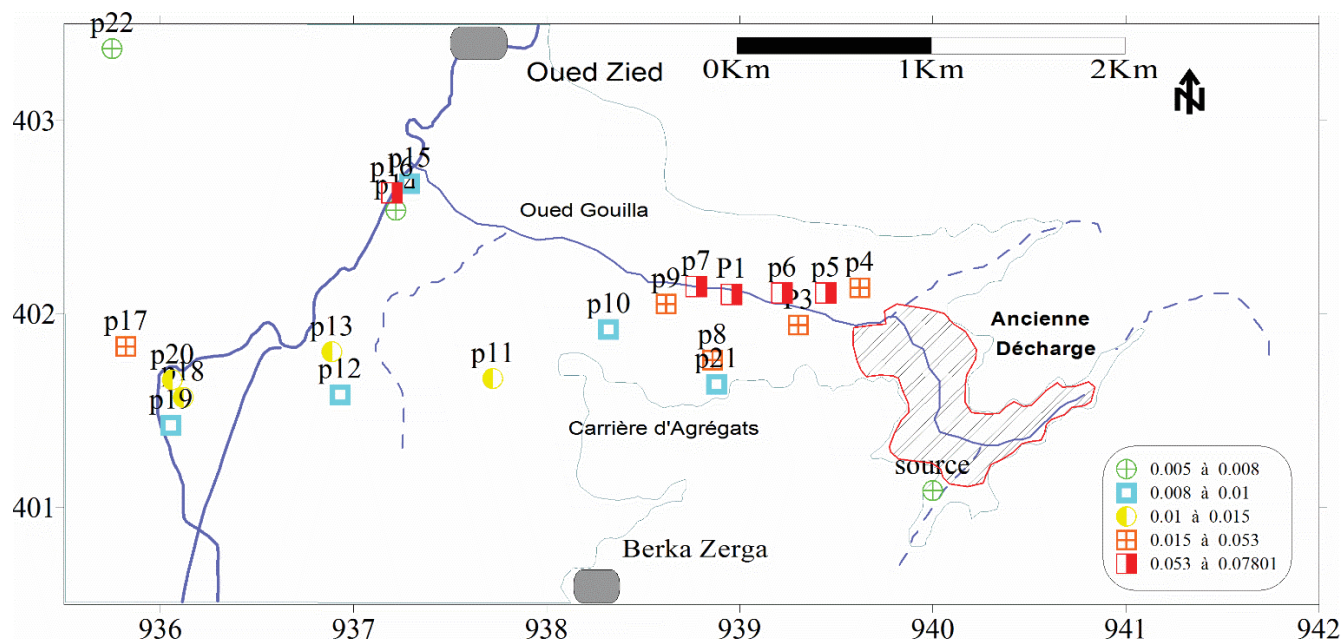


Figure 77 : Carte des teneurs en Pb (mg/l), Campagne de Février 2006.

