

Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

Les mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND)



Guide d'application

Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

Les mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND)



Le présent guide d'application a été rédigé par un groupe de travail composé de représentants des organismes suivants :

- la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) ;
- le Centre d'études techniques de l'équipement de Lyon (CETE de Lyon).

Ainsi que :

- l'Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur (AMORCE) ;
- la Fédération nationale des travaux publics (FNTP) ;
- le Syndicat national du traitement et de la valorisation des déchets urbains et assimilés (SVDU) ;
- l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG) ;
- l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF).

Ce guide reprend les prescriptions de l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux. Il remplace la circulaire du 9 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains.

Sommaire

Avant-propos	5
1 - Objet, définitions et aspect contractuel	7
1.1 - Objet	7
1.2 - Définitions	8
1.3 - Aspect contractuel	9
2 - Du mâchefer à la grave de mâchefer	10
2.1 - Gisement et caractéristiques des mâchefers	10
2.2 - Elaboration du matériau alternatif	10
2.3 - Le processus de préparation des graves de mâchefer	13
2.4 - Caractéristiques géotechniques de la grave de mâchefer	14
2.5 - Localisation des IME	16
3 - Domaines d'emploi et limitation d'usage	17
3.1 - Nature des usages routiers	17
3.2 - Référentiels d'utilisation / Normes / Guides	19
3.3 - Limitations d'usage de l'arrêté du 18 novembre 2011	20
4 - Procédure d'assurance qualité et traçabilité	23
4.1 - Approvisionnement des MIDND	23
4.2 - Réception des MIDND	23
4.3 - Planification	24
4.4 - Exploitation du gisement : maturation et traitement mécanique	24
4.5 - Stockage et gestion des stocks	24
4.6 - Contrôles	24
4.7 - Traitement des écarts	25
4.8 - Traçabilité en sortie d'IME	26
Annexes	28
Annexe 1 : critères de recyclage liés à la teneur intrinsèque en éléments polluants et au comportement à la lixiviation	28
Annexe 2 : fiches d'emploi des graves de mâchefer	30
Annexe 3 : exemple de fiche de recommandations et de suivi des graves de mâchefer	35
Annexe 4 : exemples de document technique des graves de mâchefer	36
Annexe 5 : exemple de fiche de classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré	38
Annexe 6 : prescriptions pour les prélèvements et la préparation des échantillons	41

Annexe 7 : prescriptions pour les laboratoires d'essais	44
Annexe 8 : liste des acronymes	46
Bibliographie	47

Avant-propos

Chaque année en France, la construction et l'entretien des routes nécessitent environ 200 millions de tonnes de granulats naturels. Parallèlement à cela, des quantités importantes de déchets minéraux sont générées chaque année par le secteur du BTP et de l'industrie, et constituent, potentiellement, un moyen de préserver les ressources naturelles en offrant un gisement intéressant pour l'élaboration de matériaux alternatifs routiers.

Toutefois, le recours à des matériaux alternatifs en technique routière ne pouvant se limiter à la seule vérification de leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques, le Ministère en charge de l'environnement a développé une méthodologie permettant d'évaluer les caractéristiques environnementales de ces matériaux qui a été publiée par le Sétra en mars 2011.

L'objectif du présent guide d'application est de favoriser le recyclage des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux. Il décline les principes définis par l'arrêté du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux.

Le présent guide d'application vise à fournir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, publics et privés, ainsi qu'aux entreprises, les prescriptions et exigences opérationnelles relatives à l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués à partir de mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, et destinés à être utilisés en technique routière. Ces spécifications doivent ainsi permettre aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre d'élaborer des cahiers des charges de projets ou d'analyser les variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Le guide s'applique aux matériaux alternatifs fabriqués à partir de mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, dont la fonction envisagée a été préalablement justifiée pour les usages routiers pris en compte dans ce guide. Les matériaux visés par ce guide doivent respecter les performances techniques en accord avec les normes, guides régionaux ou spécifications techniques pour les usages routiers visés.

Le contenu de ce guide s'inscrit résolument dans une démarche de promotion de l'utilisation de matériaux alternatifs en technique routière sur tout le territoire national, dans des conditions environnementales maîtrisées. En ce sens, il répond aux objectifs communautaires en matière de valorisation des déchets, ainsi que de réduction de leur stockage.

Ce guide d'application a été élaboré à l'initiative principalement de l'Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG), du Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés (SVDU) et d'Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur (AMORCE). Il a été validé par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE), après consultation des parties prenantes.

Le Directeur Général de la Prévention des Risques



Laurent Michel

1 - Objet, définitions et aspect contractuel

1.1 - Objet

Le guide méthodologique « *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale* » (Sétra, mars 2011, Réf : 1101) [12] fournit une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets non dangereux.

