



Le génie pour l'industrie

**ÉVALUER L'OPPORTUNITÉ ET LA RENTABILITÉ PERMETTANT DE
RÉUTILISER LES ABRASIFS CONTAMINÉS RÉCUPÉRÉS AU PRINTEMPS LORS
DES OPÉRATIONS DE BALAYAGE MÉCANIQUE DE CHAUSSÉES**

RAPPORT FINAL

Élaboré par

Said Mokhbi, ing., M.ing.

Associé de recherche

Département de Génie de la construction

École de Technologie Supérieure

Téléphone 514.396.8800 # 7865

Courriel : said.mokhbi@etsmtl.ca et said_mokhbi@yahoo.fr

Gabriel Assaf, ing., Ph.D.

Professeur

Département de Génie de la construction

École de Technologie Supérieure

Téléphone : 514.396.8924

Courriel : gabriel.assaf@etsmtl.ca et ga@videotron.ca

Soumis à

Joël Labrecque, ing.

Responsable des activités d'entretien

Ministère des Transports du Québec

Direction de l'Outaouais

Centre de services de Gatineau

33, rue Jean-Proulx

Gatineau, QC J8Z1X1

Octobre 2014

« AVERTISSEMENT :

Le Ministère des Transports du Québec n'est pas responsable de l'exactitude, de l'actualité, de la fiabilité du contenu de ce rapport. Les points de vue exprimés dans ce rapport émanent des auteurs et ne coïncident pas nécessairement avec ceux du Ministère des Transports du Québec. »

AVANT-PROPOS

L'École de technologie supérieure a été mandatée par le Ministère des Transports du Québec afin d'évaluer l'opportunité de réutiliser les abrasifs issus du balayage printanier récupérés par le C.S de Gatineau.

Cette étude présente les modalités pour une mise en œuvre pratique d'un cadre de gestion, de récupération, de décontamination et de réutilisation de ces abrasifs.

Les auteurs remercient Madame Naima Yacef, M.ing et le personnel des laboratoires de matériaux, des enrobés et STEPPE de l'École de technologie supérieure (ÉTS) et plus spécialement Messieurs Alain Desjardins et Juan Mauricio Rios pour leur contribution généreuse.

TABLE DES MATIÈRES

1	Mise en contexte, problématique et justification	3
2	Objectifs	4
3	Revue de littérature	5
3.1	Expérience québécoise	5
3.1.1	Actions entreprises par les municipalités au Québec	10
3.2	Pratiques internationales	13
4	Méthodologie et plan de travail.....	16
5	Caractérisation des abrasifs issus de la campagne de balayage du printemps 2012	17
5.1	Échantillonnage des résidus	17
5.1.1	Provenance, ramassage et entreposage des échantillons	17
5.1.2	Protocole d'échantillonnage.....	19
5.2	Caractérisation chimique des matériaux	22
5.2.1	Critères génériques.....	22
5.2.2	Analyses des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	23
5.2.3	Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	25
5.2.4	Analyses des métaux et des métalloïdes	25
5.2.5	Essai de lixiviation à l'eau	31
5.3	Caractérisation physique des matériaux	32
5.3.1	Analyse granulométrique - Méthode LC 21-040	32
5.3.2	Coefficient d'écoulement – Méthode LC 21-075.....	35
5.3.3	Essais de friabilité et Micro-Deval-Méthodes LC 21-080 et LC 21-101	36
5.3.4	Colorimétrie – Méthode A23.2-7A	38
5.4	Discussion	39
6	Valorisation des abrasifs issus de la campagne de balayage du printemps 2013	45
6.1	Échantillonnage des résidus	45
6.1.1	Provenance et entreposage des échantillons.....	45
6.1.2	Protocole d'échantillonnage.....	46
6.2	Caractérisation chimique des matériaux	51
6.2.1	Analyses des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	51
6.2.2	Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	52
6.2.3	Analyses des métaux et des métalloïdes	53
6.2.4	Essais de lixiviation.....	55

6.3	Caractérisation physique des matériaux	55
6.3.1	Analyse granulométrique - Méthode LC 21-040	56
6.3.2	Coefficient d'écoulement – Méthode LC 21-075.....	58
6.3.3	Essais de friabilité et Micro-Deval-Méthodes LC 21-080 et LC 21-101	59
6.3.4	Colorimétrie – Méthode A23.2-7A	61
6.4	Discussion	62
7	Valorisation des matériaux.....	65
7.1	Formulation à l'aide de la presse de cisaillement giratoire selon la méthode du Laboratoire des chaussées.....	66
7.2	Résistance à l'orniérage	68
8	Évaluation économique.....	70
9	Conclusion	74
10	Recommandations	78
	ANNEXE I.....	75
	Essais de caractérisation physique des résidus de balayage.....	75
	ANNEXE II.....	89
	Résultats des essais chimiques	89
	ANNEXE III	114
	Valeurs maximales en regard des essais de lixiviation	114
	ANNEXE IV	115
	Résultats des essais chimiques des années.....	115
	2007-2008-2010.....	115
	ANNEXE V	122
	Cartes routières- Provenance des résidus de balayage	122
	ANNEXE VI.....	125
	Classification des matériaux selon leur contamination	125
	ANNEXE VII.....	126
	Tableau d'utilisation en fonction des catégories de matériaux	126
	ANNEXE VIII	127
	Fuseaux spécifiques des abrasifs- caractéristiques des granulats selon leur utilisation	127
	ANNEXE IX.....	129
	Tableau des critères génériques A, B, C des sols.....	129
	ANNEXE X	131
	Billets de transport des résidus de Gatineau au site de lavage dans la région de Bromont.....	131

ANNEXE XI.....	135
Résultats de l'essai d'orniérage.....	135
ANNEXE XII.....	136
Photos illustrant le déroulement de l'étude	136
BIBLIOGRAPHIE	153

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Répartition du réseau routier québécois	7
Tableau 3.2 Classement du réseau routier du MTQ.....	8
Tableau 3.3 Détermination du niveau de service,	9
Tableau 5.1 Programme d'échantillonnage	20
Tableau 5.2 Concentrations en hydrocarbures C ₁₀ -C ₅₀	24
Tableau 5.3 Récapitulatif des concentrations des échantillons en zinc et en cuivre	26
Tableau 5.4 Résultats des teneurs en cuivre et en zinc pour les échantillons des piles A et B.	28
Tableau 5.5 Récapitulatif des résultats granulométriques.....	33
Tableau 5.6 Récapitulatif des résultats de friabilité, du pourcentage d'usure et du coefficient d'écoulement.....	37
Tableau 5.7 Catégorie de granulats fins selon leurs caractéristiques intrinsèques.....	38
Tableau 5.8 Récapitulatif des résultats d'essai de colorimétrie	39
Tableau 6.1 Programme d'échantillonnage.....	49
Tableau 6.2 Types d'essais réalisés	51
Tableau 6.3 Concentrations en Hydrocarbures C ₁₀ -C ₅₀	52
Tableau 6.4 Récapitulatif des concentrations des échantillons en métaux et en métalloïdes.....	53
Tableau 6.5 Récapitulatif des résultats granulométriques.....	56
Tableau 6.6 Récapitulatif des résultats de friabilité, du pourcentage d'usure et du coefficient d'écoulement.....	59
Tableau 6.7 Catégorie de granulats fins selon leurs caractéristiques intrinsèques.....	61
Tableau 6.8 Récapitulatif des résultats d'essai de colorimétrie	61
Tableau 6.9 Comparaison des résidus de balayage de 2012 et de 2013.....	64
Tableau 7.1 Combiné granulométrique d'un GB-20 contenant 35 % d'abrasifs	66
Tableau 7.2 Résultats des compactations à la PCG	68
Tableau 8.1 Quantités de matériaux mis en œuvre durant la saison 2012-2013	71
Tableau 8.2 Quantités et coûts associés aux opérations de lavage et d'enfouissement	72

LISTE DES FIGURES

Figure 5.1 Entreposage du tas « A »	18
Figure 5.2 Entreposage du tas « B »	18
Figure 5.3 Entreposage Abrasifs neufs - tas « C »	19
Figure 5.4 Diagramme des concentrations en hydrocarbures (C ₁₀ -C ₅₀) des résidus de balayage	24
Figure 5.5 Concentrations en métaux (Zn, Cu) des échantillons	27
Figure 5.6 Concentrations en cuivre (Cu) de la série d'échantillons A et de l'échantillon C1	29
Figure 5.7 Concentrations en cuivre (Cu) de la série d'échantillons B	29
Figure 5.8 Concentrations en Zinc (Zn) de la série d'échantillons A et de l'échantillon C	30
Figure 5.9 Concentrations en Zinc (Zn) de la série d'échantillons B	31
Figure 5.11 Courbes granulométriques des échantillons B1, B2 et B3	34
Figure 5.10 Courbes granulométriques des échantillons A1, A2, A3, A4, A5 et C1	34
Figure 5.12 Résultats de l'essai d'écoulement des échantillons de la série A et de C1	35
Figure 5.13 Résultats de l'essai d'écoulement des échantillons de la série B	36
Figure 5.14 Courbes des résultats de Micro-Deval et de la friabilité	37
Figure 6.1 Prélèvement des échantillons de résidus non lavés, Bromont le 05.07.2013	46
Figure 6.2 Abrasifs tamisés et lavés	48
Figure 6.3 Lavage et tamisage des abrasifs Bromont le 05.07.2013	48
Figure 6.4 Bassins de décantation, Bromont le 05.07.2013	49
Figure 6.5 Diagramme des concentrations en hydrocarbures (C ₁₀ -C ₅₀) des résidus de balayage de 2013	52
Figure 6.6 Concentrations en plomb (Pb) des échantillons de résidus	54
Figure 6.7 Concentrations en zinc (Zn) des échantillons de résidus	54
Figure 6.8 Courbes granulométriques des échantillons A1, A2, B1, B2, Bmoyen et C	57
Figure 6.9 Courbe granulométrique des abrasifs après lavage v/s fuseau granulométrique	58
Figure 6.10 Coefficient d'écoulement des échantillons A1, A2, B1, B2 et C	59
Figure 6.11 Valeurs de Micro-Deval	60
Figure 6.12 Valeurs de friabilité	60
Figure 7.1 Introduction du cylindre de moulage de GB-20 dans la PCG, ETS	67
Figure 7.2 Ornièreur, laboratoire des enrobés, ETS	69

SYNTHÈSE DES CONCLUSIONS ET DES RECOMMANDATIONS

L'étude portant sur l'évaluation de l'opportunité de réutilisation des abrasifs utilisés par la Direction de l'Outaouais du Ministère des Transports du Québec, dans le cadre de la viabilité hivernale, a permis d'approfondir les connaissances relatives au comportement chimique et mécanique de ces granulats, récupérés lors du balayage printanier des chaussées. Elle s'est étalée sur deux hivers : 2012 et 2013.

Cette étude s'est d'abord intéressée à l'évaluation de la nature et du degré de la contamination des abrasifs. La comparaison des caractérisations chimiques des prélèvements effectués en 2012 et en 2013 a permis de déduire que les abrasifs épandus se comportent pratiquement, de la même manière, d'une année à l'autre. L'exposition de ces abrasifs à l'environnement des chaussées, les a contaminés aux hydrocarbures C₁₀-C₅₀ et à certains métaux, principalement le zinc, le cuivre et le plomb.

Les abrasifs ont été également contaminés par des matières organiques, animales et végétales et des poussières. Le balayage mécanique, qui demeure le moyen de ramassage le plus efficace qui existe actuellement, favorise le mélange des granulats abrasifs avec ces résidus présents aux abords de la chaussée. Ces matières adhèrent aux parois des abrasifs et restent collées même après un tamisage énergétique. Seule, l'action combinée de l'eau et du tamisage paraît être efficace pour nettoyer les abrasifs des matières organiques et des poussières. Cette étude a permis, notamment, de mettre l'accent sur la nécessité de nettoyer les abrasifs avant leur valorisation.

À cet effet, un procédé d'hydrocyclonnage a été testé avec succès, pour laver les résidus. Il répond essentiellement à un double objectif : nettoyer les granulats des matières organiques et réduire les fines (< 63µm).

L'étude a ensuite traité le volet physique des abrasifs et particulièrement l'évolution de leurs propriétés intrinsèques. La comparaison du comportement des abrasifs durant les deux exercices 2012 et 2013, montre une dégradation de leurs propriétés intrinsèques, due essentiellement à la friction avec la chaussée, sous l'effet combiné du passage des roues des véhicules, de l'action de l'eau, de la neige, du vent et d'autres facteurs.

Cependant, la granularité des abrasifs lavés permet de les classer dans le fuseau AB-10 tel que décrit dans le tableau 1 de la norme NQ 2560-114-VI/2002 et sont de ce fait, adaptés pour être possiblement réutilisés comme abrasifs composés de granulats concassés, pour un autre épisode hivernal.

De plus, les résultats des essais effectués permettent de classer les abrasifs dans la catégorie 3 des «Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique, d'asphalte et de pierre de taille ». Cette classification ouvre la voie à un certain nombre de possibilités de réutilisation d'autant plus que leur potentiel de lixiviation est faible.

Pratiquement et selon le tableau A1 de la norme citée précédemment, les abrasifs de la campagne de 2013, échantillonnés après lavage, pourraient convenir à la confection d'enrobés à chaud et à froid pour les couches de base, les couches de correction, les couches de surface pour tous types de chaussées, en surfacage, en constructions neuves ou en reconstruction.

Enfin, cette étude s'est intéressée, quoique d'une façon préliminaire, au volet économique. L'évaluation a permis de considérer l'option de la valorisation comme étant beaucoup plus avantageuse que l'enfouissement.

De plus, certains coûts liés à la valorisation, tels que les essais de caractérisation peuvent être réduits. En effet, la caractérisation systématique au vu des campagnes qui ont été menées depuis de nombreuses années par le Ministère des Transports du Québec, révèlent des taux et des modes de contamination similaires. Il ne paraît donc pas pertinent de recourir à des caractérisations systématiques, d'autant plus que les coûts associés à ces opérations sont importants.

À la lumière des résultats obtenus dans le cadre de cette étude, il apparaît que la récupération des abrasifs en vue de les valoriser est un projet réaliste et réalisable.

Cette étude recommande à la Direction de l'Outaouais du Ministère des Transports du Québec, d'engager une réflexion sur les impacts environnementaux liés à l'enfouissement des résidus de balayage et les coûts qui leur sont directement ou indirectement associés, en vue d'aboutir à une évaluation économique et environnementale intégrant les paramètres pertinents.

Elle recommande également de lancer un appel d'offre pour le lavage et le tamisage des résidus par hydrocyclonnage dans la région de l'Outaouais.

Enfin, l'étude recommande de procéder, avec le concours d'un laboratoire, à des essais d'enrobés, en intégrant les granulats d'abrasifs et en les substituant à la fraction 0/5 mm dans la formulation.

1 Mise en contexte, problématique et justification

L'épandage en hiver des matériaux abrasifs (pierre concassée ou pierre de riz de granulométrie (AB-10) pour le déglçage routier, est largement répandu dans les pays d'Amérique du Nord et d'Europe. Au Québec, leur utilisation est quasi systématique. Au printemps, quand la fonte des neiges est terminée, les matériaux abrasifs sont balayés mécaniquement et transportés dans des sites d'entreposage et d'enfouissement. Leur récupération, pour une réutilisation quelconque, est très limitée. Quelques projets pilotes seulement, s'inscrivant dans cette perspective, ont été initiés par certaines villes du Canada à l'image de Sherbrooke (Létourneau, 2012) et d'Edmonton (FCM, 2007).

Les matériaux recueillis, après balayage mécanique des routes, ont une composition hétérogène et leurs propriétés qu'elles soient granulaires, mécaniques ou chimiques, sont présentement peu connues. Ceci limite la possibilité de leur réutilisation sans une caractérisation et une application, voire une décontamination qui les qualifieraient comme tel.

En effet, les matériaux abrasifs entraînent une sédimentation dans les cours d'eau au voisinage des chaussées, des obstructions de ponceaux et de conduites d'égouts et la contamination de l'environnement par des agents chimiques, des hydrocarbures, des métaux lourds et des composés organiques qu'ils peuvent transporter. L'entretien printanier des routes par le balayage permet d'atténuer ces impacts, toutefois, leur stockage dans des lieux d'enfouissement autorisés est lourd de conséquences sur les plans environnemental et économique. Rien qu'à la ville de Granby, le stock annuel des abrasifs épandus s'élève à 4,000 t (Létourneau, 2012).

La vérification du potentiel de leur réutilisation s'impose.

Un programme d'échantillonnage représentatif et d'analyse mécanique et chimique est nécessaire pour pouvoir déterminer les propriétés de ces matériaux abrasifs récupérés et évaluer leur potentiel pour une réutilisation subséquente.

Cette orientation cadre avec l'optique de développement durable dans lequel le Québec s'est inscrit. En effet, les enjeux en matière de développement durable, nous

amènent à nous interroger sur cette méthode de gestion des abrasifs et de tenter, par l'élaboration de ce présent projet, de les faire évoluer progressivement dans le sens stratégique du développement durable. Ce projet vise donc à élaborer les modalités de la mise en œuvre pratique d'un cadre de gestion, de récupération, de décontamination et de réutilisation des abrasifs.

2 Objectifs

L'objectif du présent travail de recherche est d'évaluer l'aptitude pratique de la réutilisation des matériaux abrasifs contaminés en considérant le rapport coût-efficacité. Les principaux axes à satisfaire, pour atteindre cet objectif, sont les suivants :

- Caractérisation des abrasifs récupérés par balayage mécanique aux printemps 2012 et 2013 par la réalisation d'un échantillonnage représentatif ainsi que des essais physico-chimiques en laboratoire sur différentes fractions granulométriques en vue d'établir une relation contamination-granulométrie.
- Élaboration d'une méthode de décontamination de ces matériaux (telle que l'hydrocyclonage qui départage les fines du reste, et qui permettrait de retirer en milieu aqueux les ions Cl^- , Na^+ et Ca^{++}) afin d'optimiser leur performance en vue d'une réutilisation. Une série d'analyses en laboratoire sera entreprise avant et après le procédé. Par ailleurs, la méthode fera l'objet d'une évaluation environnementale et d'une appréciation de sa faisabilité.
- Élaboration d'une application pour la réutilisation des matériaux décontaminés. L'opportunité de l'application sera évaluée sur le plan de la faisabilité et de la rentabilité comparativement aux pratiques actuelles des gestionnaires au Québec. Le suivi de l'épandage et de la récupération des matériaux abrasifs sur des sections réelles sera nécessaire pour réaliser l'étude de rentabilité.
- Élaboration d'un guide succinct de décontamination et de réutilisation des abrasifs récupérés au printemps.

3 Revue de littérature

3.1 Expérience québécoise

Le Québec a entrepris d'instaurer une nouvelle orientation dans ses pratiques courantes envers le respect de l'environnement et du développement durable, et cela en adoptant en avril 2006 la loi sur le développement durable (L.R.Q., c. D-8.1.1). Le Gouvernement du Québec a convié, par cette action, l'ensemble de ses ministères, organismes, leurs partenaires ainsi que la société québécoise à y participer. L'objectif visé par là, était de concourir à mieux intégrer la recherche d'un développement durable dans les politiques, les programmes et les actions de l'administration publique québécoise. Il visait également à assurer, notamment par la prise en compte des principes de développement durable définis dans cette stratégie, la cohérence des engagements poursuivis par les organisations en vue d'atteindre les objectifs retenus.

Pour concrétiser cette résolution gouvernementale, le MTQ a mis en œuvre sa Stratégie de développement durable 2009-2013 (MTQ, 2009). C'est ainsi qu'une Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie a été adoptée puis mise en œuvre, par le MTQ et ses autres partenaires (le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, l'Union des municipalités du Québec et la Fédération Québécoise des Municipalités).

À travers le Plan ministériel de gestion environnementale des sels de voirie édition 2011-2014, le MTQ réaffirme sa volonté d'améliorer en continu ses pratiques de gestion en respectant les principes du développement durable, notamment la diminution des impacts sur l'environnement des sels de voirie et des abrasifs.

La stratégie du plan du MTQ est axée sur un entretien responsable du réseau routier sous sa responsabilité. L'objectif de la nouvelle gestion des sels de voirie est de diminuer les impacts sur l'environnement liés à l'utilisation des sels pour le déglacage des chaussées, sans pour cela compromettre la sécurité des usagers.

À cet effet, le MTQ a élaboré le Plan ministériel de gestion environnementale des sels de voirie 2011-2014 qui définit les lignes directrices pour encadrer les activités

relatives à l'aménagement et à l'exploitation des centres d'entreposage et de manutention de sels et d'abrasifs afin d'assurer une protection adéquate de l'environnement. Ce plan visait une réduction importante de la quantité des sels de voirie et d'abrasifs utilisés pour le déglacage des routes québécoises. La généralisation du mode de gestion élaboré par le MTQ sera d'un apport important sur le plan environnemental. Le MTQ gère un important réseau routier qui nécessite une importante quantité d'abrasifs pendant l'hiver. Leur présence pendant l'été peut être un danger pour la sécurité des usagers. Leur balayage au printemps est indispensable, mais les quantités récupérées sont généralement éliminées dans les sites sanitaires générant ainsi :

- un problème écologique par l'utilisation d'espaces,
- un problème économique à la collectivité par les coûts d'entreposage,
- un problème d'utilisation irréfléchie de ressources non renouvelables,

Ces problèmes compromettent l'avenir des générations futures, et ne contribuent pas au respect des engagements du MTQ vis-à-vis du développement durable. Cependant, le MTQ a pour ambition d'avancer dans son entreprise par la recherche d'un moyen efficace permettant la valorisation et la réutilisation des produits abrasifs récupérés lors du balayage routier du printemps, au vu de la quantité importante épanchée en hiver puis récupérée au printemps.

- **Réseau routier québécois**

La description du réseau routier québécois permet d'entrevoir les quantités importantes d'abrasifs utilisés pour le déglacage des routes.

Le réseau routier québécois compte plus de 285 000 km de routes. 30 600 km relèvent de la responsabilité du MTQ, 103 000 km sont pris en charge par les municipalités du Québec.

	Réseau (km)	Ratio (%)
Municipalités	103 000	36
MTQ	30 600	11
Total (incluant d'autres réseaux)	285 000	100

Tableau 3.1: Répartition du réseau routier québécois
Source: Rapport annuel de gestion 2012-2013, MTQ, 2013

Réseau	Caractéristique	Longueur (km)
Autoroutier	L'ensemble des infrastructures autoroutières.	5791
National	Les routes interrégionales et celles reliant entre elles les grandes agglomérations. (> 25 000 hab.)	9083
Régional	Lien entre les agglomérations secondaires (de 5 000 à 25 000 hab.) et les grandes agglomérations.	5521
Collecteur	Relie les petites agglomérations (< 5 000 hab.) aux agglomérations plus importantes.	7853
Accès aux ressources	Mène à des zones d'exploitation forestière ou minière, à des chantiers d'exploitation hydroélectrique ou à des zones de récréation et de conservation relevant de l'État.	2365
Total		30613

Tableau 3.2 Classement du réseau routier du MTQ

Source : Rapport annuel de gestion 2012-2013, MTQ, 2013

- **Niveaux de service**

La notion de niveau de service détermine la quantité de sels de voirie et d'abrasifs utilisés pour le déglacage des chaussées. Plus le niveau requis est exigeant, plus grande est la quantité utilisée.

En période hivernale, le ministère des Transports du Québec détermine les niveaux de service requis pour chaque classe de route sous sa responsabilité (voir tableau 3.3), en fonction de deux principaux critères : la classification fonctionnelle du réseau et le débit de circulation journalier moyen en période hivernale (DJMH).

Classification fonctionnelle	DJMH V/J	Niveau de service	Service requis pour le niveau
Autoroute	-	Chaussée dégagée	chaussée dont les voies de roulement, y compris les accotements, doivent être exemptes de neige et de glace sur toute la largeur
Route nationale	>2500	Chaussée dégagée	chaussée dont les voies de roulement, y compris les accotements, doivent être exemptes de neige et de glace sur toute la largeur
	≤ 2500	Chaussée partiellement dégagée	chaussée dont les voies de roulement doivent être exemptes de neige et de glace sur 3m de largeur dans les sections droites et sur 5m de largeur aux points critiques
Route régionale	>2500	Chaussée dégagée	chaussée dont les voies de roulement, y compris les accotements, doivent être exemptes de neige et de glace sur toute la largeur
	≤ 2500	Chaussée partiellement dégagée	chaussée dont les voies de roulement doivent être exemptes de neige et de glace sur 3m de largeur dans les sections droites et sur 5m de largeur aux points critiques
Route collectrice et accès aux ressources	>2500	Chaussée dégagée	chaussée dont les voies de roulement, y compris les accotements, doivent être exemptes de neige et de glace sur toute la largeur
	de 500 à 2500	Chaussée partiellement dégagée	chaussée dont les voies de roulement doivent être exemptes de neige et de glace sur 3m de largeur dans les sections droites et sur 5m de largeur aux points critiques
	< 500	Chaussée sur fond de neige durcie	Chaussée dont les voies de roulement et les accotements sont sur fond de neige durcie d'une épaisseur maximale de 3 cm

Tableau 3.3 Détermination du niveau de service,

Source: Base de données sur la neige et le verglas – Édition 2010

Le Québec utilise des centaines de milliers de tonnes d'abrasifs chaque année en entretien hivernal. Le taux d'application peut varier entre 350 kg/km et 700 kg/km selon les conditions (DLC, 1997). La calibration des appareils d'épandage varie entre 0 et 700 kg/km. En 2008-2009, pas moins de 873 695 tonnes d'abrasifs ont été utilisées pour assurer la viabilité hivernale du réseau du MTQ (MTQ, 2010). En 2012-2013, 994 302 tonnes de sable et de petites pierres ont été utilisées (MTQ, 2014).

En 1995, le MTQ a chargé une équipe de travail de vérifier le degré de contamination des résidus de balayage et de proposer un mode de gestion conforme aux lois et règlements du MEF, actuel MDDEFP. Une campagne d'échantillonnage s'étalant sur deux ans et touchant plusieurs axes autoroutiers des régions de Québec, Montréal, Hull, et de Cap-de-la Madeleine a été entreprise.

Les résultats obtenus ont montré que la concentration en huiles et graisses minérales se situait dans la plage de contamination B-C, celle des métaux lourds également, particulièrement le cuivre. Cette étude a également montré que les résidus les plus pollués sont ceux issus du réseau de la région de Montréal. Il a été recommandé un enfouissement sécuritaire pour les résidus de la région de Montréal et un enfouissement dans des lieux d'enfouissement sanitaires autorisés pour les autres abrasifs (MTQ, 1995).

Les résultats obtenus pour les lixiviats ont par contre montré que la concentration en métaux lourds et en huiles et graisses était loin d'atteindre les normes des déchets dangereux ; les matériaux ne démontrent pas de potentiel de lixiviation (MTQ, 1995).

Actuellement, la gestion préconisée par le MTQ est de valoriser les abrasifs conformément aux orientations de la politique québécoise de gestion des matières résiduelles (MTQ, 2012). Cette politique adopte la stratégie de la réduction à la source, du réemploi, du recyclage, de la valorisation et de l'élimination en dernier recours (L.R.Q, 2011).

3.1.1 Actions entreprises par les municipalités au Québec

Des projets pilotes ont été réalisés au Québec pour promouvoir la réduction de l'utilisation des sels de voirie et des abrasifs

- **Ville de Saguenay**

Le concept de Quartier Blanc que la ville de Saguenay a entrepris de réaliser dès 2008, consiste à épandre une quantité moindre de sels de voirie et d'abrasifs dans deux quartiers où les citoyens ont été favorables moyennant une signalisation adéquate. Cette opération a permis de réduire le taux d'épandage des abrasifs de 450 à 250 kg/km. Parmi les bénéfices enregistrés par la ville de Saguenay, figurent :

- Moins d'achats et de transport d'abrasifs;
- Moins de ramassage dans les rues au printemps;
- Moins de transport vers les sites d'élimination;
- Moins de sable dans les puisards et le réseau d'égout.

- **Ville de Sherbrooke**

La Ville de Sherbrooke, sous l'égide du MDDEFP a entrepris, depuis 2008, un projet pilote d'évaluation du potentiel de valorisation des abrasifs récupérés durant le balayage de printemps des rues de la ville afin de les réutiliser encore comme matériaux de déglacage (Ville de Sherbrooke, 2011). Dans le cadre de ce projet pilote, les abrasifs et le sable récupérés durant le balayage de printemps ont été caractérisés. Ce projet révèle que les abrasifs récupérés présentaient un taux de concentration en métaux et en hydrocarbures pétroliers en deçà du critère générique B de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Il conclue aussi, que le potentiel de lixiviation et les concentrations mesurées étaient inférieurs aux valeurs limites fixées par le règlement sur les matières dangereuses.

De ce fait, selon le rapport de la Ville de Sherbrooke, la récupération de 6 025,95 tonnes métriques de matériaux brutes, provenant des résidus de balayage de rue et des résidus de puisard, a été entreprise durant l'année 2010. Après tamisage et lavage, 4 396,18 tonnes métriques de résidus ont été récupérés et valorisés, soit 73 %. La partie grossière récupérée, a été réutilisée comme matériaux de recouvrement journalier au site de Bury. Les parties fines ont été rejetées dans les bassins de sédimentations de la Sablière Champagne (Ville de Sherbrooke, 2011).

Selon la Ville de Sherbrooke, et à la lumière des résultats de ce projet pilote, la caractérisation environnementale des résidus de balayage de rue et de puisard a révélé que depuis 2008, aucun effet cumulatif n'a été observé pour les résidus valorisés. Les concentrations en polluant se trouvent toujours dans la plage A-B des critères génériques. Leur lixiviation respecte les limites du règlement sur les matières dangereuses. Toutefois, ce projet met en évidence la qualité médiocre du produit final récupéré. La partie fine (sable) semble causer des problèmes au moment de l'épandage des abrasifs. La ville comptait en réduire cette fraction du matériau durant le cycle de nettoyage (Ville de Sherbrooke, 2011).

- **Ville de Québec**

La Ville de Québec a entrepris un plan de réutilisation des résidus de balais (Ville de Québec, 2009). La municipalité de la ville de Québec considérait les matériaux récupérés durant le printemps comme des matières résiduelles. Ces matières étaient disposées dans des sites d'enfouissement autorisés. En 2008, la Ville a déposé 12 090 tonnes de résidus dans deux sites d'enfouissement. Le coût total de l'opération fut de 313 000 \$ (26 \$ par tonne). Les Services de l'environnement et des travaux publics, ont évoqué la possibilité de récupérer les résidus qui sont composés à plus de 80 % de matières abrasives (sable et petit gravier), de les tamiser et de les réutiliser.

La Ville a ainsi effectué des analyses physico-chimiques qui ont confirmé le potentiel réutilisable des résidus pour des fins de remblayage des coupes de rues et leur sous-fondation. Des démarches sont en cours pour poursuivre la réflexion et mettre en œuvre un tel projet. Selon la Ville de Québec, la réalisation d'un tel projet permettrait à la fois des économies budgétaires et une réduction des gaz à effet de serre générés par les transports aux sites d'enfouissement (Ville de Québec, 2009).

- **Ville de Granby**

La Ville de Granby a entrepris en 2011 de caractériser les résidus de balayage. Les résultats ont montré une contamination aux métaux inférieure au critère A. La contamination aux hydrocarbures se situait dans la plage A-B (Entretien avec M. Flibotte, Directeur par intérim des Travaux publics de Granby).

La ville de Granby a inscrit dans son programme d'entretien hivernal, des quartiers blancs où ne seront utilisés que les abrasifs pour déglacer les rues. Le matériau utilisé est exclusivement de la pierre nette de calibre 4-6 mm. Une campagne de caractérisation des résidus de 2012 est présentement menée avec la collaboration de l'ETS dans le but d'évaluer le potentiel de leur réutilisation.

3.2 Pratiques internationales

Cette revue de littérature présente une synthèse de la recherche documentaire effectuée pour cerner la problématique des abrasifs. Pour ceci, Compendex, un outil de gestion de références bibliographiques d'articles tirés de plus de 5 000 revues et conférences en sciences et ingénierie a été utilisé, de même que des mémoires et thèses traitant des chaussées et de la viabilité hivernale, et les nombreuses communications dans les divers congrès de L'Association mondiale de la Route (AIPCR).

De nombreuses études traitent du salage ou de l'utilisation des fondants lors d'un traitement hivernal. Les plus récentes examinent des possibilités de substitution au chlorure de sodium NaCl, au chlorure de calcium CaCl₂ et au chlorure de magnésium MgCl₂, des sels polluants et toxiques (Stantec, 2001). Dans la perspective d'atténuer leurs effets négatifs et de contrôler l'épandage, certains procédés ont été testés tels que le traitement du sel avec de l'eau chaude ou avec une solution sucrée (glucose, fructose) (AIPCR, 2010).

Toutefois, peu de ressources sont disponibles concernant la gestion des abrasifs routiers. La problématique, récente, est apparue après que les administrations routières se sont retrouvées à gérer des quantités énormes d'abrasifs qu'elles ne peuvent réutiliser en l'État, car contaminés.

En Amérique du Nord, dans 25 états et provinces du Canada et des États-Unis, l'utilisation de matériaux abrasifs pour le déglacage des chaussées en hiver se fait régulièrement et systématiquement dans plus de 74% des administrations de transport.

De nombreuses administrations chargées de l'entretien hivernal des chaussées utilisent les sables pour augmenter la friction et ainsi améliorer la sécurité routière. Il s'avère toutefois, que ces augmentations de friction ne se produisent que dans certaines situations. Quelque 30% de la quantité de sable sec épandue est immédiatement dispersée par les véhicules. L'ajout de 38 litres de chlorure de sodium ou de saumure de chlorure de calcium par tonne de sable épandu, afin de le pré-humidifier, est nécessaire avant utilisation (Terney, 2001),(WTC, 2005). Par ailleurs, des études montrent que sur une autoroute, où la vitesse est importante, le passage de 8 à 12 véhicules seulement peut balayer complètement le sable (Nixon, 2001b).

Malgré cet état de fait, les matériaux abrasifs demeurent couramment utilisés dans l'entretien hivernal, faute de mieux. La fonction primaire d'un matériau abrasif est donc de fournir un frottement temporaire sur une surface où la couche de glace est trop épaisse et donc où les produits chimiques ne sont pas efficaces, car ils ne peuvent y pénétrer (NCHRP, 2004).

En raison des impacts induits par les matériaux abrasifs sur les plans sécuritaire, environnemental et le coût de leur gestion, leur utilisation a été encadrée. Le WisDOT State Highway Maintenance Manual, chapitre 35 définit des recommandations quant à l'utilisation des abrasifs en entretien hivernal. Il indique que leur utilisation peut se faire dans des conditions de tempêtes empêchant l'épandage du sel, ou quand la température de la chaussée est inférieure à - 12°C.

Le WisDOT State Highway Maintenance Manual indique également, que l'utilisation des abrasifs est recommandée dans des zones où des risques d'ordre sécuritaire existent tel que les courbes, les intersections etc. Il existe toutefois une restriction d'utilisation quand la vitesse est supérieure à 75 Km/h.

Le Centre pour la Protection des bassins versants recommande le balayage du printemps comme un moyen de prévention de la pollution générée par le sable et la dégradation des gravillons (CWP, 2009) .

Dans certains cas, l'abrasion de ces matériaux par trafic est à l'origine de la production de poussières de taille inférieure à 10 µm, génératrices de problèmes de santé publique surtout lorsque les abrasifs sont élaborés à partir de granulats siliceux

tel que l'indique le Ministère de l'Équipement en France (www.viabilité-hivernale.equipement.gouv.fr).