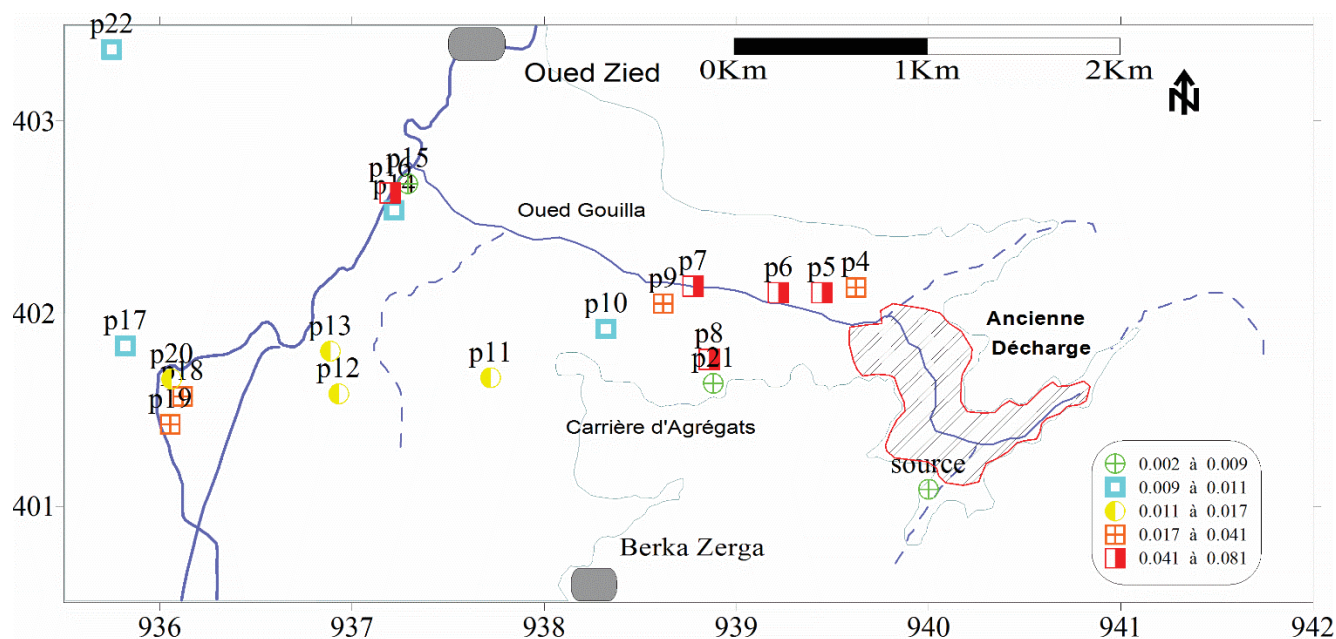


Figure 78 : Carte des teneurs en Pb (mg/l), Campagne de Juin 2012.

V. 3. 2. 3. Le Zinc

La teneur moyenne en zinc de la croûte terrestre serait comprise entre 70 et 132 mg/kg. Le zinc est facilement adsorbé par les minéraux argileux, les carbonates ou hydroxydes (Hickey, M. G., 1984) ont montré que la plus grande proportion de zinc dans des sols et sédiments contaminés était associée aux oxydes de fer et de manganèse. De point de vue électrochimique, le Zinc est un réducteur vis-à-vis de la plupart des métaux de l'Aluminium et du magnésium.

Les teneurs en zinc indiquent des concentrations importantes particulièrement au niveau des points P3, P4, P7, P8 et P9, avec des valeurs respectives de 7,51 mg/l ; 2,59 mg/l ; 2,77 mg/l ; 4,64 mg/l ; et 2,19 mg/l. Ces points se trouvent à proximité de la décharge, ce qui explique les fortes teneurs. Pour les autres points, les valeurs oscillent entre 0,01 mg/l et 2,01 mg/l (Fig. 79).

Par ailleurs, et malgré cette présence notable du zinc dans ces eaux, les teneurs enregistrées restent inférieures à la concentration maximale admissible (CMA) recommandée par l'OMS pour l'élément zinc dans les eaux d'alimentation (3 000 µg/L).

Pour les lixiviats on a enregistré des fortes teneurs, la plus faible valeur a été observée pendant le mois d'octobre (6,4 mg/l). La valeur maximale est enregistrée durant le mois février au point Lix.1 (56,01 mg/l) (Fig. 80), on que même les teneurs en zinc des lixiviats dépassent largement les normes des rejets des effluents.

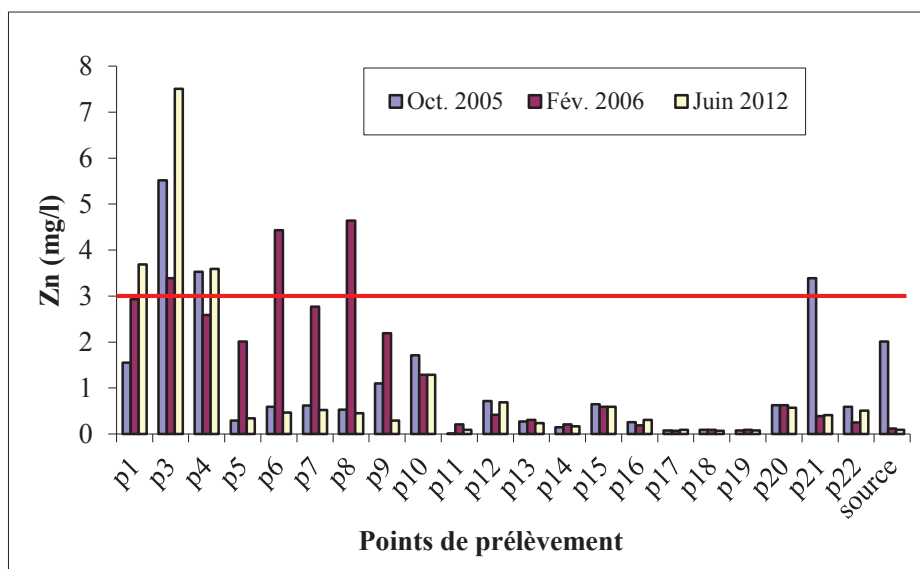


Figure 79 : Variations de la teneur en zinc des eaux de la nappe.

