HAL
open science

Évaluation de l'impact environnemental des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères utilisés en technique routière

Rabia Badreddine, David Dabo, L. de Windt

▶ **To cite this version:**

Rabia Badreddine, David Dabo, L. de Windt. Évaluation de l'impact environnemental des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères utilisés en technique routière. Rapport Scientifique INERIS, 2009, 2008-2009, pp.42-44. ineris-01869244

HAL Id: ineris-01869244

https://ineris.hal.science/ineris-01869244v1

Submitted on 6 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

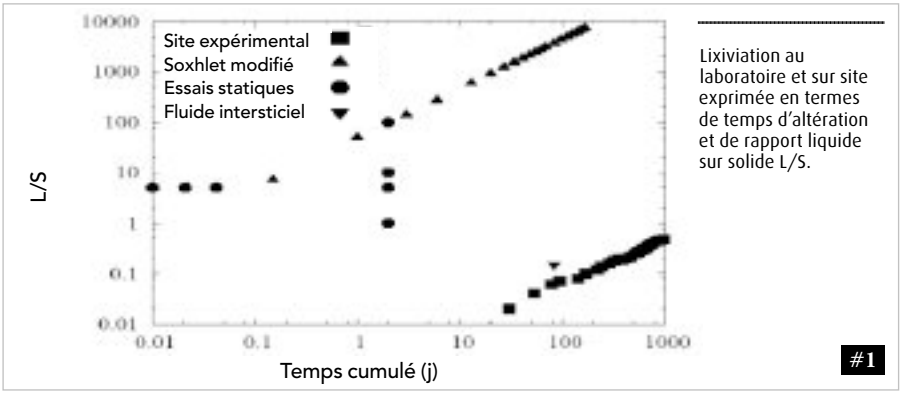
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation de l'impact environnemental des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères utilisés en technique routière

{ R. Badreddine, D. Dabo, L. De Windt }

L'évaluation du devenir des déchets à moyen et à long terme a été longtemps basée principalement sur la caractérisation des déchets par des essais de lixiviation. Le couplage entre la diffusion, la dissolution et la précipitation de phases solides, mais aussi de la sorption dans certains cas, des polluants inorganiques en compliquent souvent l'interprétation et donc l'extrapolation aux conditions réelles de sites. L'extrapolation des résultats de laboratoire aux conditions de sites – conditions caractérisées par des rapports solution sur solide bien plus bas, des géométries spécifiques et complexes, des schémas d'infiltration cycliques, etc. – nécessite une démarche intégrant la modélisation géochimique couplée au transport.

La présente étude concerne le comportement de mâchefers d'incinération des ordures ménagères (MIOM) dans le scénario de valorisation en sous-couche routière, l'objectif est d'en évaluer l'impact environnemental sur le sol sous-jacent et les eaux souterraines. La démarche mise en œuvre associe des approches de caractérisation physicochimique et minéralogique, d'expérimentation à différentes échelles (lixiviation au laboratoire et suivi sur sites réels) en intégrant la modélisation hydro-géochimique.



Lixiviation au laboratoire et sur site exprimée en termes de temps d'altération et de rapport liquide sur solide L/S.

Caractérisation des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères

La caractérisation des MIOM a été effectuée par des essais de lixiviation statique et dynamique (figure 1) et par des méthodes physiques telles que la diffraction des rayons X, la microscopie électronique, la microfluorescence X et L'EXAFS (Extended X-Ray Absorption Fine Structure).

L'essai de lixiviation dynamique en Soxhlet modifié a montré que l'hydrodynamique et l'état de saturation hydrique du MIOM sont des éléments clés vis-à-vis des mécanismes de relargage des éléments. L'essai dynamique par Soxhlet modifié indique que les fractions lixiviées sont faibles à très faibles par rapport au temps de lixiviation et par rapport à la quantité d'eau ayant transité dans le Soxhlet, excepté pour les ions chlorures et sulfates qui présentent un taux de relargage supérieur. Les éléments traces sont bien stabilisés au sein du MIOM. Le plomb, le zinc et, dans une moindre mesure, le cuivre sont ainsi peu lixiviés.

Suivi d'une route expérimentale

Une route expérimentale (figure 2) étudiée entre 1997 et 2000 par l'INERIS et EUROVIA a fait l'objet d'un nouveau suivi en 2007-2008. Ce suivi a consisté en l'analyse périodique des percolats issus des MIOM valorisés en sous-couche routière et en des prélèvements

