

IMPACTS DE LA DECHARGE DE LA VILLE DE TIARET SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

Mokhtaria Mehdi¹, Larbi Djabri²,
Azzedine Hani², Bourhane Eddine Belabed²

¹⁾ Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires,
Université Ibn Khaldoun, Tiaret 14000, Algérie.

²⁾ Laboratoire des Zones Humides,
Université Badji Mokhtar, Annaba 23000, Algérie.

Reçu le 30/01/2007 et accepté le 13/06/2007

ملخص

تقع المزبلة العمومية لمدينة تيارت في المكان المسمى عين قسمة عند المخرج الجنوبي لمدينة تيارت على بعد 5 كم من مركز المدينة. يتكون وعاء المزبلة من تكوينات كلسية ذات مسامية تساعد بشكل كبير على تلوث المياه الجوفية. الأراضي ذات الانحدار الضعيف تساعد على انتقال الملوثات. ان السائل الناتج عن النفايات ينساب على السطح ثم يتسرب مؤديا إلى تدهور نوعية المياه. التحاليل الكيميائية التي أنجزت على العينات المأخوذة من الآبار القريبة من السطح أظهرت تركيزات هامة خاصة الكروم، التوتيات، الرصاص مؤكدة تلوث المياه الجوفية، من جهة أخرى ولمعرفة درجة التلوث الناشئ عن هذه المزبلة تمت مقارنة النتائج المحصل عليها بنتائج مزابل أخرى. تبين من هذه المقارنة أن المزبلة العمومية قديمة ولكنها غير مستقرة، حالتها تتناسب مع المرحلة الحمضية للتدهور اللاهوائي. أبرزت التحاليل الباكترولوجية التي أجريت على مياه الآبار بأن هناك تلوثا حيوي مجهري.

الكلمات المفتاحية: المزبلة؛ السائل الناتج عن النفايات؛ المعادن الثقيلة؛ المياه الجوفية؛ التسرب.

Résumé

La décharge publique de Tiaret est située à 5 Km du centre ville au lieu dit Ain Guesma. L'encaissement de la décharge est constitué par des formations marno-calcaires, à porosité de fissures contribuant grandement à la pollution des eaux souterraines. Le terrain en pente favorise le déplacement des polluants. En effet, les lixivats s'écoulant et s'infiltrant à partir de la décharge entraînent une dégradation de la qualité des eaux. Les analyses chimiques effectuées sur les prélèvements réalisés au niveau des piézomètres montrent des concentrations importantes particulièrement en chrome, en zinc et en plomb, confirmant ainsi la pollution des eaux souterraines. Par ailleurs, pour connaître le degré de pollution engendrée par cette décharge, les résultats obtenus ont été comparés à ceux d'autres décharges. Il en ressort de cette comparaison que la décharge est ancienne mais n'est pas encore stabilisée. Son état correspondant à la phase acide de dégradation anaérobie. Les analyses bactériologiques effectuées sur les eaux des puits indiquent une contamination micro biologique.

Mots clés : décharge; lixivats; métaux lourds; eaux souterraines; infiltration

Abstract

The public discharge of Tiaret city is at 5 km from downtown at Ain Guesma site and marly-calcareous formation. This formation shows crack porosity that facilitates pollution of groundwater reserves. The slope character of the field also favours the movement of pollutants. Lixiviates penetrating from the discharge towards the water table result in water quality deterioration. Chemical analyses carried out on three piezometer samples show large concentrations of chromium, zinc and lead, thus confirming the high groundwater deterioration. To assess the degree of pollution caused by this discharge, a comparison with other similar discharges was studied. This shows that the site is ancient of the discharge and is not stabilized yet and an acidic phase of anaerobic degradation is still going on. Bacteriological analyses carried out on groundwater show a microbiological contamination.

Key words: discharge; lixivate; heavy metals; groundwater; infiltration.