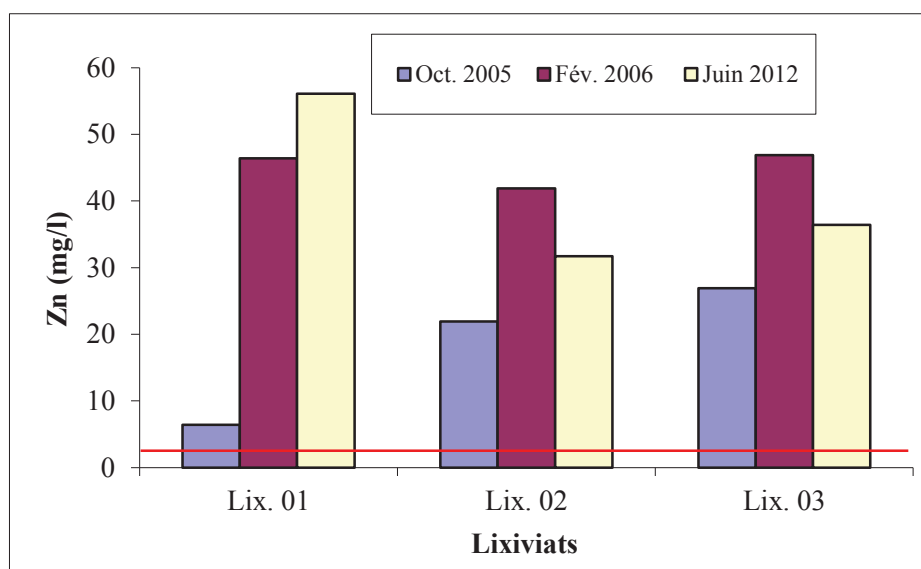


Figure 80 : Variations de la teneur en Zinc des lixiviats.

V. 3. 2. 4. Cartes des teneurs en Zinc

Les teneurs les plus élevées des eaux des puits échantillonnés ne dépassent pas la norme préconisée par l'OMS 3 mg/l, seuls les teneurs des points P7 et P9 qui se trouvent à proximité de la décharge urbaine marquent une légère augmentation par rapport à la norme, pour les concentrations des lixiviats elles dépassent largement la norme. (fig. 81, 82, 83).

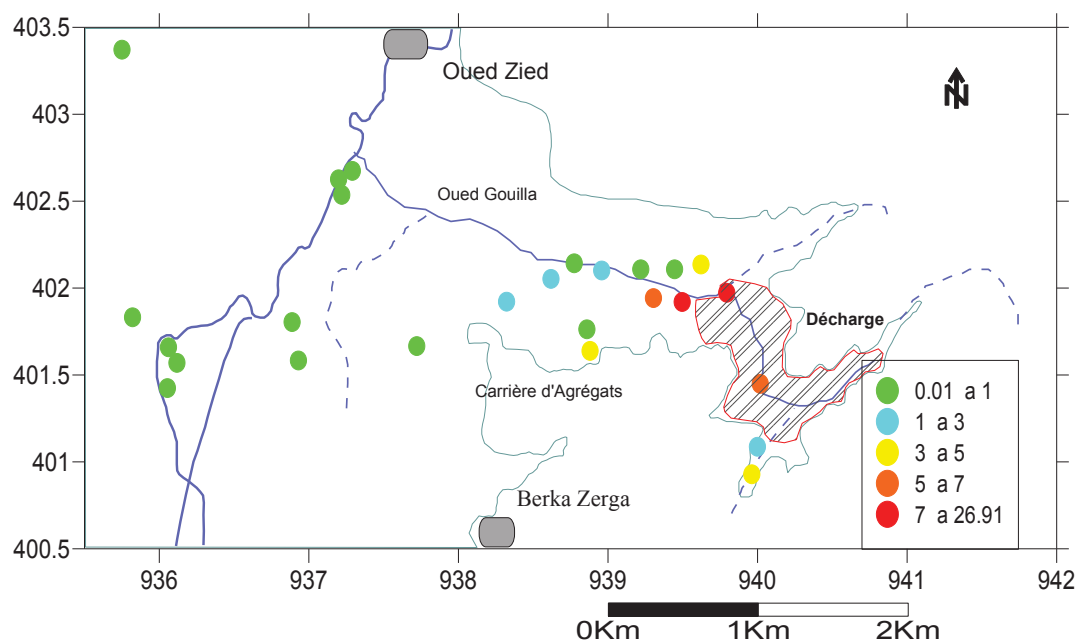


Figure 81 : Carte des teneurs en Zn (mg/l), Campagne d'Octobre 2005.

