



Valorisation des MIOM en technique routière : suivi environnemental de produits routiers à base de MIOM sur chaussées tests

Bernard Bartet, Ivan Drouadaine

► To cite this version:

Bernard Bartet, Ivan Drouadaine. Valorisation des MIOM en technique routière : suivi environnemental de produits routiers à base de MIOM sur chaussées tests. Colloque MIOM 2001, Oct 2001, Orléans, France. pp.102-108. ineris-00972240

HAL Id: ineris-00972240

<https://ineris.hal.science/ineris-00972240>

Submitted on 3 Apr 2014

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.

Valorisation des MIOM³ en technique routière : suivi environnemental de produits routiers à base de MIOM sur chaussées tests

Bernard Bartet⁽¹⁾, Ivan Drouadaine⁽²⁾

(1) INERIS, Direction des Risques Chroniques, Parc Alata B.P. n° 2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE.

(2) EUROVIA, Délégation technique Ile de France – 111, rue du Docteur Babin B.P. n° 12 - 91222 BRETIGNY-SUR-ORGE

RÉSUMÉ

L'utilisation de Résidus de Procédés Thermiques (RPT) comme les MIOM nécessite la démonstration de leur innocuité pour le milieu naturel. Dans l'attente de modèles prévisionnels fiables permettant d'évaluer l'impact de leur utilisation, et dans l'objectif d'obtenir des données de calage, la mise en œuvre d'essais pilotes en scénario paraît, dans l'immédiat, être la solution la plus réaliste. Une telle démarche doit être intégrée dans la procédure qualité des entreprises de Travaux Public qui valorise les résidus de procédés thermiques. Dans cet esprit, l'Entreprise Jean Lefebvre présente les résultats du suivi environnemental sur trois ans d'une chaussée test comportant quatre plots étanchés contenant les produits routiers à base de MIOM de la gamme Scormat®.

1. INTRODUCTION

Le Mâchefer d'Incinération d'Ordures Ménagères est valorisé en technique routière depuis plusieurs décennies. Les règles d'emploi ne datent cependant que de la circulaire du Ministère de l'Environnement du 9 mai 1994 qui limite la valorisation des Mâchefers aux produits à faible potentiel polluant. Selon cette circulaire, le potentiel polluant des mâchefers est déterminé par un essai de lixiviation normalisé (NF X 31-210) de 100 grammes de mâchefer dans un litre d'eau pendant 16 heures à trois reprises. Cet essai permet de fixer les limites d'usage des MIOM en les classant en trois catégories S (stockable), M (maturable) ou V (valorisable). Mais tel qu'il est défini et utilisé, l'essai ne tient pas compte des scénarios d'utilisation. Il n'est donc pas prédictif du comportement, à moyen et long terme, du matériau lors de son emploi et à fortiori en technique routière.

Pour pallier à la carence d'information par l'usage d'essais non prévisionnel et l'absence de modèles prédictifs fiables, des expérimentations en grandeur nature ont déjà été menées sur les relargages dans les percolats de mâchefer non traité (Silvestre et Rampignon, 1995).

Dans un ordre d'idées similaires, l'étude développée par la Société Paridu Letourneur (SPL) sur le site d'Hérouville se propose de faire un suivi comparatif sur une durée de trois ans entre des mâchefers traités (au liant hydraulique ou hydrocarboné) ou non et un plot témoin en grave calcaire. Elle doit permettre d'acquérir un retour d'expérience sur l'application des règles énoncées par la circulaire du 9 mai 1994.

Pour l'Entreprise Jean Lefebvre, qui s'est engagée depuis 1994 dans la valorisation des MIOM et dispose aujourd'hui d'une gamme de produits routiers issus de mâchefers permettant la valorisation de plus de 600 000 tonnes, cette expérimentation exprime un souci de validation environnementale de ses produits qui entre dans sa démarche qualité.

2. CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPÉRIMENTATION

2.1. Matériaux

Le mâchefer, principal résidu de l'incinération des ordures ménagères, représente 25 à 30 % en masse des déchets ménagers incinérés et 10 % de leur volume. Le gisement français représente environ 2,7 millions de tonnes par an (calculé sur la masse totale de déchets incinérés – source ADEME 1999).

³ MIOM : Mâchefer d'Incinération d'Ordures Ménagères

Les MIOM reçus sur les centrales de traitement sont de catégorie V ou M selon les seuils énoncés par la circulaire du Ministère de l'Environnement du 9 mai 1994. Ils se présentent comme un matériau sombre comportant des éléments de grosse taille. Après une maturation, de trois à six mois suivant leur qualité, les MIOM sont repris dans une installation de traitement physique pour être calibrés sous forme d'une grave 0/20 mm et épurés des métaux ferreux et non ferreux, ainsi que des imbrûlés légers. Tous les matériaux séparés au cours de ce traitement rejoignent les filières de recyclage spécifiques et les imbrûlés sont retournés dans la filière incinération.

La préparation physique est une succession de tris visant à réserver pour l'utilisation routière un produit exempt de matière valorisable par ailleurs et adapté à son utilisation. Les procédés de tris sont en constante amélioration notamment en ce qui concerne les métaux.

Les matériaux utilisés pour les pilotes appartiennent tous à la gamme Scormat®, ils sont élaborés à partir des MIOM traités sur nos Installations de Maturation Elaboration, et se déclinent en Scorgrave®, Scorcim®, Scormousse®.

Le Scorgrave est le produit, non traité, ainsi obtenu après maturation et élaboration physique des mâchefers bruts reçus sur les installations d'élaboration de mâchefers du groupe Jean Lefebvre. Il peut être assimilé à une grave non traitée (GNT) de type a, au sens de la norme NF P 98-129, de par ses caractéristiques géotechniques.

Le Scorcim C® est un Scorgrave® ayant subi une étape de traitement supplémentaire au liant hydraulique spécifique (environ % de liant et d'additifs) en centrale de malaxage, lui conférant des caractéristiques structurantes pour l'utilisation en technique routière.

Le Scormousse® est un Scorgrave® ayant subi une étape de traitement supplémentaire au liant hydrocarboné. Le liant utilisé est une mousse de bitume obtenue par injection de très faibles quantités d'eau et d'agents moussants dans du bitume de grade 70/100, chauffé par l'intermédiaire d'une chambre de mélange. La mousse est vaporisée sur le Scorgrave® par une rampe disposée au-dessus du malaxeur de la centrale. Le bitume (4,5 % environ) et les additifs (1 %) confèrent au matériau une cohérence qui vient s'ajouter à la consolidation naturelle des mâchefers. La présence de bitume n'entraîne, *a priori*, aucune interaction chimique avec le mâchefer.

Le témoin retenu est une grave calcaire non traitée calibrée à 0/31,5 mm qui présente des similitudes de granulométrie, de surface spécifique et de domaine d'emploi avec le Scorgrave, ce qui justifie son choix comme témoin dans cette expérimentation.

2.2. Description de l'ouvrage expérimental et plan d'expérience

a) L'ouvrage expérimental

A l'occasion de la construction d'un nouveau giratoire sur la commune d'Hérouville (Val d'Oise), pour le Conseil Général du Val d'Oise, dont la structure comprenait une couche de SCORCIM C, SPL a réalisé cinq lysimètres (fig 1.) pour l'évaluation environnementale de l'impact des différents produits routiers à base de MIOM. Les lysimètres, situés sur une voie de désenclavement du giratoire, ont une superficie de 80 m² et un volume de 20 m³ chacun. Ils contiennent environ 40 tonnes de matériau testé.

