

Les lixiviats de la décharge de déchets urbains de la ville de Casablanca (Maroc), une pollution annoncée

Ahmed Fekri*, Jean-Louis Pineau**, Mostafa Wahbi***, Abdelmajid Benbouziane*, Chakib Marrakchi*.

* Université Hassan II – Faculté des sciences Ben M'Sik - Casablanca

** Laboratoire environnement et minéralogie, ENSGéologie - Nancy

*** Université Cadi Ayyad - Faculté des sciences et techniques - Marrakech

Les déchets urbains produits par la ville Casablanca (environ 3 800 t/j), composés à 70 % de matières fermentescibles, sont stockés depuis 1986 dans des carrières proches. Le substratum de la décharge est constitué par des quartzites fracturées. Il n'a pas été étanchéifié. Les lixiviats, avec des concentrations élevées en métaux (plomb : 0,5 mg/l) et de forts débits journaliers estimés à 1 400 m³/j, liés en grande partie à l'eau contenue dans la matière fermentescible, s'infiltrent dans l'aquifère et le polluent. L'avancement du front de la pollution se fait en direction de la ville, dans une zone à vocation agricole, suivant un drain lié à des failles de la formation quartzitique qui constitue le substratum de la décharge.

Municipal solid waste (MSW) from the city of Casablanca (approximately 3 800 tonnes per day), containing 70 % of organic matter (OM) has been stockpiled in a local landfill since 1986. The unsealed bottom of the landfill is a faulted quartzite formation in which unconfined groundwater flows and from which people draw water for farming and for human consumption. The leachate from the landfill has a high metallic content (lead : 0.5 milligrammes per litre) and a high daily flow estimated to be 1 400 m³ per day. It originates from the water contained in the organic matter, seeping into the aquifer and polluting it. It flows through a mainly agricultural area towards the city along the fault lines of the quartzite formation. Its environmental impact becomes more important due to the increase of its quantity produced by more stockpiled MSW, and occurring of drought.

INTRODUCTION

Les ordures ménagères de Casablanca, composées à 70 % de matières organiques, sont éliminées en décharge parce que le compostage est difficile à mettre en œuvre pour des raisons de gestion et de présence de plastiques, que l'incinération n'est pas envisageable à cause de la forte humidité de ces déchets et qu'il n'y a pas de contraintes administratives pour la mise en décharge. En particulier, il n'y a pas de contrôles du lixiviat produit par la décharge alors que celui-ci s'infiltré dans l'aquifère

dans une zone maraîchère en direction de Casablanca, comme nous le montrons dans la troisième partie. Dans la première partie, nous décrivons la décharge et les déchets stockés, dans une deuxième partie, le lixiviat et la pollution générée.

A-Description de la décharge

La décharge se trouve dans les anciennes carrières de Lissasfa, à 15 km au SE de Casablanca (figure 1).

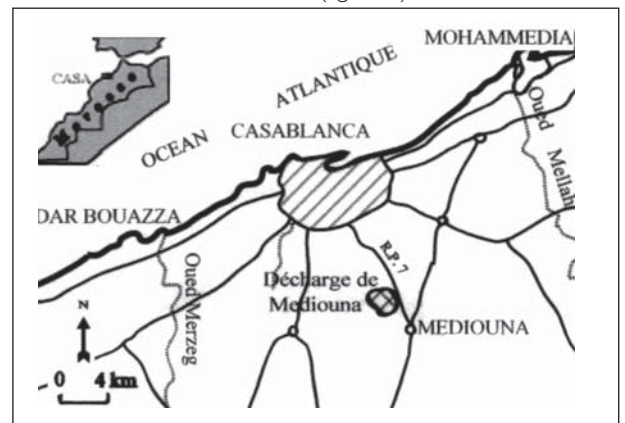


Figure 1 : Localisation de la décharge

Sa surface est de 60 hectares. Son exploitation a commencé en 1986. Elle consiste en un simple dépôt. Comme le site n'a pas fait l'objet d'étude, notre recherche a commencé par l'étude du substratum.

A.1. Le substratum de la décharge, géologie et hydrogéologie

L'étude géologique montre que le substratum est constitué par des formations primaires composées de schistes verts (acadiens) et de psammites (Ruhard, 1975), surmontés par des quartzites. L'ensemble a été plissé, faillé, immergé, érodé.

L'étude hydrogéologique montre que les circulations des eaux s'effectuent essentiellement dans les quartzites parce qu'elles sont fracturées. Elles en constituent l'aquifère.