Le présent guide constitue l'application au gisement de mâchefers issus de l'incinération de déchets non dangereux (MIDND) de la démarche d'évaluation du guide méthodologique.

Selon les résultats de l'étude nationale de caractérisation H14 des mâchefers de novembre 2011⁽¹⁾, les mâchefers issus de l'incinération de déchets non dangereux (MIDND) sont des déchets non dangereux.

Ce guide d'application a pour objet de consigner les critères environnementaux à respecter dans le cadre de l'utilisation en technique routière de granulats produits à partir de MIDND.

Par souci d'exhaustivité, les spécifications géotechniques auxquelles doivent répondre les graves produites à partir de MIDND suivant les usages visés sont également rappelées.

Les prescriptions présentées tiennent compte de l'expérience acquise dans le recyclage des MIDND en technique routière, par les producteurs de granulats, les entreprises de travaux publics et les opérateurs pour ce qui concerne :

- les techniques d'élaboration ;
- les modes d'utilisation ;
- la connaissance de l'évolution du potentiel polluant pendant la phase de maturation ;
- les études réalisées par les laboratoires extérieurs aux entreprises de travaux publics.

Cette expérience s'est concrétisée antérieurement par la publication de guides régionaux (Ile-de-France, Haute-Normandie, Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais, etc.), qui décrivent les moyens de production des graves à partir de MIDND sur les installations de maturation et d'élaboration (IME) et les conditions pratiques de leur application. Leur partie environnementale est destinée à être remplacée par les prescriptions issues du présent guide.

Le présent guide est principalement destiné :

- à l'Inspection des Installations Classées, pour qu'elle puisse y trouver des recommandations dans l'application des dispositions de l'arrêté ministériel du 18/11/11 [13] ;
- aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'étude et de contrôle, pour qu'ils puissent, en connaissance de cause, prévoir dans leurs projets et marchés, l'utilisation de graves produites à partir de MIDND (en solution de base ou en variante) ;
- aux entreprises de fabrication et d'application de matériaux pour qu'elles puissent proposer des graves produites à partir de MIDND dans le respect des dispositions de l'arrêté ministériel du 18/11/11 et du présent guide d'application.

L'enjeu est important et permet en particulier aux producteurs de MIDND et à leurs détenteurs successifs de répondre à leurs obligations en matière de hiérarchisation des modes de traitement des déchets (article L.541-2-1 du code de l'environnement).

L'utilisation de graves produites à partir de MIDND contribue à la préservation des ressources naturelles en permettant l'économie de granulats et de métaux ferreux et non ferreux.

(1) Etude nationale de caractérisation H14 des mâchefers de novembre 2011.

Les mâchefers analysés lors de cette étude proviennent de l'extraction des matières solides en sortie du four des installations de traitement thermique de déchets non dangereux relevant de la rubrique 2771 de la nomenclature des installations classées ou des installations de traitement thermique de déchets non dangereux et des déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) relevant des rubriques 2770 et 2771 de la nomenclature des installations classées si les DASRI et les déchets non dangereux sont incinérés en mélange et si la quantité de DASRI est inférieure ou égale à 10 % de la quantité des déchets incinérés.

Les incinérateurs de déchets non dangereux spécifiques (par exemple les incinérateurs internes de certaines installations industrielles) sont exclus du champ de cette étude.

1.2 - Définitions

Mâchefer d'incinération de déchets non dangereux (MIDND) ou mâchefer

Déchets provenant de l'extraction des matières solides en sortie du four des installations de traitement thermique de déchets non dangereux relevant de la rubrique 2771 de la nomenclature des installations classées ou des installations de traitement thermique de déchets non dangereux et des déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) relevant des rubriques 2770 et 2771 de la nomenclature des installations classées si les DASRI et les déchets non dangereux sont incinérés en mélange et si la quantité de DASRI est inférieure ou égale à 10 % de la quantité des déchets incinérés.

Le MIDND est obligatoirement recueilli séparément des cendres volantes et des cendres sous chaudière.

Lot périodique

Ensemble de MIDND produit dans une période P par une même installation de traitement thermique de déchets non dangereux et réceptionné dans une même installation de maturation et d'élaboration des MIDND relevant des rubriques 2716, 2771 ou 2791 de la nomenclature des installations classées.

La période P de constitution d'un lot périodique de MIDND est de :

- **un mois** si la capacité autorisée de l'installation de traitement thermique productrice du MIDND est supérieure ou égale à 50 000 tonnes de déchets incinérés par an ;
- **trois mois** si la capacité autorisée de l'installation de traitement thermique productrice du MIDND est inférieure à 50 000 tonnes de déchets incinérés par an. Cette période peut être portée à six mois si l'exploitant de l'installation de traitement thermique productrice du MIDND est en mesure de justifier la conformité de la composition physico-chimique d'au moins 12 lots consécutifs aux critères de recyclage spécifiés à l'annexe de l'arrêté du 18 novembre 2011.