Aussi, des études menées à l'École polytechnique fédérale de Lausanne montrent que les abrasifs fixent une partie des métaux lourds et c'est à ce titre que la réglementation Suisse oblige maintenant les administrations à effectuer des opérations de ramassage et de traitement avant mise en décharge (Gruaz, 2004).

Une autre étude réalisée par Gertler conclut également que l'utilisation d'abrasifs en épandage hivernal peut contribuer à élever le niveau de PM10, particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 µm (Gertler A et al, 2006).

Le Minnesota Pollution Control Agency recommande d'effectuer le balayage des rues deux fois par an pour réduire la pollution qui en résulte (Mokwa, 2011).

L'impact des abrasifs sur l'environnement est clairement un souci majeur. La littérature précitée rapporte que les sables épandus sont pollués par les huiles, les graisses et autres dérivés d'hydrocarbures s'échappant des automobiles. Ils sont ensuite drainés pendant les orages, vers les cours d'eau. Cela engendre une pollution de l'eau et une atteinte à la faune et la flore. Les matériaux abrasifs contaminés doivent a priori être considérés comme des matières dangereuses (EPA, 2005) et donc se conformer à la législation qui s'applique.

Aux États-Unis, la ville de Bloomington dans le Minnesota, a introduit un système de broyage de l'abrasif récupéré lors du balayage du printemps pour sa réutilisation dans un mortier de ciment (Mokwa, 2011).

Plusieurs villes telles que celle de Auburn au Maine qui effectuent le balayage de printemps pour des raisons de santé publique, rapportent qu'elles se trouvent confrontées à deux problèmes majeurs en rapport avec cette opération. Le premier est l'espace qu'occupent les matériaux abrasifs récupérés, pour leur stockage. Le second, est le coût élevé de les mettre dans les zones d'entreposage (6 à 11 US\$ la tonne) par manque de place de stockage (Mokwa, 2011).

D'où le souci de recycler les matériaux récupérés.

Au Canada, la ville d'Edmonton semble s'imposer comme la pionnière en matière de gestion des abrasifs. Elle en utilise 165,000 tonnes par an. Au printemps, quelque

70% sont récupérés (City of Edmonton, 2005). Quoiqu'un taux plus élevé soit souhaitable, c'est tout de même un taux de récupération intéressant. Le programme de recyclage mis en place à Edmonton comporte quatre phases : l'élimination des déchets (une partie est effectivement éliminée), le lavage des matériaux, le traitement des fines et le séchage des matériaux décontaminés.

4 Méthodologie et plan de travail

À la lumière de la revue documentaire et de l'objectif de cette recherche, l'approche méthodologique adoptée pour réaliser ce mandat est conforme au plan de travail établi dans notre rapport d'étape No 1. Elle consiste à effectuer un échantillonnage des résidus de balayage des printemps 2012 et 2013 et à élaborer un protocole d'essai respectant les engagements pris avec la Direction de l'Outaouais pour une caractérisation physique et chimique des matériaux.

La campagne de 2012 consiste à caractériser les abrasifs issus du balayage de 2012 en vue de déterminer le type et le niveau de leur contamination, ainsi que leurs caractéristiques intrinsèques. Ceci permettra d'évaluer le comportement des abrasifs soumis à un cycle hivernal.

La campagne de 2013 consiste à valoriser les abrasifs issus du balayage de 2013, en procédant à une caractérisation, à une décontamination et à une valorisation en les utilisant dans des enrobés. Il s'agit également de valider le type et le niveau de la contamination des abrasifs après une exposition à un cycle hivernal.

La réalisation des essais et l'interprétation des résultats fourniront une discussion permettant de tirer des conclusions relatives à l'état des échantillons, leur comportement mécanique, le type et le degré de leur contamination ainsi que l'évaluation économique de leur valorisation.

5 Caractérisation des abrasifs issus de la campagne de balayage du printemps 2012

5.1 Échantillonnage des résidus

5.1.1 Provenance, ramassage et entreposage des échantillons

Cette étape décrit la méthode d'échantillonnage adoptée, les étapes suivies pour la campagne d'échantillonnage, le nombre d'échantillons ainsi que les outils et moyens utilisés.

Les échantillons ont été prélevés sur le tas entreposé au niveau du centre d'entreposage provisoire de Gatineau. L'entrepreneur chargé par la Direction de l'Outaouais de procéder au balayage des chaussées et de récupérer les abrasifs au printemps a également le mandat de les transporter vers un centre d'enfouissement. Cette opération nécessite la fourniture d'analyses chimiques par l'entrepreneur. L'annexe IV présente les résultats de caractérisation chimique des résidus de balayage fournis par l'entrepreneur, ces dernières années. Ces analyses, qui sont exigées par les centres d'enfouissement, ont été régulièrement transmises au MTQ par l'entrepreneur, et ce, bien qu'aucune clause dans le contrat le liant au MTQ, ne l'ait contraint à le faire. Il faut toutefois relever que faute d'indications claires, l'identité de la personne ayant fait les prélèvements, n'est pas connue, de même, si une campagne d'échantillonnage a été réalisée auparavant pour effectuer les essais.

Pour la campagne de ramassage de 2012, l'entrepreneur a entreposé provisoirement les résidus à deux endroits bien distincts. Ils sont désignés par les tas "A" et "B".

- **Entreposage du Tas « A »**

La figure 5.1 montre le tas "A" abritant les résidus provenant des sections de l'Autoroute 5 et l'Autoroute 50 ayant un débit journalier moyen annuel (DJMA) élevé. Les résidus sont entreposés dans un endroit couvert. Les dimensions de ce tas ont été relevées au ruban et sont approximativement de 5.8 m (l), 9.7 m (L) et 2.45 m (hauteur moyenne). Cela représente un volume approximatif de 137 m³. Ce chiffre

sera utilisé pour déterminer le nombre d'échantillons nécessaires pour une caractérisation.



Figure 5.1 Entreposage du tas « A »

L'annexe V montre la carte routière des sections de chaussées décrites dans ce chapitre.

- **Entreposage du Tas « B »**

La figure 5.2 montre le tas B, partie où sont stockés les résidus provenant des sections de l'Autoroute 5 et de l'autoroute 50, des routes 307 et 105 et du pont Alonzo, dont le DJMA est moins élevé. Les dimensions de ce tas sont 11.3 m (l), 5 m (L) et 1.70 m (hauteur moyenne), ce qui représente un volume approximatif de 96 m³.



Figure 5.2 Entreposage du tas « B »

La figure 5.3 montre les abrasifs neufs non encore utilisés (tas C). Ils sont entreposés au niveau du parc de la Direction de l'Outaouais. Les épandeurs viennent s'approvisionner de ce site là pour épandre les abrasifs en hiver.

Toutefois, ce n'est pas toujours le cas car les entrepreneurs fournissent leurs propres abrasifs ; les résidus ramassés sur les sections 307 et 105 et qui sont entreposés dans le tas B font partie de cette catégorie dont l'origine n'est pas connue.



Figure 5.3 Entreposage Abrasifs neufs - tas « C »

Pour les besoins de l'étude, trois types d'échantillons ont été pris en considération : le matériau initial, le résidu prélevé dans le tas A et le résidu prélevé dans le tas B. Pour garantir une représentativité adéquate du tas à caractériser, neuf (9) échantillons ont été prélevés : cinq échantillons du tas A, trois du tas B et un du tas C. Tous les échantillons sont composés de cinq sous échantillons chacun. Les échantillons ont été acheminés vers le Laboratoire de matériaux de l'École de technologie supérieure (ÉTS). La méthode utilisée pour recueillir les échantillons ainsi que le protocole d'échantillonnage est présenté à ci-dessous.

5.1.2 Protocole d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage a été établi suivant les directives du guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, principalement les

cahiers 1, 5 et 8, édités par le Centre d'expertise en analyses environnementales du Québec (CEAEQ, 2008).

La densité des échantillons prélevés a été déterminée en considérant des sections de 30 m³. Les sections ne présentaient pas d'indice d'hétérogénéité de contamination, à l'œil nu. Chaque section a été échantillonnée à l'aide d'un composé de cinq sous-échantillons combinés en proportions égales.

Une approche aléatoire, de type systématique, a été adoptée pour prélever les échantillons. Un premier point d'enlèvement a été choisi aléatoirement. Une grille a, par la suite, été dessinée en surface des tas A et B de sorte à établir un maillage de type carré. La cueillette des échantillons a été effectuée au centre de ces mailles. Un trou d'un mètre de diamètre a été creusé et les parois ont été stabilisées auparavant pour éviter que les sols de surface ne retombent dans le fond. Les échantillons ont, par la suite, été prélevés sur les parois. Pour les besoins de toutes les analyses envisagées, une quantité de 40 kg par échantillon a été prélevée.

Neuf échantillons ont été prélevés, soit cinq échantillons du tas A, trois du tas B et un du tas C. Cela représente 360 kg de résidus prélevés et acheminés vers le laboratoire de l'École de technologie supérieure. Le tableau 5.1 décrit le programme d'échantillonnage.

N° de l'échantillon	Origine	Date de prélèvement
A 01	Aut 5 Aut 50	13.06.2012
A 02	Aut 5 Aut 50	13.06.2012
A 03	Aut 5 Aut 50	13.06.2012
A 04	Aut 5 Aut 50	13.06.2012
A 05	Aut 5 Aut 50	13.06.2012
B 01	Aut 5 et 50, 307,105	13.06.2012
B 02	Aut 5 et 50, 307,105	13.06.2012
B 03	Aut 5 et 50, 307,105	13.06.2012
C 01	Dépôt du C.S. de Gatineau	13.06.2012

Tableau 5.1 Programme d'échantillonnage

5.1.2.1 Identification des échantillons

Afin d'assurer l'intégrité des échantillons, une partie des matériaux prélevés a été déposée dans des contenants en plastique neufs, fermés hermétiquement et clairement identifiés. Ils ont été expédiés au laboratoire de l'ETS. Une autre partie a été déposée dans des contenants en verre et expédiés directement vers le laboratoire Maxxam pour une caractérisation chimique.

Le choix d'un laboratoire indépendant s'est porté sur Maxxam, lequel a caractérisé les résidus de balayage de la région de Gatineau les années précédentes.

Instruments d'échantillonnage : les instruments utilisés pour les besoins d'échantillonnage sont une pelle, une truelle en PVC, des contenants en plastique neufs, des contenants en verre de 500 ml, des étiquettes, des formulaires, une glacière, des contenants réfrigérants, des chiffons, une brosse et un ruban à mesurer.

5.1.2.2 Préparation et fractionnement des échantillons

Cette étape décrit la réduction et le fractionnement des échantillons en sous-classes granulométriques pour étudier le comportement et la contamination de chaque fraction granulométrique.

L'objectif recherché à travers le fractionnement est de procéder à une évaluation exhaustive de la concentration en métaux de toutes les composantes granulométriques du matériau abrasif.

Les échantillons ont d'abord été réduits en laboratoire selon la méthode d'essai LC 21-015 de manière à ce que la plus petite fraction obtenue soit représentative de l'échantillon prélevé. La méthode adoptée est le quartage (voir photos en annexe XII). Pour les besoins de tous les essais physiques et chimiques, une quantité réduite de 10 kg par échantillon a été nécessaire.

Un fractionnement en classes granulométriques a été effectué en utilisant un tamiseur mécanique. Une fois les échantillons tamisés, ils ont été réduits selon la méthode d'essai LC 21-015 en utilisant un séparateur mécanique, puis conditionnés, dans des

contenants en plastique, dans un réfrigérateur à 4°C. Ces derniers serviront aux essais sur les métaux.

Pour les besoins d'analyse granulométrique et de fractionnement par tamisage, neuf tamis de maille carré de 80 µm à 10 mm ont été utilisés.

Les essais de lixiviation ont nécessité une quantité de 100 g/échantillon.

5.2 Caractérisation chimique des matériaux

Outre la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, trois documents édités par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEFP), ont orienté cette étude pour le choix des paramètres physiques, mécaniques et chimiques à considérer afin d'aboutir à une application possible des abrasifs récupérés. Il s'agit du « Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction » (MDDEFP, 2002), des « Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus de travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille » (MDDEFP, 2012) et des « Lignes directrices sur la gestion des matières résiduelles et des sols contaminés traités par stabilisation et solidification » (MDDEFP, 2009).

5.2.1 Critères génériques

La « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » a établi les critères génériques qui serviront à évaluer l'ampleur d'une contamination pour un sol. Ces critères tiennent compte de la teneur de fond naturelle d'un sol. Les critères A représentent les teneurs de fond pour les substances inorganiques et les limites de quantification pour les substances organiques. L'annexe IX présente la grille des critères génériques des métaux et métalloïdes, des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ et des hydrocarbures aromatiques polycycliques pour les sols, de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.

Dans le cadre de cette étude, les paramètres retenus aux fins de la caractérisation chimique sont :

- Les métaux;
- Les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP;
- Essai de lixiviation à l'eau.

Deux types d'analyses seront effectués sur les métaux : les totaux et les lixiviats.

Les analyses totales permettront de déterminer la nature et le niveau de contamination sur les matrices totales des échantillons.

L'essai de lixiviation permet d'apprécier la mobilité des contaminants sous l'action d'un lessivage à l'eau.

Les analyses chimiques (métaux, C₁₀-C₅₀ et HAP) ont été réalisées par le laboratoire Maxxam accrédité par le MDDEFP pour les échantillons totaux.

L'essai de lixiviation a été réalisé au laboratoire STEPPE du département de génie de la construction de l'ETS.

Les analyses sur les métaux des échantillons fractionnés ainsi que sur les lixiviats ont été réalisées au laboratoire STEPPE du département de génie de la construction de l'ETS.

5.2.2 Analyses des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des tas A et B identifiés dans le chapitre 5.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Maxxam. La méthode d'analyse utilisée est MA.416-C₁₀-C₅₀ 1.0.

Les résultats analytiques sont présentés à l'annexe II. Le tableau 5.2 présente une synthèse des résultats.

	HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)										
		A	B	C	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
Concentrations en Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)											
mg/kg	300	700	3500	1300	1400	1200	1200	1500	1000	910	

Tableau 5.2 Concentrations en hydrocarbures C₁₀-C₅₀

La figure 5.4 montre les concentrations mesurées en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans les échantillons analysés. Les résultats se situent dans la plage B-C de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés ».

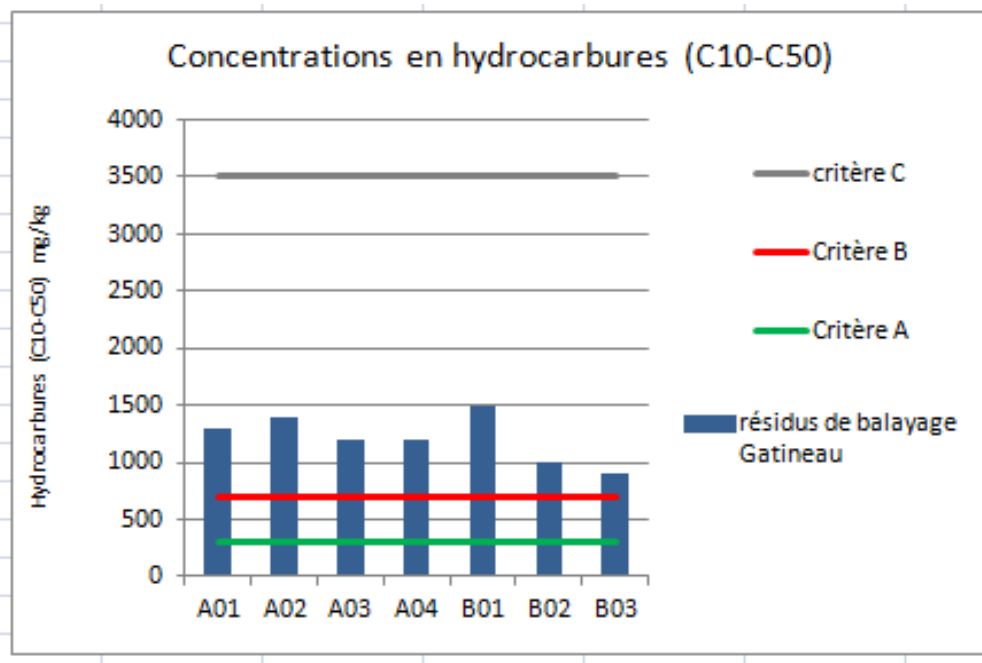


Figure 5.4 Diagramme des concentrations en hydrocarbures (C₁₀-C₅₀) des résidus de balayage

5.2.3 Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des tas A et B identifiés dans le chapitre 5.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Maxxam. La méthode d'analyse utilisée est MA 400 HAP 1.1.

Les résultats analytiques sont présentés à l'annexe II.

Il en résulte des concentrations inférieures au critère A à l'exception de l'échantillon B1 qui présente des concentrations en Benzo-fluoranthène, en fluoranthène, en naphthalène, en phénanthrène et en pyrène se situant dans la plage A-B et de l'échantillon A2 qui présente des concentrations en pyrène se situant dans la plage A-B.

5.2.4 Analyses des métaux et des métalloïdes

Deux analyses parallèles ont été effectuées pour la caractérisation des métaux :

La première a été effectuée par le laboratoire Maxxam sur la fraction totale des échantillons prélevés dans les tas A et B identifiés dans le chapitre 5.1.2 Protocole d'échantillonnage. La détermination de la teneur en métaux a été effectuée par la méthode de spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon selon les exigences de la méthode MA.200-Mét. 1.2 utilisée.

La seconde analyse a été réalisée au laboratoire STEPPE de l'ÉTS sur les échantillons issus du fractionnement par classe granulométrique, opération décrite dans le chapitre 5.1.2.2 Préparation et fractionnement des échantillons. La méthode MA.200-Mét. 1.2 a été utilisée pour déterminer la teneur en métaux. Toutefois, certaines teneurs en métaux n'ont pu être relevées tel que l'arsenic.

Les paramètres d'analyses retenus sont les suivants : Argent (Ag), Arsenic(As), Baryum (Ba), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Étain (Sn), Manganèse (Mn), Molybdène (Mo), Plomb (Pb), Nickel (Ni), Zinc (Zn)

conformément à la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés ».

1) Analyse 1 : Les résultats de la première analyse sont présentés dans l'annexe II. Il en résulte que l'argent, le baryum, le cadmium, le cobalt, le chrome, le manganèse, le molybdène, le nickel et le plomb sont des métaux présents à des teneurs inférieures au seuil du critère A. La teneur en cuivre est dans la plage A-B pour les échantillons A3 et B1. La concentration en zinc se situe dans la plage A-B pour tous les échantillons à l'exception de l'échantillon B3 lequel, présente une teneur inférieure au critère A.

Le tableau 5.3 ci-dessous, est une synthèse des contaminants dont les teneurs sont au dessus du critère A défini dans la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.

Norme MA-100- Lix.2.00		Critères et normes				Échantillons						
Métaux analysés	Unités	A	B	C	RES C ₁	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
		Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2500	36	31	68	37	41
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	7500	150	150	210	120	180	140	85

1 : valeurs limites définies dans l'annexe I du Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés

Tableau 5.3 Récapitulatif des concentrations des échantillons en zinc et en cuivre

La figure 5.5 montre donc le taux de concentrations des échantillons en métaux obtenus à l'issue de l'analyse des échantillons effectuée par le laboratoire Maxxam.

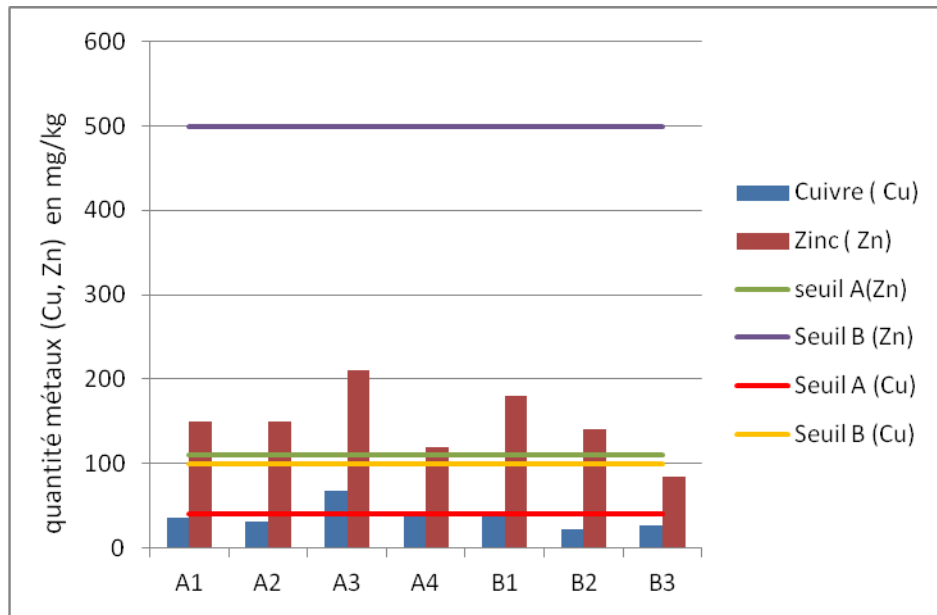


Figure 5.5 Concentrations en métaux (Zn, Cu) des échantillons

2) Analyse 2 :

La réalisation de cet essai a permis de confirmer les teneurs déjà obtenues sur la fraction totale 0/5 mm, à l'issue de l'analyse réalisée par le laboratoire Maxxam. Bien que les résultats ne soient pas identiques, la tendance des teneurs obtenues est homogène. Les résultats de cet essai sont présentés à l'annexe II.

Il en résulte que le zinc et le cuivre sont les métaux dont les teneurs dépassent le critère A et ce pour pratiquement tous les échantillons A et B. Le tableau 5.4 ci-dessous est une compilation des résultats obtenus pour ces deux métaux qui semblent avoir les concentrations en métaux les plus importantes de ces échantillons.

Critères de Zinc (Zn)				
	A	B	C	RESC
mg/kg	110	500	1500	7500

		Echantillon	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1
Concentrations en Zn (mg/kg)	0/5	mm	159,16	155,55	228,61	127,51	150,22	194,48	149,32	99,89	9,31
	5	mm	171,56	131,18	113,59	117,16	42,7	137,81	88,7	54,82	3,14
	2,5	mm	350,78	192,67	200,88	135,61	82,61	239,54	59,65	81,63	4,23
	1,25	mm	229,74	209,08	323,2	166,52	197,89	268,53	232,73	106	5,02
	630	µm	212,67	199,64	305,67	168,97	193,72	261,31	226,07	137,37	9,78
	315	µm	175,6	180,29	280,95	154,1	176,03	228,09	183,28	122,71	11,67
	160	µm	112,42	100,14	161,61	79,54	96,56	122,98	93,04	66,96	8,69
	80	µm	127,53	119,04	167,7	165,97	106,04	151,11	113,95	70,04	11,72
	< 80	µm	211,29	380,01	302,45	99,02	99,39	247,37	218,06	123,8	25,86

Critères de Cuivre (Cu)				
	A	B	C	RESC
mg/kg	40	100	500	2500

		Echantillon	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1
Concentrations en Cu (mg/kg)	0/5	mm	35,93	38,05	62,51	32,85	36,97	44,7	23,83	29,01	5,68
	5	mm	95,58	31,86	54,55	41,17	15,09	58,65	21,91	23,36	8,29
	2,5	mm	63,34	44,04	121,13	65,03	38,22	84,49	14,43	52,08	10,79
	1,25	mm	57	32,39	119,7	45,99	62,71	75,3	43,56	57,03	10,48
	630	µm	55,68	35,35	90,15	56	43,48	63,02	33,16	45,74	11,44
	315	µm	42,13	34,16	89,58	38,15	46,82	61,91	27,63	36,74	12,72
	160	µm	32,24	35,79	105,26	13,34	87,63	40,51	20,44	18,2	8,66
	80	µm	29,94	28,18	51,1	55,22	35,02	43,38	21,62	20,31	19,83
	< 80	µm	58,23	31	120,42	17,89	28,23	66,94	43,54	46,23	47,61

Tableau 5.4 Résultats des teneurs en cuivre et en zinc pour les échantillons des piles A et B.

Les figures 5.6 et 5.7 montrent les teneurs en cuivre des échantillons A, B et C.

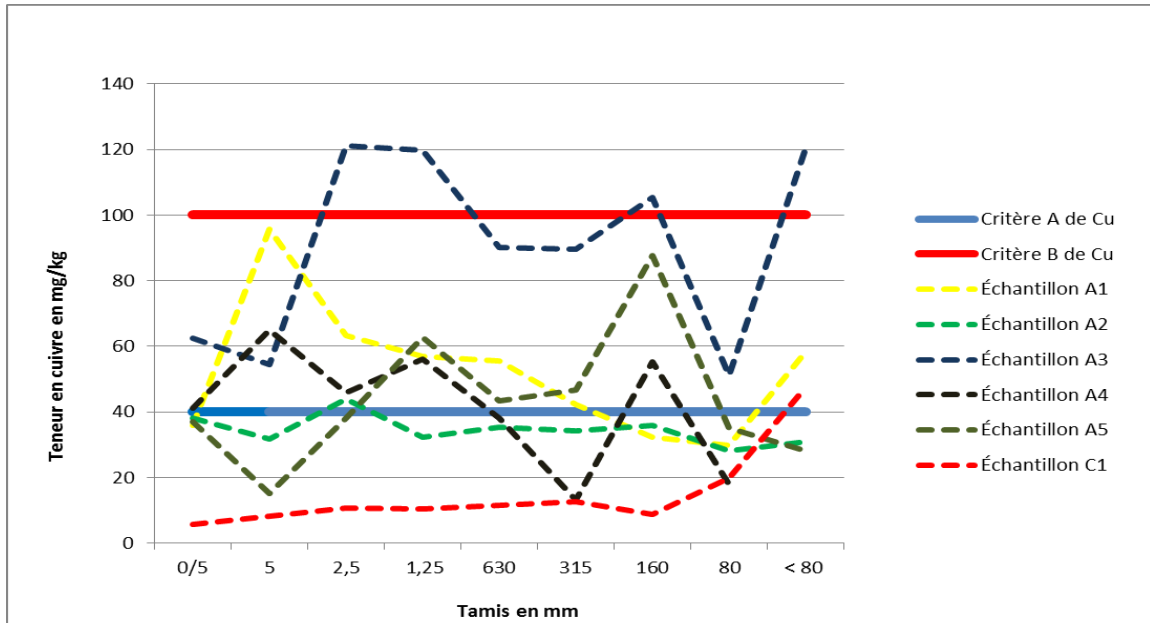


Figure 5.6 Concentrations en cuivre (Cu) de la série d'échantillons A et de l'échantillon C1

Le graphique ci-dessus permet de constater que les échantillons A se situent dans la plage A-B à l'exception de l'échantillon A3 qui est au dessus et se trouve dans la plage B-C.

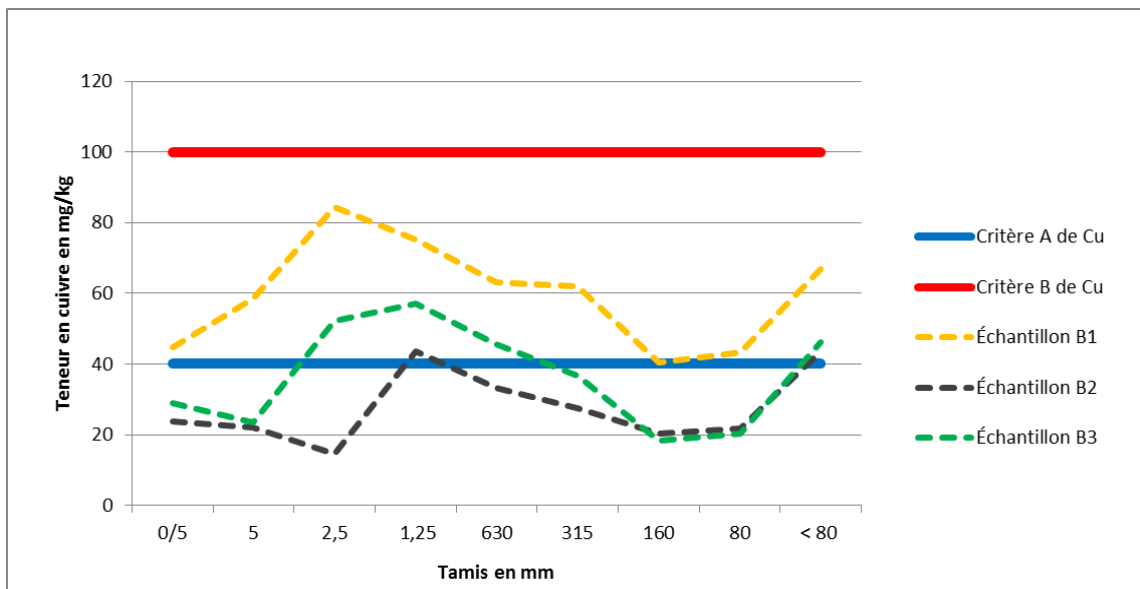


Figure 5.7 Concentrations en cuivre (Cu) de la série d'échantillons B

L'échantillon B est situé dans la plage A-B.

Il ressort cependant une teneur élevée de cuivre dans la fraction comprise entre 630 μm et 2,5 mm et la fraction $< 80 \mu\text{m}$. La même tendance semble s'appliquer pour le zinc.

Les figures 5.8 et 5.9 montrent la concentration en zinc des échantillons A, comparativement à celle de l'échantillon C et celle de l'échantillon B.

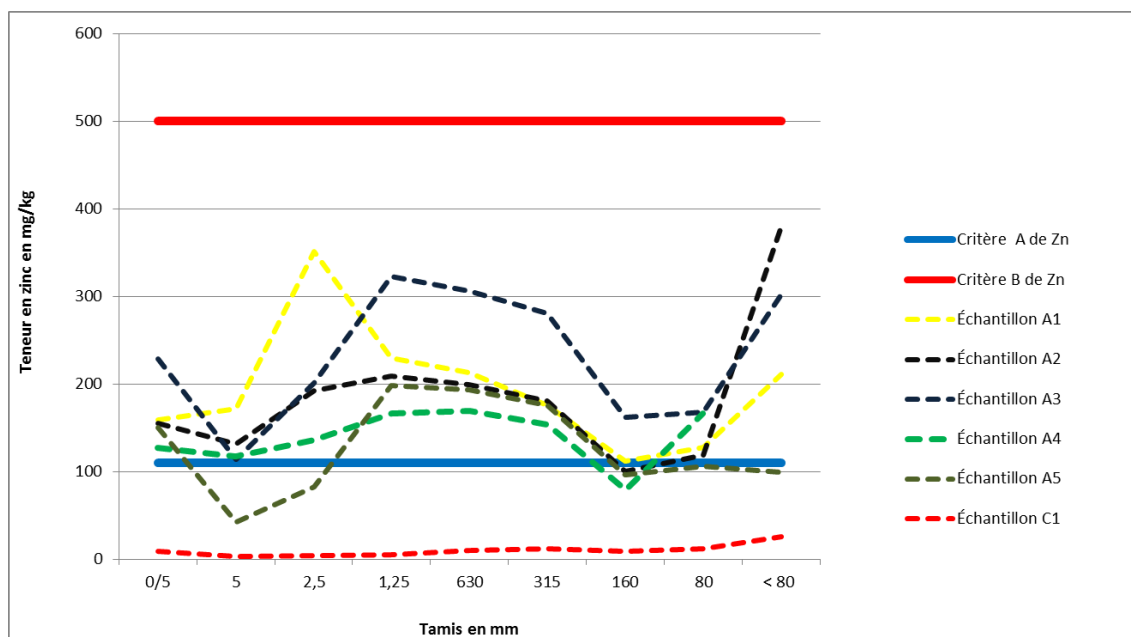


Figure 5.8 Concentrations en Zinc (Zn) de la série d'échantillons A et de l'échantillon C

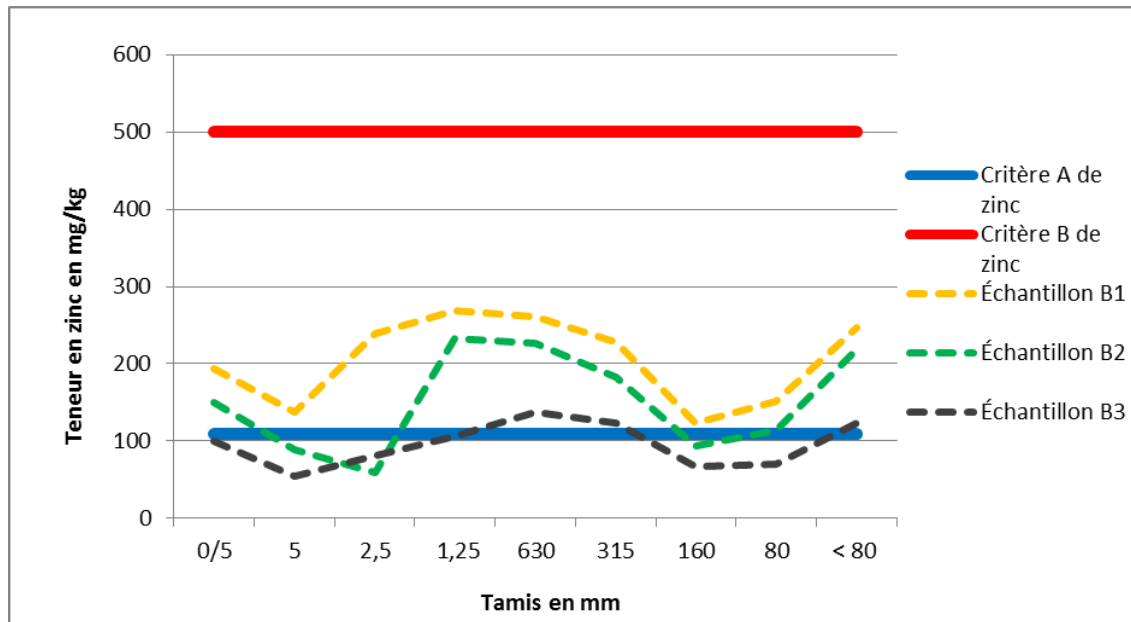


Figure 5.9 Concentrations en Zinc (Zn) de la série d'échantillons B

La lecture des résultats de cette analyse par fractionnement présentés en annexe II et sur les figures ci-dessus, montrent une nette fixation des métaux par deux fractions granulométriques bien identifiées: le fuseau 630 μm -2.5 mm et le fuseau de fines < 80 μm .

5.2.5 Essai de lixiviation à l'eau

L'essai de lixiviation a été réalisé au laboratoire STEPPE du département de génie de la construction de l'ETS. Cet essai a été réalisé pour déterminer la concentration des métaux susceptibles d'être lixiviés en contact avec l'eau. Les échantillons soumis à cet essai proviennent de la matrice totale 0/5 mm des échantillons A, B et C. La méthode d'analyse utilisée est MA.100 – Lix. Com.1.1.

La détermination de la teneur en métaux a été effectuée par la méthode de spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon selon les exigences de la méthode MA.200-Mét. 1.2.

Les résultats de l'essai sont présentés à l'annexe II. Les concentrations en métaux du lixiviat sont toutes en dessous des concentrations maximales d'un contaminant dans le

lixiviat d'une matière solide, établies par le « Règlement sur les matières dangereuses » du MDDEFP. Il en résulte un faible potentiel de lixiviation des métaux contenus dans la matrice totale.

5.3 Caractérisation physique des matériaux

Les paramètres retenus pour la caractérisation géotechnique sont ceux exigés dans les normes NQ 2560-114/2002 et NQ 2560-600/2002.

Les essais ont été effectués au laboratoire de matériaux du département de génie de la construction de l'ETS.