1. INTRODUCTION

La gestion des déchets solides obéit à des normes que l'utilisateur doit respecter faute de quoi il s'expose à la pollution qui s'en suit. La pollution des eaux peut être due à l'industrie qui par le biais des émanations gazeuses ou par les rejets liquides ou solides contribue grandement à la dégradation de la qualité des eaux. L'agriculture, le développement des plantes exige l'utilisation de fertilisant qui accroissent les risques de pollution. Comparativement aux autres sources de pollution, celle générée par les déchets solides a été pendant longtemps ignoré car ne présentant pas de danger immédiat. L'accroissement des populations urbaines et par conséquent l'augmentation de la charge produite ont montré que les décharges ont un impact négatif sur l'environnement d'une manière générale. En Algérie, au cours de ces dernières années les pouvoirs publics ont pris en charge la gestion des décharges particulièrement dans les grandes agglomérations où leurs impacts sur l'eau et le sol est devenu flagrant. Le présent travail porte sur la décharge publique de la ville de Tiaret dont les déchets résultent en grande partie de l'activité humaine et peuvent causer de multiples pollutions en agissant notamment :

- Sur la santé par le dégagement d'odeurs nauséabondes et de fumées désagréables; inhalation de fumées toxiques,
- Sur les eaux et le sol par une contamination engendrée par les lixivats

Ces inter-actions décharge-milieu récepteur accentuent les risques de pollution.

Les pollutions peuvent altérer la qualité des eaux superficielles et souterraines, les eaux de pluies causent des lessivages des déchets ce qui génère des lixivats, ces derniers s'infiltrent entraînant une pollution chimique des eaux par les ETM.

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA DECHARGE

La décharge publique de la commune de TIARET est située à Ain-guesma, à la sortie sud de la ville à 5 Km de son centre, figures 1 et 2. Le site abritant la décharge se présente sous forme de terrain en pente faible de 5% environ et s'étend sur une superficie de 10 hectares, son altitude varie entre 850 m et 900m.

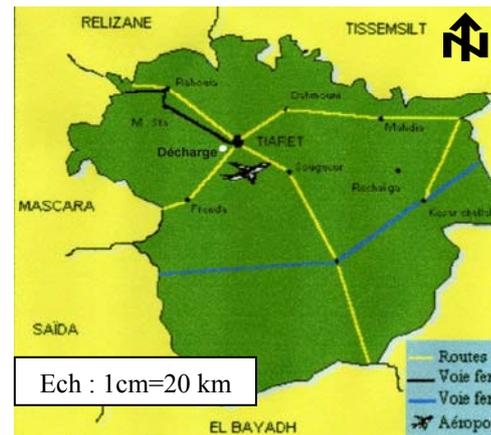


Figure 1: Situation géographique de la ville de Tiaret et de la décharge

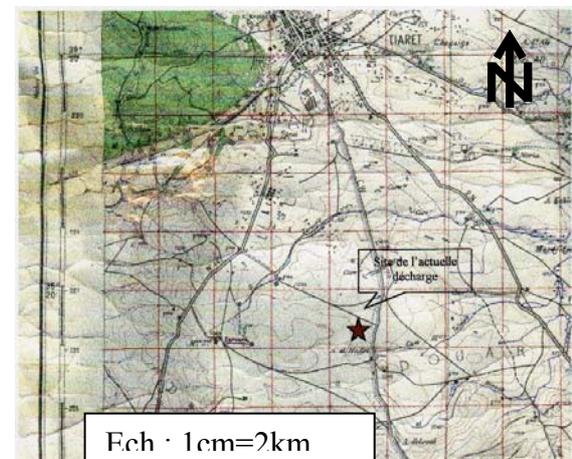


Figure 2: Emplacement de la décharge de la ville de Tiaret.

La pente favorise le ruissellement des eaux [1] en effet les lixivats ou les eaux de pluie pénétrant dans les déchets sont à l'origine des écoulements favorisant les processus de pollution par infiltration à travers les sols marno-calcaires fissurés. Le choix d'implantation de la décharge actuelle obéit aux critères de l'époque c'est à dire éloignement du site par rapport à la ville et l'accessibilité au site

par la route.

3. CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les formations géologiques à l'affleurement dans la zone d'étude sont constituées de marnes avec des intercalations de calcaire fissurés et des alluvions d'âge respectivement Crétacé et le Mio-plio-Quaternaire, figure 3. Ces formations confèrent au site une perméabilité variable dans le sens horizontal et vertical. En effet les fréquents changements de faciès (passage des formations alluvionnaires au calcaires fissurés ou aux calcaires compacts) font que la perméabilité change dans des proportions importantes, en effet on passe d'une perméabilité de l'ordre de 10^{-2} m/s à une perméabilité de 10^{-6} m/s. De ce fait les écoulements prennent des directions préférentielles selon la fissuration. Cependant les études hydrogéologiques menées dans la zone d'étude montrent que cette dernière recèle deux horizons aquifères, le premier situé à quelques mètres (maximum 10 mètres) de profondeur et est influencé par les apports de la décharge, les formations alluvionnaires du mio-plio-quaternaires sont le siège de cet aquifère par contre le second est situé dans l'ensemble gréseux du valangien-albien.

Les précipitations accentuent le déplacement des polluants soit par le biais de l'infiltration soit par écoulement de surface, ces dernières sont en moyenne de l'ordre de 410,5 mm/an (1990-2000).

Caractérisation des déchets urbains

La ville de Tiaret couvre une superficie de 1800Ha, occupée par 175.787 habitants (2004). L'apport journalier moyen en déchets solides est 145 tonnes. Selon l'enquête effectuée par nos soins en 2002 et en 2006, les déchets aboutissant à la décharge se composent de figure 4 par :

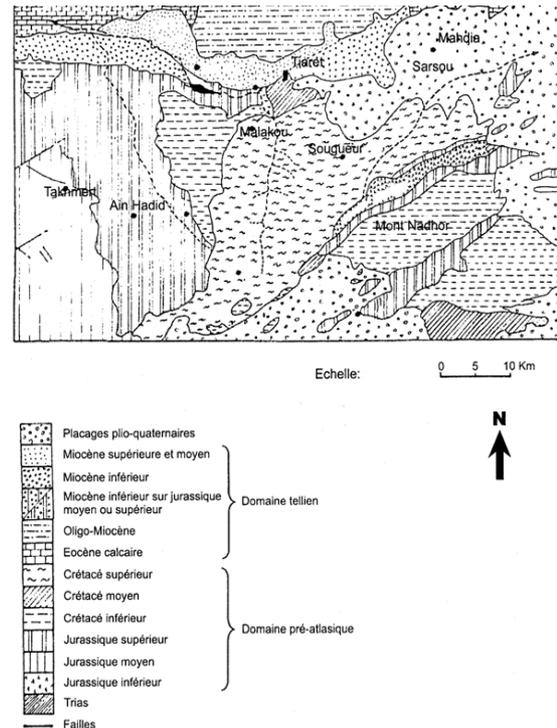


Figure 3: Cadre géologique de la région de Tiaret.

- Déchets ménagers et assimilés

- *Les déchets ménagers,
- *Les produits de nettoiemnts des voies publiques ;
- *Les détritrus des marchés
- *Les déchets provenant des écoles, casernes et de tous les bâtiments publics, déposés dans des récipients, sacs poubelles ou en vrac.

- Les déchets provenant d'ateliers et de commerce (déchets assimilables aux déchets ménagers)

- *Carton, bouts de tissus,

- Les déchets de l'hôpital de Tiaret sont de deux sortes

- *Les déchets provenant de la restauration (denrées alimentaires)
- *Les déchets provenant des blocs opératoires, des salles de soins et des maternités (seringues, pansements,) ; les médicaments périmés et placentas sont incinérés.