L'étude des indices de la fracturation des quartzites, effectuée sur des photographies aériennes de 1987, montre la dominance de deux familles de discontinuités de direction N20 à 40E et N120 à 140E. Ce résultat concorde avec la structure du site. La carte piézométrique établie à partir de mesures de 1999 montre deux écoulements, l'un au nord-ouest de la décharge avec un fort gradient hydraulique, 0,4 % environ, indiquant une mauvaise circulation des eaux souterraines, l'autre à l'est et au sud-ouest, avec un gradient hydraulique faible de l'ordre de 0,01 % lié à une bonne circulation des eaux.

A.2. Quantité et nature des déchets

La quantité des déchets produite par Casablanca était de l'ordre de 1850 t/j en 1989, de 2 680 t/j en 1996 (Lotrap) et de 3 800 t/j en 2003. La composition est donnée dans le tableau 1. Elle est similaire à celles d'autres villes marocaines avec une forte proportion de matières organiques (70 %) humides (65 %) à l'origine du lixiviat produit par la décharge.

Composants (% poids humide)	Casablanca (1)	Marrakech (2)	Rabat (3)	Taroudant (4)
Mat. organiques	65-75	70,0	61-74	55-70
Papier/ carton	18-20	14,3	7-9	4-7
Plastiques	2-3	7,1	3-7	3-7
Textiles	2-4	4,8	1,5-3	1-3,5
Verre	0,5-1	1,5	1-8	0-4
Métaux	1-3	1,0	0,8-1,6	0,2-2
Autres	-	1,3	11,5-13,5	17-32
Humidité totale (%)	65-72	56,2	63-72	Moyenne = 62

Sources : (1) Direction des collectivités locales, 1989 ; (2) (Mourou, 1997) ; (3) (Najjar, 1996) ; (4) (Pineau, 1997)

Tableau 1 : Composition des déchets urbains de Casablanca.

B. Les lixiviats de la décharge

B.1. Composition du lixiviat

Cette composition est donnée dans le tableau 2 avec celles d'autres sites. Bien que les lixiviats de la décharge de Casablanca aient des concentrations en métaux dans la partie basse des fourchettes, ils constituent néanmoins une source de pollution si nous nous référons à l'arrêté français du 1/3/1993 relatif aux rejets de toute nature des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) et à l'estimation des quantités de lixiviats produits. En effet, suivant la partie de l'arrêté sur la pollution des eaux superficielles, 1 m³ de lixiviat suffit pour dépasser les seuils de pollution.

Concentration (mg/l)	Casablanca 1991 (1)	Marrakech 2001 (2)	El Jadida 2003 (3)	Rabat 1997 (4)	Europe 1997 (5)	USA 1976 (6)
Zinc	7,2	0,7-20	0,75	-	0,03-1000	0-370
Fer	47-50	0,02-247	1,22	2700-21000	3-5500	17-15600
Cuivre	0,54	0,5-16,5	0,158	0,001-0,24	0,005-10	0-9,9
Manganèse	7-7,5	0,5-24	1,256	4100-7300	0,03-1400	1-1558
Nickel	0,4	0,3-3,5	0,133	0,11-0,16	0,015-13	-
Chrome	0,9-1,12	0,05-2,25	0,156	-	0,002-15	-
Cadmium	0,11	0,05-0,12	0,034	0,002-0,017	0,0001-0,4	0,03-17
Plomb	0,54	0,07-30,50	-	0,17-0,36	0,001-5	< 0,1-2

Sources : (1) (DH, 1991) ; (2) (Hakkou, 2001) ; (3) (Chafiq et al., 2003) ; (4) (Elkhamlichi et al., 1997, in Hakkou, 2001) ; (5) (Christensen et al., 1997) ; (6) (Chian et al., 1976)

Tableau 2 : Concentration en métaux dans des lixiviats de différents sites.

B.2. Estimation de la quantité de lixiviats produits

Pour estimer la quantité de lixiviats, nous appliquons la règle générale qui consiste à poser qu'un site reçoit de la pluie (P), des eaux de ruissellement de surface de l'extérieur du site vers l'intérieur (R1) et de l'eau gravitaire apportée par les déchets (ED), et rejette les lixiviats produits (E), les eaux de ruissellement de l'intérieur du site vers l'extérieur (R2) et l'eau évaporée (EV). Le bilan hydrique s'écrit comme suit :

$$P + ED + R1 = E + R2 + EV$$

Puisque la surface de la décharge est plate et non recouverte, R2 est négligeable. De plus, comme R1, suite à la géométrie de la décharge, est négligeable par rapport à E et P, le bilan s'établit comme suit :

$$E = ED + (P - EV)$$

avec P - EV correspondant à la pluie efficace.