5.3.1 Analyse granulométrique - Méthode LC 21-040

L'essai granulométrique est nécessaire pour déterminer la grandeur des grains et leur répartition dimensionnelle dans le matériau. Les courbes granulométriques qui en résultent permettent de visualiser la classe du matériau. L'analyse granulométrique de tous les échantillons prélevés a été réalisée au laboratoire de matériaux de l'École de Technologie Supérieure. La méthode utilisée est celle exigée dans la norme LC 21-040. Les tamis utilisés sont les suivants : 28 mm, 20 mm, 14 mm, 10 mm, 5 mm, 2.5 mm, 1.250 mm, 0.630 mm, 0.315 mm, 0.160 mm, 0.080 mm.

Les échantillons ont été réduits selon la norme LC 21-015 puis séchés à l'étuve et refroidis jusqu'à température ambiante.

L'analyse granulométrique a été effectuée sur les échantillons A, B et C.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont illustrés dans le tableau 5.5 et dans l'annexe I.

Tamis (Kuemmel D)	C1	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3
28	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	84	98	98	95	95	98	95	98	96
2.50	22	88	86	80	80	85	84	89	78
1.250	10	80	72	68	66	74	71	79	62
0.630	7	61	51	48	47	56	49	65	45
0.315	4	36	29	28	27	31	23	36	23
0.160	3	16	14	14	14	15	11	15	11
0.080	1	5	5	6	6	6	4	5	4

Tableau 5.5 Récapitulatif des résultats granulométriques

5.3.1.1 Comparaison des résultats

Les graphiques ci-dessous montrent le comportement des abrasifs issus du tas A pendant un épisode hivernal. L'échantillon C1 représente le matériau neuf avant utilisation. La comparaison avec les échantillons B n'a pas été effectuée car leur origine n'est pas connue comme mentionné précédemment. Les matériaux sont de type AB-10.

La superposition des courbes des échantillons A avec la courbe de l'échantillon C1, illustrée à la figure ci-dessous, montre clairement un relèvement des courbes avec une augmentation de la fraction $< 2,5$ mm. Cela renseigne sur l'altération du matériau pendant l'hiver qui résulte essentiellement, de sa friction avec la chaussée glacée sous l'effet du passage des roues des véhicules.

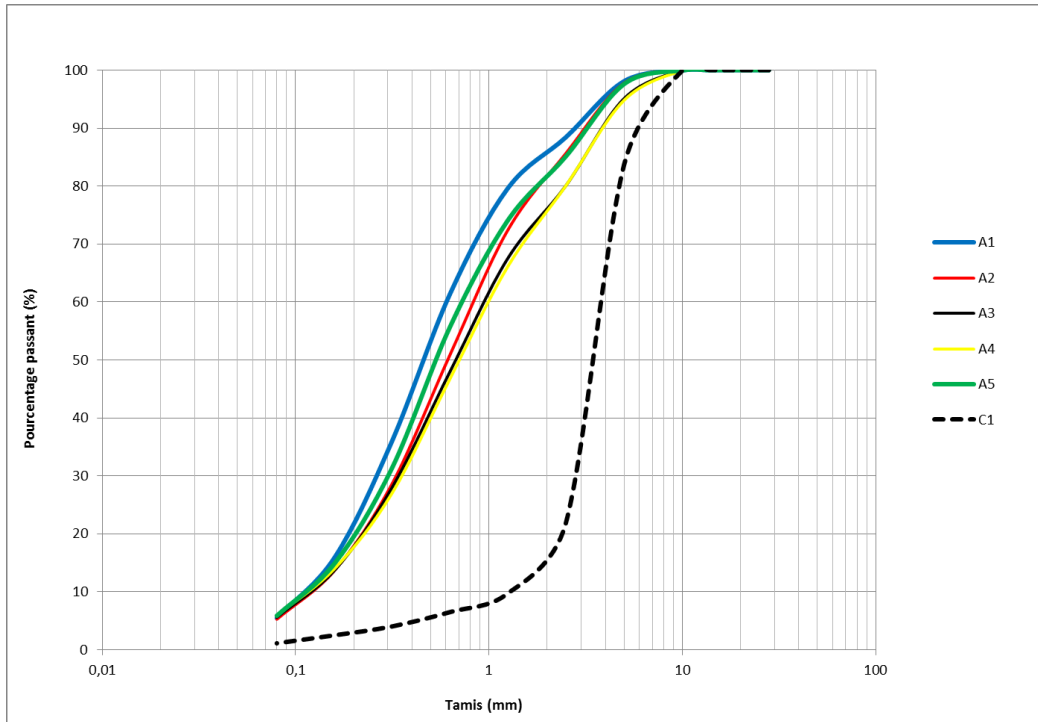


Figure 5.10 Courbes granulométriques des échantillons A1, A2, A3, A4, A5 et C1

La figure 5.11 illustre les courbes granulométriques des échantillons B1, B2 et B3.

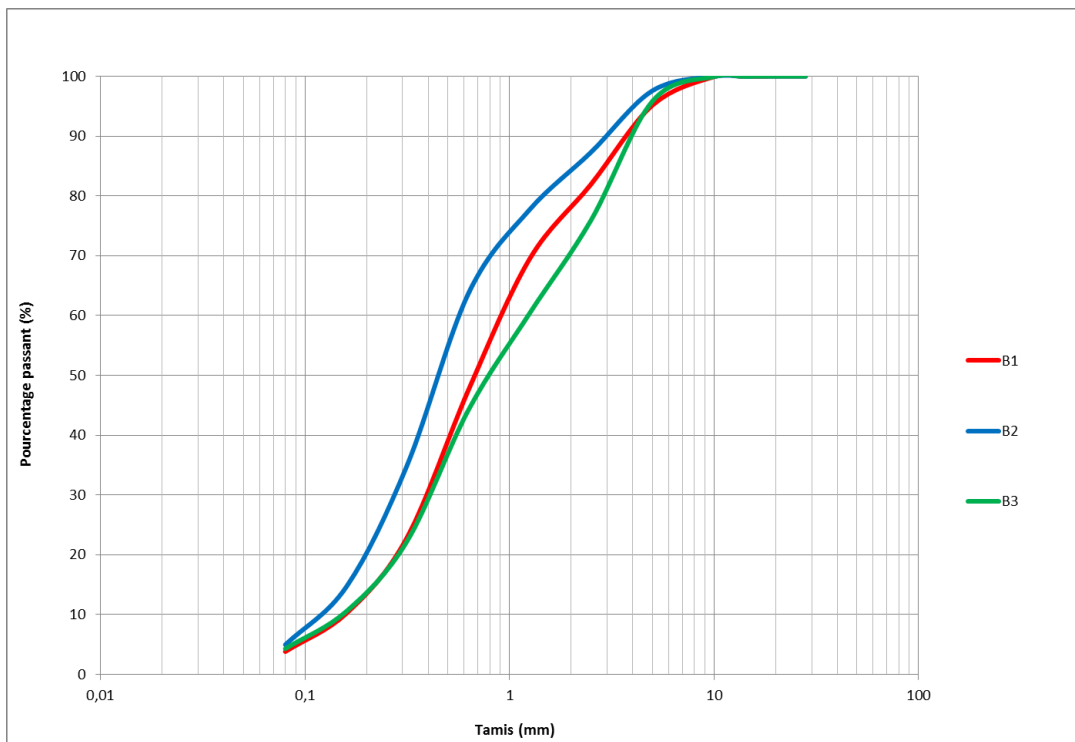


Figure 5.11 Courbes granulométriques des échantillons B1, B2 et B3

5.3.2 Coefficient d'écoulement – Méthode LC 21-075

La détermination du coefficient d'écoulement des granulats fins permet d'évaluer l'angularité des particules fines. Plus le coefficient est élevé, meilleure est l'angularité. L'essai sur l'échantillon C1 a été effectué pour pouvoir évaluer le comportement des abrasifs issus des échantillons A.

Les résultats de cet essai pour les échantillons de la série A, de la série B ainsi que l'échantillon C1 sont présentés dans le tableau 5.6 et en annexe I

La figure 5.12 montre l'évolution du coefficient d'écoulement des granulats fins des Échantillons A.

Il en résulte une diminution du coefficient d'écoulement et donc une perte d'angularité importante après seulement un cycle hivernal.

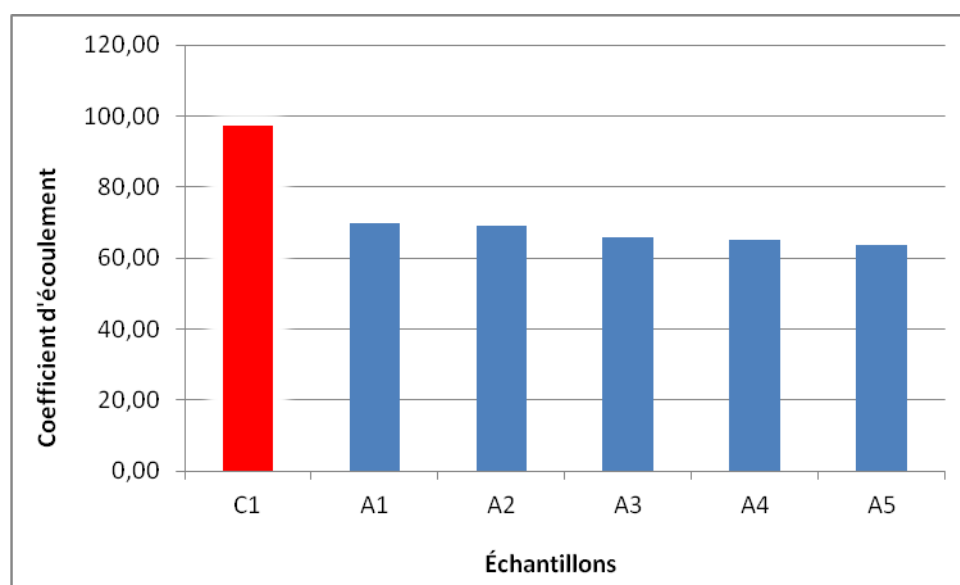


Figure 5.12 Résultats de l'essai d'écoulement des échantillons de la série A et de C1

La figure 5.13 montre les résultats du coefficient d'écoulement des échantillons B.

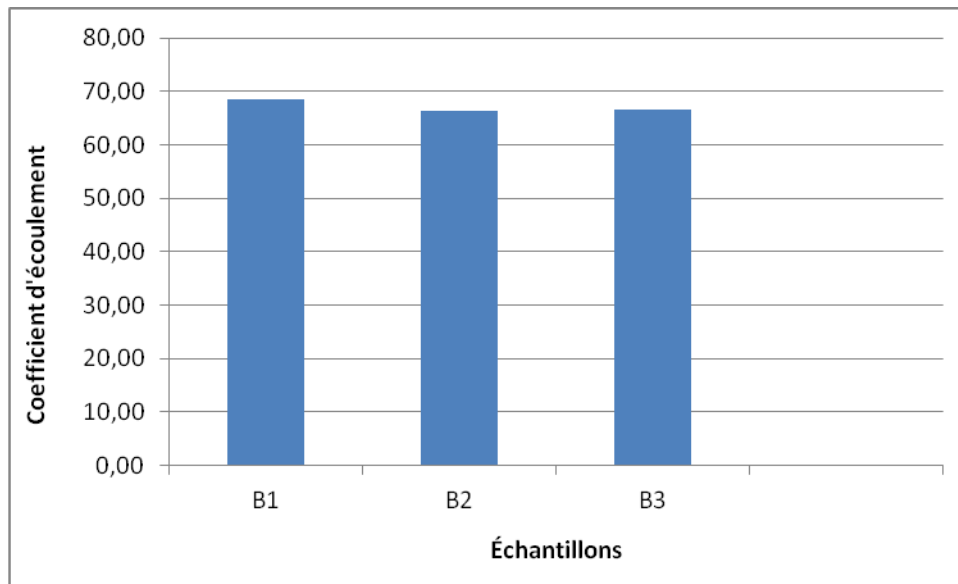


Figure 5.13 Résultats de l'essai d'écoulement des échantillons de la série B

5.3.3 Essais de friabilité et Micro-Deval-Méthodes LC 21-080 et LC 21-101

Les résultats du Micro Deval renseignent sur la résistance à l'usure des matériaux. Cette usure est provoquée par le frottement des grains d'un même granulat entre eux sous l'effet d'une charge abrasive (usure par attrition). Plus la mesure du pourcentage d'usure est faible, plus le granulat est résistant.

L'essai de friabilité quant à lui, simule une action de fragmentation et d'écrasement des granulats en présence d'eau. Les billes d'acier (10 à 100 fois plus grandes que les granulats) altèrent en particulier les gros granulats. Un grand coefficient indique la présence d'une frange importante de gros grains. Les résultats de ces deux essais sont illustrés en annexe I.

Le tableau 5.6 récapitule les résultats de ces deux essais ainsi que le coefficient d'écoulement.

	C1	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3
Pourcentage d'usure	11.32	23.76	21.61	21.07	20.87	22.70	20.12	22.65	20.01
Friabilité	33.13	24.50	26.08	26.18	27.33	25.89	24.52	23.85	27.16
Coefficient d'écoulement	97.3	69.75	68.90	65.84	65.16	63.52	68.59	66.37	66.56

Tableau 5.6 Récapitulatif des résultats de friabilité, du pourcentage d'usure et du coefficient d'écoulement

La figure 5.14 montre l'évolution des pourcentages d'usure et de friabilité. La résistance des granulats a certes diminué mais les valeurs obtenues permettent de les classer dans la catégorie 1 des granulats fins selon la norme NQ 2560-114/2002. Voir tableau 5.7

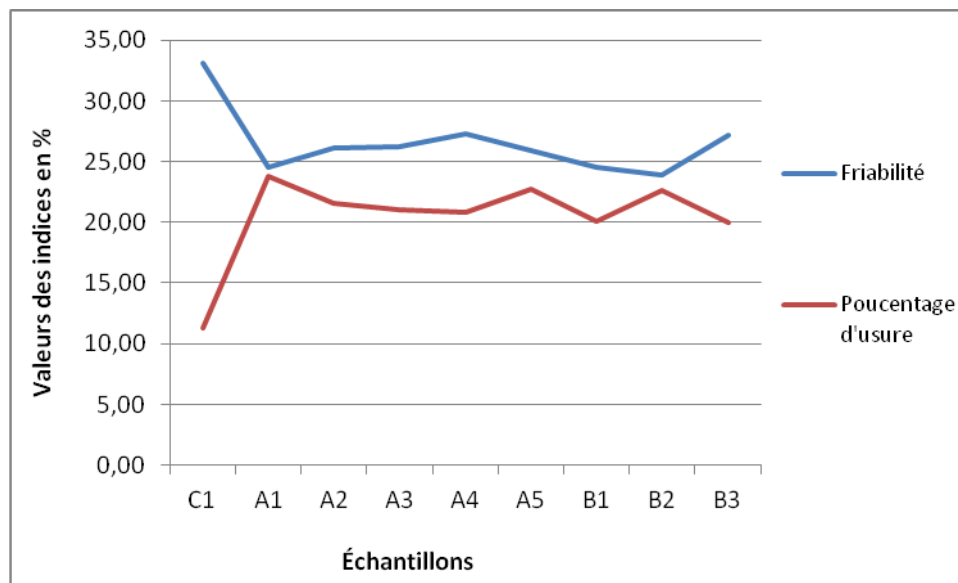


Figure 5.14 Courbes des résultats de Micro-Deval et de la friabilité

Caractéristique intrinsèque	Méthode d'essais	Catégories de granulats fins		
		1	2	3
Micro Deval (MD), %	LC 21-101	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Friabilité	LC 21-080	≤ 40	≤ 40	s.o
Note – La mention s.o signifie qu'il n'y a pas d'exigences pour cette caractéristique				

Tableau 5.7 Catégorie de granulats fins selon leurs caractéristiques intrinsèques.

Source : NQ 2560-114/2002

5.3.4 Colorimétrie – Méthode A23.2-7A

L'essai colorimétrique sert à déterminer la présence de matières organiques d'origine végétale et animale dans les granulats fins. La présence en quantités importantes d'impuretés organiques pourrait restreindre les champs d'application des granulats.

Cet essai, effectué au laboratoire de matériaux de l'ETS, a été réalisé sur deux types d'échantillons. Les premiers, bruts ont d'abord été réduits par diviseur d'échantillons. Les seconds ont été soumis à un cycle de lavage à l'eau ordinaire après réduction par diviseur.

La méthode fait appel à un étalon de référence constitué d'un verre de couleurs aux fins de comparaisons. Une solution d'hydroxyde sodium (3%) permet d'activer la réaction avec les matières organiques.

Les résultats de l'essai sont une comparaison de la couleur de la lumière transmise à travers le liquide.

Les résultats sont illustrés dans le tableau 5.8 et l'annexe I.

Ils montrent des indices de valeur qui permettent aux granulats une acceptabilité selon les exigences de la norme CSA A23.1 relative aux impuretés organiques.

Ils montrent également qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des analyses plus poussées pour la détermination des matières organiques.

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1
Indice colorimétrique avant lavage	3	2	2	3	3	4	3	3	1
Indice colorimétrique après lavage	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau 5.8 Récapitulatif des résultats d'essai de colorimétrie

5.4 Discussion

L'analyse des résidus de 2012 indique ce qui suit :

- **Contamination aux hydrocarbures C₁₀-C₅₀**

Les résultats d'essais effectués sur les échantillons des résidus de balayage récupérés au printemps 2012, des tas « A » et « B » indiquent des concentrations en C₁₀-C₅₀ supérieures à 300 mg/kg et inférieures à 3500 mg/kg. Cela les classe dans la plage B-C des critères génériques de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ».

Cependant, les directives contenues dans « Les lignes directrices relatives à la gestion de béton, brique, d'asphalte et de pierre de taille » ne recommandent ce type d'analyse que si la réutilisation des matériaux (recyclés) ne concerne pas l'infrastructure routière, les stationnements ou une aire de stockage « *lorsqu'une contamination par des composés organiques est suspectée, l'analyse de la teneur des hydrocarbures de C₁₀-C₅₀ et un balayage des composés organiques volatils et des composés organiques semi-volatils doivent être effectués. Pour le béton provenant de la surface de roulement, ces analyses sont nécessaires lorsque les matériaux ne seront*

pas utilisés dans une infrastructure routière, un stationnement ou une aire de stockage ».

Leur teneur en C₁₀-C₅₀ étant supérieure à 700 mg/kg et inférieure à 3500 mg/kg, permet de les classer dans la catégorie 3 des lignes directrices citées plus haut. L'annexe V présente le tableau d'utilisation en fonction des catégories de matériaux. Ainsi, les échantillons des tas « A » et « B » pourraient être réutilisés sans nécessiter une décontamination en hydrocarbure C₁₀-C₅₀ dans les domaines suivants : enrobés à chaud, enrobé à froid, stationnements et aires de stockage sur un terrain à vocation résidentielle ou agricole, un établissement d'enseignement primaire ou secondaire, un centre de la petite enfance ou une garderie, un stationnement, une aire de stockage sur un terrain à vocation institutionnelle, commerciale et industrielle incluant les terrains municipaux et matériel de recouvrement journalier de type LET.

- **Contamination aux hydrocarbures aromatique polycycliques (HAP)**

Les résultats d'essais effectués sur les échantillons des résidus de balayage récupérés au printemps 2012, des tas « A » et « B », indiquent généralement des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP inférieures au critère générique A de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ». L'échantillon B1 présente quant à lui des concentrations en fluoranthène, naphthalène phénanthrène et en pyrène situées dans la plage A-B. Vu que seul un échantillon est dans cette dernière plage, il est possible de considérer qu'il s'agit d'un agglomérat isolé. Malgré cet état, il est possible de conclure que les résidus ne nécessitent pas une décontamination des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP.

- **Contamination aux métaux et métalloïdes**

L'évaluation de la contamination des résidus aux métaux et métalloïdes a été réalisée en effectuant deux modes opératoires. La démarche a permis de déterminer la répartition des contaminants dans différentes fractions du matériau récupéré.

Afin de pouvoir effectuer une comparaison entre la teneur naturelle en métaux contenus dans la roche de constitution du matériau et celle obtenue après un cycle hivernal, l'échantillon neuf C a également été analysé. Ce sera désormais la référence concernant l'état initial du matériau neuf.

Le premier mode opératoire consistait à déterminer la contamination aux métaux et métalloïdes sur une matrice solide, de la fraction totale 0/5 mm des échantillons prélevés. Cette opération a été confiée au laboratoire Maxxam afin de pouvoir procéder à une comparaison de résultats, la liste de paramètres retenue étant la même pour les deux modes opératoires. Le second mode a été exécuté au laboratoire STEPPE de l'ETS sur des échantillons issus du fractionnement par classe granulométrique. Il a été procédé à l'essai ICP pour chacune des fractions de 0/5 jusqu'à la fraction < 80 µm. Ce mode opératoire a été établi afin de mettre à jour les fractions mises en cause pour la fixation des contaminants éventuels.

Les résultats des deux modes opératoires se rejoignent et indiquent notamment, que les paramètres dont les teneurs sont supérieures au critère générique A, sont le cuivre et le zinc. Les autres métaux tels que le cadmium, le cobalt et l'argent ont des teneurs inférieures à la classe générique « A » le plus souvent. Un cas de concentration élevée d'arsenic, dû probablement à une contamination accidentelle au laboratoire, a été considéré isolé et a été écarté.

Les résultats des deux essais ICP effectués avec des approches différentes montrent néanmoins un même degré de contamination des résidus aux métaux lourds. Ils permettent tous les deux de classer l'ensemble des échantillons dans la plage générique A-B.

Sur la base de ces résultats compilés à ceux des essais sur les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀, il est possible d'affirmer que les échantillons des tas A et B des résidus de balayage récupérés, seront classés dans la catégorie 3 selon les « Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique, d'asphalte et de pierre de taille ». En conséquence, ils pourraient être utilisés dans les domaines suivants : enrobés à chaud, enrobé à froid, stationnements et aires de stockage sur un terrain à vocation résidentielle ou agricole, un établissement d'enseignement primaire ou secondaire, un centre de la petite enfance ou une garderie, un stationnement, une aire de stockage sur un terrain à vocation institutionnelle, commerciale et industrielle incluant les terrains municipaux et matériel de recouvrement journalier de type LET.

Il est utile de signaler que les écarts entre les taux de contamination des échantillons du tas A provenant du balayage des sections des autoroutes 5 et 50 et de ceux du tas B, provenant de sections de routes dont le DJMA est moins élevé, ne sont pas

importants. Cela permet de conclure possiblement que les concentrations en métaux et en hydrocarbures C₁₀-C₅₀ des deux catégories de routes en question intègrent les mêmes plages de critères génériques. En effet, il existe une probabilité que ces deux catégories d'échantillons aient été mélangées lors de l'opération d'entreposage au niveau du centre d'entreposage provisoire de Gatineau.

Par ailleurs, les taux de contamination des échantillons prélevés pour les besoins de l'étude et ceux obtenus par les analyses faites les années précédentes et transmises par l'entrepreneur chargé du balayage, diffèrent.

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces écarts: la méthode d'échantillonnage utilisée, les méthodes analytiques, le moment des prélèvements, le peu d'informations sur le mode de contamination et de fixation sur les granulats, la disparité des sites, la nature et la composition des granulats et le potentiel de fixation des métaux et hydrocarbures v/s nature du granulat.

Le second mode opératoire a permis de montrer le fort potentiel de fixation des métaux dans les fuseaux granulométrique 630 µm / 2,5 mm et < 80 µm alors que selon les hypothèses classiques concernant la distribution des contaminants dans les sols, les fines fixaient le plus les métaux lourds (Freyssinet, 1998). Les résultats de ces essais montrent qu'une autre fraction plus grossière fixait le plus les métaux. Cela rejoint les conclusions déjà évoquées par Freyssinet selon lesquelles, les plus grandes concentrations en Zn se trouvaient dans les fractions supérieures à 1,25 mm (Freyssinet, 1998).

Un essai de lixiviation à l'eau a été réalisé afin d'évaluer le potentiel de lixiviation des métaux contaminants contenus dans la matrice 0/5 mm. L'essai a été effectué sur les granulats provenant de la matrice totale 0/5 mm de chaque catégorie d'échantillon. La méthode de spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon donne des concentrations en métaux lourds bien en dessous des concentrations maximales établies par le MDDEFP pour les matières dangereuses. Il est ainsi possible de conclure que le potentiel de lixiviation des métaux accrochés à ce type de matériau (abrasifs) est faible.

- **Caractérisation physique**

Outre l'évaluation de la contamination des résidus de balayage, il est important d'avoir une connaissance adéquate de leurs paramètres intrinsèques et mécaniques afin d'évaluer leur performance future pour une éventuelle réutilisation. En effet, ces caractéristiques peuvent restreindre ou élargir les champs d'application. Un certain nombre d'essais ont été programmés dans le protocole élaboré pour les besoins de l'étude. Les résultats obtenus à l'issue du protocole d'essai, montrent un potentiel d'utilisation conforme aux spécifications contenues dans le BNQ 2560-600.

Les granulats ont été soumis aux tests d'évaluation classiques : répartition granulométrique, essai Micro-Deval, essai de friabilité et colorimétrie. Ces trois types d'essais ont permis de caractériser leurs répartitions granulaires, leur pourcentage d'usure, leur friabilité, leur coefficient d'écoulement ainsi que leur indice colorimétrique.

La comparaison entre les courbes granulométriques de la série d'échantillon A et la courbe granulométrique de l'échantillon de référence C, indique qu'il est possible de constater une abrasion des granulats provenant des résidus de balayage pendant l'épisode hivernal. Cette abrasion se traduit par un relèvement des courbes granulométriques. Le pourcentage de fines et de passants au tamis 2,5 mm est passé de 22 % pour l'échantillon « C » à 88 % pour les échantillons de la série « A ».

Toutefois, les valeurs obtenues lors des essais d'attrition au moyen de l'appareil Micro-Deval ainsi que du pourcentage de friabilité, renseignent sur la bonne résistance de ces granulats. En effet, La friabilité des échantillons de la série « A » se situent en dessous de 25 %. Ce sont des granulats qui peuvent être classés dans la catégorie 1 des granulats fins selon la norme NQ 2560-114-I/2002. Ils conservent donc toutes les caractéristiques de résistance même si elles ont évolué au cours de l'épisode hivernal.

L'essai de friabilité simule une action de fragmentation et d'écrasement en présence d'eau sous l'effet de billes d'acier beaucoup plus grandes que les granulats (10 à 100 fois). Il altère beaucoup plus les plus grosses particules. Il semblerait que c'est la raison pour laquelle, le matériau original a un coefficient plus élevé donc plus friable.

L'abrasion des granulats lors de la période hivernale, a entraîné de ce fait, la formation de particules fines par attrition.

Par ailleurs, l'essai de Micro-Deval simule une action d'usure par frottement des granulats entre eux sous une charge abrasive composée de billes d'acier de même dimension que les gravillons. Cet essai a montré une diminution du potentiel d'usure pour les abrasifs ayant subi un cycle hivernal. Cela est dû au pourcentage plus élevé de granulats $\leq 2,5$ mm, plus facilement friables que les plus gros agrégats.

De plus, la concentration en matières organiques d'origine animale ou végétale, déterminée par méthode colorimétrique a indiqué des valeurs inférieures à 3. Après lavage et tamisage ces valeurs sont retombées à 1. Cela prouve qu'un simple lavage à l'eau et un tamisage permettront de les rendre très propres.

Le coefficient d'écoulement des échantillons « A » et « B » est dans la catégorie des coefficients moyens. Bien que cet essai ne mesure que les fractions < 2 mm, il nous renseigne toutefois sur la réduction de l'angularité des granulats. Ceci est le résultat de l'attrition pendant la période hivernale entre le granulat et la chaussée sous l'action des roues des véhicules. Les valeurs obtenues sont inférieures à 80, ce qui restreint à priori leur utilisation dans les enrobés à chaud, notamment dans le cas où la catégorie 1 est exigée, comme le stipule le tableau 3 de la norme NQ 2560-114-V/2002.

6 Valorisation des abrasifs issus de la campagne de balayage du printemps 2013

6.1 Échantillonnage des résidus

6.1.1 Provenance et entreposage des échantillons

Cette étape décrit la méthode d'échantillonnage adoptée, les étapes suivies pour la campagne d'échantillonnage, le nombre d'échantillons ainsi que les outils et les moyens utilisés.

L'entrepreneur en charge du balayage de 2013 a acheminé, à la demande de la Direction de l'Outaouais, une partie des résidus, soit quelques 100 tonnes, directement vers une sablière de la région de Bromont afin d'être lavée selon le procédé d'hydrocyclonage. Les bordereaux de transport sont annexés à l'annexe X

Les matériaux abrasifs récupérés ont été échantillonnés au cours du mois de juillet 2013, de façon à offrir une représentativité adéquate des divers abrasifs récupérés. Cette démarche a respecté un plan d'échantillonnage qui a été établi à cette fin, sur la base de la méthode d'échantillonnage qui a été envisagée, incluant le nombre d'échantillons requis ainsi que les outils et les moyens utilisés.

Les échantillons des résidus non lavés ont été prélevés sur le tas entreposé au niveau de la sablière tel qu'illustré par la figure 6.1



Figure 6.1 Prélèvement des échantillons de résidus non lavés, Bromont le 05.07.2013

6.1.2 Protocole d'échantillonnage

Pour les besoins de l'étude de cette phase, trois types échantillons ont été pris en considération : le matériau initial, le même que celui utilisé pour la campagne de 2012, identifié par « C », le résidu issu du balayage et le matériau lavé.

6.1.2.1 Échantillonnage des résidus non lavés entreposés au niveau de la sablière

Deux échantillons de résidus non lavés ont été acheminés vers le laboratoire Maxxam et le laboratoire des matériaux de l'École de technologie supérieure pour évaluer les caractéristiques de la pierre d'abrasif avant le tamisage et le lavage. Ces caractéristiques serviront de base pour estimer l'évolution des paramètres de contamination et de dégradation des abrasifs après un cycle de tamisage et de lavage. Ces échantillons sont identifiés par les lettres « **A1** » et « **A2** ». Ils ont été prélevés au niveau de la sablière de Bromont.

La méthode d'échantillonnage adoptée est l'approche aléatoire de type systématique. Elle suit les directives du guide d'échantillonnage à des fins d'analyses

environnementales, principalement les cahiers 1, 5 et 8, édités par le centre d'expertise en analyses environnementales du Québec (CEAEQ, 2008).

La procédure consiste à choisir aléatoirement un premier point de prélèvement. Une grille est ensuite dessinée en plan, de sorte à établir un maillage de type carré. La cueillette des échantillons est effectuée au centre des mailles à des profondeurs différentes, en tenant compte de la stratigraphie du tas.

La densité des échantillons est fonction du volume total du tas considéré. Elle a été déterminée en considérant des sections de 30 m³. Les sections ne présentaient pas d'indice d'hétérogénéité de contamination à l'œil nu. Deux (2) sections ont été ainsi, considérées. Pour les besoins de la caractérisation chimique et physique des résidus, chaque échantillon a été divisé en cinq sous échantillons combinés en proportions égales.

Les échantillons ainsi recueillis, représentant quelques 30 kg de résidus, ont été acheminés directement au laboratoire Maxxam et au laboratoire de matériaux de l'École de technologie supérieure.

6.1.2.2 Échantillonnage des résidus tamisés et lavés

Un volume de 67 m³ de résidus a été récupéré après avoir subi un cycle de tamisage et de lavage. Ce processus a été élaboré grâce à la technique de l'hydrocyclonage. C'est un procédé largement utilisé pour le lavage et la valorisation des sables. Le cyclonage permet d'éliminer la fraction < 63 µm. Le procédé est basé sur le principe d'une alimentation tangentielle, en créant un vortex. Une sousverse, en bas de la cuve, permet de récupérer les éléments grossiers du matériau. Une surverse située en haut de la cuve, permet par effet du vortex, de récupérer les particules fines < 63 µm.

La figure 6.2 montre le tas de résidus ayant subi un cycle de tamisage et de lavage à l'hydrocyclonage. Les échantillons lavés ont été prélevés à cet endroit après un temps de séchage de sept jours.



Figure 6.2 Abrasifs tamisés et lavés

La figure 6.3 montre l'hydrocycloneur utilisé pour les besoins du lavage et du tamisage des abrasifs.



Figure 6.3 Lavage et tamisage des abrasifs Bromont le 05.07.2013

Cette opération se fait sous l'action de la pression de l'eau, de la géométrie du cyclone et du diamètre des buses. L'eau utilisée suit un circuit fermé, ce qui favorise un

meilleur respect de l'environnement. Les particules fines récupérées sont déposées dans des bassins de décantation. La figure 6.4 montre deux des trois bassins de décantation recueillant les fines.



Figure 6.4 Bassins de décantation, Bromont le 05.07.2013

Deux échantillons représentant quelques 100 kg de matériaux lavés, ont été prélevés et acheminés directement au laboratoire Maxxam et au laboratoire de matériaux de l'École de technologie supérieure. Les échantillons sont identifiés par les lettres « **B1** » et « **B2** ». Le tableau 6.1 résume le programme d'échantillonnage adopté.

N° de l'échantillon	Nombre	Quantités	Types	Point de prélèvement	Destination	Date de prélèvement
A	02	40 kg	Contenants en plastiques et en verre	Site de lavage, Bromont	Laboratoires Maxxam et ÉTS	05.07.2013
B	02	100 kg	Contenants en plastiques et en verre	Site de lavage, Bromont	Laboratoires Maxxam et ÉTS	12.07.2013
C	01	40 kg	Contenants en plastiques	Dépôt du C.S de Gatineau	ÉTS	13.06.2012

Tableau 6.1 Programme d'échantillonnage

6.1.2.3 Identification des échantillons

Pour assurer l'intégrité des échantillons, les matériaux prélevés et destinés aux analyses, ont été déposés dans des contenants en plastique neufs, fermés hermétiquement et clairement identifiés, puis expédiés aux laboratoires. Pour les résidus destinés au lavage, un endroit leur a été spécialement aménagé au niveau de la sablière. Il a été nettoyé afin de ne pas mélanger les résidus avec les autres matériaux disposés sur le site.

6.1.2.4 Identification des essais de caractérisation

Le choix des paramètres physiques, mécaniques et chimiques devant être considérés, dans le cadre d'une réutilisation potentielle des abrasifs récupérés, est guidé par les documents édités par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, notamment le « Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction » (MDDEFP, 2002), les « Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus de travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille » (MDDEFP, 2012) ainsi que les « Lignes directrices sur la gestion des matières résiduelles et des sols contaminés traités par stabilisation et solidification » (MDDEFP, 2009).

Une série d'essais en laboratoire a ainsi permis de caractériser chimiquement et physiquement les matériaux abrasifs récupérés. Les paramètres analysés sont la granulométrie, la résistance, la forme des grains et la chimie des matériaux. Il a été également nécessaire de déterminer la teneur en impuretés (hydrocarbures, métaux, fines...) des matériaux prélevés pour évaluer leur contamination ainsi que le taux de chaque matière polluante. Dans le but d'évaluer le potentiel de lixiviation des matériaux abrasifs, trois essais de lixiviation ont été effectués sur les résidus non lavés. Le tableau 6.2 récapitule les essais réalisés.

Caractéristiques des abrasifs	Type d'essais	Paramètres analysés
Physiques	Granulométrie	Grosseur et pourcentage des grains
	Colorimétrie	Estimation des matières organiques
	Micro-Deval, friabilité, coefficient d'écoulement	Résistance aux chocs et à l'usure
Chimiques	Hydrocarbures pétroliers	Teneur en C ₁₀ -C ₅₀
	Métaux par ICP	Teneur en métaux lourds
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	Teneur en HAP
	Essais de lixiviation	Lixiviation à l'eau Lixiviation pluies acides Lixiviation espèces inorganiques
	Conductivité	Coefficient de perméabilité

Tableau 6.2 Types d'essais réalisés

6.2 Caractérisation chimique des matériaux

6.2.1 Analyses des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des tas A et B identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Maxxam. La méthode d'analyse utilisée est MA.416-C₁₀-C₅₀ 1.0.