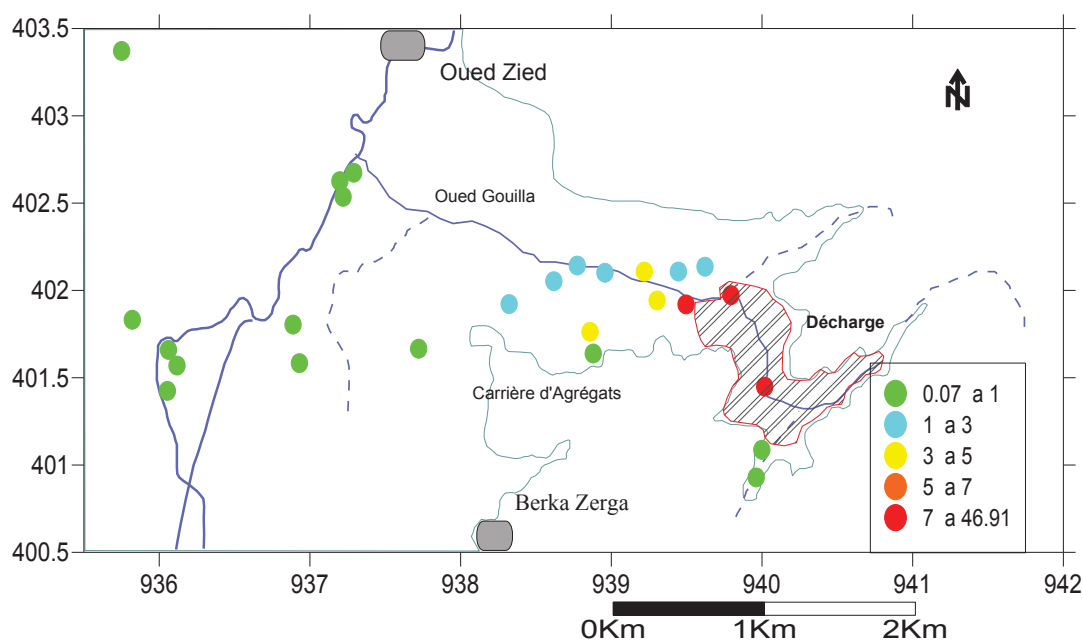


Figure 82 : Carte des teneurs en Zn (mg/l), Campagne de Février 2006.

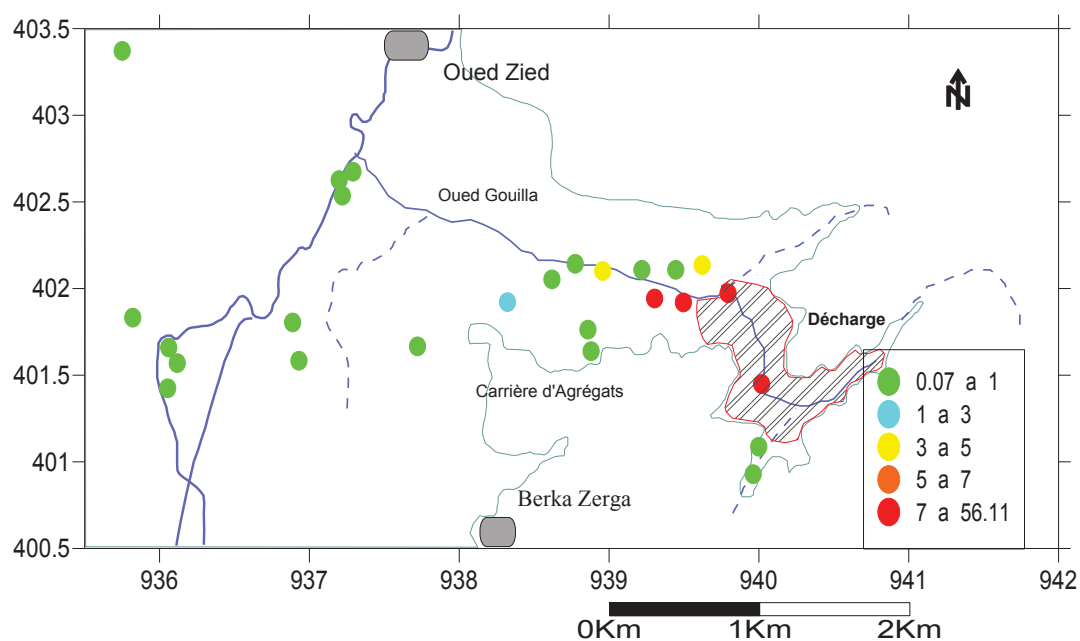


Figure 83 : Carte des teneurs en Zn (mg/l), Campagne de Juin 2012.

