

# **Etude de la recirculation de lixiviats dans une décharge par la méthode des panneaux électriques**

Solenne GRELLIER<sup>1&2</sup>, Roger GUÉRIN<sup>2</sup>, Marie-Laure MUNOZ<sup>1</sup> et Henri ROBAIN<sup>3</sup>

1 : CreeD (Centre de Recherches pour l'Environnement, l'Energie et le Déchet), zone portuaire de Limay, 291 avenue Dreyfous Ducas, 78520 Limay

2 : UMR 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), case 105, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, tel: 33 1 44 27 71 76, fax: 33 1 44 27 45 88, email: solenne.grellier@ccr.jussieu.fr

3 : UR R027 GEOVAST, IRD, 32 avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex

## **Abstract**

A new approach of landfill management is the bioreactor concept where parameters of biodegradation can be controlled in order to speed up waste stabilization. This can be achieved thanks to injection of moisture in waste deposit using vertical boreholes, horizontal pipes, infiltration ponds or a combination of these. The injection system by vertical borehole is studied here during leachate injection tests. Electrical imaging method allows to follow recirculation in waste deposit along 2D profiles crossing the injection borehole. Nevertheless improvements have to be made to monitor bioreactor in 4D (space and time domain).

## **Introduction**

Depuis quelques années un nouveau système de traitement des déchets est apparu : le bioréacteur. Ce concept consiste à accélérer la décomposition et donc la stabilisation des déchets grâce à un apport contrôlé d'humidité au sein du massif de déchets. Pour cela on injecte dans le massif de déchet, le lixiviat collecté en fond de casier. Cette recirculation se fait par des puits verticaux ou des drains horizontaux (Figure 1). Les avantages des bioréacteurs sont multiples : une accélération de la dégradation des déchets, une diminution du temps de stabilisation des déchets et donc une réduction de la période de post-exploitation ainsi que des risques environnementaux à long terme (pollution des nappes phréatiques ou dégagement de gaz à effet de serre), enfin une production de biogaz accrue et accélérée, ce qui permet de mieux le valoriser.

Le défi technologique du bioréacteur consiste à trouver un moyen pour contrôler et quantifier la diffusion du lixiviat injecté afin d'obtenir une humidité optimale sur l'ensemble des déchets. Cette humidité optimale est de l'ordre de 40 à 70% (Reinhart and Townsend, 1998).

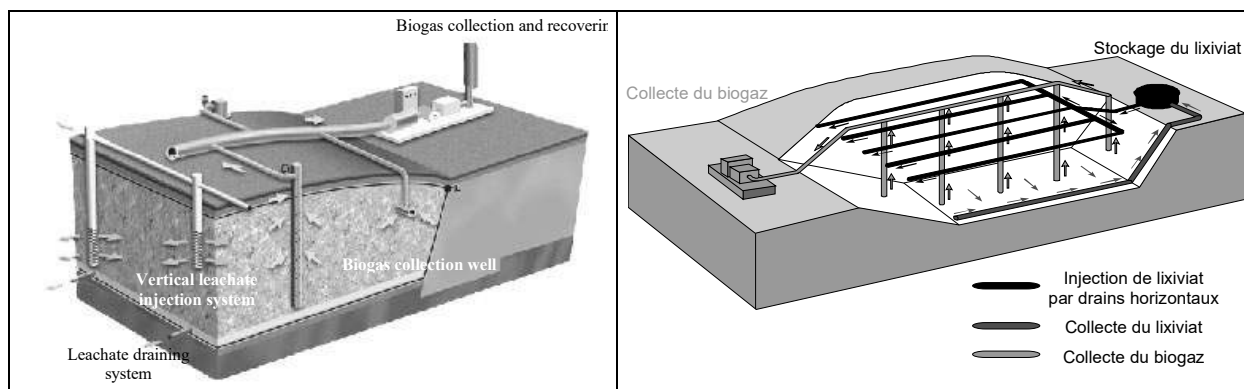


Figure 1 : Bioréacteurs avec les deux systèmes de réinjection principaux (puits verticaux à gauche et drains horizontaux à droite)

De nombreuses méthodes existent pour mesurer l'humidité. Mais peu d'entre elles sont vraiment adaptées au cas d'un bioréacteur. Les critères limitants sont :

- l'hétérogénéité des déchets qui impose un échantillonnage important (et donc un coût élevé) pour avoir une bonne représentativité des mesures d'humidité directes (par séchage à l'étuve du déchet, par exemple) ou indirectes (TDR, par exemple)
- l'existence d'une géomembrane qui assure l'étanchéité de la décharge à la fois sur le fond et au niveau de la couverture. Elle rend toute intrusion difficile et contraignante puisque l'étanchéité doit toujours être préservée,