Matériau alternatif ou mâchefer élaboré

Tout matériau élaboré à partir d'un même lot périodique de MIDND et destiné à être utilisé, seul ou en mélange avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, au sein d'un matériau routier. Le matériau alternatif est donc un constituant, éventuellement unique, d'un matériau routier.

Les matériaux alternatifs élaborés dans ces conditions sont préférentiellement dénommés mâchefers élaborés dans le présent guide.

Matériau routier ou grave de mâchefer

Tout matériau alternatif ou mélange d'un matériau alternatif avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, répondant à un usage routier.

Le matériau routier est donc un matériau apte à quitter l'installation de maturation et d'élaboration pour être mis en œuvre en l'état sur un chantier routier.

Les matériaux routiers produits dans ces conditions sont, préférentiellement et de manière générique, dénommés graves de mâchefers dans le présent guide d'application. Pour distinguer les différents types qui sont envisagés, les termes suivants sont plus spécifiquement utilisés : grave de mâchefer non traitée, grave de mâchefer non formulée, grave de mâchefer formulée ou grave de mâchefer traitée (cf. définitions ci-dessous).

Grave de mâchefer non-traitée

La grave de mâchefer est qualifiée de non-traitée lorsque :

- le mâchefer élaboré est le constituant unique de la grave de mâchefer. Le matériau routier ainsi obtenu est également dénommé **grave de mâchefer non formulée**.
- le mâchefer élaboré est mélangé avec d'autres granulats pour constituer le matériau routier. Le mélange doit être motivé par l'atteinte des caractéristiques mécaniques, géotechniques ou de mise en œuvre requises pour l'usage routier visé. Le matériau routier ainsi obtenu est également dénommé **grave de mâchefer formulée**.

Grave de mâchefer traitée

La grave de mâchefer est qualifiée de traitée lorsque le matériau routier est obtenu par traitement d'une grave de mâchefer non-traitée, formulée ou non, avec un liant hydraulique routier ou hydrocarboné.

Installation de maturation et d'élaboration (IME)

Installation classée pour la protection de l'environnement destinée à transformer le MIDND en grave de mâchefer répondant à un usage routier. Elle peut être localisée soit dans l'enceinte de l'installation de traitement thermique ayant produit le MIDND (rubrique ICPE 2771), soit sur un site extérieur dédié (rubriques ICPE 2716 et/ou 2791).

L'IME dispose a minima d'équipements permettant de maîtriser la granulométrie et d'extraire les métaux valorisables et les indésirables.

Usage routier

Usage pour lequel des matériaux sont utilisés à des fins de construction, de réhabilitation ou d'entretien d'ouvrages routiers, c'est-à-dire d'ouvrages supportant un trafic routier (voie de circulation ou aire de stationnement) ou d'ouvrages situés dans l'emprise routière et dont la construction a été rendue nécessaire par l'existence de l'infrastructure (protection phonique, visuelle, etc.).

Elaboration

Opération reposant sur une combinaison de traitements physiques simples, dits « de préparation », et de traitements physico-chimiques simples, dits « de maturation », visant à produire un matériau alternatif à partir d'un MIDND.

Formulation

Opération visant à mélanger des matériaux, alternatifs ou non, dans des proportions déterminées afin de produire un matériau routier.

1.3 - Aspect contractuel

Pour favoriser l'utilisation de matériaux alternatifs, il est recommandé que les projets et les cahiers des charges techniques des travaux permettent ou prévoient cette utilisation.

Le maître d'ouvrage peut ainsi dans le règlement de la consultation :

- ouvrir à variantes ;
- mettre en place des critères de jugement des offres adossés à des éco-comparateurs routiers afin de pouvoir juger, en toute objectivité, de l'intérêt des différentes solutions.

Les clauses techniques concernant l'utilisation de graves de mâchefer peuvent être détaillées dans le chapitre relatif à la nature des constituants :

- pour les terrassements et les couches de forme, les constituants intègrent les caractéristiques de la catégorie F61 de la norme NF P 11-300 [10], les prescriptions du guide technique « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques » (Sétra/LCPC – 2000) [15], complétées des dispositions du présent guide d'application ;
- pour les assises de chaussée, les constituants intègrent les granulats d'origine recyclée et artificielle, selon les normes NF P 18-545 [9], NF EN 13285 [4] et NF EN 13242 [2] et selon les dispositions du présent guide d'application.

Les fiches d'emploi des graves de mâchefer présentées en annexe 2 peuvent servir d'aide à la décision :

- fiche n°1 / Les remblais ;
- fiche n°2 / Les remblais de tranchées ;
- fiche n°3 / Les couches de forme ;
- fiche n°4 / Les couches d'assise.