V. 3. 2. 5. Le Cuivre

La composition moyenne de la croûte terrestre en cuivre serait comprise entre 45 et 70 mg/kg. (Alloway B.J., 1975) Le cuivre est un élément chalcophile qui se trouve associé à des sulfures, avec le plomb, le cadmium et le zinc. Il est habituellement présent en petites quantités dans des minerais de zinc. Le cuivre est assez fréquemment retrouvé dans la nature, par exemple sous forme de Chalcopyrite. Ses caractéristiques chimiques n'autorisent cependant pas

l'existence de fortes concentrations dans les eaux naturelles. Elles sont donc plutôt d'origine anthropique (Chemaou El Fehri. I., 2016).

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination importante des eaux de la nappe. En effet, la valeur minimale de 0,40 mg/l est enregistrée au niveau de la source pendant le mois d'Octobre, elle est trois fois inférieure à la concentration maximale admissible (CMA) recommandée par l'OMS pour le Cuivre dans les eaux d'alimentation (1300 µg/L), une valeur maximale de 2,67 mg/l est enregistrée au niveau du point P5 au mois d'Octobre (Fig. 12).

Pour les lixiviats, la valeur minimale de 25,67 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.1 (Juin 2012) et une valeur maximale de 51,77 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.2 (Février).

Géographiquement, 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 supérieures 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.

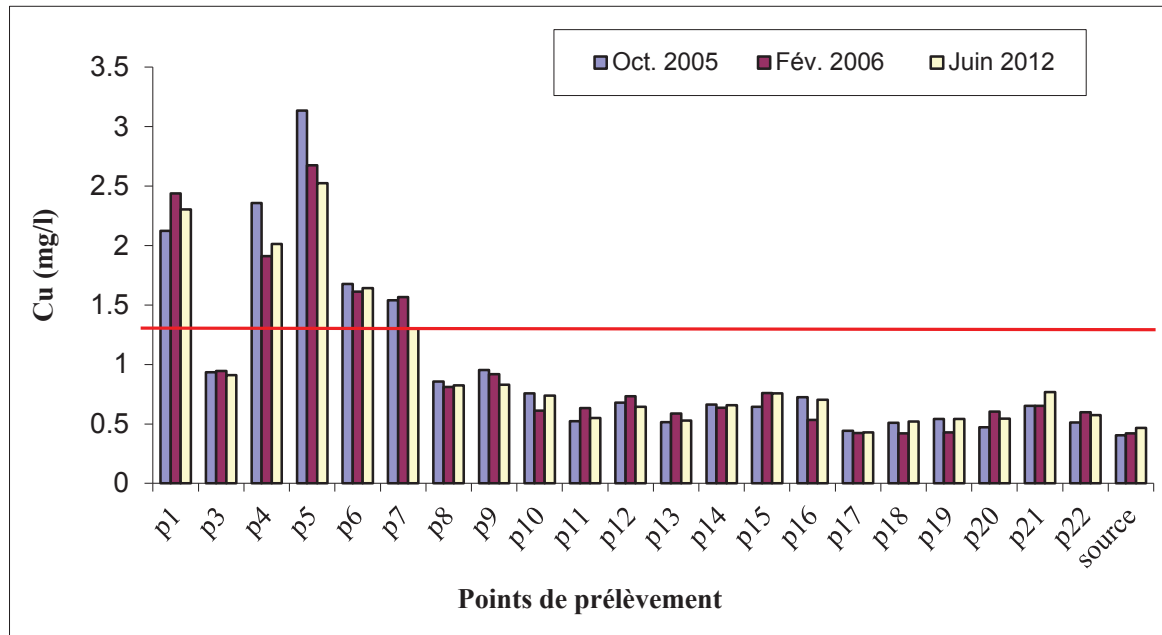


Figure 84 : Variations de la teneur en cuivre des eaux de la nappe.