Les méthodes géophysiques mesurant la résistivité électrique du sous-sol permettent de quantifier de façon indirecte l'humidité du sous sol. Ces mesures électriques sont facilitées par la forte conductivité du lixiviat (de l'ordre de  $5000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , soit une résistivité d'environ  $2 \Omega \text{ m}$ ), et ceci malgré une forte proportion de plastique dans certains des déchets. Des techniques comme le panneau électrique qui fournissent une carte ou une coupe détaillée de la décharge à partir d'électrodes implantées en surface, permettent de s'affranchir du premier facteur limitant. Cependant, cette grandeur dépend non seulement de la teneur en eau, mais aussi de la température, de la teneur en argile, de la minéralisation du fluide et de la granulométrie (Guéguen et Palciauskas, 1997). Des développements restent encore nécessaires avant de pouvoir quantifier précisément les variations d'humidité au sein d'un massif de déchets. Les mesures géophysiques sont courantes sur des décharges sans géomembrane en couverture (Carpenter *et al.*, 1991 ; Haker *et al.*, 1997 ; Berstone *et al.*, 2000). La présence d'une géomembrane impose l'installation des électrodes sous celle-ci au moment de la mise en place de la couverture afin de s'affranchir du second facteur limitant.

## Prospection géophysique

Deux campagnes de panneaux électriques sur des décharges d'ordures ménagères destinées à devenir des bioréacteurs sont présentées. Pour chaque cas, il s'agit de tests d'injection par puits. Les mesures sont réalisées sur la couverture provisoire, c'est-à-dire sur une couche de terre ou d'argile, la géomembrane n'étant pas encore mise en place. Ces décharges appartiennent au groupe ONYX.

La première décharge est située en Gironde. Elle répond aux critères d'étanchéité définis dans les réglementations. Des mesures de panneaux électriques en configuration pôle-pôle ont été réalisées avant puis pendant les tests de réinjection de lixiviat.

La deuxième se situe en Vendée. Il s'agit du premier bioréacteur en France à avoir obtenu

tous les accords administratifs. Le site est encore en travaux mais est suivi dans le cadre d'une thèse. Le début de la recirculation des lixiviats est prévu pour juin 2003 avec un système d'injection par puits verticaux espacés d'environ 30 m les uns des autres.

Une instrumentation importante va y être déployée. Pour la partie géophysique, il y aura au total 208 électrodes réparties sur trois flûtes horizontales de 48 électrodes, une de 32 électrodes, et quatre flûtes verticales de 8 électrodes. Toutes les électrodes sont espacées de 1 m. 12 capteurs de température ainsi que des capteurs de pression vont aussi être installés.

## Résultats et interprétations

La figure 2 présente les variations de résistivité apparente entre un instant  $i$  (en heure depuis le début de la réinjection) et un état de référence avant la réinjection sur le site de Gironde.

L'injection a lieu en profondeur entre 4 et 6 m. Le puits est situé au milieu du panneau. Les quatre premières pseudosections correspondent aux acquisitions faites lors de l'injection à débit croissant, la cinquième lors d'une injection sous 1 bar. La figure permet de suivre la diffusion du lixiviat dans le massif de déchet et d'estimer une zone d'influence du puits d'injection ( $R_{max}$ ) comprise entre 3.5 et 5 m de rayon. Pendant l'injection sous pression, le panache de lixiviat disparaît, vraisemblablement à cause de l'apparition de chemins préférentiels qui permettent l'évacuation des lixiviats vers le fond du site.

Lors des tests on constate des variations de résistivité négatives qui montrent que l'injection de lixiviat tend à augmenter la résistivité des déchets.

Lors de tests sur le second site, on a observé le phénomène inverse, à savoir que l'injection de lixiviat faisait diminuer la résistivité des déchets.

Cette différence peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

Tout d'abord la température qui a une influence sur la résistivité : quand la température diminue, la résistivité augmente. Or la dégradation des déchets est une réaction exothermique, la température au sein du massif peut atteindre 60°C, voire plus, alors que le lixiviat injecté est à température ambiante (environ 15°C). Une variation de la température du massif ou du lixiviat entre les deux sites aura une influence sur les résistivités. C'est pourquoi il est important de pouvoir contrôler la température des déchets.

Ensuite la différence de conductivité du lixiviat injecté : sur le site de Gironde, elle était de 3,46 mS cm<sup>-1</sup> (soit une résistivité de 2.9 Ω m), en Vendée elle était de 0,94 mS cm<sup>-1</sup> (c'est-à-dire 10,6 Ω m).