La figure 4 donne un aperçu sur la répartition de la nature des rejets aboutissant à la décharge.

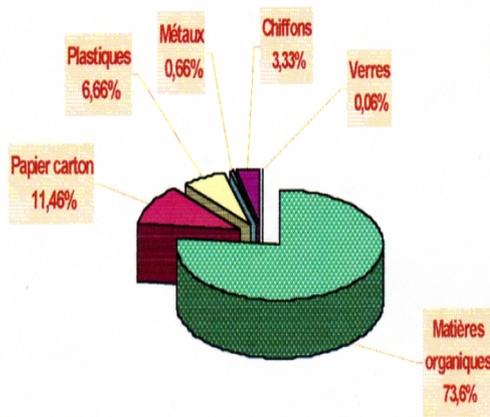


Figure 4: Composition des déchets de la ville de Tiaret

4- MATERIELS ET METHODES

Pour réaliser notre étude, une campagne de prélèvements et d’analyses a été effectuée sur les lixiviats de la décharge et trois puits témoins qui font office de piézomètres, figure5. Les prélèvements réalisés se rapportent au mois de mars 2004 et ont porté sur les ions majeurs, les métaux lourds, l’azote, les demandes chimiques et biologiques en oxygène (DCO et DBO5), la matière organique et minérale et quelques analyses bactériologiques. Notons que la température, le pH et la conductivité ont été mesurés sur site (in situ).



Ech : 1cm=2km

PI, PII, PIII : Puits témoins

★ Site de la décharge



Figure 5: Localisation des points de prélèvements par rapport à la décharge

Les trois puits choisis sont proches de la décharge, le tableau 1, récapitule quelques informations concernant la situation des puits par rapport à la décharge. La proximité des puits par rapport à la décharge, fait que ces derniers deviennent très vulnérables à toute forme de pollution.

– Les Lixiviats

* La composition des lixiviats d’une décharge

Les lixiviats de décharges renferment de nombreux contaminants minéraux souvent très toxiques, ainsi leur composition varie en fonction de la nature des déchets, l’âge de la décharge, la technique d’exploitation et les conditions climatiques. Farquhar [2] pense que le lixiviats peu provenir soit de l’eau du déchet, ou des précipitations météoriques et également des eaux de la nappe phréatique

La couleur constitue le premier indicateur de pollution, les lixiviats analysés présentent une couleur brunâtre et une odeur fécaloïde indiquant l’influence des déchets sur la qualité des eaux. Les teneurs déterminées après analyses sont très importantes, elles sont supérieures aux normes admises, indiquant une pollution des lixiviats par les métaux lourds et sont reportées dans le tableau 2.

Tableau 1: Quelques caractéristiques des 03 puits témoins (étudiés)

Caractéristiques	H : niveau piézométrique (m)	h : niveau statique (m)	Profondeur (m)	Distance Puits Décharge (m)	Sens d'écoulement
Puits 1	39.70	5.30	45	1200	D-P
Puits 2	7.78	1.72	9.5	1000	D-P
Puits 3	2	7	9	100	ZA

Légende : D-P=décharge- puits,
ZA= zone amont

Tableau 2: Résultats d'analyses chimiques des lixiviats

Paramètres	Lixiviat 1 Mg/L	Lixiviat 2 Mg/l	Lixiviat 3 Mg/L	NORMES des rejets algériens [3] (In Kherbachi). Mg/L
Pb	0,90	0,92	0,92	1
Cr ⁺⁶	3,0	3,4	2,3	0,5
Zn	6,1	6,7	5,2	5
Cd	0,5	0,3	0,6	0,2
Ni	6,7	6,7	6,5	5
DBO5	200	180	135	40
DCO	780,0	1230	1136	120

5. DISCUSSIONS DES RÉSULTATS

Selon Parveau [4] et Keenan [5] et al, les lixiviats de décharge sont comparables

à des rejets industriels complexes contenant à la fois des substances contaminantes, organiques et inorganiques. Nous remarquons que la demande chimique en oxygène (DCO) dans les lixiviats dépasse largement les normes admises. En effet, elle est supérieure à la norme moyenne algérienne qui de l'ordre de 120 mg/l et atteint 1230mg/l. Quant à la DBO5, elle oscille entre 135 et 200 mg/l, alors que la norme admise est de 40mg/l, montrant ainsi une pollution importante. Toute fois, la concentration réelle de la DBO5 demeure plus élevée par rapport aux valeurs trouvées, car le milieu est chargé en toxiques.