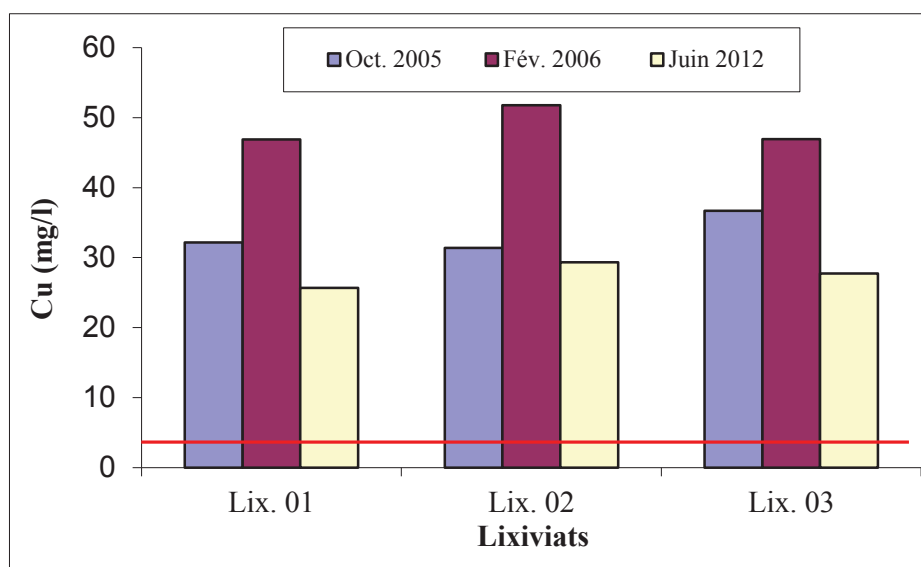


Figure 85 : Variations de la teneur en cuivre des lixiviats.

V. 3. 2. 6. Cartes des teneurs en Cuivre

Les plus fortes teneurs se localisent au niveau de la décharge et sur ses bordures. La concentration diminue de l'Est vers l'Ouest suivant le sens d'écoulement de l'oued Gouilla. Au centre de la plaine, les concentrations en Cuivre sont relativement fortes et marquent de légères variations au cours de la deuxième campagne mais les éléments retrouvent leur teneur originelle au cours des campagnes de juin 2012, (Fig. 86, 87, 88).

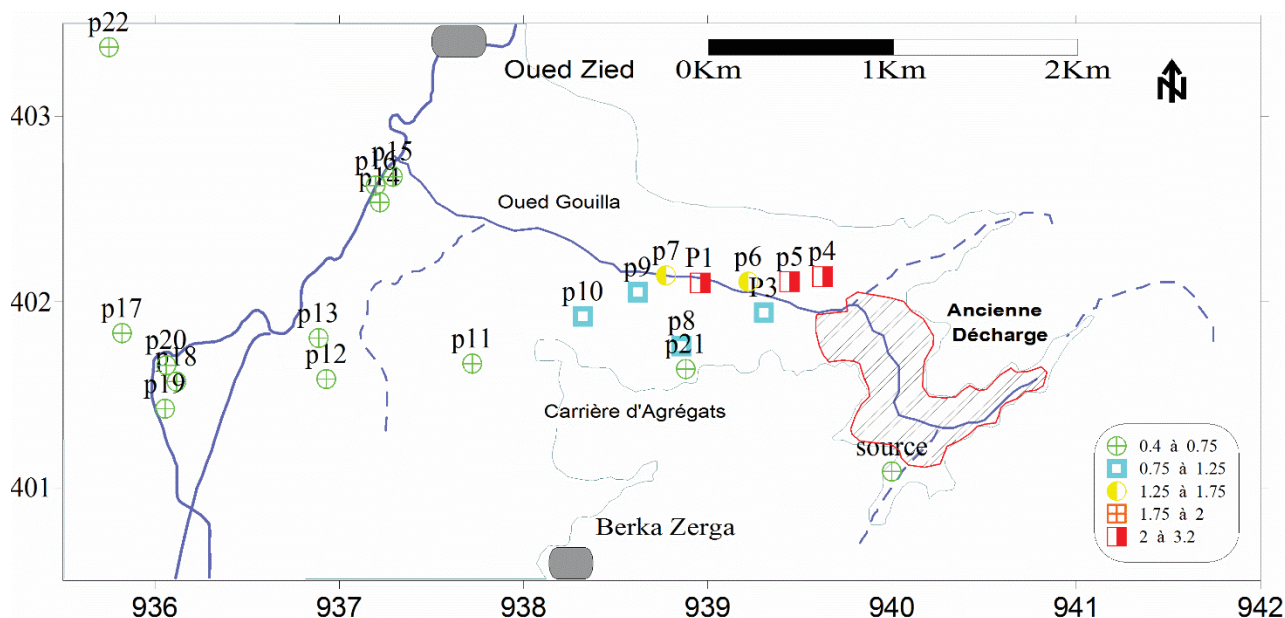


Figure 86 : Carte des teneurs en Cu (mg/l), Campagne d'Octobre 2005.