2 - Du mâchefer à la grave de mâchefer

2.1 - Gisement et caractéristiques des mâchefers

A la date de publication du présent guide, le gisement annuel de mâchefers peut être évalué à environ 3 millions de tonnes, ce qui représente entre 20 et 25 % en poids brut des déchets incinérés.

Au cours des dernières années, le mâchefer a été soit utilisé en technique routière (84%), soit éliminé dans une installation de stockage de déchets non dangereux (16%).

Généralement refroidi à l'eau, le mâchefer, dont la composition chimique est principalement minérale (silicium-aluminium-calcium), contient généralement 20 à 25 % d'eau et 6 à 10 % de métaux récupérables (ferreux et non-ferreux).

Il se présente sous forme d'aggrégats scoriacés plus ou moins grossiers, dans une matrice à structure sableuse, de couleur gris-foncé.

Le taux d'imbrûlés est contrôlé par la mesure du Carbone Organique Total (COT) ou de la perte au feu conformément à l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 modifié. Les technologies actuelles et la conduite du four (en particulier par une bonne surveillance de la répartition du feu) permettent d'atteindre les performances de combustion attendues.

Le taux d'humidité élevé est dû à la nécessité de refroidir le mâchefer en vue de son évacuation et d'assurer une étanchéité entre le four et l'extérieur. Cette fonction est assurée soit par un extracteur à poussoir, soit par un extracteur à chaînes.

Dès la sortie du four et avant sa sortie de l'usine d'incinération, le mâchefer peut subir un certain nombre d'opérations d'homogénéisation. Ces opérations pourront être plus poussées par la suite dans des IME pour améliorer l'ensemble de leurs caractéristiques.

Ces opérations peuvent être les suivantes :

- scalpage, permettant de débarrasser le mâchefer des déchets les plus volumineux, notamment des déchets métalliques, et de briser d'éventuels blocs creux ;
- retrait de métaux ferreux par over-band par exemple ;
- retrait de métaux non-ferreux par courant de Foucault.

Les métaux séparés sont dirigés vers des filières de valorisation « matière », indépendamment de la filière envisagée pour le mâchefer.

Nota : le mélange de MIDND issus de lots périodiques différents, la dilution de MIDND avec d'autres substances ou objets, ainsi que la stabilisation de MIDND sont interdits.

2.2 - Elaboration du matériau alternatif

Le mâchefer, sorti de l'usine d'incinération, doit subir un certain nombre de traitements pour être transformé en matériau à usage routier dont les caractéristiques géotechniques (identification et comportement) sont conformes aux normes concernant les granulats et les graves, et dont les caractéristiques environnementales respectent celles fixées par l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 [13] pour l'usage routier envisagé.

Les phases d'élaboration du matériau alternatif doivent être réalisées par l'IME dans un délai d'un an à compter de la date de constitution du lot périodique de mâchefer.

2.2.1 - Le processus de préparation du mâchefer

Sur une IME, le mâchefer (avant ou après maturation) est transformé en une grave calibrée après une phase de préparation qui consiste principalement à :

- extraire les métaux ferreux et non ferreux. Les métaux ferreux sont captés par des séparateurs magnétiques positionnés sur le parcours des matériaux, et les métaux non ferreux par une ou plusieurs machines à courant de Foucault. Les métaux ainsi récupérés sont recyclés dans les filières sidérurgiques. La performance du tri des métaux peut être appréciée via la norme NF EN 16262 [8] ;
- extraire les imbrûlés légers de grande taille qui peuvent subsister après incinération. Ces imbrûlés sont éliminés par des équipements de tri aéroulique et retournent en incinération ;
- calibrer par concassage/criblage les mâchefers afin de produire un mâchefer élaboré compatible avec les utilisations routières finales envisagées.

Les mâchefers ainsi élaborés peuvent être entreposés sur l'IME pendant une durée maximale de 3 ans à compter de la date de constitution du lot périodique dont ils sont issus.