Enfin la nature des déchets et leur résistivité. Les résistivités interprétées du premier site sont beaucoup plus faibles (entre environ 1 et 25 Ω m) que pour le deuxième (entre environ 25 et 200 Ω m). Ainsi la différence entre la résistivité du lixiviat et celle des déchets pour le premier site est plus faible que pour le deuxième. Pour le premier site, il est donc possible que l'injection de lixiviat entraîne une augmentation de la résistivité, contrairement au second. Concernant la différence de résistivités apparentes des déchets entre les deux sites, elle peut sans doute s'expliquer par la nature des déchets sur chaque site. Pour le site de Gironde, les déchets se répartissent, en moyenne, de la façon suivante : 21 à 25% d'ordures ménagères (OM), 29% de déchets industriels banals (DIB : papier, carton, OM, plastiques...), 17% d'encombrants, 7,5% de refus de compostage (essentiellement des plastiques), 21.5 à 25.5% autres (boue de station, déchets verts, gravats...), ce qui pourrait représenter au maximum 36,5% de plastiques. Pour le site de Vendée, les déchets se répartissent, en moyenne, de la façon suivante : 24% d'OM, 34% de DIB, 15% d'encombrants, 22% de refus de compostage, 5% autres, ce qui pourrait représenter au maximum 56% de plastiques.

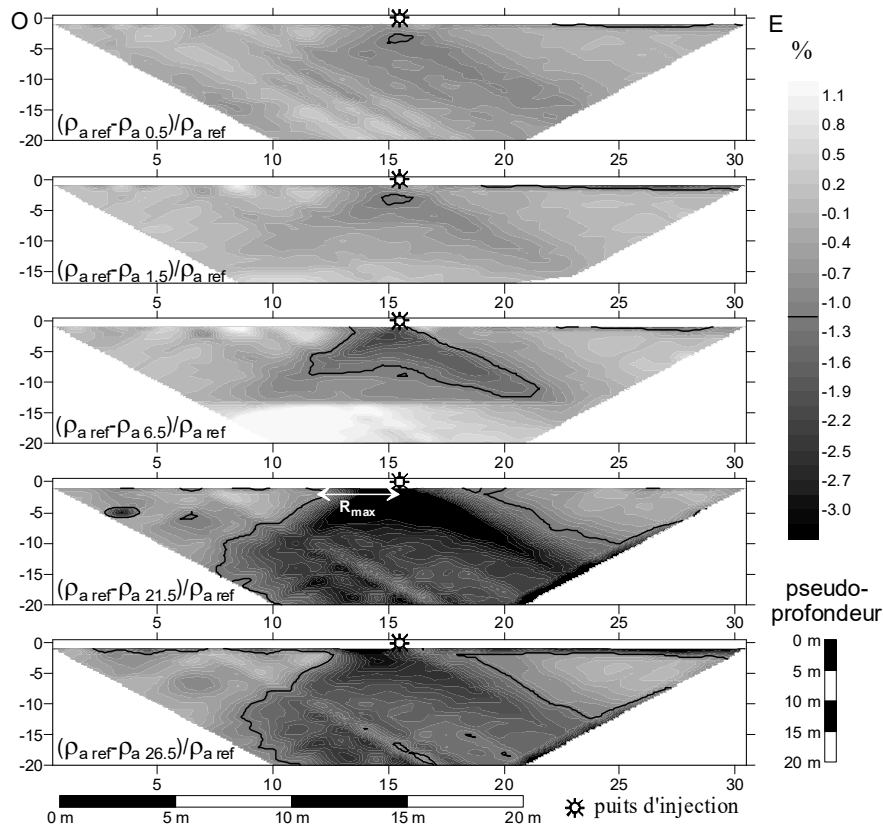


Figure 2 : Variation de la résistivité apparente au cours de la réinjection (site de Gironde)

## Conclusions et perspectives

Même si les mesures en continu n'ont pas commencé, les premiers résultats sont encourageants : l'injection de lixiviat a une influence sur la résistivité des déchets situés autour des puits. Il est donc possible de suivre la recirculation de lixiviat dans un massif de déchets.

Le développement de nouveaux résistivimètres va permettre d'effectuer les mesures dans un temps compatible avec les phénomènes observés, c'est-à-dire passer de 45 à 5 minutes pour l'acquisition d'un panneau comportant 48 électrodes.

De plus un travail en laboratoire doit être fait pour mieux comprendre les relations résistivité-température des lixiviats et des déchets.

## Bibliographie

- Bernstone C., Dahlin T., Ohlsson T., Hogland W., 2000. DC-resistivity mapping of internal landfill structures: two pre-excitation surveys. *Environmental Geology*, 39 (3-4), 360-371.
- Carpenter P.J., Calkin S.F., Kaufmann R.S., 1991. Assessing a fractured landfill cover using electrical resistivity and seismic refraction techniques. *Geophysics*, 56, 11, 1896-1904.
- Guéguen Y., Palciauskas V., 1997. *Introduction to the Physics of Rocks*. Princeton University Press, 392 p.
- Haker C.D., Rix G.J., Lai C.G., 1997. Dynamic properties of municipal solid waste landfills from surface wave tests. *Proc SAGEEP'97 (Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems)*. Environmental and Engineering Geophysical Society, Wheat Ridge (USA), 301-310.
- Reinhart D.R., Townsend T.G., 1998. *Landfill bioreactor design and operation*. Lewis Publishers, Boca Raton, NY, 189 p.