Les résultats analytiques sont présentés à l'annexe II. Le tableau 6.3 présente une synthèse des résultats.

		HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)								
		A	B	C			A1	A2	B1	B2
							Non lavés		Lavés	
Concentrations en Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500			610	800	380	410
							A-B	B-C	A-B	A-B

Tableau 6.3 Concentrations en Hydrocarbures C₁₀-C₅₀

La figure 6.5 montre les concentrations mesurées en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans les échantillons analysés. Les résultats se situent dans la plage A-B de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés », hormis l'échantillon A2 qui se situe dans la plage B-C. Le tamisage et le lavage à l'hydrocycloneur a permis ainsi, de réduire sensiblement la teneur en hydrocarbures C₁₀-C₅₀.

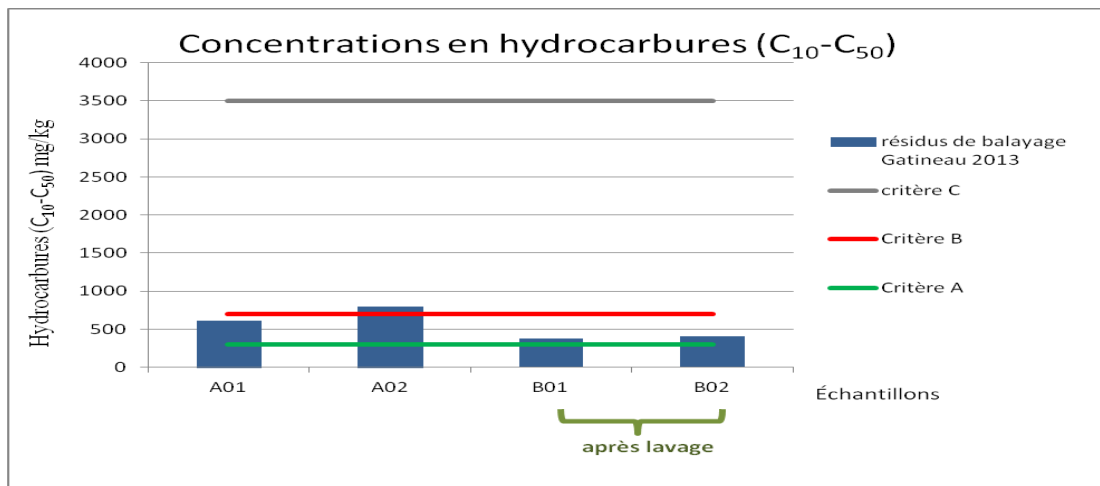


Figure 6.5 Diagramme des concentrations en hydrocarbures (C₁₀-C₅₀) des résidus de balayage de 2013

6.2.2 Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des tas A et B identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le

laboratoire Maxxam. La méthode d'analyse utilisée est MA 400 HAP 1.1. Les résultats analytiques sont présentés à l'annexe II. Il en résulte des concentrations inférieures au critère A pour tous les échantillons analysés.

6.2.3 Analyses des métaux et des métalloïdes

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des échantillons A et B identifiés dans le chapitre 6.2.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Maxxam. La détermination de la teneur en métaux a été effectuée par la méthode de spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon selon les exigences de la méthode MA.200-Mét. 1.2 utilisée.

Les paramètres d'analyses retenus sont les suivants : Argent (Ag), Arsenic(As), Baryum (Ba), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Étain (Sn), Manganèse (Mn), Molybdène (Mo), Plomb (Pb), Nickel (Ni), Zinc (Zn) conformément à la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ». Les résultats de l'analyse sont présentés dans l'annexe II. Le tableau 6.4 dresse une synthèse des contaminants inorganiques présents dans les échantillons analysés.

paramètres analysés (mg/kg)	Critères et normes				A1	A2	B1	B2
	A	B	C	D				
métaux et Métalloïdes								
Argent (Ag)	2	20	40	200	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Arsenic (As)	6	30	50	250	< 5	< 5	< 5	< 5
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	39	42	36	22
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Chrome (Cr)	85	250	800		18	21	23	30
Cobalt (Co)	15	50	300		4	4	3	4
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	17	22	18	25
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	< 4	< 4	< 4	< 4
Manganèse (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	190	270	200	180
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	1	1	21	2
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	9	10	14	12
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	10	7	100	6
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	110	110	150	81

Tableau 6.4 Récapitulatif des concentrations des échantillons en métaux et en métalloïdes.

L'analyse des résultats montre que les échantillons sont contaminés au zinc. Leur teneur inférieure à 500 mg/kg permet de les classer dans la plage A-B de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés ». Le baryum, le cobalt, le cuivre, le chrome, le manganèse, le nickel, et le plomb sont des métaux présents dans les résidus, toutefois, leurs teneurs sont inférieures au seuil du critère générique A et ce pour toutes les catégories d'échantillons analysés, hormis l'échantillon B1 qui présente une concentration en molybdène de 21 mg/kg et une concentration en plomb de 100 mg/kg. Ces contaminations isolées sont considérées accidentelles. Les figures 6.6 et 6.7 montrent les concentrations en plomb et en zinc des échantillons analysés.

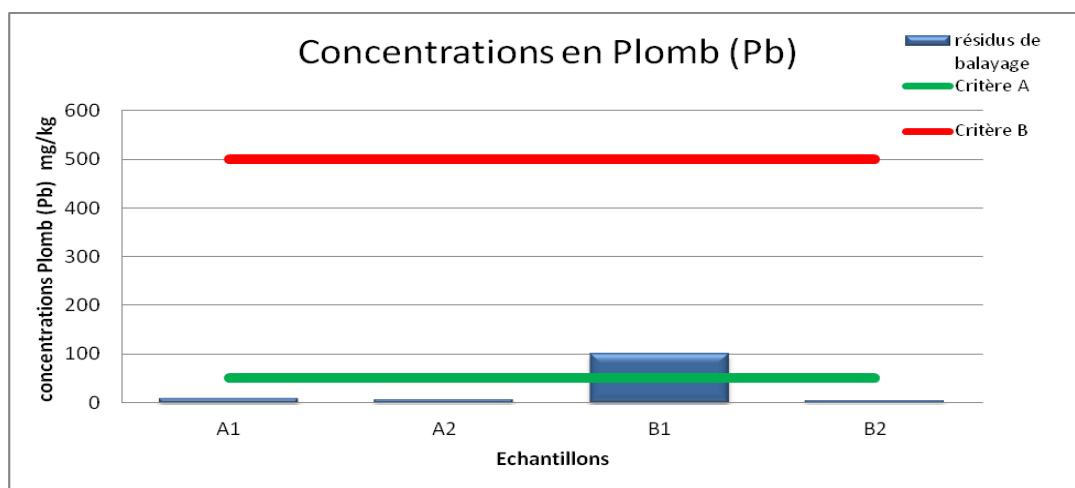


Figure 6.6 Concentrations en plomb (Pb) des échantillons de résidus

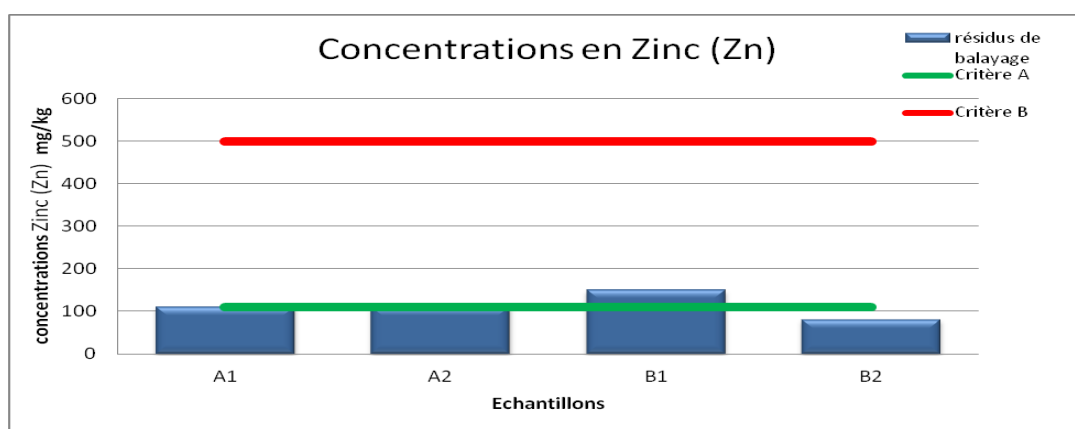


Figure 6.7 Concentrations en zinc (Zn) des échantillons de résidus

6.2.4 Essais de lixiviation

Conformément aux exigences contenues dans les « Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique, d'asphalte et de pierre de taille » concernant l'analyse des contaminants inorganiques, trois essais de lixiviation sont obligatoires dans les lixiviats des paramètres excédant le critère A.

Toutefois, à la demande de la direction de l'Outaouais, ces essais ont été généralisés à tous les autres métaux.

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des échantillons A identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Maxxam.

Ces essais sont réalisés pour déterminer la concentration des métaux susceptibles d'être lixiviés en contact avec l'eau (CTEU 9) et les pluies acides (SPLP, EPA 1312). L'essai (TCLP, EPA 1311) permet quant à lui, d'évaluer la mobilité des espèces inorganiques. La méthode d'analyse utilisée est MA.100 – Lix. Com.1.1.

Les résultats de l'essai sont présentés à l'annexe II. L'analyse des résultats montre que les concentrations en métaux des lixiviats sont toutes en dessous des concentrations maximales d'un contaminant dans le lixiviat d'une matière solide, établies par le « Règlement sur les matières dangereuses » du MDDEFP. L'annexe III montre les valeurs maximales admises en regard des essais de lixiviation. Il en résulte un faible potentiel de lixiviation des métaux contenus dans la matrice totale.

6.3 Caractérisation physique des matériaux

Les paramètres retenus pour la caractérisation physique et mécanique des abrasifs répondent aux critères exigés dans les normes NQ 2560-114/2002 et NQ 2560-600/2002. Il s'agit notamment de l'analyse granulométrique, du coefficient d'écoulement, du pourcentage de friabilité, du pourcentage d'usure et de l'indice colorimétrique.

Les échantillons soumis à cette analyse proviennent des tas A et B identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage.

Les essais ont été effectués au laboratoire de matériaux du département de génie de la construction de l'ÉTS.

6.3.1 Analyse granulométrique - Méthode LC 21-040

L'essai granulométrique est nécessaire pour déterminer la grandeur des grains et leur répartition dimensionnelle dans le matériau. Les courbes granulométriques qui en résultent permettent de visualiser la classe du matériau. L'analyse granulométrique de tous les échantillons prélevés a été réalisée au laboratoire de matériaux de l'École de Technologie Supérieure. La méthode utilisée est celle exigée dans la norme LC 21-040. Les tamis utilisés sont les suivants : 28 mm, 20 mm, 14 mm, 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, 1,250 mm, 0,630 mm, 0,315 mm, 0,160 mm, 0,080 mm.

Les échantillons ont été réduits selon la norme LC 21-015 puis séchés à l'étuve et refroidis jusqu'à température ambiante. Les résultats de l'analyse granulométrique sont illustrés dans le tableau 6.5 et dans l'annexe I.

Tamis (Kuemmel D)	C (neuf)	A1	A2	B1	B2	B moy
28	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100
5	84	97	98	99	99	99
2,50	22	86	80	83	77	80
1,250	10	79	72	66	58	62
0,630	7	53	51	48	48	48
0,315	4	36	29	32	32	32
0,160	3	16	14	15	14	11
0,080	1	5	5	2.5	2.3	2

Tableau 6.5 Récapitulatif des résultats granulométriques

6.3.1.1 Comparaison des résultats

La superposition des courbes des échantillons A, représentant les résidus de balayage de la campagne de balayage de 2013, avec l'échantillon C d'abrasifs neufs et les échantillons B, représentant le résidu lavé, tel qu'illustré dans la figure 6.8, permet d'évaluer le comportement des abrasifs après avoir subi le cycle hivernal de 2013. L'altération des granulats due essentiellement à la friction avec la chaussée, sous l'effet du passage de roues des véhicules, conjuguée à l'action de l'eau, de la neige, du vent et d'autres facteurs, se traduit par une augmentation des particules $< 0,25$ mm et un relèvement des courbes.

Cependant, comme le montre la figure 6.9, le tamisage et le lavage des résidus a permis de réduire la fraction des fines à un seuil leur permettant d'intégrer le fuseau granulométrique AB-10, fuseau spécifique des abrasifs selon la norme NQ 2560-114-VI/2002, présenté en annexe VIII.

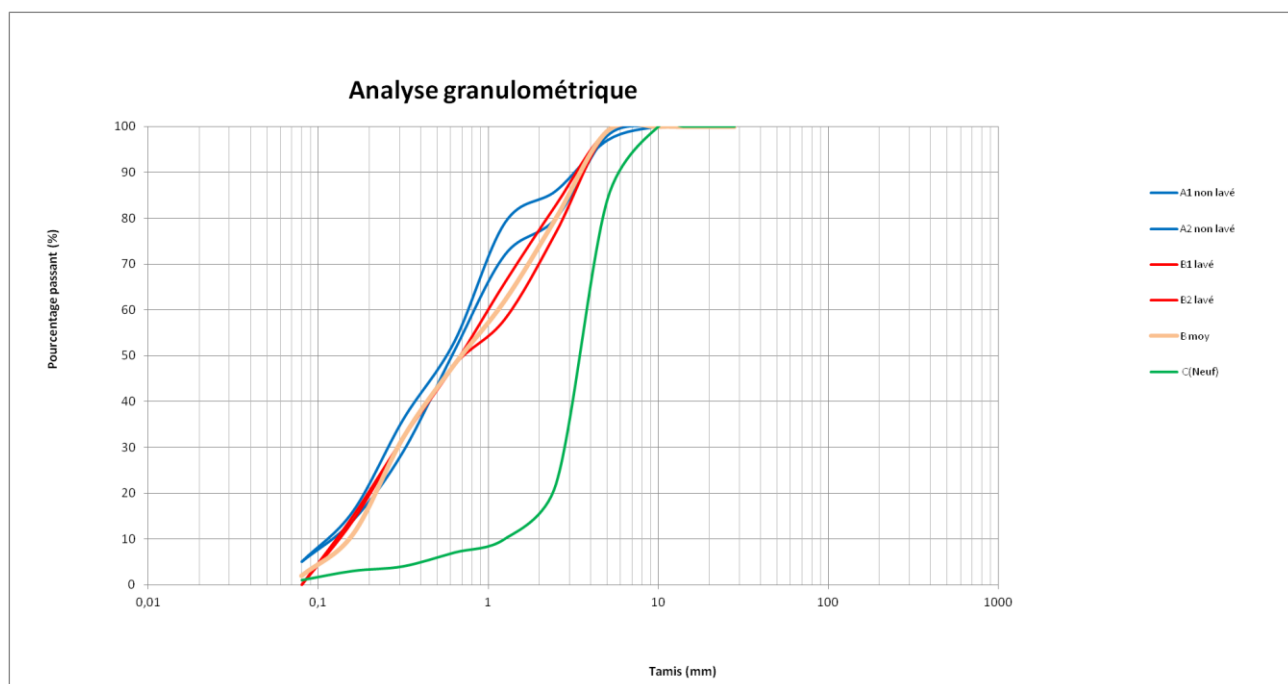


Figure 6.8 Courbes granulométriques des échantillons A1, A2, B1, B2, B moyen et C

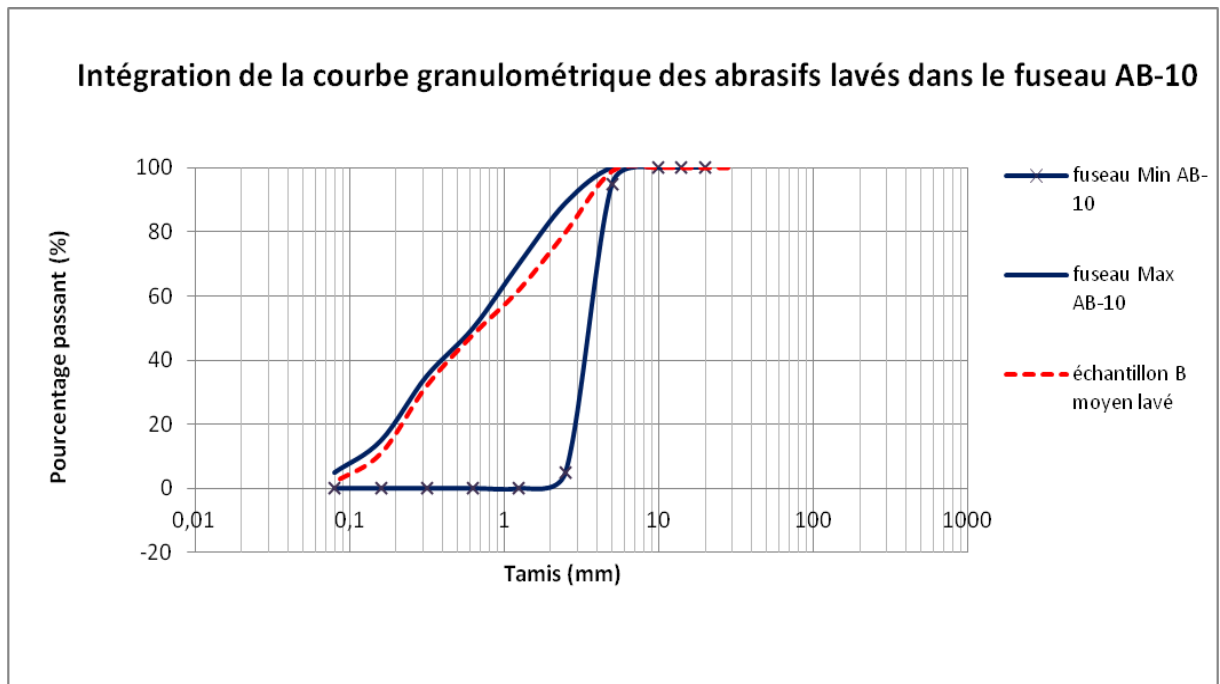


Figure 6.9 Courbe granulométrique des abrasifs après lavage v/s fuseau granulométrique AB-10

6.3.2 Coefficient d'écoulement – Méthode LC 21-075

La détermination du coefficient d'écoulement des granulats fins a été effectuée sur les échantillons A, B et C, identifiés dans le chapitre 6.1.2 protocole d'échantillonnage.

Les résultats de cet essai sont présentés en annexe I.

La figure 6.10 montre l'évolution du coefficient d'écoulement des granulats fins des Échantillons B. Il en résulte une diminution du coefficient d'écoulement et donc une perte d'angularité importante après seulement un cycle hivernal. Cependant, l'action du lavage a permis de réduire la fraction des fines dans les granulats et augmenter le coefficient d'écoulement.

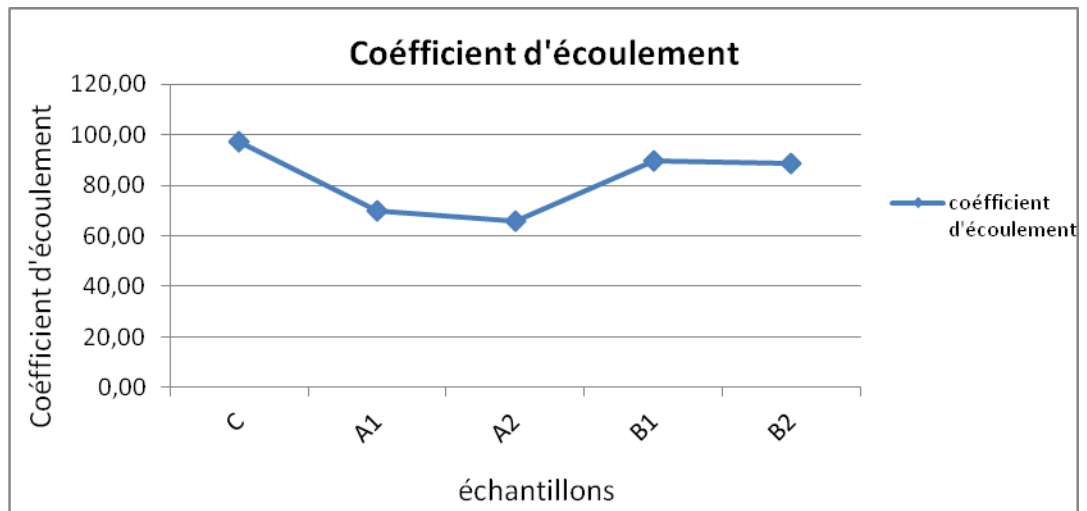


Figure 6.10 Coefficient d'écoulement des échantillons A1, A2, B1, B2 et C

6.3.3 Essais de friabilité et Micro-Deval-Méthodes LC 21-080 et LC 21-101

Les échantillons soumis à ces essais proviennent des échantillons A, B et C identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les résultats sont illustrés dans l'annexe I et dans le tableau 6.6.

	C	A1	A2	B1	B2
Pourcentage d'usure	11,32	17,12	20,17	18,32	17,25
Friabilité	33,13	26,12	25,42	24,20	25,74
Coefficient d'écoulement	97,3	69,85	66,11	89,50	88,89

Tableau 6.6 Récapitulatif des résultats de friabilité, du pourcentage d'usure et du coefficient d'écoulement

Les figures 6.11 et 6.12 représentent l'évolution des pourcentages d'usure et de friabilité. La résistance des granulats a certes diminué mais les valeurs obtenues permettent de les classer dans la catégorie 1 des granulats fins selon la norme NQ

2560-114/2002. Le tableau 6.7 montre les caractéristiques intrinsèques exigées selon cette norme.

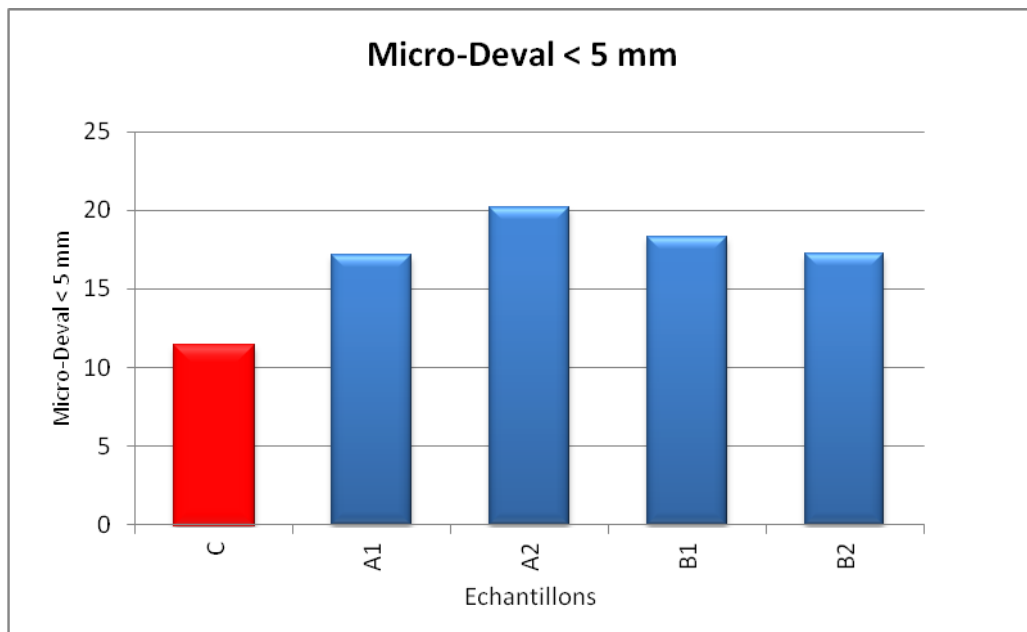


Figure 6.11 Valeurs de Micro-Deval

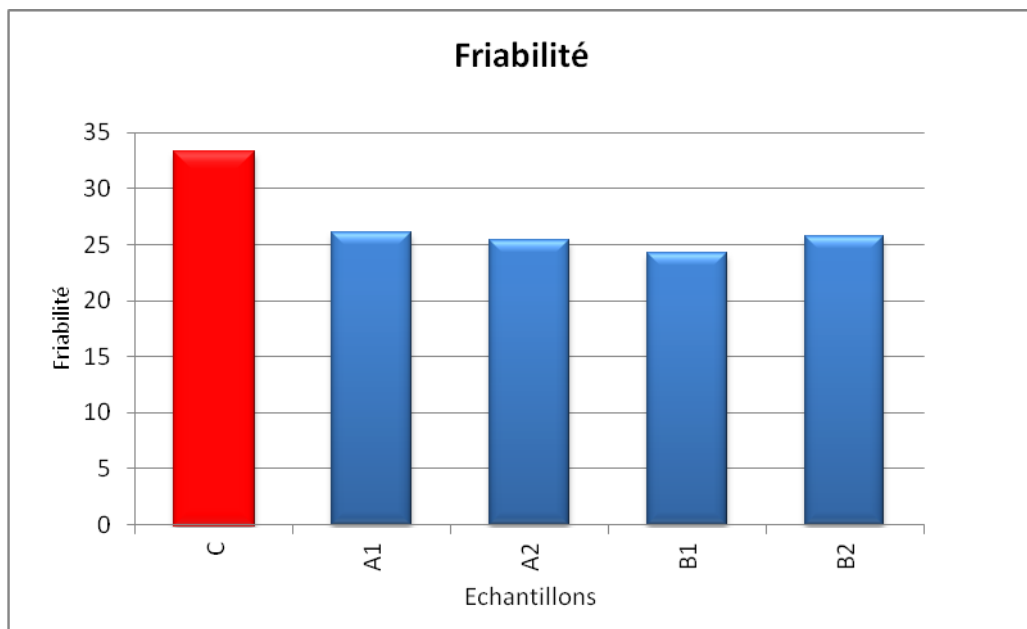


Figure 6.12 Valeurs de friabilité

Caractéristique intrinsèque	Méthode d'essais	Catégories de granulats fins		
		1	2	3
Micro Deval (MD), %	LC 21-101	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Friabilité	LC 21-080	≤ 40	≤ 40	s.o
Note – La mention s.o signifie qu'il n'y a pas d'exigences pour cette caractéristique				

Tableau 6.7 Catégorie de granulats fins selon leurs caractéristiques intrinsèques.

Source: NQ 2560-114/2002

6.3.4 Colorimétrie – Méthode A23.2-7A

Les échantillons soumis à ces essais proviennent des échantillons A, B et C identifiés dans le chapitre 6.1.2 Protocole d'échantillonnage. Les résultats sont illustrés dans l'annexe I et dans le tableau 6.8.

Ils montrent des indices de valeur qui permettent aux granulats une acceptabilité selon les exigences de la norme CSA A23.1 relative aux impuretés organiques.

Échantillons	C		A1	A2		B1	B2
Indice colorimétrique	1		3	3		2	2

Tableau 6.8 Récapitulatif des résultats d'essai de colorimétrie

6.4 Discussion

L'analyse des résidus de 2013 indique ce qui suit :

- **Contamination aux hydrocarbures C₁₀-C₅₀**

Les résultats d'essais effectués sur les échantillons des résidus de balayage récupérés au printemps 2013 non lavés, indiquent des concentrations en C₁₀-C₅₀ supérieures à 700 mg/kg et inférieures à 3500 mg/kg pour l'échantillon A2 et des concentrations inférieures à 700 mg/kg pour l'échantillon A1. En tenant compte du cas le plus défavorable, ils seront classés dans la plage B-C des critères génériques de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ». Les abrasifs tamisés et lavés à l'hydrocycloneur affichent quant à eux, des concentrations inférieures au critère B. Cela les classe dans la plage A-B des critères génériques de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ».

Leur teneur en C₁₀-C₅₀ étant supérieure à 300 mg/kg et inférieure à 3500 mg/kg, permet de les classer dans la catégorie 3 des lignes directrices citées plus haut. L'annexe V présente le tableau d'utilisation en fonction des catégories de matériaux.

- **Contamination aux hydrocarbures aromatique polycycliques (HAP)**

Les résultats d'essais effectués sur les échantillons des résidus de balayage récupérés au printemps 2013, indiquent des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP inférieures au critère générique A de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ».

- **Contamination aux métaux et métalloïdes**

Les résultats d'essais effectués sur les échantillons des résidus de balayage récupérés au printemps 2013, indiquent des concentrations de la majorité des métaux analysés inférieures au critère générique A de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* », hormis le zinc et le plomb, qui sont présents à des teneurs supérieures au critère A et inférieures au critère B. Un cas de concentration élevée de molybdène, dû probablement à une contamination accidentelle, a été considéré isolé et a été écarté. Cela les classe dans la plage A-B

des critères génériques de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* ».

Sur la base de ces résultats compilés à ceux des essais sur les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀, il est possible d'affirmer que les échantillons des résidus de balayage récupérés en 2013, seront classés dans la catégorie 3 selon les « Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique, d'asphalte et de pierre de taille ». En conséquence, ils pourraient être utilisés dans les domaines suivants : enrobés à chaud, enrobé à froid, stationnements et aires de stockage sur un terrain à vocation résidentielle ou agricole, un établissement d'enseignement primaire ou secondaire, un centre de la petite enfance ou une garderie, un stationnement, une aire de stockage sur un terrain à vocation institutionnelle, commerciale et industrielle incluant les terrains municipaux et matériel de recouvrement journalier de type LET.

- **Essais de lixiviation**

L'analyse des résultats montre que les concentrations en métaux des lixiviats analysés sur les résidus de balayage de 2013, sont toutes en dessous des concentrations maximales d'un contaminant dans le lixiviat d'une matière solide, établies par le « Règlement sur les matières dangereuses » du MDDEFP. Il est ainsi possible de conclure que le potentiel de lixiviation des métaux accrochés à ce type de matériau (abrasifs) est faible.

- **Caractérisation physique**

Les granulats ont été soumis à l'analyse granulométrique, aux essais Micro-Deval, friabilité et colorimétrie. Ces quatre essais ont permis de caractériser leurs répartitions granulaires, leur pourcentage d'usure, leur friabilité, leur coefficient d'écoulement ainsi que leur indice colorimétrique.

La granularité des abrasifs lavés permet de les classer dans le fuseau AB-10 tel que décrit dans le tableau 1 de la norme NQ 2560-114-VI/2002 (annexe VIII). Ils sont de ce fait, adaptés pour les abrasifs composés de granulats concassés.

Ils sont en outre, conformes aux exigences du tableau 4 de la norme NQ 2560-114-I/2002, lequel porte sur les caractéristiques intrinsèques qui sont requises. Leurs taux d'usure et de friabilité qui affichent des résultats en dessous de 30 %, permettent de

les classer dans la catégorie 1. Quant à l'exigence de la teneur en eau, la satisfaction du taux maximal d'humidité contenue dans les abrasifs, ne devrait pas poser de contraintes pratiques.

La concentration en matières organiques d'origine animale ou végétale, déterminée par la méthode colorimétrique a indiqué des valeurs inférieures à 3. Après lavage et tamisage à l'hydrocycloneur, ces valeurs sont retombées à 2.

De plus, le coefficient d'écoulement des abrasifs tamisés et lavés affiche une valeur moyenne de 89, ce qui autorise possiblement, leur utilisation dans les enrobés à chaud conformément aux exigences contenues dans la le tableau 3 de la norme NQ 2560-114-V/2002.

Le tableau 6.9 récapitule les résultats des campagnes de balayage des années 2012 et 2013.

Caractérisation	Paramètres	Abrasifs neufs	Résidus 2012		Résidus 2013	
			Résidus non lavés	Résidus non lavés fractionnés	Résidus non lavés	Résidus lavés
Chimie	HP (C ₁₀ -C ₅₀)		B-C		B-C	A-B
	HAP		< A		< A	< A
	Métaux - prédominance		A-B (Cu, Zn)	A-B (Cu, Zn)	A-B (Zn)	A-B (Pb, Zn)
	Lixiviation		< A		< A	
	Colorimétrie	1	3		3	2
Physique	Granulométrie					Fuseau AB-10
	Micro Deval	11,32	22		18,65	17,78
	Friabilité	33,13	26		25,77	24,97
	Coefficient d'écoulement	97,3 ≥ 80	66,63 < 80		67,98 < 80	89,19 ≥ 80
	Catégorie granulats fins	1	1		1	1

Tableau 6.9 Comparaison des résidus de balayage de 2012 et de 2013

7 Valorisation des matériaux

L'analyse des propriétés intrinsèques des matériaux abrasifs de la Direction de l'Outaouais, ayant subi un cycle de lavage et de tamisage, permet de considérer leur intégration dans formulation d'enrobé comme une option fort intéressante.

La démarche consiste à substituer la fraction 0/5 mm d'un enrobé par de la pierre abrasive issue du lavage et du tamisage et à évaluer le comportement du mélange ainsi obtenu. L'objectif de cette démarche est de valider l'opportunité d'intégrer les abrasifs dans un mélange d'enrobé. Le but recherché n'est donc pas d'optimiser une formule mais de vérifier le comportement d'un enrobé confectionné avec un pourcentage d'abrasifs donné suivant les exigences du Ministère en ce qui a trait aux caractéristiques et aux critères d'évaluation des enrobés à chaud formulés selon la méthode de formulation du Laboratoire des chaussées en utilisant la presse à cisaillement giratoire (PCG). L'ensemble des essais qui ont été réalisés dans le cadre de cette formulation a été réalisé au laboratoire des enrobés de l'École de Technologie Supérieure.

Dans le cas étudié, il a été question d'intégrer 35 % d'abrasifs dans une formulation de GB-20. Le choix de cette proportion est évidemment lié au souci de maximiser le taux de réutilisation.

Une combinaison des différents granulats a permis d'optimiser une formulation en fonction du taux d'abrasifs choisi, de manière à intégrer le fuseau exigé dans le tableau 4202-1 de la norme 4202 du Ministère des Transports du Québec pour un enrobé de type GB-20.

Le bitume utilisé est de classe 64-34, dont les caractéristiques sont définies dans le tableau 4101-1 de la norme 4101 du Ministère des transports du Québec. C'est un bitume habituellement utilisé dans la région de Gatineau au regard de la résistance à la fissuration thermique.

L'incorporation d'un filler dans la formulation a été nécessaire puisque le passage des granulats à l'hydrocycloneur a eu l'effet de réduire la teneur en fines. Le fuseau granulométrique combiné est présenté dans le tableau 7.1.

Tamis (mm)	10-14 mm DJL, St- Philippe 15%	14-20 mm DJL, St- Philippe 15%	5-10 Raycar 30%	0-5 Pierre abrasive D.O Gatineau 35 %	Filler 5%	Fuseau GB-20	Combiné ÉTS
28	100	100	100	100	100	100	100
20	100	96	100	100	100	95 - 100	99
14	84	12	100	100	100	67 - 90	84
10	4	2	93,5	100	100	52- 75	69
5	2	2	8,2	99	100	35 - 50	43
2,5	2	2	1,9	80	100		34
1,25			1,4	62	100		27
0,63			1,4	48	100		22
0,315			1,3	32	99		16
0,16			1,3	13	93		10
0,08			1,2	2,5	79	4,0 - 8,0	5
D brute	2,692	2,69	2,813	2,6899	2,7		
D apparente	2,709	2,703	2,943	2,7328	2,775		
% absorption	0,62	0,5	1,57	0,5833	1		

Tableau 7.1 Combiné granulométrique d'un GB-20 contenant 35 % d'abrasifs

7.1 Formulation à l'aide de la presse de cisaillement giratoire selon la méthode du Laboratoire des chaussées

Les proportions de classes granulaires permettent de calculer les caractéristiques des granulats entrant dans la composition de l'enrobé. Il s'agit de la valeur de la densité brute du granulat combiné d_{gb} , du pourcentage d'eau absorbé par le granulat P_e , de la densité effective du granulat d_{ge} et du pourcentage de bitume absorbé P_{ba} .