L'estimation de la quantité d'eau gravitaire apportée par le déchet (ED) a été établie à partir d'une proportion d'eau gravitaire égale à 50 % (Pineau, 1997) au lieu de 63 % (Vincent, 1991). Sachant que la matière fermentescible constitue l'essentiel des déchets (70 %), la quantité d'eau gravitaire contenue est de l'ordre de 1 330 m³/j pour un tonnage de 3 800 t/j. L'estimation de la pluie efficace par la méthode mensuelle de Turc sur 25 ans a donné une valeur de 60 mm/an (DH, 1991). Le site, ayant une superficie de 60 ha, reçoit une pluie efficace de 60 mm/an, produisant ainsi un volume de 36 000 m³/an, équivalent à 98 m³/j. Le volume total de lixiviat produit est donc d'environ 1 428 m³/j.

Une remarque s'impose. Les précipitations participent à hauteur de 7 % à la production des lixiviats, soit 4 fois moins en moyenne qu'en France (valeur comprise entre 15 et 50 %) alors que la quantité de lixiviat est de l'ordre de 8 600 m³/an/ha contre 1 500 m³/an/ha pour la France (TSM, 1990). Ceci est dû à la très forte proportion de matière fermentescible humide qui, en se dégradant, produit un lixiviat ayant une forte DCO.

C. Circulation des lixiviats et impact sur la qualité des eaux de la nappe

L'intérêt porté à la qualité de l'aquifère est justifié par la présence de puits ruraux à l'aval de la décharge, exploités aussi bien pour l'irrigation que pour l'alimentation en eau potable de la population locale. La majorité de ces points est située dans des points topographiquement bas et près des fractures majeures. La circulation des lixiviats et leur impact sur l'aquifère ont été établis à partir des deux campagnes de mesure de la conductivité électrique (CE), qui est un paramètre étroitement lié à la teneur globale en éléments dissous dans l'eau.

C.1. Campagne effectuée en 1989 (DH, 1991)

La campagne de mesure a eu lieu trois ans après le début de l'exploitation de la décharge. A partir des mesures, nous avons établi la carte de CE (figure 2, 1989) qui met en évidence deux plages :

- une plage de faible extension, à l'aval de la décharge, ayant des valeurs de CE supérieures à 2 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, où les eaux puisées des puits P1 et P2 présentent une couleur marron et une odeur désagréable due aux lixiviats. Le front de pollution des eaux souterraines est plus avancé selon la faille FII que suivant la faille FI, bien que cette dernière soit considérée comme un drain naturel de la décharge. Ceci s'explique par le pompage important effectué dans les puits équipés (P1 et P2) sur cette faille, qui limite la propagation des lixiviats suivant FI.
- une plage de grande extension, plus en aval, ayant des valeurs de CE inférieures à 2 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui n'est pas en relation avec la décharge. Elle coïncide avec la zone où la profondeur à laquelle se situe l'eau de la nappe est la plus faible et la plus sensible à l'évaporation, qui fait croître la dureté de l'eau.

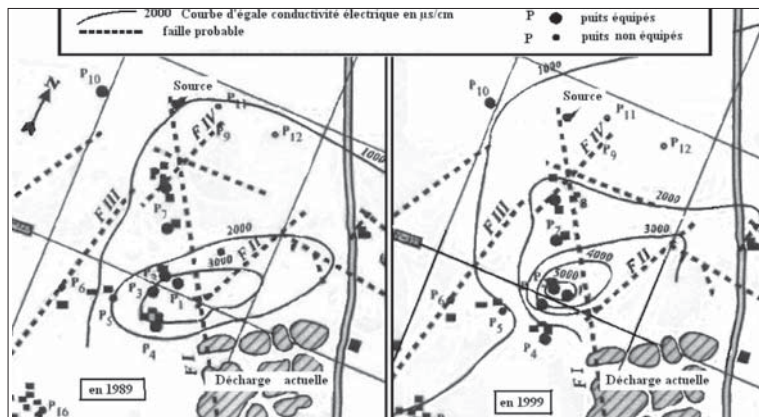


Figure 2 : Cartes des conductivités électriques en 1989 et 1999.