Les concentrations des métaux lourds : cadmium, chrome, zinc et nickel sont au-delà des normes admissibles (tableau2). Le plomb présente une teneur limite. Les métaux lourds dans les lixiviats inhibent le développement microbien.

Les résultats de la caractérisation chimique des lixiviats bruts de la décharge publique de Tiaret nous a permis de constater une double pollution : une pollution organique traduite par une forte charge de la DCO par exemple pour le lixiviat 2, la DCO est de l'ordre de 1136 mg/l d'O2/l et la DBO5 est de l'ordre de 200 d'O2/l pour le lixiviat 1 et une pollution minérale exprimée par une valeur de 3,4 mg/l de chrome, de 6,7mg/l de nickel et 6,7 mg/l de zinc dans le lixiviat 2.

Il est donc indispensable de traiter ce jus de décharge pour éviter tout risque de contamination du milieu par infiltration de ces lixiviats

Caractéristiques de la pollution métallique de la décharge de Tiaret

Les métaux lourds dosés ont montré une pollution métallique des lixiviats de la décharge. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux obtenus au niveau d'autres décharges tableau 3.

Tableau 3: Comparaison des teneurs en métaux lourds dans des lixiviats de décharges ménagères.

Concentration (mg/l)	Décharge* d'El Jadida (Maroc)	**Décharge de Rabat (Maroc)	***Décharge 'Alger	****Décharge d'Etueffont (France)	*****Décharge Tiaret
Zn	.0747	---	0.700	0.740	0.500
Cu	0.158	0.118	0.450	0.270	---
Nil	0.133	0.133	0.250	0.210	0.670
Cr	0.156	0.517	0.500	0.270	0.300

- * [6] Chofqi
- ** [7] Amhoud, 1997 ;
- *** [3] Kerbachi et Belkacemi, 1994 ;
- **** [8] Khattabi, 2002.
- ***** [9] Mehdi 2006

La composition métallique du lixiviats de la décharge de Tiaret est typique d'une décharge à caractère ménager dominant (tableau 3). En effet, les concentrations des éléments métalliques du percolât étudié sont globalement identiques à celles des lixiviats générés par d'autres décharges d'ordures ménagères (tableau 3), sauf pour certains éléments tel que le Nickel (décharge de Tiaret 670µg/l, décharge de Rabat 133,6µg/l et la décharge d'Etueffont 210µg/l.

Composition physico-chimique des eaux souterraines :

Pour réaliser ce travail nous avons utilisé trois puits témoins figure 5 situés respectivement à :

- Distance décharge- P1=1200m
- Distance décharge- P2=1000m
- Distance décharge- P3=100m

Cette disposition va nous permettre de juger de l'état de la nappe vis à vis de la décharge. Les résultats obtenus sont

comparés aux valeurs guides (normes), il ressort les indications suivantes condensées dans le tableau 4 :

Tableau 4: Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines

Paramètres	Puits 1	Puits 2	Puits 3	NORMES
pH	6.62	6.74	7.28	4.5-9
T(°C)	15	12	12	
Conductivité µs/cm	5402	3755	1071	2500-35000
O2 dissous mesuré mg/l.	6.23	6.28	4.49	
DBO5 mg/l	30	20	40	20-57000
DCO mg/l	74	32	82	140-152000
MO mg/l	2.28	4.56	2.96	
La turbidité NTU	4.03	1.59	19.3	
Cr mg/l	0.01	0.78	0.75	0.02-0.05
Cu mg/l	0.03	0.07	0.15	0.05
Zn mg/l	2.016	0.53	2.93	0.03-0.1
Ni mg/l	0.56	0.88	0.71	0.05
Pb mg/l	0.34	0.03	0.26	0.05