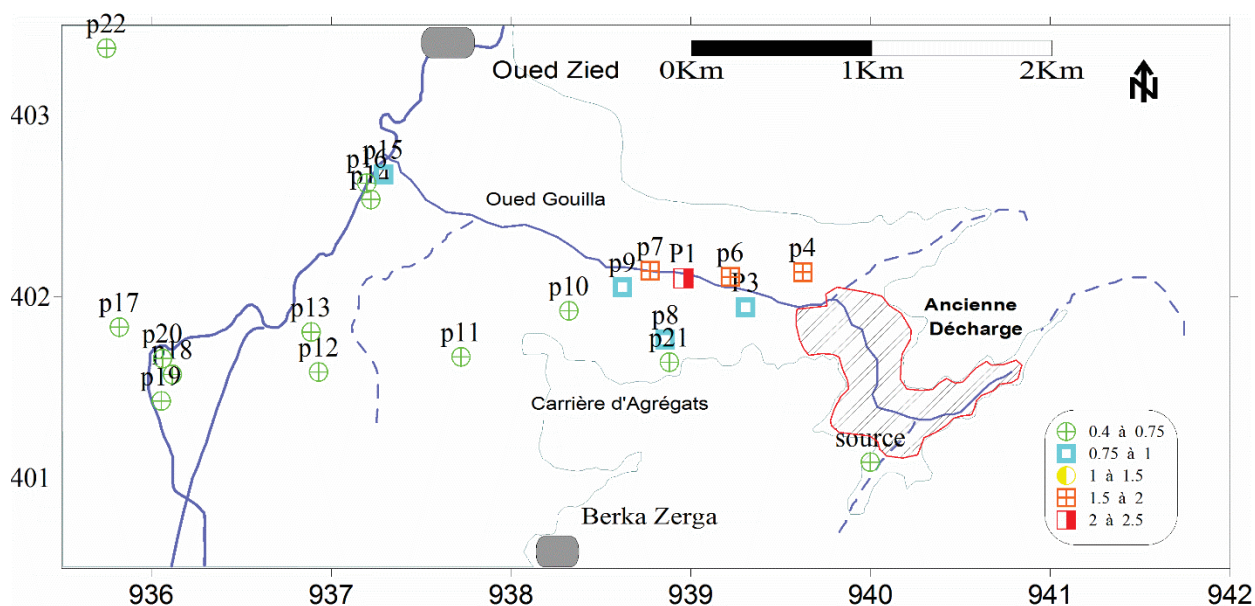


Figure 87 : Carte des teneurs en Cu (mg/l), Campagne de Février 2006.

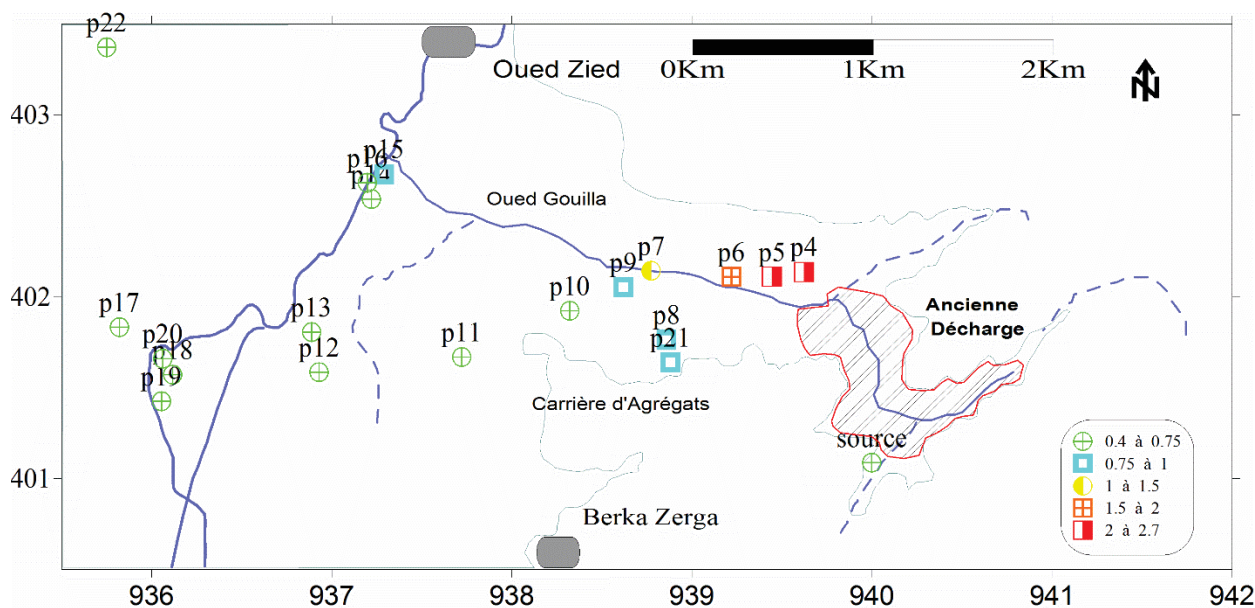


Figure 88 : Carte des teneurs en Cu (mg/l), Campagne de Juin 2012.