Une membrane d'étanchéité et un drain, placés sous la couche des matériaux étudiés de chaque plot indépendant, permettent de diriger l'ensemble des fluides ayant percolé à travers la structure vers une cuve d'une capacité de 700 litres. Les surfaces latérales des plots n'étant pas étanchées sur toute leur hauteur des infiltrations latérales sont possibles, comme c'est le cas sur les chaussées du réseau routier français.

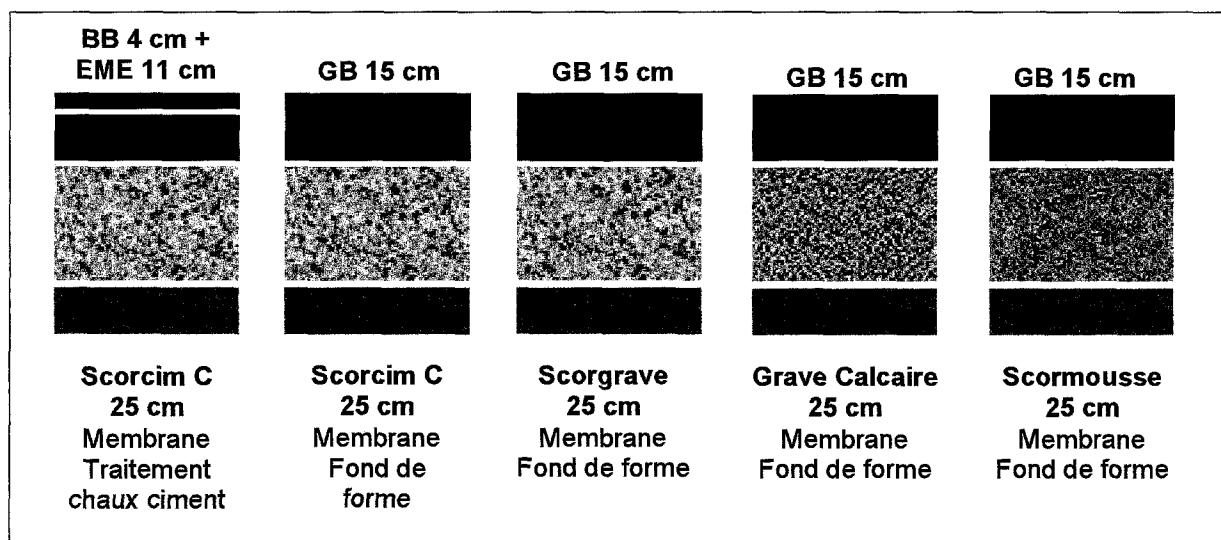


Fig. 1 - Structure routière des plots expérimentaux 1 à 5 (BB : béton bitumineux; GB : grave bitume, EME : enrobé à module élevé).

b) Le plan d'expérience (tabl. 1)

Avant la mise en œuvre sur chantier des matériaux, des analyses sur solide et des essais de lixiviation ont été menés sur les matériaux pour en connaître la concentration totale en polluants et le potentiel lixiviable.

Pendant l'expérimentation, des échantillons des percolats recueillis sous chaque plot sont prélevés et transmis à l'INERIS pour y être analysés. Le tableau 1 présente l'ensemble de ces analyses.

	Analyse sur solide	Analyse sur éluat après lixiviation sur solide	Séries 1, 8, 13, 22, 29	Séries 2 à 7, 9 à 12, 14 et 24	Séries 15 à 21, 23, 25 à 28 et 30	Méthodes analytiques
PH		X	X	X	X	NF T90.008
Potentiel redox		X	X	X	X	
Conductivité		X	X	X	X	NF T90.111 ou ISO 7888
Fraction soluble		X	X	X	X	
Pb	X	X	X	X	X	ICP-OES
Cd, Al, Ca, Cu, Na, As	X	X	X	X		ICP-OES
Hg	X	X	X	X		NF T90.113-1
Ni, Mo, Si, Cr	X	X	X			ICP-OES
Zn	X	X	X			ICP-OES
COT	X	X	X	X	X	NF T90.102
Sulfates	X	X	X	X	X	NF T90.040
Chlorures	X	X	X	X	X	Titrimétrie
Cyanures totaux	X	X	X			ISO 6703-1
Cyanures libres		X	X			ISO 6703-4
Cr (VI)		X	X	X		NF T90.043
Indice phénol		X	X			NF T90.109

Tabl. 1 - Paramètres analysés et méthodes analytiques utilisées.

3. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET INTERPRÉTATION

3.1. Pluviométrie et percolation

Le suivi de la pluviométrie du site expérimental est obtenu à partir des données de la station Météo France de Villiers Adam (95) et de celles de la centrale de traitement de mâchefers SPL Saint-Ouen l'Aumône. Le suivi de la percolation est obtenu par la mesure du volume de percolat recueilli à chaque prélèvement. Après une première étape de ressuyage (= mise en "équilibre" hydrique avec le milieu environnant) des matériaux humidifiés par la phase de chantier, la pluviométrie et la percolation sont assez bien corrélées. On observe cependant des variations saisonnières qui sont notamment liées à l'intensité des pluies et à la température. Un classement sur la base des rapports moyens entre pluviométrie et volume de percolats recueillis permet de classer les matériaux en fonction de leur perméabilité. Les trois produits à base de mâchefers ressortent comme plus étanches que le plot témoin, le moins perméable étant le Scormousse. Plus généralement, la percolation à travers les plots (de 8 à 13 % en moyenne) est supérieure à la moyenne constatée sur les chaussées franciliennes car les lysimètres ont une couverture plus perméable que les matériaux bitumineux couramment utilisés en couche de roulement et la pente de surface de la chaussée est nulle (contre 1 à 3 % sur les voiries), ce qui tend à majorer les relargages.

3.2. Résultats du suivi analytique

Les résultats des analyses du plot 1 ne sont pas présentés, la couverture bitumineuse de ce lysimètre étant différente de celle des autres, la comparaison directe ne serait pas pertinente. Les graphiques de la figure 2 présentent les courbes de cumul relatif du volume de percolats recueilli, de la masse de plomb, de carbone organique total en solution (COT), de sulfates et de chlorures en fonction du temps. Ce mode de représentation permet de s'affranchir des problèmes d'échelle (plusieurs ordres de grandeur de différence entre ces espèces) et permet une identification du mode de relargage propre à chaque espèce. Le tableau 2 présente certains cumuls relatifs intermédiaires ainsi que les valeurs de pH correspondantes.

		1 mois	3 mois	1 an	3 ans
Plot 2	Pb	53,44%	56,62%	90,13%	100,00%
	COT	38,08%	46,44%	80,89%	100,00%
	SO4--	5,95%	9,49%	25,03%	100,00%
	Cl-	36,53%	42,21%	70,99%	100,00%
	pH	11,89	11,79	10,04	9,23
Plot 3	Pb	67,35%	71,48%	96,67%	100,00%
	COT	45,50%	56,11%	85,22%	100,00%
	SO4--	8,83%	15,67%	34,47%	100,00%
	Cl-	39,31%	44,24%	69,13%	100,00%
	pH	11,05	11,59	8,82	8,03
Plot 4	Pb	17,92%	20,85%	57,05%	100,00%
	COT	6,93%	14,39%	34,64%	100,00%
	SO4--	17,85%	25,14%	46,08%	100,00%
	Cl-	17,59%	22,66%	46,94%	100,00%
	pH	8,50	7,72	8,18	7,88
Plot 5	Pb	45,55%	52,66%	76,42%	100,00%
	COT	53,79%	58,81%	68,42%	100,00%
	SO4--	6,81%	10,40%	23,16%	100,00%
	Cl-	66,97%	69,77%	76,10%	100,00%
	pH	12,21	11,77	12,73	8,31

Tabl. 2 - Fraction relarguée en fonction de la fraction relarguée totale, à 1, 3, 12 et 36 mois.