Une nouvelle teneur en bitume initiale P_{bi} pour la formulation de l'enrobé est ensuite calculée pour l'obtention d'une nouvelle densité maximale d_{mm} , nécessaire pour le calcul de la masse d'enrobé à utiliser pour effectuer l'essai. La valeur de P_{bi} est de 4,48 %.

L'essai à la presse à cisaillement giratoire est effectué selon la méthode d'essai LC 26-003 sur une éprouvette d'enrobé. La masse d'enrobé considérée est de 5 188,20 g. La teneur en bitume étant de 4,48 %, les granulats et le bitume ont été pesés dans les proportions suivantes :

Bitume 64-34 : 232,40g ; classe 14/20 : 743,37g ; classe 14/10 : 743,37 ; classe 5/10 : 1486,74 g ; abrasif : 1734,53 g ; filler : 247,79 g

La température des granulats est portée à 168 °C et celle du bitume à 160°C. Les accessoires servant à l'essai, tels que les cylindres de moulage, le bol à malaxage, le récipient verseur sont placés à l'étuve chauffée, à la même température que les granulats.

Les granulats chauffés et secs sont ensuite placés dans le bol de malaxage et le tout homogénéisé manuellement. Le mélange est déposé dans l'étuve à la température de 160 °C. L'enrobé est par la suite déposé dans le cylindre de moulage préalablement chauffé et placé sur le plateau de la PCG. L'angle d'inclinaison de 1,25° est appliqué sur le cylindre. Le vérin de compactage est descendu en appliquant une pression de 600 kPa. La figure 7.1 montre l'introduction du cylindre de moulage de GB-20 dans la PCG



Figure 7.1 Introduction du cylindre de moulage de GB-20 dans la PCG, ETS

L'enrobé est compacté jusqu'à 200 girations. Les mesures de hauteur pour chaque giration sont automatiquement enregistrées. Le pourcentage de vides interstitiels dans l'enrobé pour chacun des nombres de girations (10g, 120g, 200g) pour le premier essai est conforme aux exigences du tableau 4202-1 de la norme 4202.

Deux éprouvettes supplémentaires ont été préparées pour compléter l'essai. Les résultats sont illustrés dans le tableau 7.2.

V5.01	Blend 1						
Gyration Number	GB-20 4,48	GB-20 4,48	GB-20 4,48				Norme Tableau 4202-1
	%(64-34) Essai 1	%(64-34) Essai 2	%(64-34) Essai 3	Vi 1	Vi 2	Vi 3	
10	132,7	131,9	131,8	13,34	12,81	12,75	≥ 11,0
120	120,9	120,6	119,9	4,88	4,64	4,09	4,0 - 7,0
200	119,2	118,9	118,3	3,52	3,28	2,79	≥ 2,0

Tableau 7.2 Résultats des compactions à la PCG

Pour chacun des nombres de gyration nécessaires, la moyenne du pourcentage des vides interstitiels dans l'enrobé répond aux exigences de la norme.

La formulation est donc considérée terminée et la teneur en bitume initiale de 4.48 % devient la teneur en bitume totale P_b .

7.2 Résistance à l'orniérage

Le second niveau de formulation de l'enrobé est la vérification de sa résistance à l'orniérage en laboratoire. L'appareillage illustré à la figure 7.2 permet de vérifier l'aptitude de l'enrobé à résister aux déformations de type orniérage. Les éprouvettes ont été fabriquées selon les spécifications de l'enrobé au laboratoire de l'ETS. Les dimensions des éprouvettes sont de 500 mm x 180 mm x 100 mm. Elles ont été compactées à une valeur de 95 %. Les éprouvettes ont ensuite subi un curage de 48 heures à la température de la pièce avant l'essai à l'orniéreur. la préparation des éprouvettes suit la méthode d'essai LC 26-400 « Fabrication d'éprouvettes à l'aide du compacteur LCPC ».



Figure 7.2 Ornièreur, laboratoire des enrobés, ETS

Les mesures de profil initial sont relevées aux 15 emplacements prédéterminés et les éprouvettes sont fixées dans l'orniéreur. 1 000 cycles sont d'abord effectués à froid et des mesures sont enregistrées. Ensuite, les éprouvettes sont conditionnées à une température de 60 °C pendant 12 heures avant la reprise de l'essai. Des lectures sont relevées à 100, 300, 1 000, 3 000, 10 000 et 30 000 cycles.

L'essai a été interrompu car une des deux éprouvettes a présenté à 3 000 cycles, une profondeur d'ornière supérieure à 15 mm, conformément à la méthode d'essai LC 26-410 « Résistance à la déformation des enrobés à l'essai d'orniérage ».

Les résultats des relevés sont présentés en annexe XI.

8 Évaluation économique

- **Objectifs**

Cette étape permet d'évaluer, de façon préliminaire, les retombées économiques de l'opportunité de valorisation des abrasifs entreprise lors de cette étude. Il s'agit de fournir une visibilité lors de l'établissement de deux scénarios relatifs à la gestion des abrasifs. Le premier étant bien entendu le plus pratiqué actuellement au Québec : l'enfouissement. Le second est leur valorisation.

Les coûts de l'abrasif destiné à l'enfouissement dans un centre d'enfouissement seront comparés aux coûts du même produit, issu d'un balayage, mais soumis à un nettoyage pour être valorisé. Cette estimation par les coûts variables permet de répondre à plusieurs objectifs, notamment :

- juger la performance de la décision prise ;
- apprécier la rentabilité globale de l'opération de nettoyage et de valorisation des abrasifs ;

Il s'agit d'abord d'estimer les quantités des divers matériaux inclus dans le cycle de vie des abrasifs, de l'achat des abrasifs neufs au lavage de ces matériaux, en passant par les opérations d'épandage, de balayage, de transport et de nettoyage. La seconde étape consiste à évaluer les coûts qui sont associés à toutes ces opérations. Enfin, la troisième étape évaluera le rapport entre la valorisation des abrasifs et leur enfouissement, pratiqué jusque là par la plupart des administrations du Québec.

- **Limites**

Les abrasifs considérés dans cette évaluation ne concernent que l'année 2013. Les données recueillies par la Direction de l'Outaouais auprès des entrepreneurs pour les années précédentes sont incomplètes et ne peuvent de ce fait être exploitées.

De plus, en raison de l'impossibilité d'obtenir des données concrètes sur les opérations de ramassage et d'enfouissement sur une période d'au moins deux ans,

l'analyse économique présentée ci-dessous, reste à un stade préliminaire. Il n'a pas été possible de faire une analyse comparative complète et de dégager un seuil de rentabilité.

- **Quantités des matières récupérées**

Selon les données transmises par la Direction de l'Outaouais, 898 tonnes d'abrasifs ont été épandues durant l'hiver 2012-2013. La campagne de balayage du printemps 2013 a permis la récupération de 608,88 tonnes, ce qui représente un taux de récupération par balayage de 68% auquel il faudra retrancher une quantité de matériaux représentant divers débris et qui sera évaluée par la suite. Une quantité de 510 tonnes a été disposée dans un centre d'enfouissement de Lachute. Les quelques cent tonnes restantes ont été acheminées vers une sablière de la région de Bromont pour leur valorisation. Le coût associé à leur transport est de 9.46\$/T.

Le tableau 8.1 résume les quantités de matériaux mises en œuvre lors de ces opérations. Le tableau 8.2 résume les coûts qui y sont associés.

Description	Quantités (tonnes)	Taux (%)
Abrasifs épandus	898	100
Résidus récupérés	610	68
Perte	288	32
Résidus enfouis	510	57
Résidus destinés au lavage	98	11

Tableau 8.1 Quantités de matériaux mis en œuvre durant la saison 2012-2013

Étapes	Description	Quantités réelles (t)	Taux %	Coût unitaire \$	Coût total \$
1	Achat d'abrasifs				
	Abrasifs neufs			16,25	
2	Enfouissement				
	Enfouissement- coûts directs	510		30	
	Caractérisation avant enfouissement	n échantillons		405	
	Coûts indirects- impacts environnementaux				
3	Tamisage et lavage				
	Tamisage et lavage des résidus	98		3	338
	Caractérisation des matériaux lavés	2 échantillons		405	810
	Coût du transport au site de lavage	98		9,46	927
	Coût total de la décontamination			21,16	2 074
4	Quantités recueillies après lavage				
	Quantités considérées avant lavage	98	100		
	Tamisage et lavage des résidus considérés	88,640	90,45		
	Déchets grossiers recueillis	5,28	5,95		
	Fines recueillies dans les bassins de sédimentation	4,36	4,92		
	Abrasifs recueillis après hydrocyclonage	79	89,15		

Tableau 8.2 Quantités et coûts associés aux opérations de lavage et d'enfouissement

- **Analyse de la rentabilité**

L'analyse de ces données renseigne d'abord sur la proportion des abrasifs recueillis après un tamisage et un lavage qui avoisine 90 % des résidus ramassés. C'est un taux fort intéressant d'autant plus que ce sont des granulats dont les caractéristiques les classent dans les matériaux potentiellement réutilisables et donc prêts à être valorisés.

Par ailleurs, il y a lieu de relever le pourcentage non négligeable des résidus grossiers (métaux, branches, papiers, et toutes sortes de déchets organiques) qui sont directement associés à l'opération de balayage (5,2%). La proportion de fines recueillies dans les bassins de sédimentation par l'effet de l'hydrocycloneur avoisine, quant à elle, les taux obtenus lors des analyses granulométriques (4,3 %).

La lecture des données renseigne également sur le poids de la caractérisation dans le coût total de la valorisation des abrasifs. En effet, un essai de caractérisation chimique coûte en moyenne 405 \$, ce qui représente 40 % du coût de la valorisation. Le coût pris en compte dans ce chapitre concerne uniquement la caractérisation des abrasifs lavés. Le coût lié aux abrasifs non lavés sera pris en compte dans le cas de l'enfouissement, opération obligatoire avant la mise à disposition dans un centre d'enfouissement.

Il est cependant utile de rappeler que le nombre d'échantillons à caractériser est fonction du volume total à considérer. Donc, la facture risque encore d'être plus onéreuse quand il s'agira d'échantillonner l'ensemble des résidus de balayage.

Le coût du transport se situe dans les mêmes proportions. Quoique, dans ce cas précisément, il est exceptionnel que des résidus soient transportés sur une distance de 280 km pour subir un lavage. C'est donc un coût qu'il faut relativiser.

Concernant l'enfouissement, le coût direct de l'enfouissement varie de 30 \$ la tonne métrique pour les sables de rue à plus de 300 \$ la tonne métrique pour les matières résiduelles, dépendamment de la nature et du degré de contamination (www.ridl.ca). Le coût considéré est de 30 \$. Il représente le coût minimal relevé sur le site internet d'un centre d'enfouissement (www.ridl.ca).

À cela, il faut ajouter les coûts de la caractérisation et du transport. De plus, il faut aussi ajouter les coûts indirects qui sont associés à l'enfouissement des résidus de balayage, tels que les impacts environnementaux. L'évaluation des coûts indirects liés aux impacts sur l'environnement de l'enfouissement des résidus de balayage requière des données qui ne sont présentement pas disponibles. Ces coûts, qui sont d'ailleurs les plus bas en Amérique du Nord, sont appelés à augmenter en prévision de la

raréfaction des espaces alloués à l'enfouissement. Ces facteurs pourraient accroître encore plus la facture de l'enfouissement.

En conclusion, il apparaît compte tenu des facteurs énumérés précédemment et des résultats de l'évaluation préliminaire, que la valorisation des abrasifs représente l'option la plus avantageuse des points de vue économique et environnemental par rapport à leur enfouissement. L'opération de lavage et de tamisage est rentable même pour des quantités aussi faibles que celles utilisées dans le cadre de cette étude par rapport à l'enfouissement.

9 Conclusion

Afin d'orienter les champs d'applications possibles des résidus de balayage de rue, il a été nécessaire de procéder à l'évaluation de la nature et du degré de leur contamination. Cette démarche a permis d'évaluer les possibilités de décontamination possible et d'apprécier la possibilité de minimiser les coûts d'opération et l'impact sur l'environnement de la future décontamination des abrasifs.

Le degré de contamination des résidus est déterminant pour la suite à donner à leur réutilisation mais leurs caractéristiques physiques le sont tout autant. Une perte d'angularité par exemple ne permettra pas leur réutilisation comme abrasifs, du moins pas indéfiniment. Dans ce cas, il serait nécessaire de leur prévoir une autre destination.

La comparaison des caractérisations de 2012 et de 2013, tel qu'illustrée dans le tableau 6.9 permet de déduire que pratiquement, les abrasifs épandus se comportent de la même manière d'une année à l'autre. Il est permis d'affirmer qu'au niveau de la contamination, l'exposition de ces abrasifs à l'environnement des chaussées, les a contaminés aux hydrocarbures C₁₀-C₅₀ et à certains métaux, principalement le zinc, qui est présent à des teneurs non négligeables pour les deux campagnes de caractérisation, ainsi que le cuivre et le plomb. L'action du lavage a permis de réduire la quantité de ces contaminants, mais leur teneur demeure toutefois, au dessus du critère générique A pour ces métaux.

Cette étude a également permis de conclure que toutes les classes granulométriques constituant les résidus de balayage, sont exposées aux métaux. Il est vrai que les fuseaux granulométriques 630 μm / 2,5 mm et < 80 μm ont un plus fort potentiel de fixation, mais globalement, toutes les classes sont exposées. De ce fait, le tamisage à sec ne paraît pas une solution en ce qui a trait à la décontamination des métaux.

De plus, le tamisage à sec, testé au laboratoire sur les échantillons de 2012, n'a pas suffi à nettoyer les abrasifs des matières organiques. Ces matières, d'origine animale ou végétale, restent collées aux parois des granulats même après un tamisage énergétique, reproduit par un tamiseur mécanique. Seule l'action combinée de l'eau et du tamisage paraît efficace pour réduire l'indice colorimétrique.

Le procédé d'hydrocyclonnage, utilisé lors de cette étude, pour laver les résidus, répond essentiellement à un double objectif : nettoyer les granulats des matières organiques (diminution de l'indice colorimétrique) et réduire les fines (< 63 μm).

Néanmoins, il paraît possible de valoriser les abrasifs sans avoir recours à l'hydrocyclonneur, en les tamisant et en les lavant sur un site industriel par exemple, en autant qu'ils soient propres (exempts de toutes matières animale ou végétale et de particules fines) et répondent aux exigences techniques, avant leur réutilisation.

Les résultats des essais permettent de classer les abrasifs dans la catégorie 3 des «Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique, d'asphalte et de pierre de taille ». Cette classification ouvre la voie à un certain nombre de possibilités de réutilisation d'autant plus que leur potentiel de lixiviation est faible.

La comparaison du comportement physique des abrasifs durant les deux exercices 2012 et 2013, montre une dégradation de leurs propriétés intrinsèques due essentiellement à la friction avec la chaussée, sous l'effet combiné du passage des roues des véhicules, de l'action de l'eau, de la neige, du vent et d'autres facteurs.

Cependant, la granularité des abrasifs lavés permet de les classer dans le fuseau AB-10 tel que décrit dans le tableau 1 de la norme NQ 2560-114-VI/2002 (annexe VIII). Ils sont de ce fait, adaptés pour les abrasifs composés de granulats concassés.

Ainsi, il apparaît qu'il est fortement possible de les réutiliser comme abrasifs routiers pour un autre épisode hivernal. À ce titre, Il faudra coordonner la réapplication des abrasifs avec la direction territoriale du MDDEFP pour obtenir les autorisations nécessaires car bien que leur teneur en métaux soit faible, il n'en demeure pas moins qu'ils sont classés dans la dans la plage A-B des critères génériques de la PPSRTC. L'approbation du MDDEFP est donc requise.

Par ailleurs, les taux de friabilité et d'usure des abrasifs lavés, permettent de les classer dans la catégorie 1 des granulats fins selon le tableau 4 de la norme NQ 2560-114-I/2002. Leur coefficient d'écoulement est de l'ordre de 89. Ils sont de ce fait, conformes aux exigences des tableaux 2 et 3 de la norme NQ 2560-114-V/2002.

Pratiquement et selon le tableau A1 de la norme citée précédemment, les abrasifs de la campagne de 2013, échantillonnés après lavage, pourraient convenir à la confection d'enrobés à chaud et à froid pour les couches de base, les couches de correction, les couches de surface pour tous types de chaussées, en surfacage, en constructions neuves ou en reconstruction.

À cet effet, une application en enrobé GB-20 a été testée sans succès, l'essai à l'orniéreur ayant échoué. Il convient de procéder à d'autres essais avec une autre formulation, de façon à optimiser la granulométrie.

En conclusion, selon la définition d'une matière dangereuse de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, les résidus de balayage ne sont pas considérés comme des matières dangereuses. Les matériaux abrasifs ne sont par ailleurs, catégorisés dans aucune norme à proprement dit. Les différents règlements et normes utilisés dans la présente étude pour leur caractérisation, sur le plan de la contamination ou sur le plan mécanique, ne les citent à aucun moment en termes clairs.

Ce qui est certain, c'est que ce sont des granulats naturels provenant de carrières ou de sablières auxquels sont venus se greffer des résidus de toutes sortes. Le balayage contribue grandement au mélange des granulats d'abrasifs avec les résidus organiques, végétaux ou animaux et les poussières. Il n'en demeure pas moins que c'est le seul moyen de ramassage efficace qui existe actuellement. Il paraît donc plausible de les catégoriser comme étant des granulats naturels qu'il faudra

simplement nettoyer pour ensuite possiblement pouvoir les réutiliser comme abrasifs pour un autre hiver, ou les intégrer dans des enrobés ou dans un matériau granulaire.

L'évaluation économique quoique préliminaire, car ne tenant pas compte de tous les facteurs, effectuée sur les résidus récupérés, permet de considérer l'option de la valorisation comme étant beaucoup plus avantageuse que l'enfouissement. Certes, certains coûts liés à la valorisation, tels que les essais de caractérisation peuvent être réduits. En effet, la caractérisation systématique au vu des campagnes qui ont été menées depuis de nombreuses années par le Ministère des Transports du Québec, révèlent des taux et des modes de contamination similaires. Il ne paraît donc pas pertinent de recourir à des caractérisations systématiques, d'autant plus que les coûts associés à ces opérations sont importants.

La valorisation des abrasifs issus du balayage printanier a un impact positif sur le plan environnemental, dans la mesure où la Direction de l'Outaouais, en réduisant sa consommation de matériaux neufs de calibre 0/5 mm, destinés soit à l'épandage d'abrasifs, ou bien à la confection d'enrobés et de matériaux granulaires, préserverait les ressources non renouvelables que sont les roches brutes. La réutilisation réduirait également l'utilisation des espaces d'enfouissement actuellement en voie d'être saturés mais aussi les coûts qui leur sont directement ou indirectement associés.

Au vu des résultats obtenus par cette étude, il apparaît que la récupération des abrasifs en vue de les valoriser est un projet réaliste et réalisable. L'opération de décontamination est économiquement plus avantageuse que l'enfouissement, en dépit des coûts de transport exceptionnels considérés dans cette étude. Il n'est donc pas nécessaire de remettre à plus tard le projet pour peu qu'un site de lavage et de tamisage par hydrocyclonnage soit désigné dans la région et une entente adoptée.

Les conclusions de cette étude sont spécifiques aux granulats échantillonnés de la Direction de l'Outaouais du Ministère des Transports du Québec et ne sauraient en aucun cas être généralisées à d'autres résidus de balayage d'autres régions. En effet, l'évolution des abrasifs sur leur cycle de vie semble tributaire de plusieurs facteurs, telles les caractéristiques de la roche brute, les sources de contamination ainsi que

l'ampleur de leur exposition à un environnement spécifique, notamment l'envergure du trafic routier et les classes des chaussées.

10 Recommandations

L'étude recommande à la Direction de l'Outaouais du Ministère des Transports du Québec, d'engager une réflexion et une étude sur les impacts environnementaux liés à l'enfouissement des résidus de balayage et les coûts qui leur sont directement ou indirectement associés, en vue d'aboutir à une évaluation économique et environnementale qui intégrerait tous les paramètres pertinents.


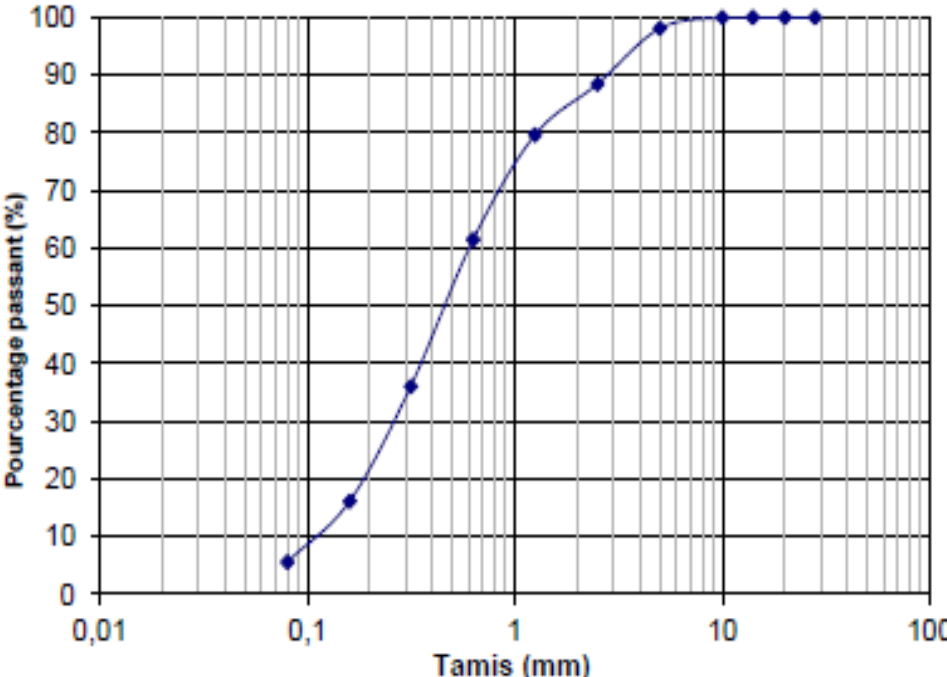
Elle recommande également de lancer un appel d'offre pour le lavage et le tamisage des résidus par hydrocyclonnage dans la région de l'Outaouais pour réduire les coûts de transport.

Enfin, l'étude recommande de procéder, avec le concours d'un laboratoire, à des essais d'enrobés, en intégrant les granulats d'abrasifs et en les substituant à la fraction 0/5 mm dans la formulation.

ANNEXE I

Essais de caractérisation physique des résidus de balayage

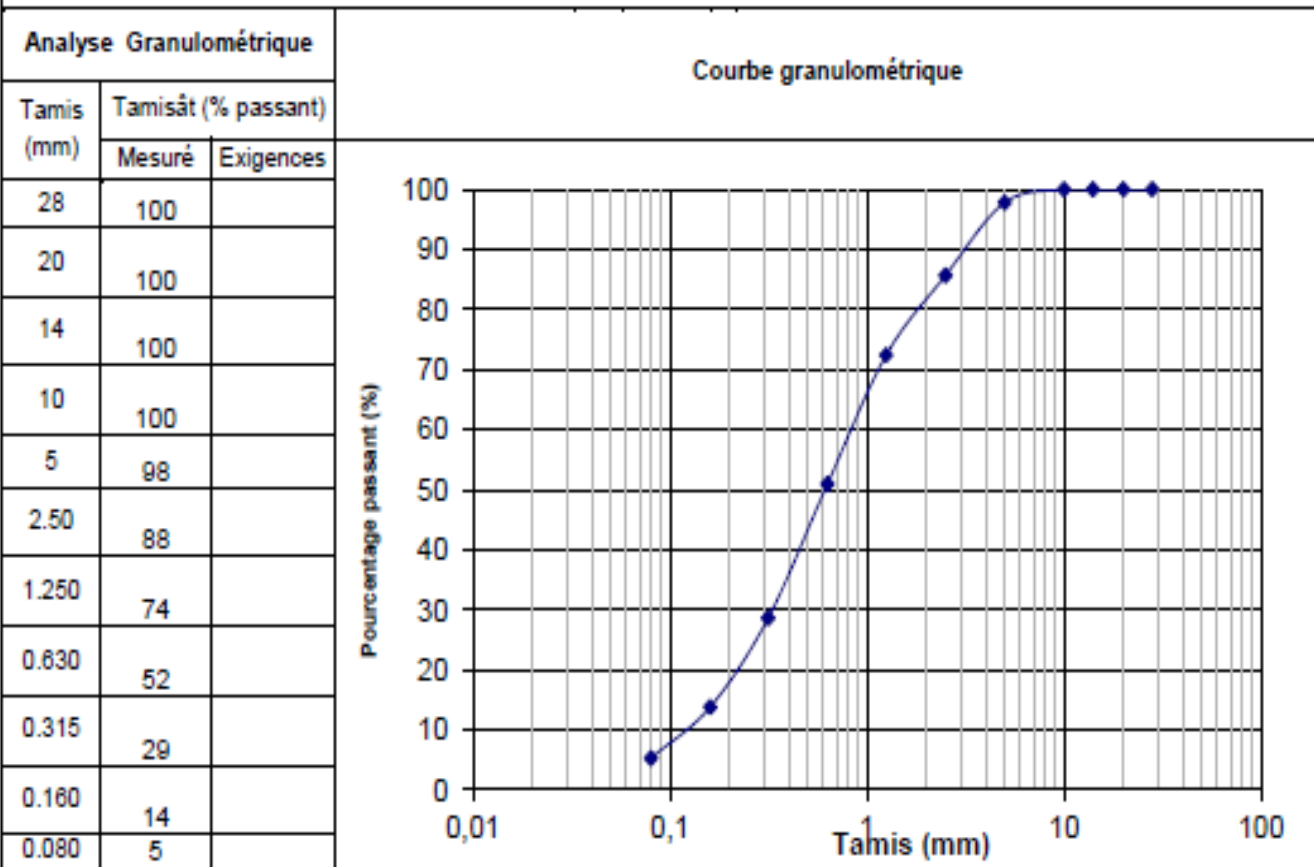
Résidus de 2012

 Université du Québec École de technologie supérieure Département de génie de la construction		Essais sur sols et granulats			
1101, rue Notre-Dame Ouest (angle Peel au sud) Montréal (CQ) H3C 1K3 Téléphone: 514 396-0000 regis@est.usherbrooke.ca		Dossier n°: Échantillon n°		A 1	
Projet : Abrasifs Gatineau Client : MTQ - D.T de l'Outaouais		Normes : Date de l'essai		BNQ - 2560 - 040 26/06/2012	
Description : Matériaux Abrasifs Provenance : Gatineau Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012		Prélevé le Endroit prélevé: provisoire		13/06/2012 Gatineau - Dépôt	
Analyse Granulométrique			Courbe granulométrique		
Tamis (mm)	Tamisât (% passant)				
	Mesuré	Exigences			
28	100				
20	100				
14	100				
10	100				
5	98				
2.50	90				
1.250	81				
0.630	63				
0.315	37				
0.160	16				
0.080	6				
Essai Micro-Deval < 5 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	23.76	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	24.50	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	69.75
Remarques :					



Projet : Abrasifs Gatineau	Dossier n°:	
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais	Échantillon n°	A 2
	Normes :	BNQ - 2560 - 040
	Date de l'essai	26/06/2012

Description : Matériaux Abrasifs	Prélevé le	13/06/2012
Provenance : Gatineau	Endroit prélevé:	Gatineau - Dépôt
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012	provisoire	



Essai Micro-Deval < 5 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	21.61	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	2
Friabilité	LC 21-080	26.08	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	68.90

Remarques :

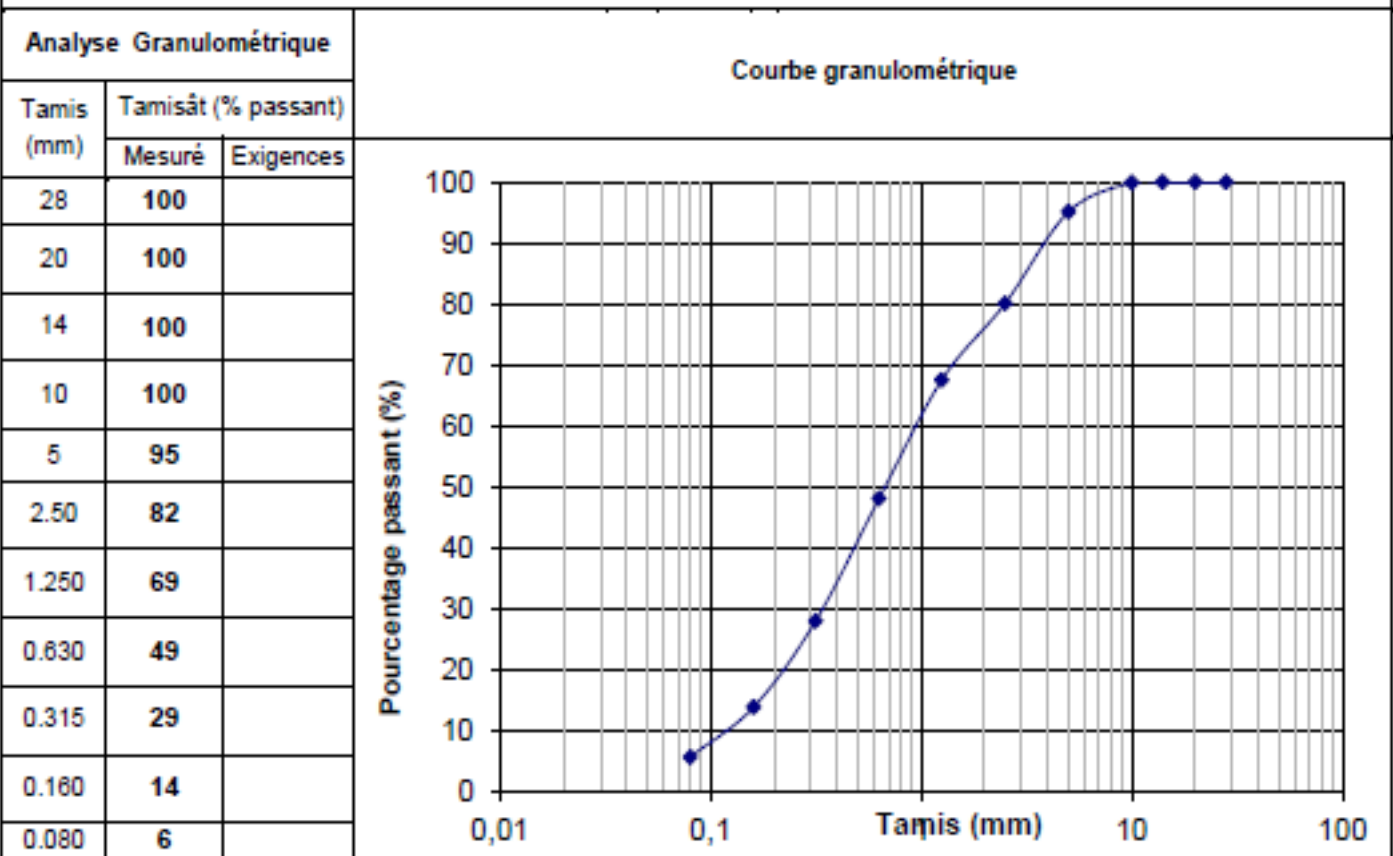


Projet : Abrasifs Gatineau
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais

Dossier n°:
Échantillon n° **A 3**
Normes : BNQ - 2560 - 040
Date de l'essai 26/06/2012

Description : Matériaux Abrasifs
Provenance : Gatineau
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012

Prélevé le 13/06/2012
Endroit prélevé: Gatineau - Dépôt provisoire



Essai Micro-Deval < 5 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	21.07	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	2
Friabilité	LC 21-080	26.18	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	65.84

Remarques :



100, rue Notre-Dame Ouest (angle Peel au sud) Montréal
(514) 393-1000 Téléphone: 514 396-0000
http://www.ests.ubq.ca

Projet : Abrasifs Gatineau
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais

Dossier n°:
Échantillon n° **A 4**
Normes : BNQ - 2560 - 040
Date de l'essai 26/06/2012

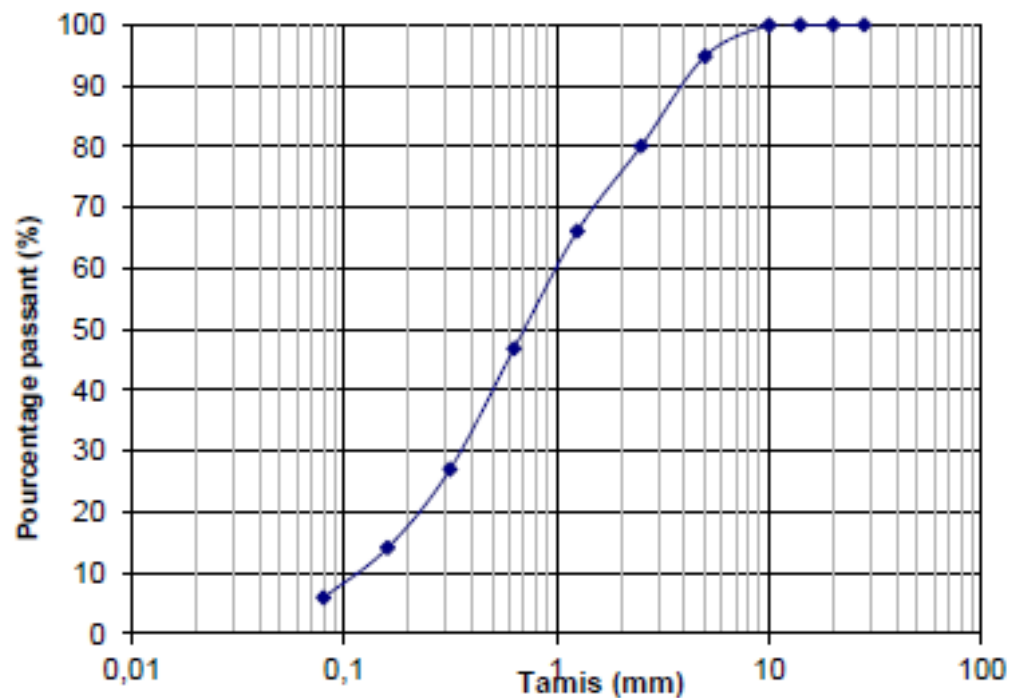
Description : Matériaux Abrasifs
Provenance : Gatineau
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012

Prélevé le 13/06/2012
Endroit prélevé: Gatineau – Dépôt provisoire

Analyse Granulométrique

Courbe granulométrique

Tamis (mm)	Tamisât (% passant)	
	Mesuré	Exigences
28	100	
20	100	
14	100	
10	100	
5	95	
2.50	82	
1.250	68	
0.630	48	
0.315	28	
0.160	14	
0.080	6	



Essai Micro-Deval < 5 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	20.87	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	27.33	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	65.16

Remarques :