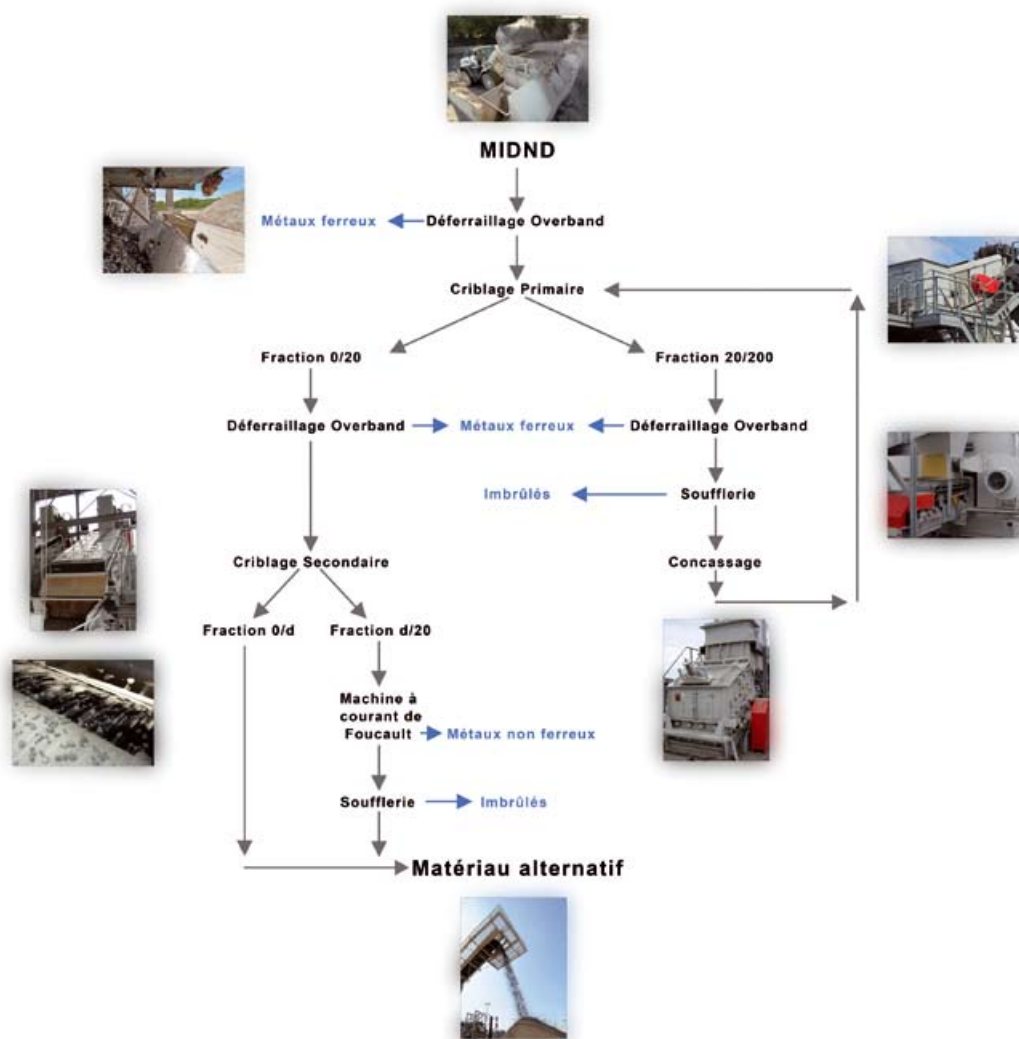


Figure 1 – Exemple de synoptique de production de mâchefers élaborés

2.2.2 - Le processus de maturation du mâchefer

La maturation des mâchefers consiste en un ensemble de réactions physico-chimiques reposant principalement sur une carbonatation de la chaux par le dioxyde de carbone atmosphérique, ainsi qu'une minéralisation des composés chimiques, instables en sortie de l'incinération.

Ces mécanismes de maturation permettent de baisser le potentiel d'hydrogène (pH) du matériau et, par voie de conséquence, de réduire son potentiel polluant en rendant insolubles les hydroxydes de la plus grande partie des métaux lourds. Ils permettent également au matériau d'acquies en fin de maturation des caractéristiques géotechniques et environnementales stables.

Cette phase de maturation est de l'ordre de 1 à 12 mois selon les conditions d'échange physico-chimique avec l'air ambiant.

2.2.3 - Composition du matériau alternatif

Au final, le matériau alternatif produit par l'IME est en général de granulométrie 0/20 à 0/31,5mm.

Il s'agit d'un matériau alcalin dont la composition chimique moyenne est la suivante :

- essentiellement silicates, alumines, calcaire et chaux ;
- présence de sels : chlorures et sulfates ;
- Carbone Organique Total COT <3% ;
- présence de métaux lourds <1%.

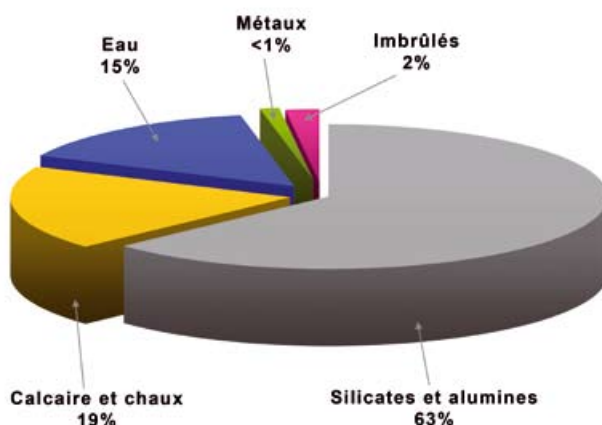


Figure 2 – Composition chimique du mâchefer élaboré

2.3 - Le processus de préparation des graves de mâchefer

Les mâchefers élaborés sont majoritairement utilisés seuls, sans formulation ni traitement, en tant que grave de mâchefer non-traitée pour des utilisations en remblai et en couche de forme d'ouvrages routiers.