*** Le pH**

On remarque que les deux puits P1 et P2 présentent des eaux franchement acides démontrant l'influence de la décharge sur les puits par contre le puits P3 présente un pH proche de la neutralité. En effet les eaux transitant par la décharge subissent son influence. Les valeurs mesurées su pH montrent l'impact de la

décharge sur le pH des eaux prélevées au niveau des puits témoins.

* La température

La température joue un rôle très important dans l'augmentation de l'activité chimique ou bactérienne et de l'évaporation des eaux. En effet, la température de l'eau est un élément essentiel dans le fonctionnement des systèmes aquifères, elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la surface du sol. La température mesurée oscille entre 12°C et 15°C, ces températures restent faibles pour le mois de Mars, mois au cours duquel les mesures ont été faites, permettant le développement des micro-organismes (coliformes et streptocoques).

* La conductivité électrique (CE)

Les valeurs consignées dans le tableau 4 montrent que les conductivités électriques varient entre un minimum de 1,100 mS/cm et un maximum de 5,5 mS/cm et que les fortes CE aux alentours de 6 mS/cm sont observables au niveau du puits P1 situé en aval de la décharge.

* La matière organique

Les concentrations en matière organique biodégradable (DBO₅) dans les eaux des puits sont relativement faibles oscillant entre 20 et 40mg/L pour la DBO₅ et 32 et 82mg/L pour la DCO. Le rapport DBO₅ / DCO reste inférieur à l'unité

*Les éléments polluants

Le problème majeur des métaux lourds réside dans le fait qu'ils ne sont pas éliminés par l'organisme (bioaccumulation), constituant ainsi un problème de toxicité à long terme. Les métaux peuvent être classés en trois catégories: toxiques couramment rencontrés, toxiques rares et non toxiques tableau 5.

Tableau 5: Classification des métaux selon leur toxicité.

Toxique courant	Toxique rare	Non toxique
Be, As, Ag, Co, Sb, Hg, Ni, Bi, Au, Cu Cr, Se, Pd, Zn, Te, Pt, Cd, Sn, Pb.	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba.	Li, No, Sr, Al, Rb, Fe.

La toxicité des métaux lourds est fonction de leur concentration: ils peuvent être indispensables pour la vie à de très faibles doses (micro nutriments pour la transformation enzymatique) et devenir des inhibiteurs ou des toxiques pour les systèmes biologiques au-delà d'un certain seuil de concentration [10-12]. Les activités humaines constituent actuellement la source principale de certains métaux qui à l'état de traces sont déjà toxiques pour l'homme. C'est le cas du mercure, du nickel, plomb, chrome, cobalt, cadmium, arsenic...

* Plomb

La présence de plomb dans les eaux de surface et souterraines, à des teneurs élevées, qu'il soit solubilisé ou fixé sur les matières en suspension, doit être reliée à une cause externe. En effet, ce métal est si répandu et si utilisé dans l'industrie que les possibilités de pollution sont extrêmement nombreuses et variées [10, 12, 13]. Le plomb est un élément très toxique pour tout organisme vivant. Pour l'homme, c'est un poison cumulatif qui passe très vite dans le sang et se fixe aux globules rouges (dose mortelle = 2g). Transporté ainsi, il s'accumule surtout dans le squelette (maladie du saturnisme).

* Nickel

Il entre dans la composition de nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de résistance à la corrosion. Provient des rejets de la sidérurgie. Il est aussi utilisé pour la protection des pièces métalliques et dans

le traitement avant chromage. Associé au cadmium, il entre dans la fabrication d'éléments de batteries. Son emploi comme catalyseur dans l'industrie chimique est important. Le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles, indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités anthropiques [13]. Des fortes doses en nickel peuvent provoquer, chez l'Homme, des troubles respiratoires et des complications cardiaques aigus [10].