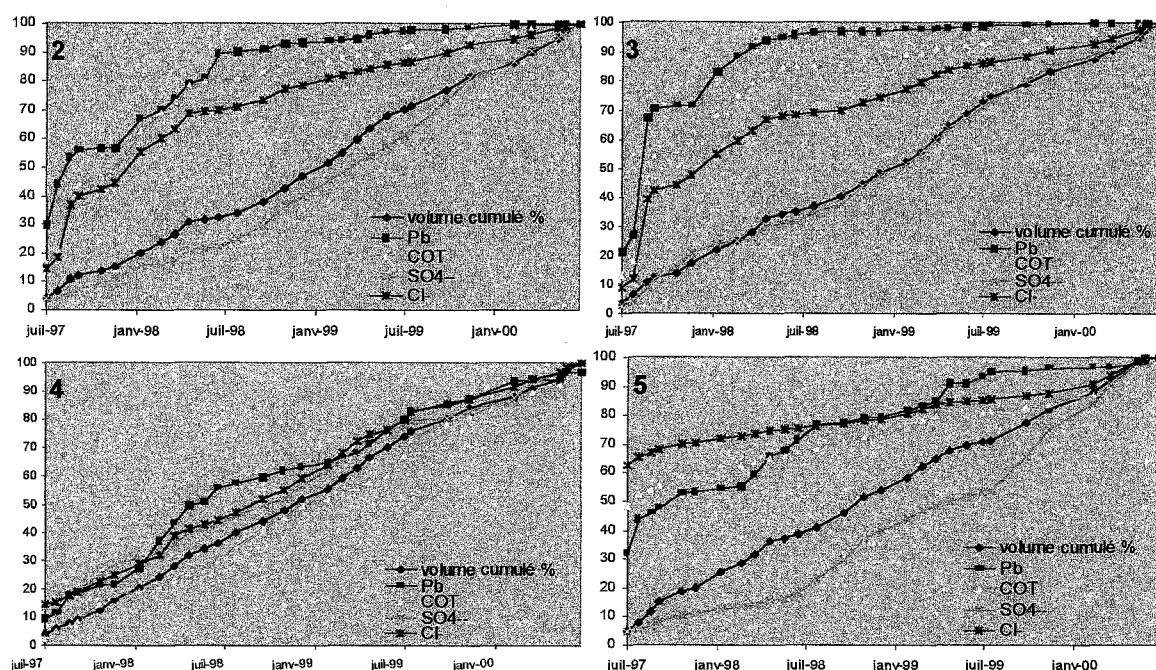


Fig. 2 - Cumuls (en pourcent) du volume de percolats et des paramètres (Pb, COT, sulfates et chlorures) issus de chacun des plots. Evolution comparée des relargages dans les lysimètres contenant le Scorcim C (2), le Scorgrave (3), le témoin calcaire (4) et le Scormousse (5).

Les autres espèces n'ayant pas fait l'objet d'analyses à chaque prélèvement, il n'est pas possible de présenter leur évolution sous forme de cumul. Le tableau 3 présente les masses relarguées ainsi que les concentrations moyennes de certaines d'entre elles.

	Scorcim C		Scorgrave		Témoin		Scormousse	
	concentration moyenne (mg/L)	Masse cumulée (g)	concentration moyenne (mg/L)	Masse cumulée (g)	concentration moyenne (mg/L)	Masse cumulée (g)	concentration moyenne (mg/L)	Masse cumulée (g)
Cuivre	1,63	12,96	4,22	41,46	0,03	0,30	2,61	24,00
Plomb	0,26	2,94	0,62	10,65	0,03	0,60	1,29	13,45
Sodium	319,71	2 576,90	482,63	4 780,02	7,12	70,93	181,39	1 733,50
Calcium	211,18	1 648,22	312,00	3 156,78	56,75	598,06	337,01	2 481,02
Aluminium	4,99	23,75	2,21	15,36	3,08	30,61	1,88	18,48
COT	57,9	797,48	101,55	1 847,71	9,48	169,42	60,89	1 181,10
Sulfates	105,69	1 586,82	161,70	2 668,94	22,01	406,45	83,52	1 183,70
Chlorures	301,80	4 504,94	619,20	11 020,37	9,19	174,10	225,01	3 688,94
Volume de percolat (L)	15 168		17 238		18 712		13 197	

Les valeurs en italique correspondent à des paramètres n'ayant pas fait l'objet d'analyse à chaque prélèvement (cumuls partiels).