Pour étendre leur domaine d'emploi en technique routière les mâchefers élaborés peuvent également être utilisés en mélange avec d'autres granulats (grave de mâchefer formulée) et/ou traités aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés (grave de mâchefer traitée).

Ces opérations de formulation et/ou de traitement doivent être réalisées par l'IME.

Les graves de mâchefer peuvent être entreposées sur l'IME pendant une durée maximale de 3 ans à compter de la date de constitution du lot périodique de mâchefers le plus ancien ayant servi à leur production.

2.3.1 - Grave de mâchefer formulée

La formulation d'une grave de mâchefer avec des granulats d'origine naturelle est généralement pratiquée pour réduire sa sensibilité à l'eau à la mise en œuvre. Dans d'autres cas, la grave de mâchefer peut être le correcteur granulaire d'un sable pour en augmenter ses performances mécaniques.

Les matériaux routiers formulés utilisant la grave de mâchefer font l'objet d'études géotechniques (compactage et portance).

Nota : pour qu'une grave de mâchefer formulée puisse être envoyée vers un chantier routier, il est nécessaire que les mâchefers élaborés entrant dans sa composition respectent les valeurs limites environnementales de l'annexe 1 associées à l'usage routier visé. Dès lors que la formule n'intègre pas de matériaux autres que des mâchefers élaborés et des granulats naturels, il n'y a pas lieu de vérifier que la grave de mâchefer formulée respecte également ces valeurs limites.

Nota : la phase de formulation ne peut envisager le mélange de mâchefers élaborés issus de lots périodiques provenant de différentes installations de traitement thermique de déchets non dangereux.

2.3.2 - Grave de mâchefer traitée

Les matériaux routiers traités aux liants hydrauliques utilisant la grave de mâchefer, seule ou formulée avec des granulats, sont courants. Ils bénéficient d'une large expérience depuis une vingtaine d'années.

Le liant hydraulique utilisé est un ciment ou un liant hydraulique routier. Les matériaux routiers traités aux liants hydrauliques utilisant la grave de mâchefer font l'objet d'études de traitement pour la mesure de leurs performances mécaniques.

Le traitement aux liants hydrocarbonés de la grave de mâchefer, seule ou formulée, est moins répandu. Le traitement se fait à froid, en utilisant le bitume sous forme d'émulsion ou de mousse de bitume. Le traitement est généralement pratiqué pour être utilisé en structure de chaussées souples. Les performances sont similaires à celles de graves-émulsion ou graves-mousse obtenues avec les mêmes catégories de granulats.

Nota : pour qu'une grave de mâchefer traitée puisse être envoyée vers un chantier routier, il est nécessaire que les mâchefers élaborés entrant dans sa composition respectent les valeurs limites environnementales de l'annexe 1 associées à l'usage routier visé. Dès lors que le traitement n'intègre pas de liants autres que des liants hydrauliques routiers ou hydrocarbonés, il n'y a pas lieu de vérifier que la grave de mâchefer traitée respecte également ces valeurs limites.

Nota : dans le cas d'autres procédés ne bénéficiant pas de l'expérience antérieure à la rédaction de ce guide d'application, en particulier si les matériaux autres que des granulats naturels, des liants hydrauliques routiers ou hydrocarbonés entrent dans la composition de la grave de mâchefer, les matériaux obtenus doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale conformément au guide méthodologique « *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale* » (Sétra, mars 2011, Réf : 1101) [12]. Les résultats sont soumis à l'inspection des installations classées contrôlant l'IME préalablement à toute cession.

Nota : le stockage au sein de l'IME de mâchefers élaborés ou de graves de mâchefer ne peut excéder trois ans.