* Chrome

Le chrome est présent en faible teneur dans la nature et se concentre préférentiellement dans les roches basiques. C'est un élément étranger à l'eau : sa présence est liée aux rejets des ateliers de galvanoplastie. Sous sa forme hexavalente, le chrome est considéré comme un élément très toxique.

*Au niveau de la décharge de Tiaret

Les teneurs en matière organique du lixiviat produit par la décharge, exprimées en DBO₅ et en DCO, sont relativement faibles. Le calcul du rapport DBO₅/DCO nous permet de caractériser l'âge et l'état de la décomposition des déchets. Il faut rappeler que DBO₅/DCO est un rapport qui évolue dans le temps, il indique le degré de biodégradabilité et donne des informations sur la nature des transformations biochimiques qui règnent au sein de la décharge [3]. Ainsi, pour les décharges jeunes où l'activité biologique correspond à la phase acide de dégradation anaérobie, ce rapport atteint la valeur de 0,83. A l'opposé, pour les anciennes et vieilles décharges, ce rapport décroît jusqu'à 0,05. Pour ces décharges, l'étape de fermentation ultime est atteinte [3].

Appliqué aux lixiviats observés de la décharge de Tiaret le rapport DBO₅/DCO donne les résultats suivants :

L1 DBO₅/DCO = 0,25

L2 DBO₅/DCO = 0,14

L3 DBO₅/DCO = 0,11

Les valeurs obtenues oscillent entre 0,11 et 0,25 indiquant une décharge ancienne mais pas encore stabilisée, correspondant à la phase acide de dégradation anaérobie.

Composition bactériologique des eaux souterraines

Pour déterminer la présence de germes, nous avons utilisé deux méthodes, ce choix permet une approche plus précise, les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux 6 et 7.

Tableau 6: composition bactériologique des eaux souterraines par la méthode de la membrane filtrante

GERMES	Puits I	Puits II	Puits III
Coliformes totaux	Présence >300	Présence >300	Présence >300
Coliformes fécaux	Présence	Présence	Présence
Streptocoques fécaux	Présence	Présence	Présence

Tableau 7: composition bactériologique des eaux souterraines par la méthode des tubes multiples

GERMES	Puits I	Puits II	Puits III
Coliformes totaux	11/100 ml	28/100 ml	1100 /100 ml
Coliformes fécaux	11/100 ml	3/100 ml	1/100 ml
Streptocoques fécaux	9/100 ml	7/100 ml	1100/100 ml

Les résultats obtenus par les deux méthodes (tableaux 6 et 7), montrent que les eaux des puits recèlent des quantités de germes pathogènes (les coliformes totaux, les coliformes fécaux (colibacille), et les streptocoques fécaux), importantes montrant une pollution bactériologique des eaux souterraines.

Le puits 3 est le plus pollué, ceci est probablement dû à sa localisation, ce dernier est situé en aval de la décharge les écoulements se font dans cette direction par ailleurs les formations gréseuses a perméabilité de fissures favoriseraient l'infiltration des lixiviats. La pollution observée au niveau du puits P1 résulte du fait que ce puits est situé en zone d'accumulation des déchets et par conséquent il y a production de lixiviat.

6. CONCLUSION

Cette étude réalisée au niveau d'une décharge publique, a montré un double impact sur la qualité des eaux:

-impact direct: par le biais des lixiviats, qui par leurs écoulements entraînent une pollution des eaux de surface.

-impact indirect: les eaux s'écoulent et s'infiltrent par les fissures, causant une pollution des eaux souterraines.

Les teneurs obtenues particulièrement en oxygène dissous, NO₃, DBO₅, DCO, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, restent supérieures aux normes admises, expliquant l'origine des pollutions organiques et métalliques décrites précédemment. La présence de germes dans les eaux confirme cet état de pollution.