Tabl. 3 - Concentrations moyennes et masses cumulées des paramètres chimiques après 3 ans.

La quasi-totalité des analyses faites sur les percolats concernant le cadmium, l'arsenic, le mercure et le chrome hexavalent ont donné des résultats inférieurs aux limites de détection des méthodes utilisées (cadmium < 0,001 mg/l, arsenic < 0,005 mg/l, mercure < 0,0002 mg/l, chrome hexavalent < 0,015 mg/l).

3.3. Interprétation du suivi analytique

Les résultats du lysimètre témoin contenant une grave calcaire (plot 4) permettent de définir le « bruit de fond » correspondant à la présence des éléments analysés dans les matériaux naturels utilisés en technique routière et/ou aux apports atmosphériques (pollution automobile notamment). Ce lysimètre présente des relargages faibles et réguliers qui sont corrélés à la pluviométrie. Les seuils de détection pour

le cadmium, l'arsenic, le mercure et le chrome hexavalent étant inférieurs ou égaux aux concentrations maximales admissibles (CMA) pour l'eau potable, les résultats obtenus confirment la non-disponibilité de ces métaux dans les conditions réelles de valorisation prévues par la circulaire du 9 mai 1994. Pour les plots constitués de Scorcim®, de Scorgrave® et de Scormousse®, le plomb, le carbone organique total et les chlorures ont un relargage rapide en début d'expérience. Ce phénomène est imputable à une phase de chantier pluvieuse, ce qui fait passer rapidement en solution les éléments lixiviables comme l'indiquent les fortes pentes initiales des graphiques de la figure 2. Ces courbes tendent ensuite vers des asymptotes horizontales qui correspondent à une stabilisation progressive de ces matériaux en place. Pour ces mêmes plots, le relargage régulier des sulfates semble obéir à un équilibre chimique interne au matériau. Le même phénomène est constaté sur le plot témoin. Une étude précédente (Freyssinet et al., 1998) a d'ailleurs montré que si le sulfate se trouvait majoritairement sous forme de gypse il faudrait une centaine d'années pour le solubiliser totalement. L'asymptote horizontale atteinte sur les courbes de fraction extraite cumulée et l'étude des ratios relargage par rapport au potentiel lixiviable (tabl. 4) montrent que, pour ces quatre paramètres, le test de lixiviation n'est pas prédictif. De plus, les différences de protocole d'essai entre les normes X 31-210 (sur matériau granulaire) et X 31-211 (sur matériau rendu solide) impliquent que les ratios relargage/potentiel lixiviable ne peuvent être comparés entre les produits traités et le Scorgrave®. Par exemple, moins de 3 % du plomb lixiviable a été relargué par ce dernier tandis que plus du quart de celui du Scorcim C® et plus de la moitié de celui du Scormousse® ont déjà été relargués après trois ans.