2.4 - Caractéristiques géotechniques de la grave de mâchefer

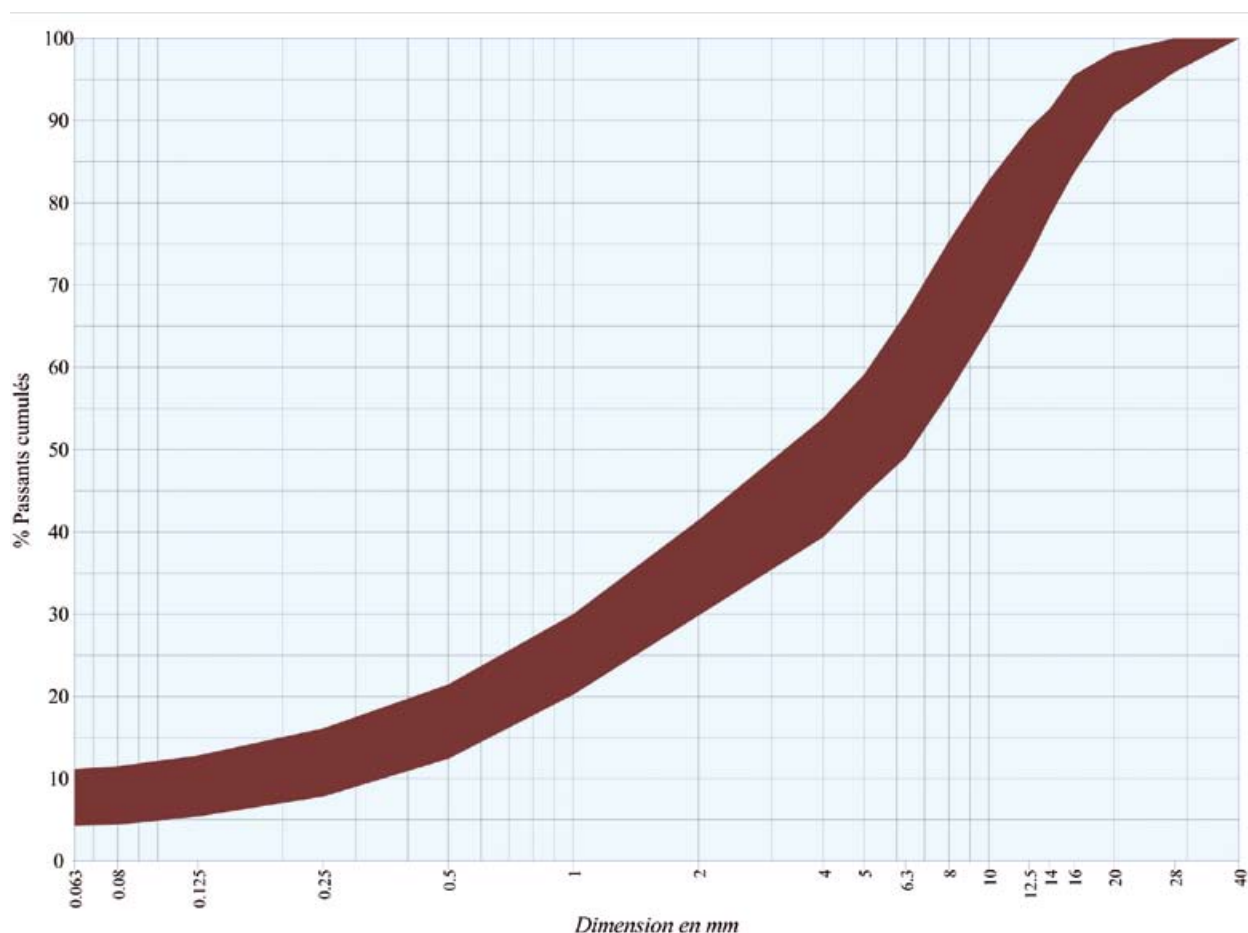


Figure 3 - Fuseau granulométrique classique d'une grave de mâchefer 0/20

Les caractéristiques géotechniques courantes d'une grave de mâchefer non-traitée sont :

Granularité	0/20 ou 0/31,5
Teneur en fines	$4\% \leq \text{passant à } 0,063 \text{ mm} \leq 12\%$
Passant à 2 mm	$20\% \leq \text{passant à } 2 \text{ mm} \leq 50\%$
Propreté	$\text{VBS} \leq 0,1$ $\text{MB} < 1$

Caractéristiques intrinsèques

	$35 \leq \text{LA} \leq 45$ $15 \leq \text{MDE} \leq 40$
Teneur en eau	$8\% \leq w \leq 20\%$

Caractéristiques de compactage Optimum Proctor Normal

Teneur en eau OPN	$14\% \leq w \leq 20\%$
Masse volumique apparente sèche	$1,45 \leq \rho_d \leq 1,8$
Indice portant immédiat à l'OPN	$20 \leq \text{IPI} \leq 50$

Caractéristiques de compactage Optimum Proctor Modifié

Teneur en eau OPM	$12,5\% \leq w \leq 16\%$
Masse volumique apparente sèche	$1,75 \leq \rho_d \leq 1,87$
Indice portant immédiat à l'OPM	$40 \leq \text{IPI} \leq 100$