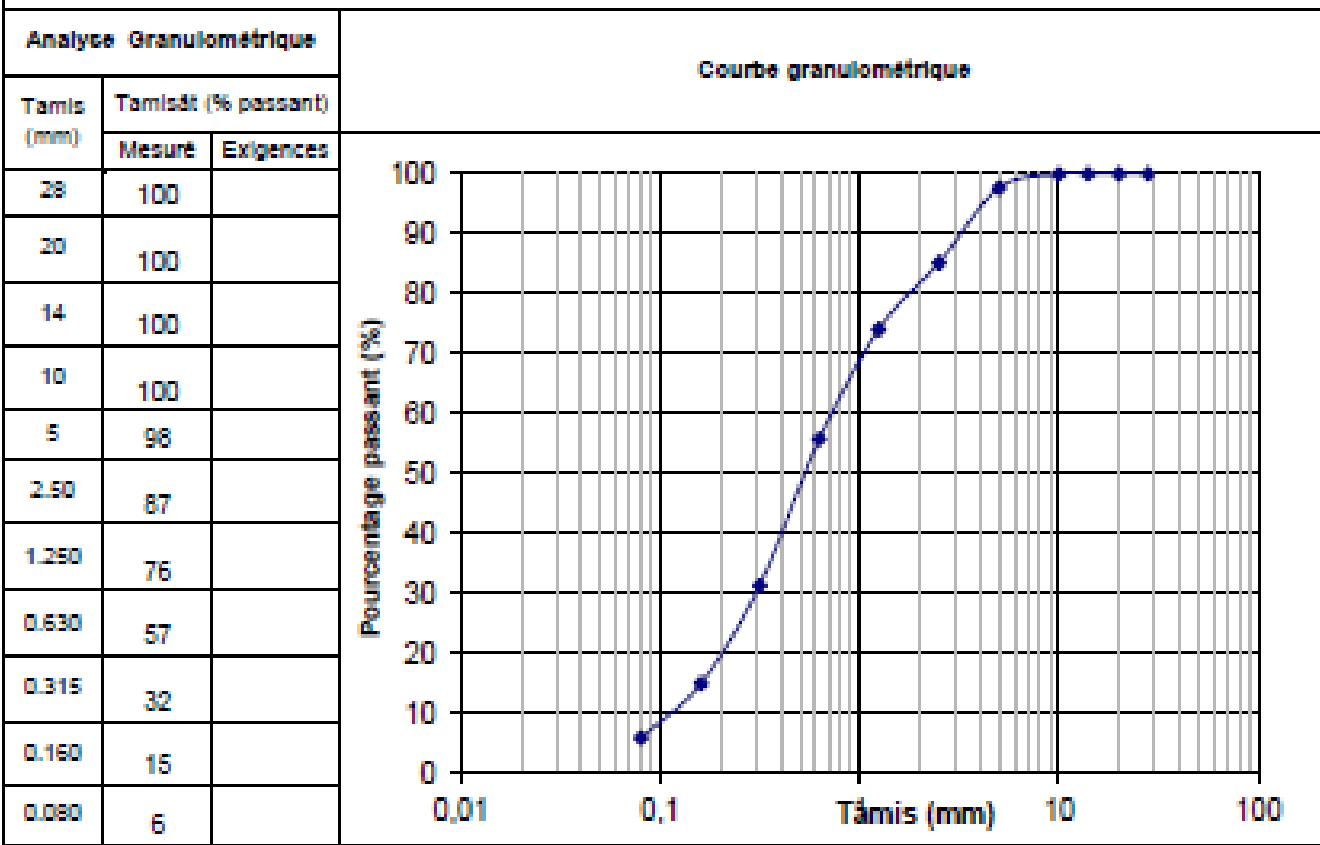
1100, rue Notre-Dame Ouest (angle Peel au sud) Montréal
(514) 393-1413 Téléphone (514) 393-6000
http://www.etsu.ca

Projet : Abrasifs Gatineau
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais

Dossier n°:
Échantillon n° **A 5**
Normes : BNQ - 2560 - 040
Date de l'essai : 26/06/2012

Description : Matériaux Abrasifs
Provenance : Gatineau
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012

Prélevé le : 13/06/2012
Endroit prélevé: Gatineau - Dépôt
provisoire



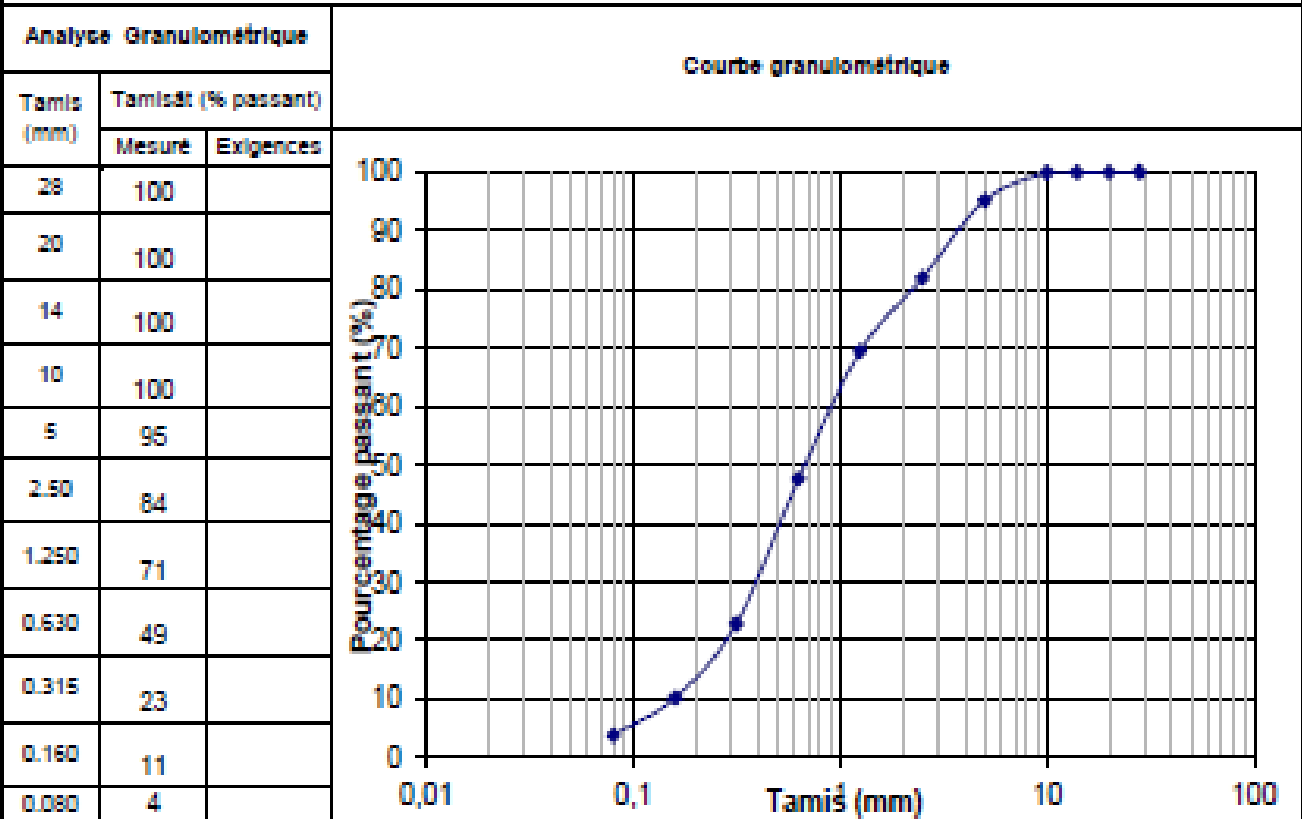
Essai	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	22.70	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	25.89	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	63.52

Remarques :



Projet : Abrasifs Gatineau	Dossier n°:	
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais	Échantillon n°	B 1
	Normes :	BNQ - 2560 - 040
	Date de l'essai	26/06/2012

Description : Matériaux Abrasifs	Prélevé le	13/06/2012
Provenance : Gatineau	Endroit prélevé:	Gatineau – Dépôt
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012	provisoire	



Eccal Micro-Deval < 6 mm	Méthode d'eccal	Résultats	Autres eccals	Méthodes d'eccal	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	20.12	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	4
Friabilité	LC 21-080	24.52	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	68.59

Remarques :



Projet : Abrasifs Gatineau
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais

Dossier n°:
Échantillon n° **B 2**
Normes : BNG - 2560 - 040
Date de l'essai : 26/06/2012

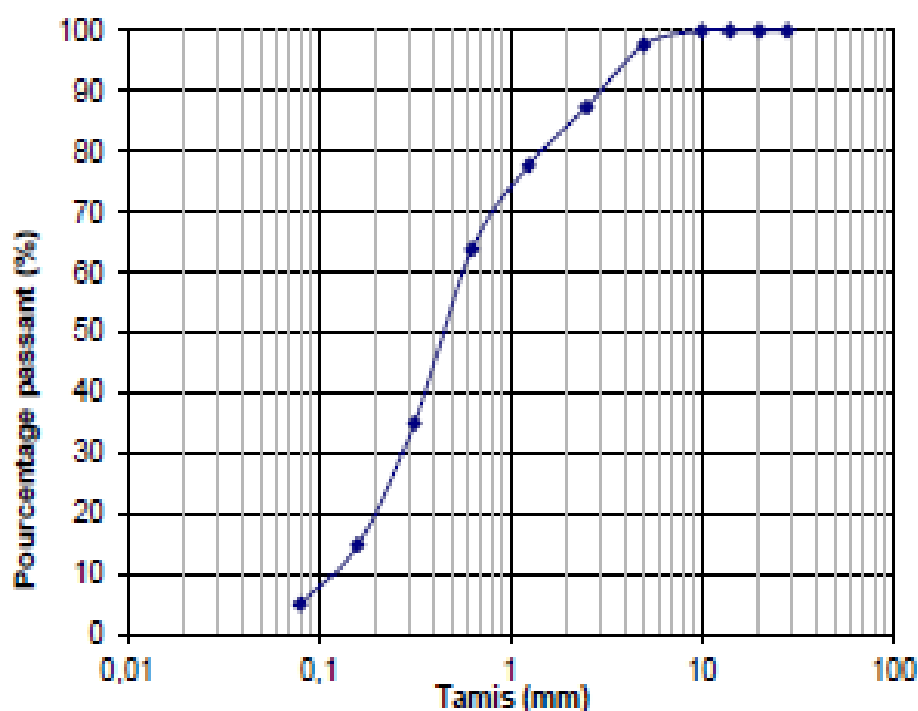
Description : Matériaux Abrasifs
Provenance : Gatineau
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012

Prélevé le : 13/06/2012
Endroit prélevé : Gatineau – Dépôt provisoire

Analyse Granulométrique

Courbe granulométrique

Tamis (mm)	Tamisât (% passant)	
	Mesuré	Exigences
28	100	
20	100	
14	100	
10	100	
5	98	
2.50	89	
1.250	79	
0.630	65	
0.315	36	
0.160	15	
0.080	5	



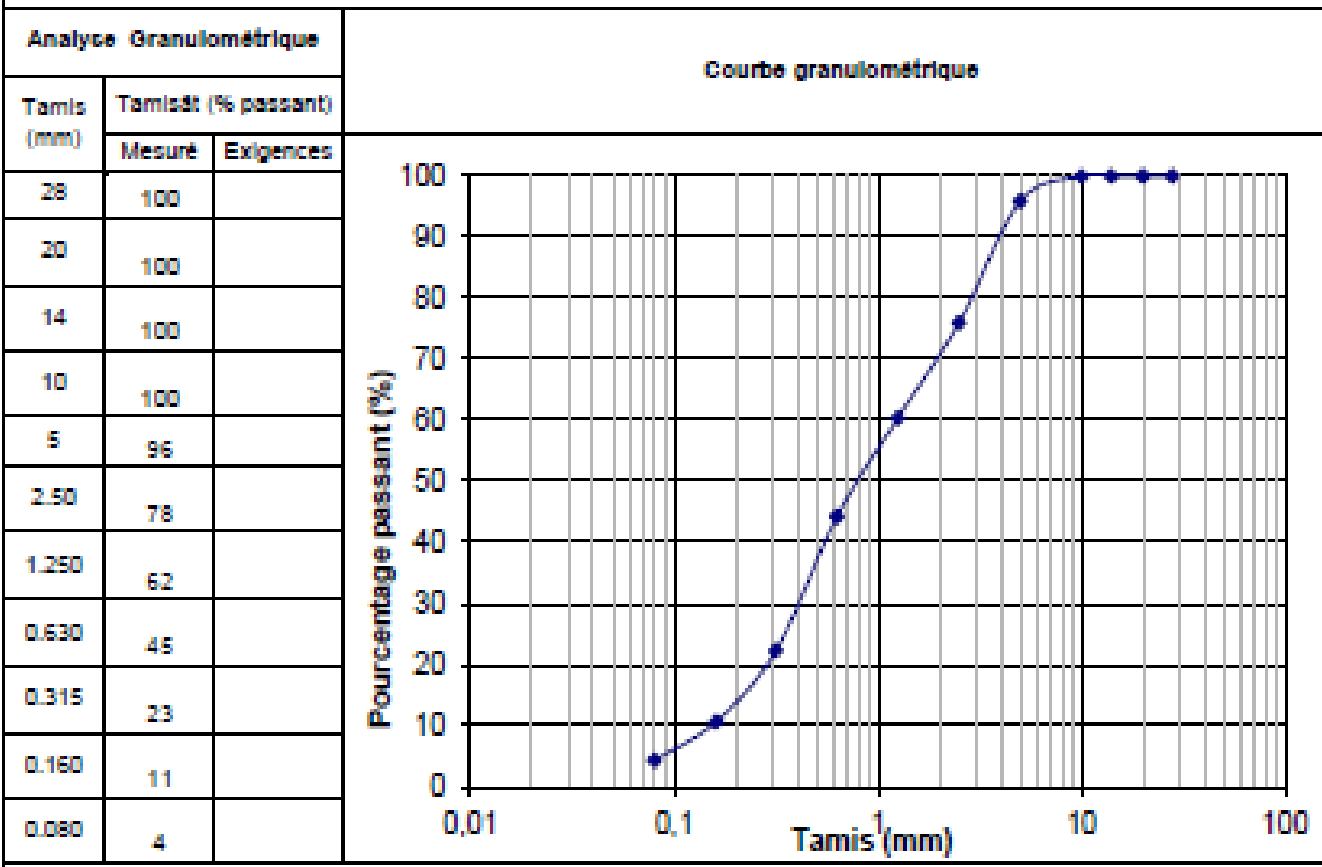
Essai Micro-Deval < 6 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	22.65	Colorimétrie	GSA.A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	23.85	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	66.37

Remarques :



Projet : Abrasifs Gatineau	Dossier n°:	
Client : MTQ - D.T de l'Outaouais	Échantillon n°	B 3
	Normes :	BNQ - 2560 - 040
	Date de l'essai	26/06/2012


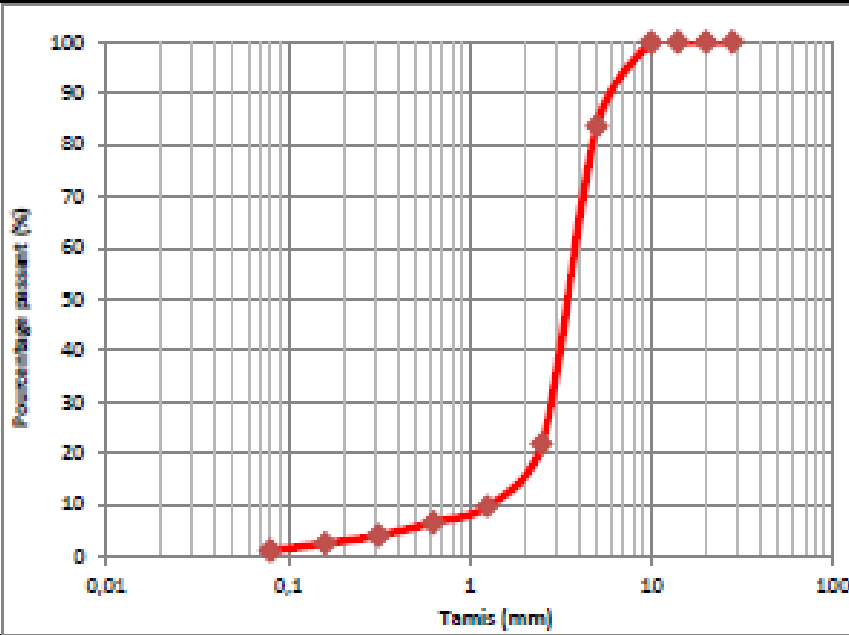
Description : Matériaux Abrasifs	Prélevé le	13/06/2012
Provenance : Gatineau	Endroit prélevé:	Gatineau – Dépôt
Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012	provisoire	



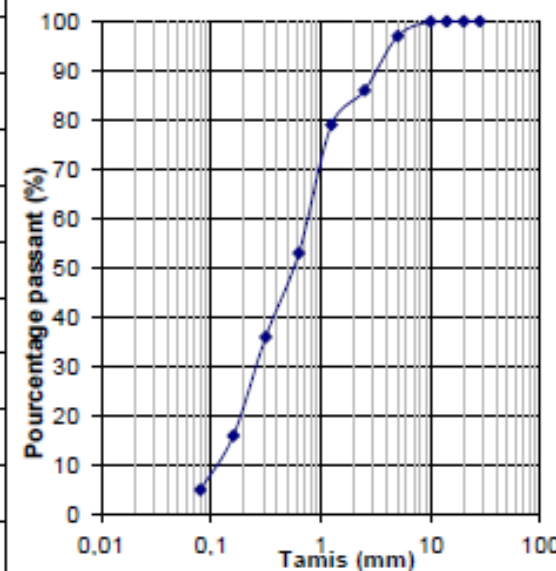
Essai Micro-Deval < 5 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	20.01	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	27.16	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	66.56

Remarques :

Abrasifs neufs

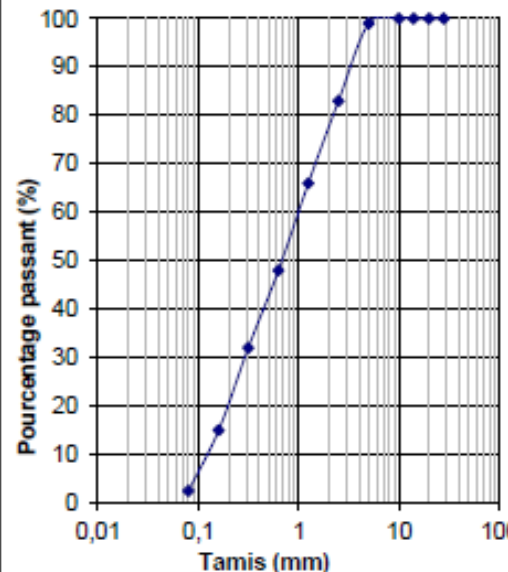
 Université de Québec École de technologie supérieure Département de génie de la construction		Essais sur sols et granulats			
110, rue Notre-Dame-Ouest (angle Bell) à Trois-Rivières (418) 833-1000 / 1-877-393-6100 http://www.etsmtl.ca					
Dossier n°: Échantillon n°: C 1 Normes: BNQ - 2560 - 040 Date de l'essai: 26/06/2012		Projet: Abrasifs Gatineau Client: MTQ - D.T. de l'Outaouais			
Description: Matériaux: Abrasifs Provenance: Gatineau Utilisation: Résidus de Balayage printemps 2012		Prélevé le: 13/06/2012 Endroit prélevé: Gatineau - Dépôt provisoire			
Analyse Granulométrique		Courbe granulométrique			
Tamis (mm)	Tamisât (% passant)				
	Mesuré	Exigences			
28	100				
20	100				
14	100				
10	100				
5	83				
2.50	22				
1.250	10				
0.630	7				
0.315	4				
0.160	3				
0.080	1				
Essai Micro-Deval < 6 mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	11.32	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	1
Friabilité	LC 21-080	33.16	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	97.3
Remarques :					

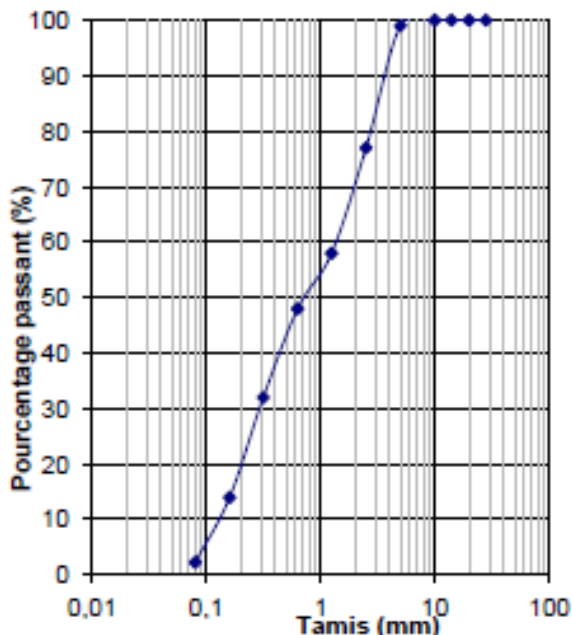
Résidus de 2013

Essais sur sols et granulats							
Projet : Abrasifs Gatineau		Dossier No:					
Client : Gatineau		Échantillon No		A1 non lavé			
		Normes :		BNQ - 2560 - 040			
		Date essai		20/08/2013			
Matériaux Abrasif				Prélevé le			
Provenance : Gatineau				05/06/2013			
Utilisation: produit de Balayage printemps 2013				Endroit prélevé: Site de lavage de Bromont			
Analyse Granulométrique			Courbe granulométrique				
Tamis (mm)	Tamisât (%)						
	Mesuré	Exigences					
28	100						
20	100						
14	100						
10	100						
5	97						
2.50	86						
1.250	79						
0.630	53						
0.315	36						
0.160	16						
0.080	5						
Essai Micro-Deval < 5mm	Méthode d'essai	Résultats	Exigences	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats	Exigences
Pourcentage d'usure	LC 21-101	17.12		Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3	
Friabilité	LC 21-080	26.12		Coefficient d'écoulement	LC 21-075	69.85	
Remarque:							



Projet : Abrasifs Gatineau MTQ- DT		Dossier No:			
Client : Gatineau		Échantillon No	A2 non lavé		
		Normes :	BNQ - 2560 – 040		
		Date essai	20/08/2013		
Matériaux Abrasif		Prélevé le	05/08/2013		
Provenance : Gatineau		Endroit prélevé:	Site de lavage de Bromont		
Utilisation: produit de Balayage printemps 2013					
Analyse Granulométrique		Courbe granulométrique			
Tamis (mm)	Tamisât (%)				
	Mesuré	Exigences			
28	100				
20	100				
14	100				
10	100				
5	98				
2.50	80				
1.250	72				
0.630	51				
0.315	29				
0.160	14				
0.080	5				
Essai Micro-Deval < 5mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats
Pourcentage d'usure	LC 21-101	20.17	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	3
Friabilité	LC 21-080	25.42	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	66.11
Remarque:					

Essais sur sols et granulats							
Projet : Abrasifs Gatineau		Dossier No:					
Client : Gatineau		MTQ- DT		Échantillon No		B1 lavé	
				Normes :		BNQ - 2560 - 040	
				Date essai		20/08/2013	
Matériaux Abrasif				Prélevé le		12/06/2013	
Provenance : Gatineau							
Utilisation: produit de Balayage printemps 2013				Endroit prélevé:		Site de lavage de Bromont	
Analyse Granulométrique			Courbe granulométrique				
Tamis (mm)	Tamisât (%)						
	Mesuré	Exigences					
28	100						
20	100						
14	100						
10	100						
5	99						
2.50	83						
1.250	66						
0.630	48						
0.315	32						
0.160	15						
0.080	2.5						
Essai Micro-Deval < 5mm	Méthode d'essai	Résultats	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats	Exigences	
Pourcentage d'usure	LC 21-101	18.32	Colorimétrie	CSA A23-2-7A	2		
Friabilité	LC 21-080	24.2	Coefficient d'écoulement	LC 21-075	89.5		
Remarque:							

Essais sur sols et granulats							
Projet : Abrasifs Gatineau MTQ- DT		Dossier No:					
Client : Gatineau		Échantillon No		B2 lavé			
		Normes :		BNQ - 2560 - 040			
		Date essai		20/08/2013			
Matériaux Abrasif		Prélevé le		12/06/2013			
Provenance : Gatineau		Endroit prélevé:		Site de lavage de Bromont			
Utilisation: produit de Balayage printemps 2013							
Analyse Granulométrique			Courbe granulométrique				
Tamis (mm)	Tamisât (%)						
	Mesuré	Exigences					
28	100						
20	100						
14	100						
10	100						
5	99						
2.50	77						
1.250	58						
0.630	48						
0.315	32						
0.160	14						
0.080	2.3						
Essai Micro-Deval < 5mm	Méthode d'essai	Résultats	Exigences	Autres essais	Méthodes d'essai	Résultats	Exigences
Pourcentage d'usure	LC 21-101	17.25		Colorimétrie	CSA A23-2-7A	2	
Friabilité	LC 21-080	25.74		Coefficient d'écoulement	LC 21-075	88.89	
Remarque:							

ANNEXE II

Résultats des essais chimiques

Résidus de 2012



Le succès par la science

Dossier Maxxam: B232285
Date du rapport: 2012/07/05

École des technologies supérieures

Adresse du site: ABRASIFS, GATINEAU
Votre # de commande: 64707

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam				R36653	R36654	R36655	R36656			
Date d'échantillonnage				2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13			
# Bordereau				e849859	e849859	e849859	e849859			
	Unités de	A	B	C	A-01	A-02	A-03	A-04	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.7	8.3	8.4	7.8	N/A	N/A
HAP										
Acénaphène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Acénaphthylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(ghi)peryène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Fluoranthène	mg/kg	0.1	10	100	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1022070
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Pyrène	mg/kg	0.1	10	100	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1022070
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Récupération des Surrogates (%)										
D10-Anthracène	%	-	-	-	97	94	93	92	N/A	1022070
D12-Benzo(a)pyrène	%	-	-	-	88	86	84	83	N/A	1022070
D14-Terphenyl	%	-	-	-	119	118	116	117	N/A	1022070
D8-Acenaphthylene	%	-	-	-	86	87	86	85	N/A	1022070
D8-Naphtalène	%	-	-	-	89	87	85	84	N/A	1022070
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée										

Dossier Maxxam: B232285
 Date du rapport: 2012/07/05

École des technologies supérieures

 Adresse du site: ABRASIFS, GATINEAU
 Votre # de commande: 64707

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam					R36657	R36658	R36659	R36659		
Date d'échantillonnage					2012/06/13	2012/06/13	2012/06/13	2012/06/13		
# Bordereau					e849859	e849859	e849859	e849859		
	Unités de	A	B	C	B-01	B-02	B-03	B-03 Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.7	7.5	5.6	5.6	N/A	N/A
HAP										
Acénaphène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Acénaphthylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	0.1	1	10	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
7,12-Diméthylbenzantracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Fluoranthène	mg/kg	0.1	10	100	0.4	0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Pyrène	mg/kg	0.1	10	100	0.3	0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1022070
Récupération des Surrogates (%)										
D10-Anthracène	%	-	-	-	94	93	99	95	N/A	1022070
D12-Benzo(a)pyrène	%	-	-	-	87	84	89	85	N/A	1022070
D14-Terphenyl	%	-	-	-	119	118	126	120	N/A	1022070
D8-Acénaphthylène	%	-	-	-	89	86	91	87	N/A	1022070
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée										

Identification Maxxam					R36657	R36658	R36659	R36659		
Date d'échantillonnage					2012/06/13	2012/06/13	2012/06/13	2012/06/13		
# Bordereau					e849859	e849859	e849859	e849859		
	Unités de	A	B	C	B-01	B-02	B-03	B-03 Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
D8-Naphtalène	%	-	-	-	88	86	91	87	N/A	1022070
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée										

Dossier Maxxam: B232285
 Date du rapport: 2012/07/05

École des technologies supérieures

 Adresse du site: ABRASIFS, GATINEAU
 Votre # de commande: 64707

HYDROCARBURES PAR GC/FID (SOL)

Identification Maxxam					R36853	R36854	R36855	R36856		
Date d'échantillonnage					2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13		
# Bordereau					e849859	e849859	e849859	e849859		
	Unités de	A	B	C	A-01	A-02	A-03	A-04	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.7	8.3	8.4	7.8	N/A	N/A
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX										
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1300	1400	1200	1200	100	1022067
Récupération des Surrogates (%)										
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	92	89	83	87	N/A	1022067
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée										

Identification Maxxam					R36857	R36858	R36859	R36859		
Date d'échantillonnage					2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13		
# Bordereau					e849859	e849859	e849859	e849859		
	Unités de	A	B	C	B-01	B-02	B-03	B-03 Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.7	7.5	5.6	5.6	N/A	N/A
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX										
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1500	1000	910	870	100	1022067
Récupération des Surrogates (%)										
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	85	84	89	86	N/A	1022067
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée										

Dossier Maxxam: B232285
Date du rapport: 2012/07/05

École des technologies supérieures

Adresse du site: ABRASIFS, GATINEAU
Votre # de commande: 64707

MÉTAUX (SOL)

Identification Maxxam				R36653	R36654	R36655	R36656	R36657			
Date d'échantillonnage				2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13	2012/08/13			
# Bordereau				e849859	e849859	e849859	e849859	e849859			
	Unités de	A	B	C	A-01	A-02	A-03	A-04	B-01	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.7	8.3	8.4	7.8	7.7	N/A	N/A
MÉTAUX											
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	0.8	1022142
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	5	<5	6	<5	<5	5	1022142
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2000	52	51	40	41	46	5	1022142
Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	1022142
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	3	3	4	4	7	2	1022142
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	39	23	28	22	24	2	1022142
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	36	31	68	37	41	2	1022142
Etain (Sn)	mg/kg	5	50	300	<4	10	<4	<4	<4	4	1022142
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2200	200	210	200	200	190	2	1022142
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	2	<1	<1	1	1	1	1022142
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	8	8	8	8	9	1	1022142
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	35	7	6	8	8	5	1022142
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	150	150	210	120	180	10	1022142
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée											

Dossier Maxxam: B232285
Date du rapport: 2012/07/05

École des technologies supérieures

Adresse du site: ABRASIFS, GATINEAU
Votre # de commande: 64707

MÉTAUX (SOL)

Identification Maxxam					R36858	R36859		
Date d'échantillonnage					2012/06/13	2012/06/13		
# Bordereau					e849859	e849859		
	Unités de	A	B	C	B-02	B-03	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	7.5	5.6	N/A	N/A
MÉTAUX								
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	<0.8	<0.8	0.8	1022142
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	<5	<5	5	1022142
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2000	39	36	5	1022142
Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	<0.5	<0.5	0.5	1022142
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	5	5	2	1022142
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	25	32	2	1022142
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	22	26	2	1022142
Etain (Sn)	mg/kg	5	50	300	<4	<4	4	1022142
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2200	200	170	2	1022142
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	<1	1	1	1022142
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	8	8	1	1022142
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	6	7	5	1022142
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	140	85	10	1022142
N/A = Non Applicable LDR = Limite de détection rapportée								

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	A 1									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
Métaux et Metalloïdes						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250	6,62	3,91	5,04					2,83	2	5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,47	0,43	0,71	0,58	0,44	0,36	0,3	0,33	0,39	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5,1	5,66	5,58	5,24	4,69	4,33	2,7	3,9	5,72	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	29,03	31,67	25,8	27,73	26,62	28,7	23,79	22,83	26,22	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	35,93	95,58	63,34	57	55,68	42,13	32,24	29,94	58,23	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	201,05	414,8	330,7	289,6	231,45	204	150,62	179,19	245,76	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	11,06	11,66	13,02	10,64	9,89	8,57	7	9,45	11,63	1
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	40,8	14,82	21,86	16,18	16,58	11,91	6,17	17,23	18,32	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	159,16	171,5	350,7	229,7	212,67	175,6	112,42	127,5	211,29	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	A 2									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
Métaux et Metalloïdes						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250		1,2	3,77	3,96		4	4,74		2,87	5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,35	0,35	0,44	0,39	0,37	0,33	0,29	0,3	0,44	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5	4,44	5,27	5,01	5,1	1,66	2,49	3,53	5,53	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	26,78	18,39	25,34	24,78	25,14	25,67	21,04	22,55	25,88	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	38,05	31,86	44,04	32,39	35,35	34,16	35,79	28,18	31	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	196,21	286,17	268,35	223,52	224,71	208,19	143,41	166,21	239,21	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	10,29	11,84	12,77	10,4	9,24	10,51	6,73	7,74	12,32	1
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	9,93	6,82	17,99	11,85	11,28	13,37	1,6	7,43	7,34	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	155,55	131,18	192,67	209,08	199,64	180,29	100,14	119,04	380,01	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét. 1.2				Échantillon	A 3									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
Métaux et Metalloïdes						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250		1,95	3,3					0,88		5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,44	0,37	0,45	0,46	0,42	0,42	0,31	0,3	0,4	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5,3	4,02	5,75	6,39	5,8	6,3	3,99	4,69	5,88	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	26,89	13	28,67	29,25	27,13	27,42	26,59	21,95	24,88	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	62,51	54,55	121,13	119,7	90,15	89,58	105,26	51,1	120,42	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	200,91	298,8	292,7	258,9	233,7	225,4	164,9	170,1	258,6	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	7,93	9,05	13,57	15,69	11,2	10,72	5,83	8,95	12,46	1
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	8,82	1,56	39,84	19,31	11,35	15,04	9,36	15,83	11,54	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	228,61	113,59	200,88	323,2	305,7	280,9	161,6	167,7	302,5	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	A 4									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
Métaux et Metalloïdes		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
		mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm			
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250		3,62	3,41				3,56		1,88	5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,37	0,4	0,6	0,44	0,4	0,4	0,31	0,42	0,27	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5,57	5,21	5,61	6,02	6,06	5,4	3,62	6,9	4,22	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	23	27,36	52,65	24,58	27,23	25,99	20,6	26,23	22,56	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	32,85	41,17	65,03	45,99	56	38,15	13,34	55,22	17,89	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	216	423,8	299,7	261,6	243,7	219,2	152,4	257,3	184,9	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	9,11	19,49	13,85	10,71	12,84	11,59	9,41	9,41	12,59	9,55
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	8,03	9,77	13,06	13,46	13,29	19,34	10,15	16,84	11,54	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	127,51	117,16	135,61	166,52	168,97	154,1	79,54	165,97	99,02	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	A 5									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
Métaux et Metalloïdes						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250	4,07						4,17			5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,4	0,28	0,39	0,48	0,37	0,35	0,28	0,31	0,21	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5,41	3,91	6,22	6,44	5,07	4,94	3,5	5,4	3,54	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	21,14	14,99	14,23	26,64	23,86	26,57	23,21	23,29	15,27	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	36,97	15,09	38,22	62,71	43,48	46,82	87,63	35,02	28,23	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	216,4	398,98	407,1	290,68	245,58	235,57	163,88	184,74	157,03	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	10,49	4,28	11,74	11,28	8,03	11,02	10,55	6,64	6,72	1
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	9,38	5,95	33,23	12,17	16,93	13,41	13,32	8,7	3,54	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	150,22	42,7	82,61	197,89	193,72	176,03	96,56	106,04	99,39	10
LDR : Limite de détection rapportée															