	Scorcim C			Scorgrave			Scormousse		
	Relargage cumulé (g)	Lixiviation (g)	Ratio (%)	Relargage cumulé (g)	Lixiviation (g)	Ratio (%)	Relargage cumulé (g)	Lixiviation (g)	Ratio (%)
Cuivre	12,96	79	16,41	41,46	806	5,14	24,00	37	64,86
Zinc	0,21	37	0,57	0,49	92	0,53			
Nickel	0,06	22	0,27	0,14	13	1,06			
Arsenic	0,05	11	0,50	0,07	13	0,57			
Cadmium	0,04	6	0,66	0,04	12	0,40	0,04	3	1,23
Chrome total	0,04	7	0,58	0,04	15	0,29			
Plomb	2,94	11	26,73	10,65	363	2,93	13,45	23	58,48
Mercure	0,02	2	0,84	0,03	2	1,39	0,01	1	1,26
Cyanure	0,02	11	0,21	0,03	13	0,20			
Sulfates	1 586,82	9 564	16,59	2 668,94	68 479	3,90	1 183,70	4 118	28,74
Chlorures	4 504,94	21 387	21,06	11 020,37	70 221	15,69	3 688,94	4 805	76,77

Les valeurs en italique correspondent à des paramètres n'ayant pas fait l'objet d'analyse à chaque prélèvement (cumuls partiels).

Tabl. 4 - Relargage cumulé, potentiel lixiviable et ratio pour les plots 2, 3 et 5.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les conditions expérimentales ont été choisies pour obtenir des résultats les plus proches possibles du comportement réel du matériau en place, dans les conditions de valorisation en technique routière, fixées par la circulaire du Ministère de l'Environnement du 9 mai 1994. Cette étude permet, de ce fait, d'acquérir un réel retour d'expérience en évaluant l'impact environnemental des produits, traités ou non. Le fort taux de percolation par rapport à la pluviométrie constaté au cours de l'expérience, lié au choix de la couverture des plots et à la pente de surface nulle, majore l'impact environnemental réel.

La baisse très rapide de la concentration en plomb, chlorures et carbone organique dans les percolats (plus de 50 % en 6 mois d'expérience) montre la stabilisation rapide des matériaux à base de MIOM valorisés en technique routière. La concentration en sulfates des percolats semble ne dépendre que des conditions hydriques du milieu.

Le calcium, le sodium et l'aluminium ne sont pas, proprement dit, des polluants, ils sont étudiés comme traceurs de comportement. Leur concentration baisse également rapidement dans les percolats, mais semble suivre des cycles « humidification/séchage » entraînant la modification saisonnière des équilibres dans le matériau. Un suivi à plus long terme permettrait d'étudier ces cycles.

Globalement, au bout de trois ans d'expérience, l'asymptote de relargage est atteinte pour l'ensemble des paramètres chimiques étudiés à l'exception des sulfates dont la concentration dans les percolats semble ne dépendre que des conditions hydriques du milieu.

Le pH des percolats, paramètre déterminant pour la spéciation d'éléments comme le plomb, baisse au cours des trois années d'expérience pour l'ensemble des produits à base de MIOM. Cependant l'adjonction de liant retarde la baisse d'une ou deux années et il serait intéressant de poursuivre l'expérience pour observer l'évolution des plots traités.

Outre le renforcement des propriétés mécaniques, le traitement au liant hydraulique ou hydrocarboné améliore globalement le comportement environnemental des produits à base de mâchefers. Sur les trois années d'expérience, il n'est pas possible de classer les deux traitements selon des critères environnementaux car leur efficacité sur la rétention varie en fonction des paramètres analysés.

La poursuite de cette expérience permettra de se rapprocher de la durée de vie des chaussées et de compléter les résultats obtenus en s'intéressant aux polluants organiques (H.A.P., dioxines, furanes, ...) et/ou à l'écotoxicité globale des percolats recueillis.

Références Citées

Freyssinet P., Piantone P., Azaroual M., Itard Y., Clozel B., Baubron J.C., Hau J.M., Guyonnet D., Guillo-Frottier L., Pillard F. et Jezequel P. (1998) – Evolution chimique et minéralogique des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères au cours de la maturation. Documents du BRGM, n° 280.

Silvestre P. et Rampignon, J. (1995) – Valorisation en structure routière du mâchefer d'incinération d'ordures ménagères de l'usine de Lyon-Sud. Techniques Sciences et Méthodes, 5, 427-430.