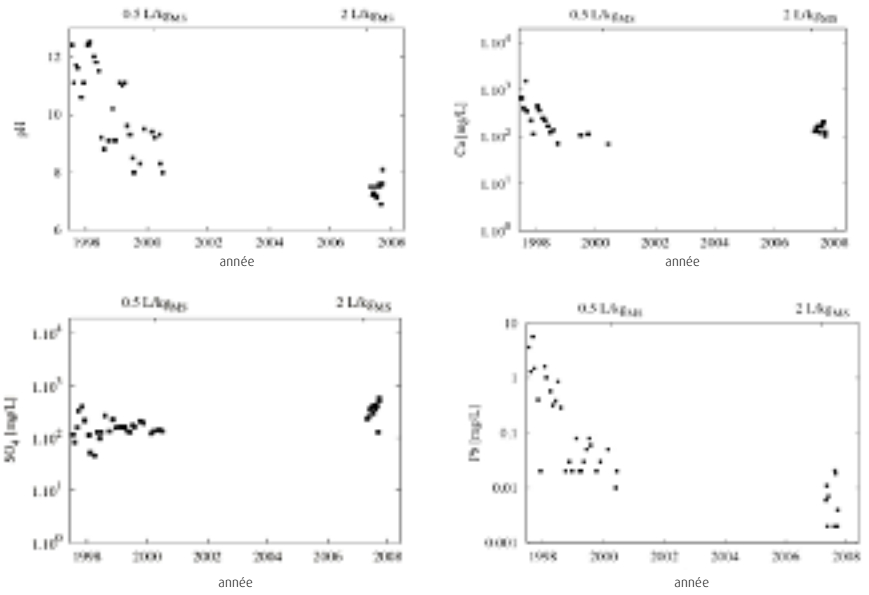
des MIOM après dix ans de valorisation et leur comparaison avec les mâchefers similaires aux MIOM initiaux.
Le retour d'expérience de la valorisation des MIOM en sous-couche routière après une durée de dix ans a montré un relargage en décroissance nette des différents éléments (Pb, Cd, Zn, Cu...) (figure 3) avec des concentrations proches de celles rencontrées sur la route de référence construite avec du matériau conventionnel, sauf en ce qui concerne les sulfates dont les concentrations demeurent du même ordre de grandeur que celles mesurées en début d'expérimentation. La couverture bitumineuse joue un rôle prépondérant en protégeant la sous-couche routière à travers laquelle ne transite qu'une faible partie de l'eau de pluie.
En l'absence de modifications majeures de texture, les modifications minéralogiques observées sont principalement la disparition de l'éttringite (sulfate de calcium). Du point de vue de la construction du modèle opérationnel, les résultats obtenus soulignent la nécessité de prendre en compte les passages préférentiels dans la construction du modèle de route pour décrire la stabilité minéralogique des MIOM au sein de la sous-couche routière.

Valorisation des MIOM en sous-couche routière (route expérimentale).

#2

Modélisation couplée géochime-transport

L'élaboration du modèle géochimique de base est fondée principalement sur les mécanismes observés lors de la caractérisation et de l'expérimentation tant au niveau du laboratoire qu'à l'échelle de la route. Les résultats issus de la route ont été modélisés par le code couplé géochimie-transport (*Chess-Hytech*) et la validation du modèle a été possible en utilisant les résultats des expériences menées en laboratoire.
Les résultats de simulation sont en accord avec les essais statiques et ce, pour la majorité des éléments étudiés (figure 4).



Évolution de la qualité des percolats routiers issus de la route expérimentale. utilisant les MIOM en sous-couche routière (10 ans de suivi).

#3

RÉFÉRENCES

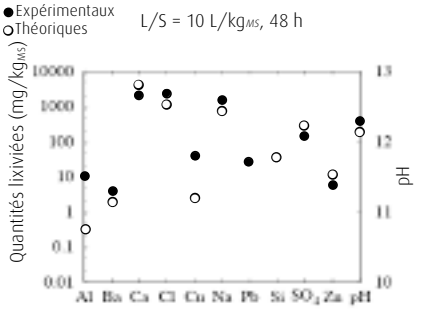
Thèse : David Dabo (2008). Impact environnemental des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) valorisés en technique routière : caractérisation expérimentations multi-échelles et modélisation hydro-géochimique (INERIS-École des mines).

De Windt L., Dabo D., Badreddine R. *Reactive transport modeling of cement-based waste and MSWI bottom ash evolution subjected to dynamic leaching test.* Présentation orale International workshop on modeling Reactive Transport in *Porous Media,* 21-24 january, 2008, Strasbourg.

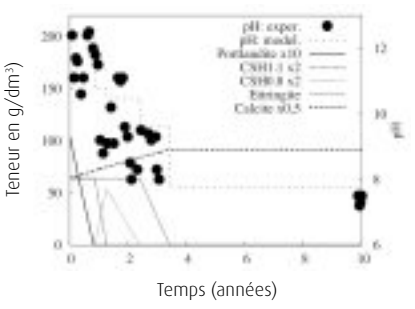
Dabo D., Badreddine R., De Windt L., Drouadaine I. Evaluation of the environmental impact of MSWI bottom ash used in road construction: ten year field experimentation. Présentation orale 2nd international Conference on Engineering for Waste Valorisation 3-5 june 2008 en Grèce.

Dabo D., Raimbault L., Badreddine R., Chaurand P., Rose J., De Windt L. SIMS and EXAFS study of glassy phases and complex metal/mineral associations of MSWI bottom ash. Presentation orale 9th international congress for applied mineralogy 8-10 september Brisbane, 2008, Australie.

