

# Modélisation des écoulements diphasiques et des variations de température dans une décharge-bioréacteur

Le but principal de la modélisation d'une décharge-bioréacteur comme un milieu poreux siège d'écoulements diphasique est d'optimiser la production de biogaz, de minimiser la durée et le coût de surveillance du site en optimisant le volume de lixiviat injecté et le nombre de brins d'injection. Pour modéliser un bioréacteur et étudier les variations d'humidité et les variations de température, nous avons développé un modèle diphasique pour les écoulements de lixiviat et de biogaz dans le massif de déchets. Ce modèle prend également en compte la production de biogaz et de chaleur résultant de la biodégradation des déchets. Ce modèle résout les équations de conservation de la masse et de l'énergie, basées sur la loi de Darcy généralisée. Les termes sources de production de biogaz et de chaleur sont basés sur un modèle de dégradation de type Monod (1940).

Les hypothèses du modèle sont les suivantes:

- Le déchet est considéré comme un milieu poreux tri-phasique dont la phase solide est biodégradable. Le lixiviat constitue la phase liquide incompressible et la phase gazeuse est considérée comme un mélange de dioxyde de carbone et de méthane,
- Le milieu poreux est considéré comme homogène et indéformable. On suppose en effet que la dégradation de la phase solide se traduit uniquement par les termes sources de gaz et de chaleur et pas par la déformation de la phase solide,
- Les termes de dissipation visqueuse et les effets d'inertie sont négligés (vitesse des fluides faibles),
- La radiation thermique est négligée,
- La loi de Darcy est appliquée pour les fluides,
- Les trois phases sont à chaque instant en équilibre thermique.

La méthode numérique utilisée pour trouver les solutions numériques de ce modèle est la méthode des volumes finis qui résout les équations de la conservation dans un volume de contrôle en utilisant la méthode de Newton. L'avantage de cette méthode réside dans la conservation des flux entre les deux volumes de contrôle K et L, qui peut s'exprimer par l'équation:  $F_{K,L}^n = -F_{L,K}^n$ .

Le modèle hydrodynamique a été validé avec les solutions analytiques basées sur les équations de Buckley-Leverett pour deux cas: 1) une colonne horizontale avec un écoulement diphasique de gaz et d'eau, avec un débit d'injection d'eau donné et en absence de gravité, 2) une colonne verticale avec écoulement diphasique, en considérant la gravité et sans débit d'injection. La comparaison des résultats de simulation numérique de notre modèle avec les solutions analytiques montrent qu'ils sont bien en accord. Cette validation analytique de notre modèle basé sur la loi de Darcy est un avantage en comparaison avec les modèles basés sur les formulations de

Richards, qui considèrent la pression de la phase gazeuse comme constante.

Ce modèle est utilisé pour la simulation d'un site réel de bioréacteur pendant deux épisodes de réinjection de lixiviat. Nous avons utilisé un domaine bidimensionnel avec les mêmes dimensions que le site réel. Les conditions limites sont celles de bords étanches sur tous les cotés, un drain en fond et un point d'injection en haut du domaine. Les valeurs initiales sont la pression atmosphérique et une température uniforme de 33°C qui a été mesurée sur site avant réinjection de lixiviats. Pour certains paramètres comme la saturation initiale, la conductivité hydraulique et la porosité, nous avons mené une analyse de sensibilité pour estimer ces valeurs car leur mesure directe non destructive sur site est impossible. Les résultats hydrauliques de ce modèle sont comparés avec des valeurs de résistivité électrique mesurée *in situ*. La résistivité électrique des déchets peut en effet être considérée comme une estimation indirecte de leur humidité.

Les résultats hydrauliques montrent la sensibilité de notre modèle à certains paramètres comme la saturation initiale, la conductivité hydraulique, le coefficient d'anisotropie et la porosité. Le modèle permet de simuler correctement les changements de pression et de saturation pendant les épisodes de réinjection de lixiviat. Le modèle hydraulique peut également être utilisé pour approcher les valeurs des paramètres hydrauliques par analyse inverse des données de site (Gholamifard et al. 2007).

Le modèle thermique est également appliqué à un site réel pour étudier les changements de température pendant la réinjection de lixiviat. Les données de site ont été obtenues grâce à un ensemble de capteurs de température installés dans les déchets à différentes profondeurs et reliés à une centrale d'acquisition. Les résultats montrent que les variations de température obtenues par le modèle sont comparables à celles mesurées avant, pendant et après les épisodes de recirculation de lixiviat.