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	B 1									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
Métaux et Metalloïdes						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250										5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,33	0,33	0,41	0,47	0,32	0,34	0,25	0,25	0,35	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	4,73	5,45	6,21	6,47	6,3	5,98	4,36	4,6	5,99	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	23,46	16,09	18,2	27,48	25,51	25,96	18,31	24,31	23,78	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	44,7	58,65	84,49	75,3	63,02	61,91	40,51	43,38	66,94	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	189,06	311,69	331,47	281,66	226,63	208,11	140,92	161,78	239,8	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	8,52	12,14	12,36	11,48	10,06	9,44	7,55	8,36	10,94	9,55
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	6,68	7,26	16,9	20,63	17,26	5,32	0,01	10,79	37,34	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	194,48	137,81	239,54	268,53	261,31	228,09	122,98	151,11	247,37	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	B 2									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
Métaux et Metalloïdes		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250		3,27	4,44		4,34	2,98	3,63	3,4		5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,38	0,3	0,33	0,45	0,44	0,33	0,2	0,3	0,38	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	6,62	4,88	4,71	6,77	8,58	6,43	4,38	5,27	8,98	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	24,31	13,41	7,88	4,71	6,77	8,58	6,43	4,38	5,27	8,98
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	23,83	21,91	14,43	43,56	33,16	27,63	20,44	21,62	43,54	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	175,2	426,1	383,6	333,6	227,8	191,4	132,2	149,4	238,9	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	10,59	11,95	5,51	11,93	11,9	11,8	6,8	9,21	12,62	9,55
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	6,57	5,5	10,77	9,48	11,35	8,5	19,61	7,24	9,8	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	149,32	88,7	59,65	232,73	226,1	183,3	93,04	113,9	218,1	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13																
Date d'analyse 2012-09-20																
Norme		MA-200-Mét .1.2				Échantillon	B 3									
Paramètres analysés		Critères génériques				Fraction										
Métaux et Metalloïdes	unités	A	B	C	D											LDR
						0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80		
						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm		
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200											
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250	3,34		1,31				2,38			5	
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000											
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,34	0,26	0,42	0,5	0,41	0,35	0,8	0,25	0,36	0,5	
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1 500	5,17	4,75	6,87	6,57	7,38	7,12	5,06	4,98	7,35	2	
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	26,83	12,59	16,72	20,69	27,46	28,78	21,64	21,17	25,54	2	
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	29,01	23,36	52,08	57,03	45,74	36,74	18,2	20,31	46,23	2	
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500											
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	207,9	436,1	330,4	330,6	247,3	227,3	163,3	165,9	246,9	2	
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50											
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200											
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	9,62	9,91	13,71	11,6	11,72	11,06	8,47	6,19	9,6	9,55	
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	8,36	5,88	6,83	9,19	8,2	12,81	3,86	6,37	8,6	5	
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50											
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	99,89	54,82	81,63	106	137,4	122,7	66,96	70,04	123,8	10	

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Matrice Sol

Date échantillonnage 2012-06-13															
Date d'analyse 2012-09-20															
Norme	MA-200-Mét .1.2				Échantillon	C 1									
Paramètres analysés	unités	Critères génériques				Fraction									
Métaux et Metalloïdes		A	B	C	D	0/5	5	2,5	1,25	630	315	160	80	< 80	LDR
						mm	mm	mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm	
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	200										
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	250	2,04	2,18	3,46						4,14	5
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2 000	10 000										
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	100	0,2	0,1	0,14	0,16	0,15	0,11	0,13	0,12	0,28	0,5
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	1500	3,39	2,24	2,1	3,17	2,24	2,9	2,53	3,4	5,99	2
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	4 000	4,51	3,06	3,35	3,33	4,1	4,53	4,48	5,14	7,15	2
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2 500	5,68	8,29	10,79	10,48	11,44	12,72	8,66	19,83	47,61	2
Étain (Sn)	mg/kg	5	50	300	1 500										
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1 000	2 200	11 000	336,1	433,9	360,8	351,2	372,5	297,9	197,3	286,7	510,2	2
Mercure (Hg)	mg/kg	0,2	2	10	50										
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	200										
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	2 500	5,86	5,86	7,08	6,33	4,83	7,47	4,69	7,37	12,15	9,55
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1 000	5 000	3,95	2,81		1,8	8,4	8,9	1,53	6,71	14,24	5
Sélénium (Se)	mg/kg	1	3	10	50										
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1 500	7 500	9,31	3,14	4,23	5,02	9,78	11,67	8,69	11,72	25,86	10

LDR : Limite de détection rapportée

Laboratoire STEPPE – ÉTS

Résultats Essai Métaux par ICP

Lixiviat de la matière solide

Date échantillonnage			2012-06-13									
Date d'analyse			2012-09-20									
Norme	MA-100-Lix.2.00											
Paramètres analysés	unités	Concentrations maximales dans le lixiviat de la matière solide	Échantillons									
				A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1
Métaux et Metalloïdes												
Argent (Ag)	mg/l											
Arsenic (As)	mg/l	5	0,12	N,D	N,D	N,D	0,47	0,2	0,4	0,18	N,D	0,02
Baryum (Ba)	mg/l	100										
Cadmium (Cd)	mg/l	0,5	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	0,01
Cobalt (Co)	mg/l		N,D	0,02	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	
Chrome (Cr)	mg/l	5	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	0,04
Cuivre (Cu)	mg/l	10	0,03	0,03	N,D	0,05	0,11	0,1	N,D	N,D	47,61	0,03
Étain (Sn)	mg/l											
Manganèse (Mn)	mg/l		N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	
Mercure (Hg)	mg/l	0,1										
Molybdène (Mo)	mg/l											
Nickel (Ni)	mg/l	10	0,05	0,05	N,D	0,06	0,04	N,D	0,08	0,07	0,07	0,02
Plomb (Pb)	mg/l	5	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	0,025
Sélénium (Se)	mg/l	1										
Zinc (Zn)	mg/l	10	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	N,D	0,1
LDR : Limite de détection rapportée			ND : inférieure à la limite de détection rapportée									

Échantillons A représentant les résidus de balayage de 2013



Le succès par la science

Dossier Maxxam: B342038
Date du rapport: 2013/08/02

École des technologies supérieures

Adresse du site: ABRASIFS GATINEAU

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam					V17714	V17715		
Date d'échantillonnage					2013/07/05	2013/07/05		
Bordereau#					E874204	E874204		
	UNITES	A	B	C	A1	A2	LDR	Lot CQ
HAP								
Acénaphène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Acénaphthylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(i)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Benzo(ghi)peryène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Fluoranthène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	0.1	1181234
Pyrene	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1181234
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1181234

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la "Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

Dossier Maxxam: B342038
 Date du rapport: 2013/08/02

École des technologies supérieures

Adresse du site: ABRASIFS GATINEAU

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam				V17714	V17715			
Date d'échantillonnage				2013/07/05	2013/07/05			
Bordereau#				E874204	E874204			
	UNITES	A	B	C	A1	A2	LDR	Lot CQ
Récupération des Surrogates (%)								
D10-Anthracène	%				90	88		1181234
D12-Benz(a)pyrène	%				82	80		1181234
D14-Terphenyl	%				84	84		1181234
D8-Acenaphthylene	%				98	98		1181234
D8-Naphtalène	%				92	90		1181234

HYDROCARBURES PAR GC/FID (SOL)

Identification Maxxam				V17714	V17715			
Date d'échantillonnage				2013/07/05	2013/07/05			
Bordereau#				E874204	E874204			
	UNITES	A	B	C	A1	A2	LDR	Lot CQ
HYDROCARBURES PETROLIERS								
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	610	800	100	1181229
Récupération des Surrogates (%)								
1-Chlorooctadécane	%				76	76		1181229

 LDR = Limite de détection rapportée
 Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la "Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

Identification Maxxam					V17714	V17714	V17715	V17714			
Date d'échantillonnage					2013/07/05	2013/07/05	2013/07/05	2013/07/05			
Bordereau#					E874204	E874204	E874204	E874204			
	UNITES	A	B	C	A1	A1 Dup. de Lab.	A2	Lot CQ	A1 REPETE	LDR	Lot CQ
MÉTAUX											
Extractible total Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	<0.5	<0.5	<0.5	1181836	<0.5	0.5	1182678
Extractible total Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	<5	<5	<5	1181836	<5	5	1182678
Extractible total Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2000	39	37	42	1181836	34	5	1182678
Extractible total Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	<0.5	<0.5	<0.5	1181836	<0.5	0.5	1182678
Extractible total Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	600	18	31 ⁽¹⁾	21	1181836	22	2	1182678
Extractible total Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	4	4	4	1181836	5	2	1182678
Extractible total Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	17	24 ⁽¹⁾	22	1181836	17	2	1182678
Extractible total Etain (Sn)	mg/kg	5	50	300	<4	<4	<4	1181836	<4	4	1182678
Extractible total Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2200	190	160	270	1181836	160	2	1182678
Extractible total Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	1	1	1	1181836	<1	1	1182678
Extractible total Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	9	9	10	1181836	10	1	1182678
Extractible total Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	10	57 ⁽¹⁾	7	1181836	8	5	1182678
Extractible total Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	110	150	110	1181836	89	10	1182678

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la " Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

MÉTAUX LIXIVIÉS (SOL)

Identification Maxxam		V20804		V22139		
Date d'échantillonnage		2013/07/05		2013/07/05		
Bordereau#		E874204		E874204		
	UNITÉS	A1 TCLP1311	Lot CQ	A1 TCLP 1312	LDR	Lot CQ
MÉTAUX						
Lixivié Argent (Ag)	mg/L	<0.01	1182227	<0.01	0.01	1182286
Lixivié Arsenic (As)	mg/L	<0.004	1182227	<0.004	0.004	1182286
Lixivié Baryum (Ba)	mg/L	0.32	1182227	0.056	0.005	1182286
Lixivié Cadmium (Cd)	mg/L	<0.002	1182227	<0.002	0.002	1182286
Lixivié Chrome (Cr)	mg/L	<0.007	1182227	<0.007	0.007	1182286
Lixivié Cobalt (Co)	mg/L	<0.01	1182227	<0.01	0.01	1182286
Lixivié Cuivre (Cu)	mg/L	<0.02	1182227	<0.02	0.02	1182286
Lixivié Etain (Sn)	mg/L	<0.05	1182227	<0.05	0.05	1182286
Lixivié Manganèse (Mn)	mg/L	0.87	1182227	<0.01	0.01	1182286
Lixivié Molybdène (Mo)	mg/L	<0.01	1182227	<0.01	0.01	1182286
Lixivié Nickel (Ni)	mg/L	0.010	1182227	<0.006	0.006	1182286
Lixivié Plomb (Pb)	mg/L	<0.01	1182227	<0.01	0.01	1182286
Lixivié Zinc (Zn)	mg/L	0.5	1182227	<0.2	0.2	1182286

LDR = Limite de détection rapportée
 Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

MÉTAUX LIXIVIÉS (SOL)

Identification Maxxam		V22140		V22141		V22142		V22143		
Date d'échantillonnage		2013/07/05		2013/07/05		2013/07/05		2013/07/05		
Bordereau#		E874204		E874204		E874204		E874204		
	UNITÉS	A1 CTEU 9	Lot CQ	A2 TCLP1311	Lot CQ	A2 TCLP 1312	Lot CQ	A2 CTEU 9	LDR	Lot CQ
MÉTAUX										
Lixivié Argent (Ag)	mg/L	<0.01	1185328	<0.01	1182282	<0.01	1182286	<0.01	0.01	1185328
Lixivié Arsenic (As)	mg/L	<0.004	1185328	<0.004	1182282	<0.004	1182286	<0.004	0.004	1185328
Lixivié Baryum (Ba)	mg/L	0.030	1185328	0.34	1182282	0.071	1182286	0.024	0.005	1185328
Lixivié Cadmium (Cd)	mg/L	<0.002	1185328	<0.002	1182282	<0.002	1182286	<0.002	0.002	1185328
Lixivié Chrome (Cr)	mg/L	<0.007	1185328	<0.007	1182282	<0.007	1182286	<0.007	0.007	1185328
Lixivié Cobalt (Co)	mg/L	<0.01	1185328	0.02	1182282	<0.01	1182286	<0.01	0.01	1185328
Lixivié Cuivre (Cu)	mg/L	<0.02	1185328	0.03	1182282	<0.02	1182286	<0.02	0.02	1185328
Lixivié Etain (Sn)	mg/L	<0.05	1185328	<0.05	1182282	<0.05	1182286	<0.05	0.05	1185328
Lixivié Manganèse (Mn)	mg/L	0.04	1185328	2.2	1182282	<0.01	1182286	0.04	0.01	1185328
Lixivié Molybdène (Mo)	mg/L	0.01	1185328	<0.01	1182282	<0.01	1182286	0.02	0.01	1185328
Lixivié Nickel (Ni)	mg/L	<0.006	1185328	0.018	1182282	<0.006	1182286	<0.006	0.006	1185328
Lixivié Plomb (Pb)	mg/L	<0.01	1185328	<0.01	1182282	<0.01	1182286	<0.01	0.01	1185328
Lixivié Zinc (Zn)	mg/L	<0.2	1185328	1.8	1182282	<0.2	1182286	<0.2	0.2	1185328

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SOL)

Identification Maxxam		V17714		V17715		
Date d'échantillonnage		2013/07/05		2013/07/05		
Bordereau#		E874204		E874204		
	UNITÉS	A1	A2	LDR	Lot CQ	
CONVENTIONNELS						
Conductivité	mS/cm	0.20	0.27	0.02	1182758	
pH	pH	8.45	8.20	N/A	1181321	

N/A = Non Applicable
 LDR = Limite de détection rapportée
 Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

LIXIVIAT (SOL)

Identification Maxxam		V20804		V22139		
Date d'échantillonnage		2013/07/05		2013/07/05		
Bordereau#		E874204		E874204		
	UNITES	A1 TCLP1311	Lot CQ	A1 TCLP 1312	LDR	Lot CQ
Lixiviat						
Poids de l'échantillon (g)	n/a	20.0	1180145	25	N/A	1180289
pH de l'eau déionisée	n/a	6.03	1180145		N/A	
pH du pré-test	n/a	3.47	1180145		N/A	
pH final du lixiviat	n/a	5.82	1180145		N/A	
Volume fluide d'extraction 1 (ml)	n/a	400	1180145		N/A	
Volume du fluide d'extraction (mL)	n/a			500	N/A	1180289
pH après 18 heures de mélange	n/a			8.6	N/A	1180289
pH du fluide d'extraction	n/a			4.2	N/A	1180289

Identification Maxxam		V22140		V22141		V22142		V22143		
Date d'échantillonnage		2013/07/05		2013/07/05		2013/07/05		2013/07/05		
Bordereau#		E874204		E874204		E874204		E874204		
	UNITES	A1 CTEU 9	Lot CQ	A2 TCLP1311	Lot CQ	A2 TCLP 1312	Lot CQ	A2 CTEU 9	LDR	Lot CQ
Lixiviat										
Poids de l'échantillon (g)	n/a	40	1181380	20.0	1180145	25	1180289	40	N/A	1181380
pH de l'eau déionisée	n/a	6.0	1181380	6.03	1180145			6.0	N/A	1181380
pH du pré-test	n/a			5.27	1180145				N/A	
pH final du lixiviat	n/a			5.87	1180145				N/A	
Volume fluide d'extraction 2 (ml)	n/a			400	1180145				N/A	
Volume du fluide d'extraction (mL)	n/a	160	1181380			500	1180289	160	N/A	1181380
pH après 18 heures de mélange	n/a					8.6	1180289		N/A	
Addition du fluide d'extraction	n/a	2013/07/24	1181380					2013/07/24	N/A	1181380
Arrêt de la lixiviation	n/a	2013/07/31	1181380					2013/07/31	N/A	1181380
pH du fluide d'extraction	n/a					4.2	1180289		N/A	
pH après 7 jours de mélange	n/a	7.4	1181380					7.5	N/A	1181380

N/A = Non Applicable

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

Échantillons B lavés à l'hydrocyclonnage en 2013



Le succès par la science

Dossier Maxxam: B342043
Date du rapport: 2013/07/24

École des technologies supérieures
Adresse du site: ABRASIF GATINEAU

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam					V17731	V17732		
Date d'échantillonnage					2013/07/12	2013/07/12		
Bordereau#					e-874205	e-874205		
HAP	UNITES	A	B	C	B1	B2	LDR	Lot CQ
Acénaphthène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Acénaphthylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(i)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Benzo(ghi)perylène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Dibenz(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Dibenz(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Dibenz(a,j)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Fluoranthène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	0.1	1180239
Pyrène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	1180239
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	1180239

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la " Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

HAP PAR GCMS (SOL)

Identification Maxxam					V17731	V17732		
Date d'échantillonnage					2013/07/12	2013/07/12		
Bordereau#					e-874205	e-874205		
	UNITES	A	B	C	B1	B2	LDR	Lot CQ
Récupération des Surrogates (%)								
D10-Anthracène	%				92	94		1180239
D12-Benzoflavyrene	%				86	88		1180239
D14-Terphenyl	%				84	84		1180239
D8-Acenaphthylene	%				98	100		1180239
D8-Naphtalene	%				92	94		1180239

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

Identification Maxxam					V17731	V17732		
Date d'échantillonnage					2013/07/12	2013/07/12		
Bordereau#					e-874205	e-874205		
	UNITES	A	B	C	B1	B2	LDR	Lot CQ
HYDROCARBURES PETROLIERS								
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	380	410	100	1180238
Récupération des Surrogates (%)								
1-Chlorooctadécane	%				84	86		1180238

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la " Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

Identification Maxxam					V17731	V17732		
Date d'échantillonnage					2013/07/12	2013/07/12		
Bordereau#					e-874205	e-874205		
	UNITES	A	B	C	B1	B2	LDR	Lot CQ
MÉTAUX								
Extractible total Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	<0.5	<0.5	0.5	1179446
Extractible total Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	<5	<5	5	1179446
Extractible total Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2000	36	22	5	1179446
Extractible total Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	<0.5	<0.5	0.5	1179446
Extractible total Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	23	30	2	1179446
Extractible total Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	3	4	2	1179446
Extractible total Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	18	25	2	1179446
Extractible total Etain (Sn)	mg/kg	5	50	300	<4	<4	4	1179446
Extractible total Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2200	200	180	2	1179446
Extractible total Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	21	2	1	1179446
Extractible total Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	14	12	1	1179446
Extractible total Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	100	6	5	1179446
Extractible total Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	150	81	10	1179446

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SOL)

Identification Maxxam		V17731	V17732		
Date d'échantillonnage		2013/07/12	2013/07/12		
Bordereau#		e-874205	e-874205		
	UNITES	B1	B2	LDR	Lot CQ
CONVENTIONNELS					
Conductivité	mS/cm	0.17	0.17	N/A	1179291
pH	pH	8.61	8.70	N/A	1179288

N/A = Non Applicable

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

A, B, C, : Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la " Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ".

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

ANNEXE III

Valeurs maximales en regard des essais de lixiviation

Paramètre	Valeur maximale – lixiviation pour l'évaluation de la mobilité des espèces inorganiques (TCLP, EPA 1311) et lixiviation à l'eau (CTEU 9)	Valeur maximale – lixiviation pour simuler les pluies acides (SPLP, EPA 1312)
	En mg/L	En mg/L
Arsenic (As)	0,025	0,25
Baryum (Ba)	1	10
Bore (B)	5	50
Cadmium (Cd)	0,005	0,05
Chrome total (Cr)	0,05	0,5
Cuivre (Cu)	1	10
Cyanures (CN ⁻) – seulement lixiviation à l'eau	0,2	Non applicable
Fluorure (F)	1,5	15
Mercurure (Hg)	0,001	0,01
Plomb (Pb)	0,01	0,1
Sélénium (Se)	0,01	0,1

*Source MDDEP, 2009
Lignes directrices relatives à la gestion
de béton, de brique et d'asphalte
issus des travaux de construction et de démolition
et des résidus du secteur de la pierre de taille*

ANNEXE IV

Résultats des essais chimiques des années
2007-2008-2010

Dossier Maxxam: B053001
Date du rapport: 2010/10/18

HAP PAR GCMS (SOL)

ID Maxxam	Date d'échantillonnage				L85418	L85417		
					2010/10/05 12:00	2010/10/05 12:00		
Echantillon	Unités	A	B	C	E809242	E809242	LDR	Lot CQ
					1	2		
HAP								
Aconaphène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Acénaphylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	0.1	<0.1	0.1	B06530
Benzoflanthracène	mg/kg	0.1	1	10	0.2	<0.1	0.1	B06530
Benzoflouranthracène	mg/kg	0.1	1	10	0.2	<0.1	0.1	B06530
Benzochénanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Benzofluoranthracène	mg/kg	0.1	1	10	0.2	<0.1	0.1	B06530
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	0.3	0.1	0.1	B06530
Dibenz(a,b)fluoranthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Dibenz(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Dibenz(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Dibenz(a,j)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Fluoranthracène	mg/kg	0.1	10	100	0.6	0.2	0.1	B06530
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Indène(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	5	50	0.1	<0.1	0.1	B06530
3-Méthylcholanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	0.6	0.1	0.1	B06530
Pyrene	mg/kg	0.1	10	100	0.4	0.2	0.1	B06530
2-Méthylanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
1-Méthylanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
1,3-Diméthylphthalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
2,3,7-Triméthylphthalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1	<0.1	0.1	B06530
Récupération des Surrogates (%)								
D10-Arochlène	%				103	90		B06530
D12-Benz(a)pyrène	%				110	102		B06530
D14-Tartrérol	%				110	102		B06530
D8-Acenaphthylène	%				104	95		B06530
D5-Naphtalène	%				88	92		B06530

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot corrélation qualité
A, B, C: Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux (et pesticides) dans les sols, le critère A désigne la "Teneur de fond Solsur Bases Terres du Saint-Laurent".
A, B-eau souterraine. A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la réurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.
Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

Dossier Maxxam: B063001
Date du rapport: 2010/10/18

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

ID Maxxam				L85416	L85417			
Date d'échantillonnage				2010/10/05	2010/10/05			
Bordereau#				FR09242	FR09242			
	Unités	A	B	C	1	2	LDR	Lot CQ
HYDRO. PETROLIERS TOTAUX								
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3000	1100	900	100	806629
Régénération des Surogates (%)								
1-Chloroctadécane	%				100	100		806629

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
A, B, C: Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux (et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne le "Taux de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent".
A, B-eau souterraine: A-Critère pour fin de concentration; B-Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.
Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

MÉTAUX (SOL)

ID Maxxam				L85416	L85417			
Date d'échantillonnage				2010/10/05	2010/10/05			
Bordereau#				FR09242	FR09242			
	Unités	A	B	C	1	2	LDR	Lot CQ
MÉTAUX								
Argent (Ag)	mg/kg	2	20	40	<0,8	<0,8	0,8	806640
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	<5	<5	5	806640
Baryum (Ba)	mg/kg	200	500	2000	43	35	5	806640
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,5	5	20	<0,5	<0,5	0,5	806640
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	5	5	5	806640
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	43	20	2	806640
Cuivre (Cu)	mg/kg	49	100	500	49	35	2	806640
Etain (Sn)	mg/kg	5	50	300	<1	<1	4	806640
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2000	290	240	1	806640
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	2	2	1	806640
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	10	9	1	806640
Plomb (Pb)	mg/kg	30	500	1000	15	14	5	806640
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	176	230	10	806640

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
A, B, C: Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la "Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Pour les analyses de métaux (et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne le "Taux de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent".
A, B-eau souterraine: A-Critère pour fin de concentration; B-Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.
Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

Dossier Maxxam: A712470
Date du rapport: 2007/05/16

LVM-TECHNISOL INC.
Votre # du projet:
Nom de projet:
Votre # de commande: 117994
Initiales du préleveur: AS

HYDROCARBURES PAR GC/FID (SOL)

ID Maxxam					B93873				B93874		
Date d'échantillonnage					2007/05/08				2007/05/08		
	Unités	A	B	C	PLE-01-07	GR	PLE-02-07	GR	LDR	Lot	CO
% Humidité	%	-	-	-	5			5		N/A	N/A
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX											
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1200	B-C	1200	B-C	100	419710	
Récupération des Surrogates (%)	%	-	-	-	85			85		N/A	419710
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	85			85		N/A	419710

N/A = Non applicable
LDR = limite de détection rapportée
Lot CO = Lot Contrôle Qualité

ID Maxxam					B93875				B93876		
Date d'échantillonnage					2007/05/08				2007/05/08		
	Unités	A	B	C	PLE-03-07	GR	PLE-04-07	GR	LDR	Lot	CO
% Humidité	%	-	-	-	5			4		N/A	N/A
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX											
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1500	B-C	1900	B-C	100	419710	
Récupération des Surrogates (%)	%	-	-	-	84			85		N/A	419710
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	84			85		N/A	419710

N/A = Non applicable
LDR = limite de détection rapportée
Lot CO = Lot Contrôle Qualité

Dossier Maxxam: A712470
Date du report: 2007/05/18

LVM-TECHNISOL INC.
Votre # du projet:
Nom de projet:
Votre # de commande: 117994
Initiales du préleveur: AS

MÉTAUX (SOL)

ID Maxxam				B93873		B93873		B93874					
Date d'échantillonnage	Unités	A	B	C	2007/05/08 PLE-01-07	CR	2007/05/08 PLE-01-07 Dup. de Lab.	CR	2007/05/08 PLE-02-07	CR	LDR	Lot CQ	
% Humidité	%	-	-	-	5		5		5		N/A	N/A	
MÉTAUX													
Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	ND		ND		ND		0.5	419905	
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	27	<A	21	<A	28	<A	2	419905	
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	43	A-B	42	A-B	41	A-B	2	419905	
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	8	<A	10	<A	13	<A	1	419905	
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	53	A-B	48	<A	27	<A	5	419905	
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	140	A-B	150	A-B	150	A-B	10	419905	

ND = Non Détecté
N/A = Non applicable
LDR = limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

ID Maxxam				B93874		B93875		B93876					
Date d'échantillonnage	Unités	A	B	C	2007/05/08 PLE-02-07	CR	2007/05/08 PLE-03-07	CR	2007/05/08 PLE-04-07	CR	LDR	Lot CQ	
% Humidité	%	-	-	-	5		5		4		N/A	N/A	
MÉTAUX													
Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	ND		ND		ND		0.5	419905	
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	21	<A	40	<A	19	<A	2	419905	
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	35	<A	90	A-B	54	A-B	2	419905	
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	10	<A	11	<A	10	<A	1	419905	
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	28	<A	57	A-B	40	<A	5	419905	
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	180	A-B	170	A-B	280	A-B	10	419905	

ND = Non Détecté
N/A = Non applicable
LDR = limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

Dossier Maxxam: A819342
Date du rapport: 2008/05/27

DESSAU
Votre # du projet: PO18537-104
Nom de projet: BALAYAGE REGIONAL
Votre # de commande: 134840
Initiales du préleveur: KS

HAP PAR GCMS (SOL)

ID Maxxam					E61963			
Date d'échantillonnage					2008/05/20			
# Bordereau					83942			
	Unités	A	B	C	PILE -08-03	CR	LDR	Lot CQ
% Humidité	%	-	-	-	6.0		N/A	N/A
HAP								
Acénaphthène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1		0.1	514716
Acénaphthylène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1		0.1	514716
Anthracène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1		0.1	514716
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Chrysène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Fluoranthène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1		0.1	514716
Fluorène	mg/kg	0.1	10	100	<0.1		0.1	514716
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
3-Méthylcholantrène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Naphtalène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1		0.1	514716
Phénanthrène	mg/kg	0.1	5	50	<0.1		0.1	514716
Pyrène	mg/kg	0.1	10	100	0.1	A	0.1	514716
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.1	1	10	<0.1		0.1	514716
Récupération des Surrogates (%)								
D10-Anthracène	%	-	-	-	85		N/A	514716
D12-Benzo(a)pyrène	%	-	-	-	71		N/A	514716
D14-Terphenyl	%	-	-	-	89		N/A	514716
DB-Acenaphthylene	%	-	-	-	74		N/A	514716
N/A = Non applicable LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité								

Dossier Maxxam: A819342
Date du rapport: 2008/05/27

DESSAU
Votre # du projet: PO18537-104
Nom de projet: BALAYAGE REGIONAL
Votre # de commande: 134840
Initiales du préleveur: KS

HYDROCARBURES PAR GC/FID (SOL)

ID Maxxam				E61958				E61962			
Date d'échantillonnage				2008/05/20				2008/05/20			
# Bordenreau				83942				83942			
	Unités	A	B	C	PILE -08-01	CR	PILE -08-02	CR	LDR	Lot	CQ
% Humidité	%	-	-	-	6.9		6.6		N/A	N/A	
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX											
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1300	B-C	1200	B-C	100	514787	
Récupération des Surrogates (%)											
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	94		92		N/A	514787	

N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

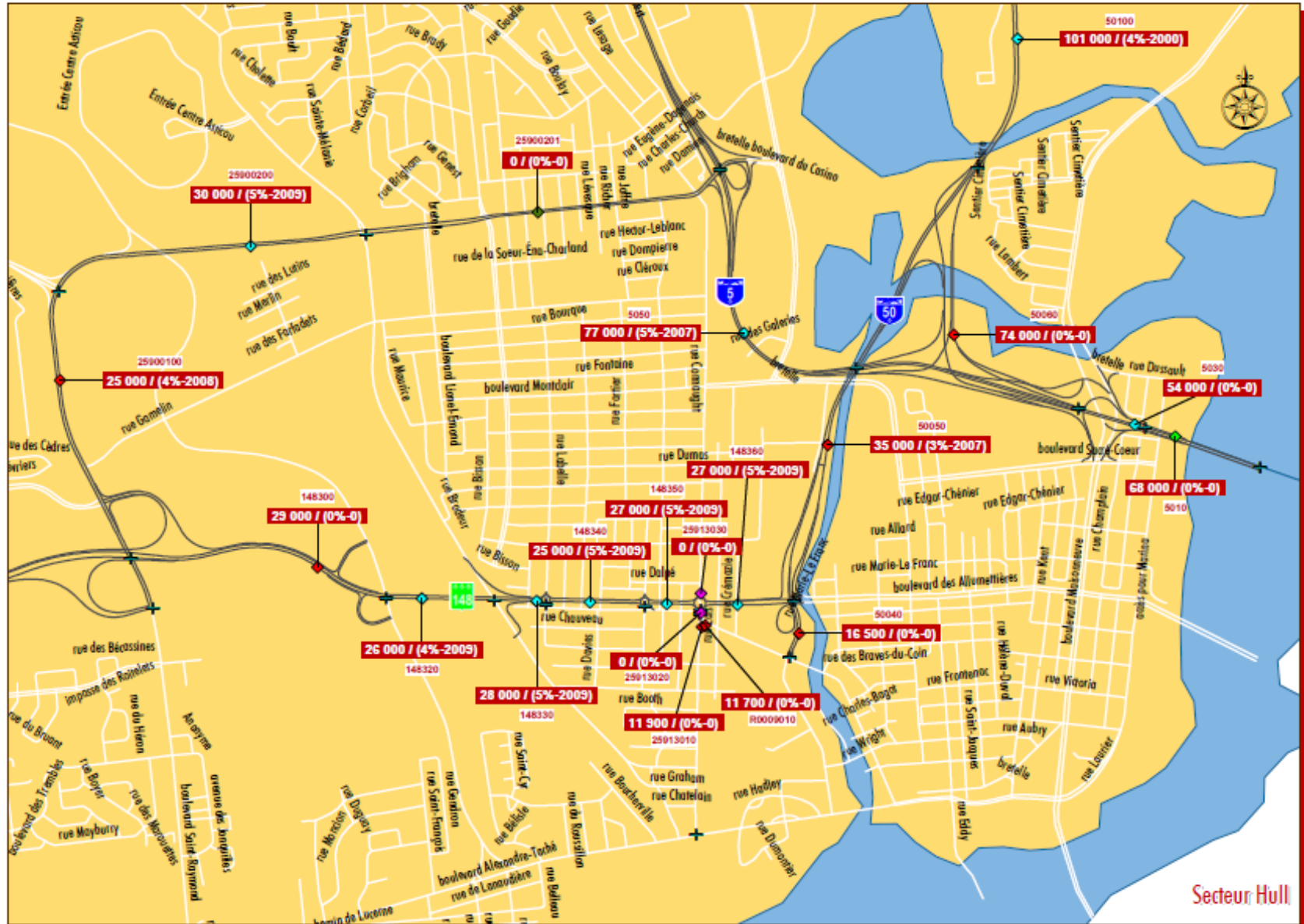
ID Maxxam				E61963				E61964			
Date d'échantillonnage				2008/05/20				2008/05/20			
# Bordenreau				83942				83942			
	Unités	A	B	C	PILE -08-03	CR	PILE -08-04	CR	LDR	Lot	CQ
% Humidité	%	-	-	-	6.0		7.2		N/A	N/A	
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX											
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	1800	B-C	1400	B-C	100	514787	
Récupération des Surrogates (%)											
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	97		97		N/A	514787	

N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

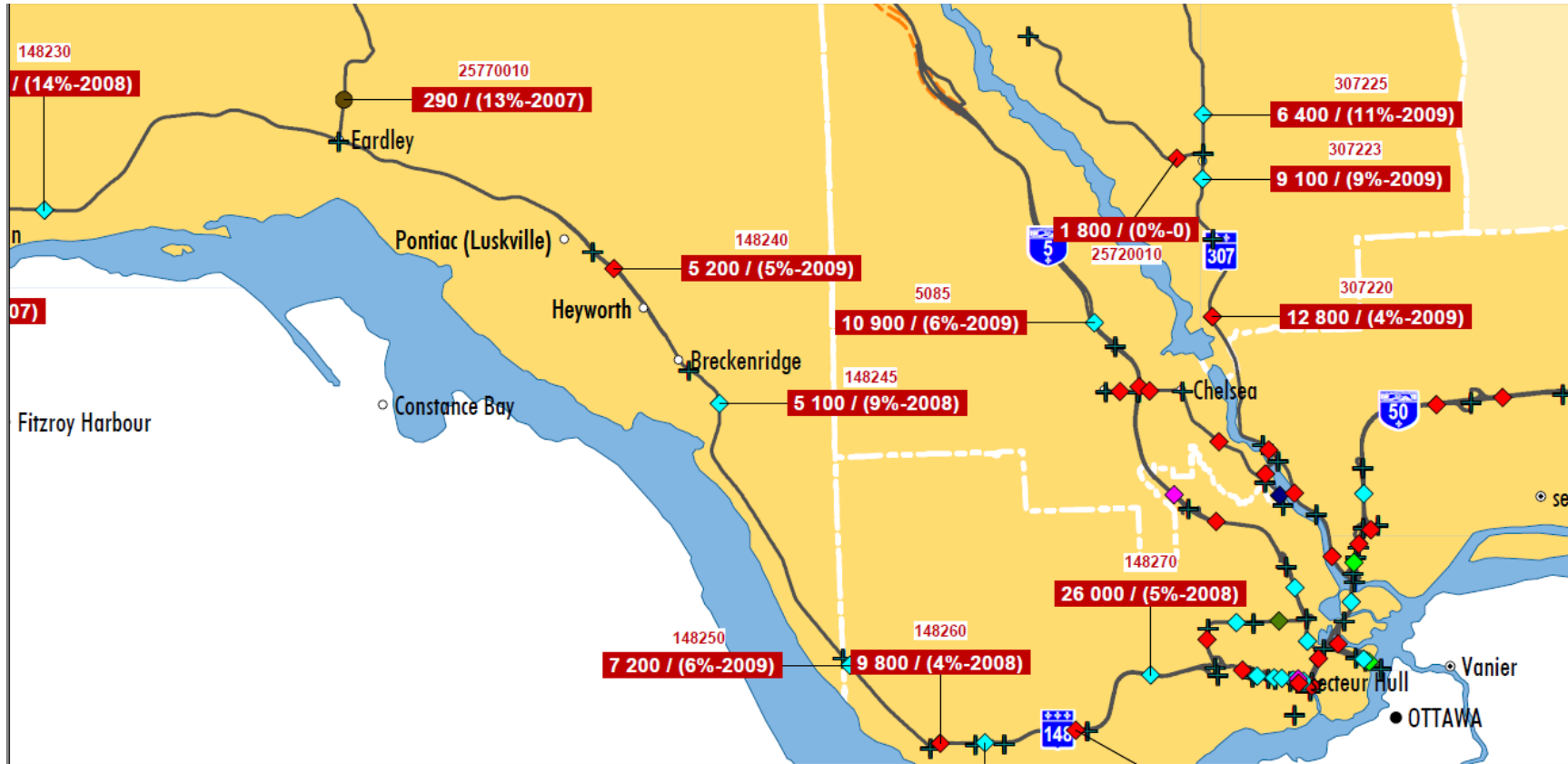
ANNEXE V

Cartes routières- Provenance des résidus de balayage

Provenance des résidus de balayage du tas « A »



Provenance des résidus de balayage du tas « B »



ANNEXE VI

Classification des matériaux selon leur contamination

Contaminants	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Hors catégorie
Inorganiques (annexes 3 et 4)	< critère A	≥ critère A et < critère C, tout en respectant les valeurs maximales fixées concernant la lixiviation	< critère C, tout en respectant les valeurs maximales fixées concernant la lixiviation	Asphalte amiante mis sous forme d'enrobé lors de la scarification	< critère C, ne respectant les valeurs maximales fixées concernant la lixiviation ou ≥ critère C ou béton et asphalte contenant de l'amiante (sauf la catégorie 4)
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ à C ₅₀	< 300 mg/kg	< 300 mg/kg	≥ 300 mg/kg et < 3 500 mg/kg et asphalte ²⁰		≥ 3 500 mg/kg ou béton taché ou assimilé à matière dangereuse
Organiques (volatils et semi-volatils)	< limite de quantification ²¹	< limite de quantification ²²	< critère C pour ceux présents avec C ₁₀ à C ₅₀ et < limite de quantification pour les autres		≥ critère C pour ceux présents avec C ₁₀ à C ₅₀ ou ≥ limite de quantification pour les autres

Source MDDEP, 2009
Lignes directrices relatives à la gestion
de béton, de brique et d'asphalte
issus des travaux de construction et de démolition
et des résidus du secteur de la pierre de taille

ANNEXE VII

Tableau d'utilisation en fonction des catégories de matériaux

Utilisations	Catégories de matériaux			
	1	2	3	4
Construction sur un terrain à vocation résidentielle ou agricole, un établissement d'enseignement primaire ou secondaire, un centre de la petite enfance ou une garderie	oui			
Paillis, enrochement, aménagement paysager – brique, croûtes et retailles de la pierre de taille seulement	oui			
Remblayage d'une excavation lors de démantèlement	oui	*		
Restauration de carrière et sablière à partir de résidus du secteur de la pierre de taille	oui	oui		
Construction sur un terrain à vocation institutionnelle, commerciale et industrielle incluant les terrains municipaux	oui	oui	*	
Aménagement récréotouristique (piste cyclable, parc)	oui	oui	*	
Chemin d'accès ²⁵ , buttes antibruit et écran visuel	oui	oui	*	
Construction d'un dépôt à neige	oui	oui	*	
Matériel de recouvrement final de LEDCD, LES ou LET ²⁶	oui	oui	*	
Fabrication de béton ²⁷	oui	oui		
Enrobés à chaud ²⁸	oui	oui	oui	
Enrobés à froid	oui	oui	oui	
Stationnement et aire de stockage sur un terrain à vocation résidentielle ou agricole, un établissement d'enseignement primaire ou secondaire, un centre de la petite enfance ou une garderie ²⁹	oui	oui	oui	
Stationnement, aire de stockage sur un terrain à vocation institutionnelle, commerciale et industrielle incluant les terrains municipaux	oui	oui	oui	
Matériel de recouvrement journalier de LET ³⁰	oui	oui	oui	

*Source MDDEP, 2009
 Lignes directrices relatives à la gestion
 de béton, de brique et d'asphalte
 issus des travaux de construction et de démolition
 et des résidus du secteur de la pierre de taille*

ANNEXE VIII

Fuseaux spécifiques des abrasifs- caractéristiques des granulats selon leur utilisation

ANNEXE A
(informative)

GRANULATS POUR ENROBÉS À CHAUD POUR CHAUSSÉES

TABLEAU A.1

CARACTÉRISTIQUES DES GRANULATS SELON LEUR UTILISATION
[Resurfacement — Constructions neuves — Reconstructions]

Type de route	Volume de circulation		Couche de roulement		Couche de base			
	DJMA ¹	ÉCAS ²	Gros granulats	Granulats fins	Gros granulats	Granulats fins	Granulats fins	
Autoroutes	> 20 000	> 300 000	1	a	1	2	c	1
	< 20 000	< 300 000	2	b	1	3	e	2 ^A
	> 5 000	> 150 000						
	< 5 000	< 150 000	2	b	1	4	c	2
Routes nationales	> 20 000	> 300 000	2	b	1	3	e	1
	< 20 000	< 300 000	3	b	2	3	d	2
	> 5 000	> 150 000						
	< 5 000	< 150 000	3	c	2	3	d	3
Routes régionales et collectrices	> 20 000	> 300 000	2	b	1	3	e	2
	< 20 000	< 300 000	3	b	2	3	d	2
	> 5 000	> 150 000						
	< 5 000	< 150 000	3	c	2	3	d	2
Autres utilisations			4	c	2	4	d ^B	2

NOTE — Le granulat spécifié doit convenir au type de mélange et à sa formulation.