C.2. Campagne effectuée en 1999 (figure 2, 1999)

Une reconnaissance organoleptique de l'eau met en évidence des différences entre les puits qui sont situés dans un même rayon, près de la décharge et en aval. Certains puits ont une eau claire, d'autres une eau marron. Il y a donc une anisotropie dans la circulation de l'eau que confirme la carte des CE avec deux faits nouveaux :

- l'apparition de valeurs de CE qui dépassent les 5 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau de FI juste à l'aval de la décharge,
- l'avancée du front de la pollution matérialisée par la courbe ayant une valeur de CE de 2 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à l'aval de la décharge.

Nous remarquons que le puits P4, qui est le plus proche de la décharge mais décalé par rapport à FI, garde une CE inférieure à 2 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ces différents faits ne s'expliquent que par la circulation du lixiviat dans les failles, plus particulièrement dans FI.

En outre, il faut signaler que la pollution de l'eau ne fait que croître avec l'augmentation des quantités de déchets enfouis dans la décharge et aussi à cause de la sécheresse actuelle qui fait diminuer les réserves d'eau — la source Ain Hallouf est tarie.

CONCLUSION

Les lixiviats de la décharge de déchets urbains de Casablanca, implantée en 1986 dans des anciennes carrières, sont à l'origine d'une pollution de l'aquifère de la zone qui progresse vers la ville. En effet, les lixiviats — produits essentiellement par l'eau de la matière fermentescible très humide contenue en grande proportion dans les déchets — ont une forte DCO et des concentrations élevées en métaux tels que le plomb. De plus leur débit, estimé actuellement à 1 424 m^3/j , augmente avec l'accroissement des quantités de déchets déposés. Comme le substratum de la décharge n'a pas été étanchéifié, les lixiviats s'infiltrent et dégradent la qualité des eaux de la nappe prélevées dans des puits qui servent à l'alimentation humaine et animale et à l'irrigation. L'étude a mis en évidence, par la comparaison de la qualité des eaux à deux périodes distinctes espacées de 10 ans, une avancée nette du front de la pollution liée aux lixiviats. La progression est favorisée par des failles qui jouent le rôle de drain pour les lixiviats et dans lesquelles sont implantés les puits. L'écoulement se fait en direction de Casablanca dans sa périphérie sud-est à vocation agricole.

Bibliographie

- Chofqi A., Younsi A., Lhadi E., Mania J., Mudry J., Véron A. (2003), Pollution d'une nappe phréatique par les métaux lourds du lixiviat de décharge (El Jadida, Maroc). 2^{es} Journées des géosciences de l'environnement, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.
- Christensen Th. et al. (1994), Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers, Crit. Revue Environ Sci. Techno, 24(2), p 119-202.
- Direction des collectivités locales (1989), Traitement et valorisation des déchets ménagers, Opération Casablanca, Aménagement de la décharge de Mediouna, rapport non édité.
- Direction de l'hydraulique (1991), Protection de la nappe aquifère des quartzites de la Chaouia à l'aval de la décharge de Lissasfa, rapport non édité.
- Hakkou R. (2001), La décharge publique de Marrakech : caractérisation des lixiviats, étude de leur impact sur les ressources en eau et essais de traitement, thèse de doctorat d'état, Fac. Sc. Techn. Guéliz, Marrakech.
- Lotrap (1996), Décharge publique de Mediouna, situation d'exploitation, rapport non édité.
- Moumou A. (1997), Contribution à l'étude de fonctionnement d'une décharge, approche de caractérisation sur volume du comportement hydraulique et physico-chimique d'un déchet type et essai de simulation, thèse de 3^e cycle, Fac. Sc., Marrakech.
- Naifar E.M. (1996), La situation actuelle de l'élimination des ordures ménagères de l'agglomération de Rabat, thèse de 3^e cycle, Fac. Sc. Rabat, 80 p.
- Pineau J.-L., Ghomari M., Lotfi M. (1997), Les déchets de Taroudant, caractérisation et mise en décharge sur un site imposé, rapport pour l'ambassade de France au Maroc, 91 p.
- Pineau J.-L., Prone A., Massiani C., Bianchi U. (1997), Le pressage des ordures ménagères, TSM, 10/97, p. 55-61.
- Ruhard J.-P. (1975), Chaouia et plaine de Berrechid, Ressources en eau du Maroc, tome II, Notes et mémoires du Service géologique du Maroc, n° 231.
- TSM (1990), Les lixiviations des décharges : le point des connaissances en 1990, TSM, 6/90, p 289-314.
- Vincent F. (1991), Contribution à l'étude du fonctionnement d'une décharge, Modélisation du comportement hydrodynamique et biologique d'un déchet-type, thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Paris.