V. 3. 2. 7. Le Chrome

Le Chrome est présent naturellement dans les roches magmatiques et dans les sédiments calcaires et argileux. Dans les eaux naturelles, il peut provenir essentiellement de filons métallifères (chromite). Cependant, la présence de chrome dans les eaux naturelles est assez rare, du fait de sa faible solubilité. Sa présence dans les eaux est en général due aux rejets d'eaux usées.

A l'état pur, le chrome n'est utilisé que pour la fabrication d'aciers spéciaux, et pour le traitement de surface (dépôts anticorrosion dans l'industrie automobile, et chromage). Ces sels

sont utilisés comme pigments pour l'industrie textile, la céramique, la verrerie. Les dérivés du chrome se retrouvent dans l'eau essentiellement sous forme oxydée : le chrome trivalent (Cr III) et le chrome hexavalent (Cr VI).

Les valeurs relevées témoignent d'une contamination importante des eaux de la nappe. En effet, la valeur minimale de 0,003 mg/l est enregistrée au niveau de la source d'eau pendant le mois d'Octobre, une valeur maximale de 0,326 mg/l est enregistrée au niveau du point P17 au mois de Juin (Fig. 89), la concentration du Chrome dans les échantillons de la troisième campagne est supérieure à la norme recommandée par l'OMS (0.05 mg/l) pour l'élément Chrome dans les eaux d'alimentation.

Pour les lixiviats, la valeur minimale de 2,39 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.1 et une valeur maximale de 9,13 mg/l est enregistrée au niveau du point Lix.1, les deux valeurs ont été enregistrées durant le mois d'Octobre (Fig.90), on remarque que les teneurs en élément de Chrome dépassent largement les normes préconisées pour les effluents (2 mg/l).

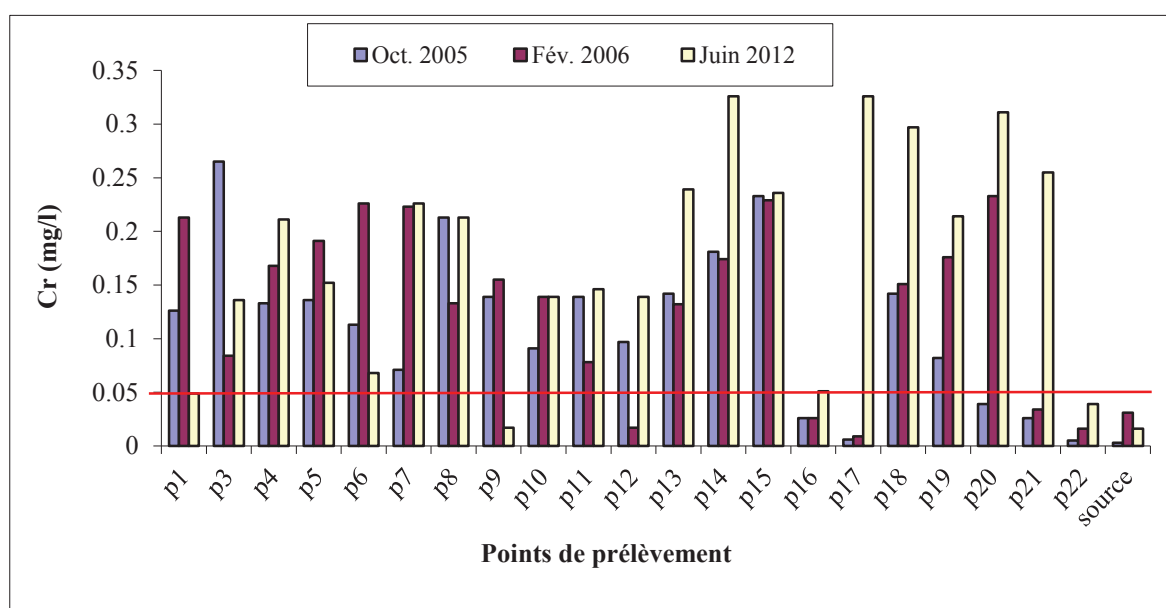


Figure 89 : Variations de la teneur en Chrome des eaux de la nappe.