Les caractéristiques des granulats sont identiques pour les trois utilisations citées ci-dessus, mais, dans le cas des constructions neuves et des reconstructions, deux changements sont applicables dans le tableau :

- A catégorie 1 au lieu de catégorie 2;
- B catégorie c au lieu de catégorie d.

1. DJMA : débit journalier moyen annuel.

2. ÉCAS : équivalent de charge axiale simple.

Fuseaux granulométriques de spécification pour abrasifs

Tamis	AB-5 (% passant)	AB-10 (% passant)
10 mm	—	100
8 mm	100	—
5 mm	85-99	95-100
2,5 mm	1-15	—
1,25 mm	0-5	0-70
630 µm		0-50
315 µm		0-35
160 µm		0-15
80 µm		0-5

Source : Tableau 14401-1 de la norme 14401 « Abrasifs »
du Tome VII – Matériaux de la collection Normes –
Ouvrages routiers du ministère des Transports

Caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires des granulats pour abrasifs

Granulats fins	Méthodes d'essai	Exigences
Caractéristiques intrinsèques et de fabrication ⁽¹⁾	—	Catégorie 3
Caractéristiques complémentaires : – teneur en eau (%)	LC 21-201	≤ 5

1. Voir la norme 2101 « Granulats ».

Source : Tableau 14401-2 de la norme 14401 « Abrasifs »
du Tome VII – Matériaux de la collection Normes –
Ouvrages routiers du ministère des Transports

ANNEXE IX

Tableau des critères génériques A, B, C des sols
pour la province géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent

GRILLE DES CRITÈRES GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS			
	CRITÈRES DE SOL mg/kg de matière sèche ppm		
	A	B	C
Métaux (et Metalloïdes)			
Argent (Ag)	2	20	40
Arsenic (As)	6	30	50
Baryum (Ba)	200	500	2 000
Cadmium (Cd)	1,5	5	20
Cobalt (Co)	15	50	300
Chrome (Cr)	85	250	800
Cuivre (Cu)	40	100	500
Étain (Sn)	5	50	300
manganèse (Mn)	770	1 000	2 200
Mercure (Hg)	0,2	2	10
Molybdène (Mo)	2	10	40
Nickel (Ni)	50	100	500
Plomb (Pb)	50	500	1 000
Sélénium (Se)	1	3	10
Zinc (Zn)	110	500	1 500
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)- Groupe V du RPRT			
Acénaphène	0,1	10	100
Acénaphylène	0,1	10	100
Anthracène	0,1	10	100
Benzo (a) anthracène	0,1	1	10
Benzo (a) pyrène	0,1	1	10
Benzo (b) fluoranthène	0,1	1	10
Benzo (j) fluoranthène	0,1	1	10

Benzo (k) fluoranthène	0,1	1	10
Benzo (b+j+k) fluoranthène	0,1	1	10
Benzo © phénanthrène	0,1	1	10
Benzo (g,h,i) pérylène	0,1	1	10
Chrysène	0,1	1	10
Dibenzo (a,h) anthracène	0,1	1	10
Dibenzo (a,i) pyrène	0,1	1	10
Dibenzo (a,h) pyrène	0,1	1	10
Dibenzo (a,l) pyrène	0,1	1	10
7,2- Diméthylbenzo (a) anthracène	0,1	1	10
Fluoranthène	0,1	10	100
Fluorène	0,1	10	100
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	0,1	1	10
3-Méthylcholanrothrène	0,1	1	10
1-Méthylnaphtalène	0,1	1	10
2-Méthylnaphtalène	0,1	1	10
1,3- Diméthylnaphtalène	0,1	1	10
2,3,5-Triméthylnaphtalène	0,1	1	10
Naphtalène	0,1	5	50
Phénanthrène	0,1	5	50
Pyrène	0,1	10	100
Méthylnaphtalènes (chacun)	0,1	1	10
Hydrocarbures pétroliers C₁₀ à C₅₀			
Méthylnaphtalènes (chacun)	300	700	3 500

Source MDDEP

Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

ANNEXE X

**Billets de transport des résidus de Gatineau au site de lavage
dans la région de Bromont**

**DJI**

Construction DJL inc.

819-871-8761

E Tec Sup

Div. / Plant : 6591 VAL-DES-MONTS - CARRIERE

Commis/Clerk: Poste Balance
No Billet-Ticket No **6591A0025373**No Client / Customer No : 9900659050
DJI Outaouais Travaux

Client / Work site cust : LAC BROME

No Fournisseur / Supplier No :

Réquisition / Requisition :

Destination / Ship to : LAC BROME

98.62 T.M.

Remarque / Remark: SABLE NATUREL

Produit / Product : 2C44000680 Rejet d'usine concasseur/asphalte

POIDS / WEIGHT		DÉPART / DEPART		COMPTANT / CASH			
Brut / Gross:	56680 kg	Date: / Heure / Time :	25/06/2013 / 07:19:41	Produit / Product:	TONNES/TONS	PRIX/PRICE	TOTAL
Poids à vide / Tare:	20500 kg	Qté cumulée du jour / Cumulative Qty today:	36.180 t	Transport:			
Net:	36180 kg	Nbre voyages du jour / Number of Load today:	1	Sous-total / Sub-total:			
Net:	36.180 t			Taxe Fed. / Fed Tax:			
ÉMULSION				Taxe Prov. / Prov Tax:			
Heure arrivée sur site / Time arrived on site :				Total			

Camion : 28000 CONSTRUCTION DJL
No Plaque / Plate No : L570914 Propriétaire / Owner : CONSTRUCTION DJL Zone :Livré / Delivered : ~~oui~~ non Fournisseur / Supplier :

Ma masse totale en charge est de / My maximum total loaded mass is : 57500 kg

Chauffeur / Trucker : *[Signature]* Reçu par / Received by : *[Signature]*
Voir conditions au verso / For conditions see reverse side
CLIENT / CUSTOMER RBQ 8115-6291-32
T.P.S. / G.S.T : 873275374 RT
P.S.T. / T.V.Q. : 1020719458TQ0001

No CONTRÔLE: 1222199

F150-DJ (04-2010) INEDI

**DJI**

Construction DJL inc.

819-671-6761



Div. / Plant : 6591 VAL-DES-MONTS - CARRIERE

Commis/Clerk: Poste Balance

No Billet-Ticket No 659IA0025514

No Client /

Customer No : 9900659050
DJL Outaouais Travaux

Client /

Work site cust. : SABLE DE BALLE

No Fournisseur /

Supplier No :

Réquisition /

Requisition :

Destination / SABLE DE BALLE

Ship to :

Remarque

/ Remark: LAC BROME

Produit / 2C44000700 Rejet d'usine concasseur/asphalte
Product :

POIDS / WEIGHT		DÉPART / DEPART		COMPTANT / CASH			
Brut / Gross:	55780 kg	Date: Heure / Time :	27/06/2013 07:40:57	Produit / Product:	TONNES/TONS	PRIX/PRICE	TOTAL
Poids à vide / Tare:	20490 kg	Qté cumulée du jour / Cumulative Qty today:	35.290 t	Transport:			
Net:	35290 kg	Nbre voyages du jour / Number of Load today:	1	Sous-total / Sub-total:			
Net:	35.290 t			Taxe Fed. / Fed Tax:			
ÉMULSION				Taxe Prov. / Prov Tax:			
Heure arrivée sur site / Time arrived on site :				Total			

No Plaque/ Camion : 28000 CONSTRUCTION DJL

Plate No : L570914

Propriétaire / Owner : CONSTRUCTION DJL

Zone :

Livré / Delivered : non

Fournisseur / Supplier :

Ma masse totale en charge est de /
My maximum total loaded mass is : 57500 kg

Chauffeur / Trucker

Reçu par / Received by :

Voir conditions au verso /
For conditions see reverse sideCLIENT / CUSTOMER
RBQ 8115-6291-32T.P.S. / G.S.T : 873275374 RT
P.S.T. / T.V.Q. : 1020719458TQ0001

No CONTRÔLE: 1670127

F150-LU (04-2010) (NE-D)

**DJL**

Construction DJL inc.

819-871-8761



Div. / Plant : 6591 VAL-DES-MONTS - CARRIERE

Commis/ Clerk: Poste Balance
No Billet-Ticket No 6591A0025349

No Client / Customer No : 9900659050 DJL Outaouais Travaux	Client / Work site cust. : CONTAMINER VDM	No Fournisseur / Supplier No :
Réquisition / Requisition :		
Destination / CONTAMINER VDM Ship to :		

Remarque / Remark: CONTAMINER DE VAL DES MONTS							
Produit / 2C44000700 Rejet d'usine concasseur/asphalte Product :							
POIDS / WEIGHT		DÉPART / DEPART		COMPTANT / CASH			
Brut / Gross:	46250 kg	Date: Heure / Time :	20/06/2013 15:10:10	Produit / Product:	TONNES/TONS	PRIX/PRICE	TOTAL
Poids à vide / Tare:	18100 kg	Qté cumulée du jour / Cumulative Qty today:	27.150 t	Transport:			
Net:	27150 kg	Nbre voyages du jour / Number of Load today:	1	Sous-total / Sub-total:			
Net:	27.150 t			Taxe Fed. / Fed Tax:			
ÉMULSION				Taxe Prov. / Prov Tax:			
Heure arrivée sur site / Time arrived on site :				Total			

Camion: 27719 DJL 401-11-010		
No Plaque/ Plate No : L382520	Propriétaire / Owner : DJL 401-11-010	Zone :
Livré / Delivered : oui non	Fournisseur / Supplier : 2120000000	TRANSPORTEUR DJL INTERNE
Ma masse totale en charge est de / My maximum total loaded mass is : 47500 kg		
Chauffeur / Trucker :	Reçu par / Received by :	
Voir conditions au verso / For conditions see reverse side	CLIENT / CUSTOMER RBQ 8115-6291-32	T.P.S. / G.S.T : 873275374 R1 P.S.T. / T.V.Q. : 1020719458TQ0001

F150-DJ (04-2010) INEDI

No CONTRÔLE: 1222159

ANNEXE XI

Résultats de l'essai d'orniérage

Essai à l'ornièreur d'un enrobé GB-20 avec 35 % d'abrasifs											
Localisation sur plaque		Lect. initiale	Cycle à froid		Nombre de Cycles (Cumulatif)						
			1000	100	300	1000	3000	10 000	30 000	60 000	100 000
MOULE Gauche A-2 100	1 Avant	8,57	8,76	12,15	11,3	12,55	13,94				
	1 Centre	8,23	9,14	13,22	13,78	14,32	15,19				
	1 Arrière	7,88	9,81	11,96	12,32	13,43	14,47				
	2 Avant	11,68	12,44	14,94	15,77	16,93	17,74				
	2 Centre	11,53	12,09	16,92	18,71	20,08	23				
	2 Arrière	10,87	12,61	15,79	16,72	19,2	20,83				
	3 Avant	13,28	13,89	16,09	16,58	17,87	19,53				
	3 Centre	13,26	13,28	16,03	17,45	20,9	22,31				
	3 Arrière	12,83	13,91	16,54	17,97	18,93	21,41				
	4 Avant	11,46	12,93	15,8	16,18	17,71	17,55				
	4 Centre	11,44	13,02	17,9	19,35	19,73	21,04				
	4 Arrière	11,49	12,78	16,59	17,94	18,25	20,08				
	5 Avant	10,14	12,42	13,73	14,55	15,4	16,51				
	5 Centre	10,16	12,31	14,84	15,86	16,61	18,09				
	5 Arrière	9,21	11,2	13,86	15,08	15,55	17,55				
MOULE droit A-1 100	6 Avant	11,99	12,55	13,23	14,85	16,62	18,32				
	6 Centre	11,08	12,49	15,06	17	18,04	20,52				
	6 Arrière	12,51	13,82	14,09	15,79	17,5	20,12				
	7 Avant	13,57	14,06	15,06	19,82	21,36	21,03				
	7 Centre	12,74	13,81	18,67	21,44	23,34	22,76				
	7 Arrière	13,65	13,71	16,65	18,96	21,07	23,59				
	8 Avant	12,31	12,98	16,42	19,39	21,21	21,7				
	8 Centre	12,14	12,71	16,16	19,35	23,8	26,1				
	8 Arrière	12,34	12,96	15,65	18,57	21,95	24,85				
	9 Avant	10,9	11,43	14,62	17,79	20,04	23,13				
	9 Centre	10,46	11,69	16,77	20,27	22,51	25,91				
	9 Arrière	10,11	11,46	14,53	18,09	20,91	23,82				
	10 Avant	8,62	10,56	14,24	16,3	17,72	21,12				
	10 Centre	9,48	10,75	15,49	19,3	20,83	24,06				
	10 Arrière	9,01	9,65	13,61	16,54	18,15	22,61				
%PI	Gauche		1,24	3,05	3,94	5,13	6,58	-12,05	-12,05	-12,05	-12,05
	Droite		0,92	3,06	5,96	8,08	10,41	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39
		# sonde									
T° plaque droite	extérieur	T2									
	intérieur										
T° plaque gauche	extérieur	T1									
	intérieur										
T° régulateur			60	60	60	60					
T° air			60	60	60	60					

ANNEXE XII

Photos illustrant le déroulement de l'étude



Quartage. Labo Matériaux ÉTS 12.06.12



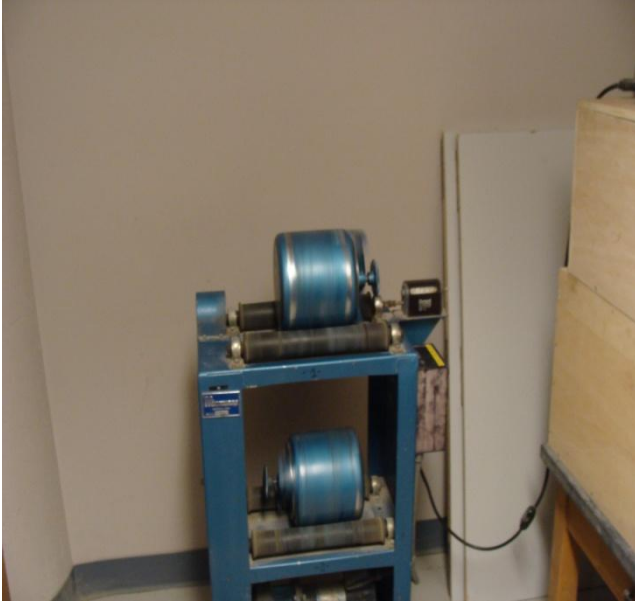
Quartage. Labo Matériaux ÉTS 12.06.12



Échantillons étuvés à 110°C. Labo Matériaux ÉTS



Lavage par décantation – préparation micro-deval. Labo Matériaux ÉTS



Micro-Deval. Labo Matériaux ÉTS 18.06.12



Coefficient d'écoulement. Labo Matériaux ÉTS



Lavage- tamisage 160 μm – 5 mm. Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Résidus de lavage et tamisage refus de 5 mm. Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Résidus de lavage et tamisage passant de 5 mm et refus de 160 µm.
Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Eau de lavage. Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Colorimétrie. Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Colorimétrie. Labo Matériaux ÉTS 15.06.12



Colorimétrie après lavage. Labo Matériaux ÉTS 19.06.12



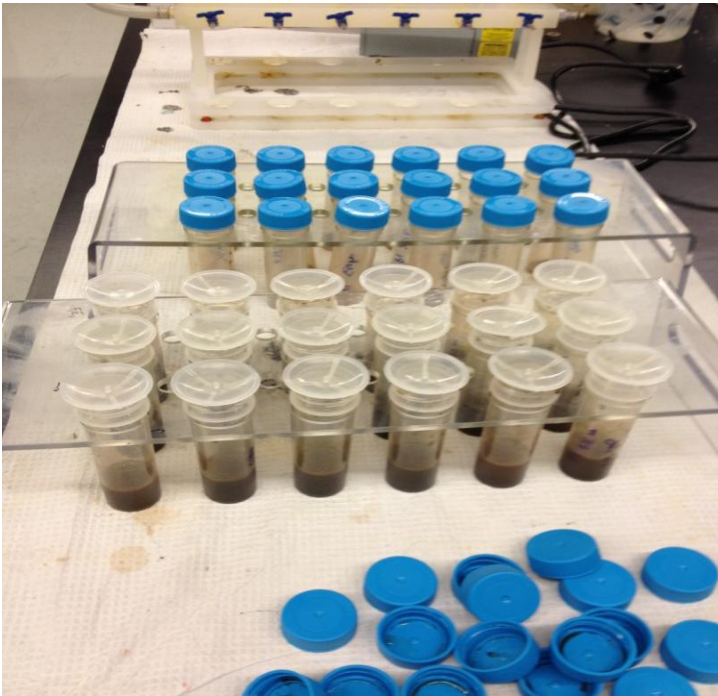
Lixiviation. Labo STEPPE ÉTS 26.07.2012



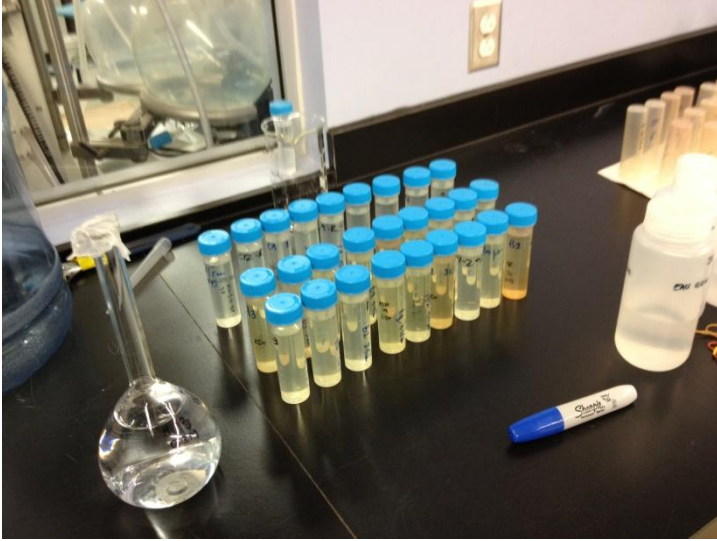
Filtration du lixiviat. Labo STEPPE ÉTS 27.07.2012



Processus de broyage. Labo STEPPE ÉTS 25.07.12



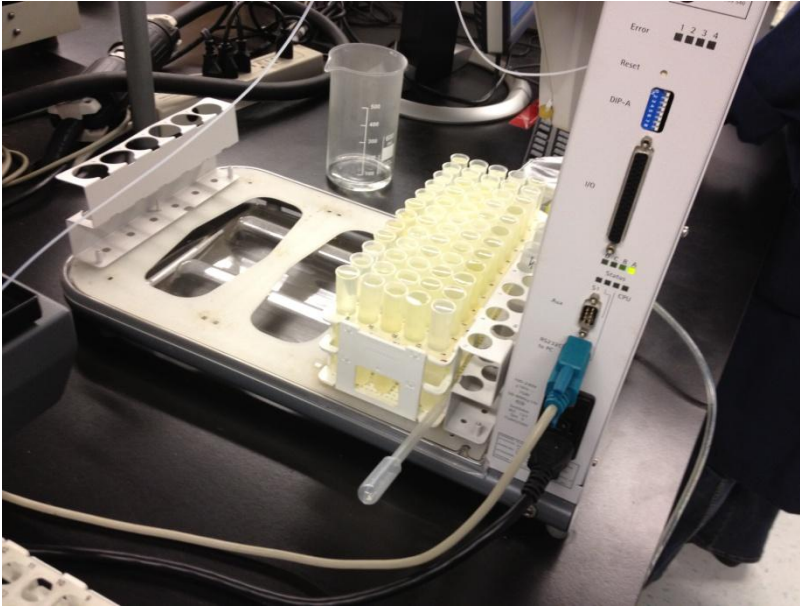
Préparation des échantillons pour l'ICP-MS. Labo STEPPE ÉTS 20.09.2012



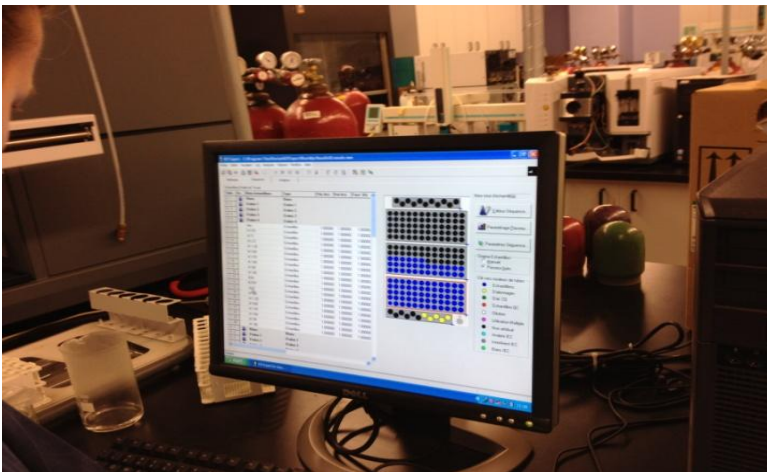
Préparation des échantillons pour l'ICP-MS. Labo STEPPE ÉTS 20.09.2012



Solutions étalons pour l'ICP. Labo STEPPE ÉTS 20.09.2012



Essai ICP. Labo STEPPE ÉTS 20.09.2012



Traitement des données ICP. Labo STEPPE ÉTS 20.09.2012



Résidus de balayage, Bromont 05.07.2013



Résidus tamisés et lavés à l'hydrocycloneur, Bromont 05.07.2013



Abrasifs lavés et séchés, Bromont 12.07.2013



Opération de tamisage et lavage à l'hydrocycloneur, Bromont 05.07.2013



Débris recueillis à l'issue du tamisage des résidus, Bromont 05.07.2013



Abrasifs tamisés et lavés, Bromont 05.07.2013



Éprouvettes de GB-20 compactées à la PCG, Labo enrobés ÉTS 14.11.2013



Préparation des éprouvettes de GB-20 pour le compactage, Labo enrobés ÉTS 15.01.2014



Compactage de l'éprouvette, Labo enrobés ÉTS 15.01.2014



Essai de l'orniérage, Labo enrobés ÉTS 17.01.2014



Essai de l'orniérage, Labo enrobés ÉTS 17.01.2014



Éprouvettes à l'issue de l'essai à l'orniéreur, Labo enrobés ÉTS 18.01.2014

BIBLIOGRAPHIE

AIPCR. 2007. « Rapport d'activité ».

AIPCR. 2010. « Base de données sur la neige et le verglas ». *Comité technique B5 – Viabilité hivernale*.

American Society of Testing and Materials. 1989. « Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Method C 131-89 ».

Borland S L et al. 1993. « Braking Traction on Sanded Ice ». *Transportation Research Record*, vol. 1387.

CEAEQ, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MDDEP,. 2001. « MA. 400 – HAP 1.1. Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse ».

CEAEQ, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. 2011a. « Catalogue des matériaux de référence ». vol. Édition 2011-01-17.

CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2008. « Cahier 8 Échantillonnage Des Matières Dangereuses ». *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2009a. « Protocole Pour La Validation D'une Méthode D'analyse En Chimie ». *Programme d'accréditation des laboratoires d'analyse*.

CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2010a. « Cahier 5 Échantillonnage Des Sols ». *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2010b. « Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon-MA. 200 – Mét. 1.2 ».

CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2010c. « Protocole de lixiviation pour les espèces inorganiques-MA. 100 – Lix.com. 1.1 ».

- CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP. 2011b. « Catalogue des matériaux de référence ».
- CEAEQ, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, MDDEP, . 2009b. « Dosage des hydrocarbures pétroliers C₁₀ à C₅₀ dans les sols et les sédiments, MA. 416 – C₁₀-C₅₀ 1.0 ».
- City of Edmonton. 2005. « Winter Street Sand Recycling Program ».
- CNRC. 2005. « Réutilisation ou recyclage des matériaux de construction ou d'entretien de routes ». *InfraGuide*.
- CTC, Associates LLC 2008. « Limitations of the Use of Abrasives in Winter Maintenance Operations ». *Department of Transportation. Wisconsin*.
- CWP, Center for Water Protection. 2009. « ». <http://www.cwp.org>.
- Deletraz G et al. 1998. « Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des routes et autoroutes ».
- DLC. 1997. « Évaluation de la performance des abrasifs ». *Bulletin d'information technique. Direction du Laboratoire des Chaussées - Transport Québec - Canada* vol. Vol 2.
- DLC. 1998. « Matériaux recyclés dans les chaussées ». *Bulletin d'information technique, Direction des Laboratoire des Chaussée- Transport Québec – Canada*, vol. Vol.3, no 3.
- DLC. 2003. « Projet de réfection majeure d'une chaussée par recyclage des matériaux en place ». *Bulletin d'information technique, Direction des Laboratoire des Chaussée- Transport Québec – Canada*, vol. Vol. 8, no 6, juin 2003.
- Durand C, et al. 2004. « Caractérisation physico-chimique des sédiments de deux bassins de retenue des eaux pluviales ». *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*.
- EPA. 1991. « Guidance Document for selecting Antiskid Materials Applied to Ice and Snow-Covered Roadways ».
- EPA. 2005. « What You Should Know About Safe Winter Roads and the Environment ».

- FCM, Centre pour le développement des collectivités viables 2007. « L'innovation incite Edmonton à adopter des pratiques de pointe en gestion des déchets ».
- Felsburg H et al. 2010. « Investigation of re-use options for used traction sand ». *Colorado Department of Transportation*, vol. Report n°. CDOT-2010-4.
- FHWA. 1996a. « Anti-icing Strategies Improve Safety and Protect the Environment ». *Focus*.
- FHWA. 1996b. « Manual of Practice for an Effective Anti-icing Program: A Guide for Highway Winter Maintenance Personnel ».
- FHWA. 1998. « Test and Evaluation Project No. 28: Anti-icing Technology. ». *Field Evaluation Report, Publication* vol. FHWA-RD-97-132.
- Freyssinet, P et al. 1998. « Évolution chimique et minéralogique des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères au cours de la maturation ». *Éditions BGRM* p. 146.
- Gaber, J. 1995. « Pollution de proximité par voie aérienne. Constat et perspectives ». *SETRA, CSTR*.
- Gertler A et al. 2006. « A case study of the impact of winter road sand/salt and street sweeping on road dust re-entertainment, ». *Atmospheric environment*.
- Gruaz, M. 2004. « utilisation simultanée d'un fondant routier et d'un d'abrasif ». *Présentation de M. Gruaz – interoute*.
- Hivernal des Routes. 2003. « Synthèses des meilleures pratiques de gestion des sels de voirie ».
- Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDDRIM). 2011. « Classification et aide au choix des matériaux granulaires recyclés pour leurs usages routier hors agrégats d'enrobé ». vol. Note d'information- No 2- France-2011.
- Keyser, JH. 1973. « De-icing Chemicals and Abrasives: State of the Art ». *Highway Research Record*, vol. 425, 36-51.
- Klein, P. « lavage et valorisation des sables- Atelier ». *Société MS- France*.
- Kuettel D, Bari Q. 1996. « Benefit-Cost Comparison of Salt-Only Versus Salt-Abrasive Mixtures Used in Winter Highway Maintenance in the United States ». *Snow Removal*

and Ice Control Technology, Selected Papers Presented at the Fourth International Symposium, Reno, Nevada, August 11-16, 1996.

Lesoin, S. 1997. « Migration cationique et anionique des métaux toxiques(plomb, chrome et zinc) dans les sols sous l'effet d'un champ électrique ».

Létourneau, M.F. 2012. « Abrasifs cherchent deuxième vie ». *La voix de l'est.*

MDDEFP, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs ., 2002. « Guide de Valorisation des Matières Résiduelles Inorganiques Non Dangereuses de Source Industrielle Comme Matériau de Construction ».

MDDEFP, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs ., 2012. « Lignes Directrices Sur La Gestion Des Matières Résiduelles Et Des Sols Contaminés Traités Par Stabilisation Et Solidification ».

MDDEFP, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs ., 2009. « Lignes Directrices Relatives À La Gestion De Béton, De Brique Et D'asphalte Issus Des travaux De Construction Et De Démolition Et Des Résidus Du Secteur De La Pierre De Taille ».

Metropolitan Council Best Practices. « Best Management Practices for Street sweeping ». vol. No 71-94-020A

Mokwa, R. 2011. « Testing and evaluation of recovered traction sanding material ». *Montana Department of Transportation.*

MTO, Ministère des Transports de l'Ontario. 2005. « Déneigement et déglçage ».

MTQ, Ministère des Transport du Québec 2009. « Stratégie Québécoise pour une Gestion Environnementale des Sels de Voirie ».

MTQ, Ministère des Transport du Québec 2011. « Plan ministériel de gestion environnementale des sels de voirie 2011-2014 ».

MTQ, Ministère des Transport du Québec 2012. « La gestion des résidus provenant du balayage mécanique des voies de circulation et du pompage des regards d'égouts pluviaux ». *Environnement Express.*

MTQ, Ministère des Transports du Québec 1995. « Évaluation environnementale des résidus du balayage mécanique ».

- MTQ, Ministère des Transports du Québec 2010. « La gestion environnementale des sels de voirie au Québec, État de situation partiel ».
- MTQ, Ministère des Transports du Québec 2014. « Registre des opérations hivernales ». < <http://www.roh.prod/> >. Consulté le 01 septembre 2014.
- MWLAP, Ministry of Water, Land and Air Protection, British Columbia., 2005. « Best Management Practices to Mitigate Road Dust from Winter Traction Materials ».
- National Research Council. 1988. « Deicing chemicals and snow control ». *Transportation Research Record*, p. 53.
- NCHRP, National Cooperative Highway Research Program. 2004. « Snow and Ice Control: Guidelines for Materials and Methods ». vol. Report 526.
- Nixon, W.A. 2001a. « The Use of Abrasive Winter Maintenance Final Report of Project TR 434 ». *Iowa DOT*, vol. Project TR 434.
- Nixon, W.A. 2001b. « Use of Abrasives in Winter Maintenance at the County Level ». *Transportation Research Record* vol. 1741.
- Pagotto, C. 1999. « Étude sur l'émission et le transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier ». *Thèse doctorale-LCPC- Ecole des Mines de Nantes- Université de Poitier- France*
- Salt Institute. 2004. « Highway Salt and Our Environment. ».
- Schlup U and al. 2001. « Abrasives and Salt: New Research on Their Impact on Security, Economy and the Environment ». *Transportation Research Record*, vol. 1741.
- SETRA, Service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements. 2011. « l'impact des fondants routiers sur l'environnement ». *note d'information*.
- Terney, B. 2001. « Pros and Cons of Sand on Ice and Snowpack ». *University of New Hampshire Technology Transfer center*.
- Vaa, T. 2004. « Material distribution, performance and residual " Implementation of new sanding method in Norway" ». *Sixth International Symposium on snow Removal and Ice Control Technology*, vol. E-C063.

Ville de Québec. 2009. « Rapport du comité d'amélioration de la performance ».

Ville de Sherbrooke. 2011. « Récupération et valorisation des abrasifs épanchés sur les routes en hiver ».

Walker, D. 2005. « The Truth about Sand and Salt for Winter Maintenance ». *Salt and Highway Deicing*, vol. Vol. 42, No. 2, 1-4.

WTC, Wisconsin Transportation Center. 2005. « Using Salt and Sand for Winter Road Maintenance. ». *Wisconsin Transportation Bulletin*, vol. No. 6.