Les résultats obtenus au niveau de la décharge de Tiaret ont été comparés à ceux obtenus au niveau d'autres décharges et ont montré que la composition métallique des lixiviats de la décharge de Tiaret est typique d'une décharge à caractère ménager dominant. Par ailleurs le calcul du rapport DBO₅/DCO renseigne sur l'étape de fermentation de la décharge. Appliqué aux lixiviats observés de la décharge de Tiaret le rapport DBO₅/DCO donne des valeurs oscillant entre 0.11 et 0.25 indiquant une décharge ancienne mais pas encore stabilisée, correspondant à la phase acide de dégradation anaérobie.

REFERENCES

[1] G. Castany, *Hydrogéologie Principe et*

méthodes, Ed. DUNOD, Paris, 1982.

[2] G.J. Faquhar, *Bachate production and characterization*, Can. JENG, 16, 1989, p. 16-325.

[3] R. Kerbachi, M. Belkacemi, *Caractérisation et evolution des lixiviats de la décharge de Oued Smar à Alger*, T.S.M- L'eau, N°11, 1994, p.615-618.

[4] M. Parveau, *Le traitement des lixiviats par osmose inverse*, L'eau, L'industrie, Les nuisances, N°162, mars 1993, 1999, p.48-50

[5] J.D. Keenan and al, *Chemical-physical leachate treatment*, Journal of Environmental Engineering, Vol.109, N° 6, 1983, p.1371-1384.

[6] A. Chofqi, *Mise en évidence des mécanismes de contamination des eaux souterraines par les lixiviats d'une décharge incontrôlée (El Jadida Maroc) : Géologie, hydrogéologie, Géo- électrique, Géochimie et Epidémiologie*, Thèse. Univ-Chouaib Doukkai Fac des sci.El Jadida, Maroc, 2004.

[7] S. Amhoud, *Apports de la géologie et de l'hydrogéologie à l'étude de l'impact de la décharge d'oued Akrech sur les ressources en eau*, Ph.D. Thèse, 3ème cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, Maroc, 1997.

[8] H. Khattabi, *Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etefont (Belfort, France)*, Doctorat Univ. Sci. Tech. Env. Franche Comté, Besançon, France, 2000, 171p.

[9] M. Mehdi, *résultats de l'enquête préliminaire sur la composition des déchets de la décharge de la ville de Tiatet*, Rapport interne, 2005.

[10] G. Blanchard, *Aspect du comportement des organo-métaux et des métaux dans l'environnement. Etude particulière des dérivés du plomb*, Thèse 3

ème cycle, Univ. Rennes, France, 1982.

[12] G. Miquel, *Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement de la santé, OMS, 1994. Directive de la qualité de l'eau de boisson*, Vol 2, Ed:2 Genève, 2001.

[11] M.A. Allus, *Thallium and trace metals as pollutants: chemometric studies*, Edition Dar Al jamahiria for Publishing, 1990.

[13] A. Desbordes, *Pollutions des eaux souterraines en Picardie*, Mém. Maîtrise BG, 2000.

ANNEXE: Caractéristiques de l'appareillage utilisé pour les dosages.

Les métaux lourds sont déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre Photolab Spektral possédant une gamme photométrique de longueur d'onde variant de 330 à 850nm, avec une bande

passante de 8 nm.

Les gammes de mesures utilisées pour le dosage des métaux lourds :

dosage	Gamme mg/l	Kit
cadmium	0,025-1	C24133
Chrome	0,05-2	C24056
Cuivre	0,1-8	C24135
Nickel	0,1-6	C24060
plomb	0,1-5	C24075

Pour le zinc, une gamme standard avec cuve 20 mm est utilisée.

dosage	Gamme (cuve 20mm)	méthode	Kit
Zinc	0,05-2,50mg/l Zn	Azonaphtole pyridylique	C24153