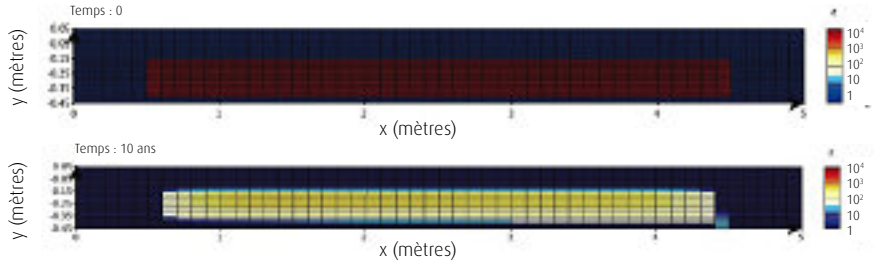
De Windt L., Dabo D., Lidelöw S., Badreddine R., Lagerkvist A. Reactive transport modeling of leachate evolution of MSWI bottom ash used as road basement, Hérouville (France) and Dåva (Sweden) sites. Présentation orale Wascon 2009 Sustainable Management of Waste and Recycled Materials in construction 3-5 june, Lyon.



Comparaison des résultats expérimentaux et de modélisation pour les essais de lixiviation statiques. **#4**



Modélisation de l'évolution du pH dans les percolats issus des MIOM de la route expérimentale. **#5**



Simulation (via HYTEC) de l'évolution des Cl (en mg/L) dans la sous-couche routière d'Hérouville pendant dix ans. **#6**

L'apport de données issues de la bibliographie, concernant notamment la complexation du cuivre par la matière organique ou encore la dissolution des verres primaires, reste essentiel dans l'élaboration de molèle. Le modèle élaboré à l'aide de Hytec-Chess peut être adapté sans autre modification que des modifications d'ordre "géométrique" à différentes configurations. Un exemple de simulation de l'évolution du pH et des chlorures est donné (figure 5 et figure 6).

Cette étude s'est orientée sur l'élaboration d'un modèle opérationnel des MIOM, qui soit basé sur l'observation des mécanismes de rétention et de relargage des éléments inorganiques. Elle a permis d'apporter des éléments de réponse à la spéciation de Pb, de contribuer à l'élaboration d'un retour d'expérience à moyen terme sur l'utilisation des MIOM en technique routière. Enfin, il a permis de montrer l'apport d'une approche couplant modélisation géochimique et acquisition-validation expérimentale, appliquée à l'étude des matériaux recyclés et de leur impact environnemental dans le cas de scénario de valorisation.

RÉFÉRENCES

Dabo D., Badreddine R., Drouadaine I., De Windt L., 2008. Evaluation of the environmental impact of MSWI bottom ash reused in road construction: a ten-year field experimentation. Accepté par la revue *Journal of Hazardous Material* (doi:10.1016/j.jhazmat.2009.07.083).

Dabo D., Raimbault L., Badreddine R., Chaurand P., Rose J., De Windt L., 2008. Characterisation of glassy and heterogeneous cementing phases of municipal solid waste of incineration (MSWI) bottom ash. Proceeding du 9th International Congress for Applied Mineralogy, ICAM, Brisbane (Australia), p. 95-100. (en preparation pour "Canadian Mineralogist".

Dabo D., De Windt L., Lidelow S., Badreddine R., Lagerkvist A. Reactive transport modeling of MSWI bottom ash evolution in road basement, Hérouville (France) and Dava (Sweden) sites. Proceeding Wascon 2009 Sustainable Management of Waste and Recycled Materials in construction 3-5 june, Lyon' en preparation pour publication dans la revue *Waste Management.*

ABSTRACT

The present study copes with the environmental impact assessment of municipal solid waste incineration bottom ash reused as aggregates in road construction.
The methodology involves the following steps: characterization of bottom ashes (physical properties, chemistry and mineralogy), experiments at laboratory scale, field study and geochemical modeling.
Quantitative data for trace elements in primary glasses obtained by Secondary Ions Mass Spectrometry (SIMS) microanalysis show that these glasses are likely a main sink for Zn, in the cemented calcite admixture, lead seems to be mainly sorbed on iron oxy-hydroxides according to SMS imaging and Extended X-ray Absorption Fines Structure analysis (EXAFS).
Except for SO_4, low concentrations and alkalinity were measured in leachates from a 10 year-old road built with MSWI BA (fast attenuation during the first years). No significant transformation of bottom ashes (such as an advanced carbonation state) was observed after 10 years of utilization. Lateral preferential flowpaths are probably responsible for the difference between alkaline pore water and diluted leachates.
Based on characterization and experimental data, common model was built to simulate leaching and mineralogical evolutions using the transport reactive code CHESS-HYTEC. Simulations of batch and dynamic leaching tests, as well as of two roads (French and Swedish) built with bottom ashes show fair agreement with respect to the experimental data.