2.5 - Localisation des IME

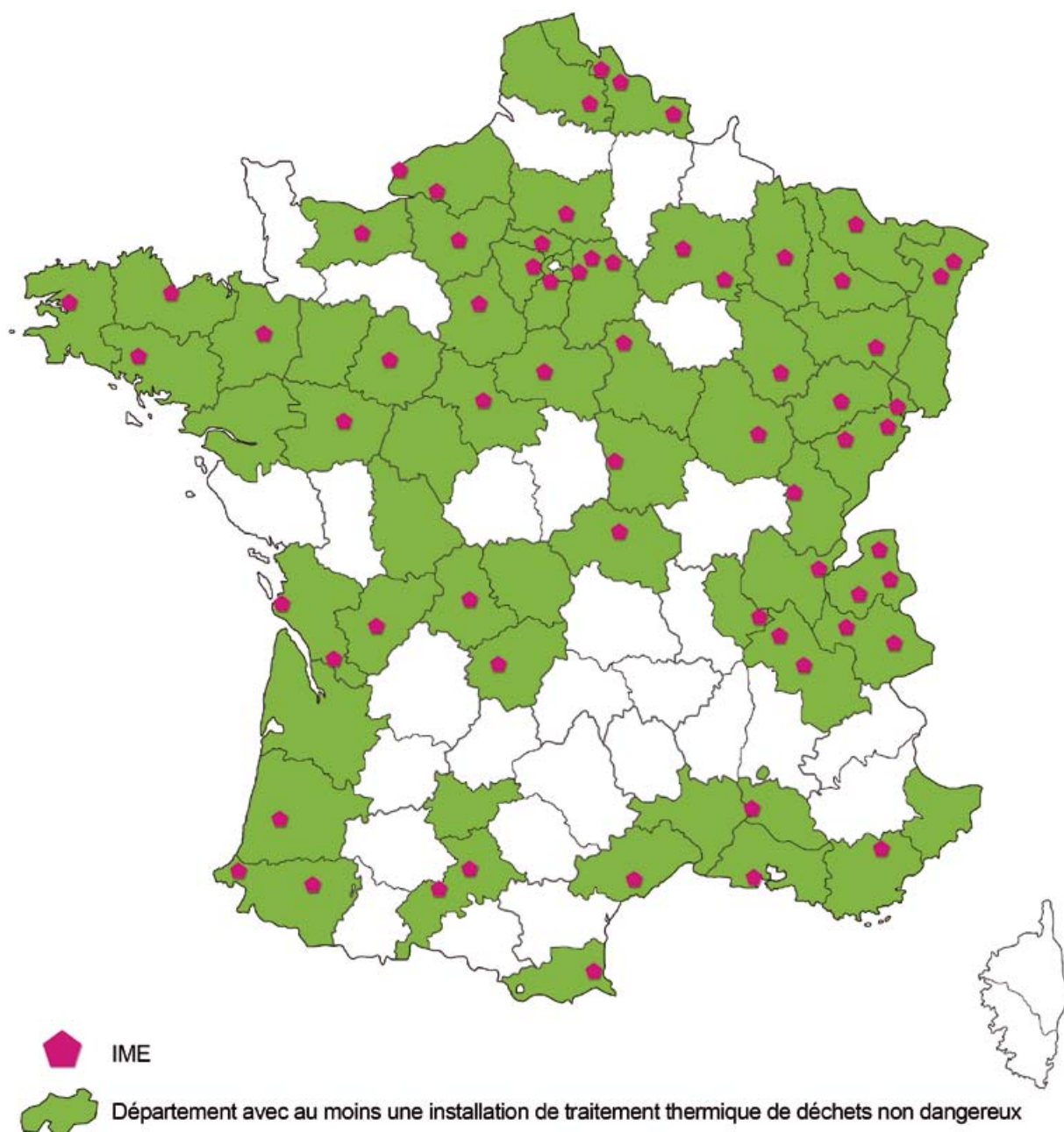


Figure 4 - Implantations françaises métropolitaines des installations de traitement thermique de déchets non dangereux et des IME de MIDND.

3 - Domaines d'emploi et limitation d'usage

3.1 - Nature des usages routiers

Les usages visés dans le cadre du présent guide d'application sont les usages, au sein d'ouvrages routiers revêtus ou recouverts, des types 1 et 2, tels que définis dans l'arrêté du 18 novembre 2011 [13].

Sont toutefois interdites, quel que soit le type d'usage envisagé :

- l'utilisation de graves de mâchefer pour la réalisation de systèmes drainants ;
- l'utilisation de graves de mâchefer dans le but de réaliser des travaux de préchargement.

3.1.1 - Les usages routiers de type 1

Les usages routiers de type 1 sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus : remblai sous ouvrage, couche de forme, couche de fondation, couche de base, et couche de liaison.

Un ouvrage routier est réputé revêtu si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enduits superficiels d'usure, de béton de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 1 %.

Les graves de mâchefers pouvant être utilisées dans des usages routiers de type 1 sont celles pour lesquelles les mâchefers élaborés entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites V1 des tableaux 1 et 2 de l'annexe 1.

Ces usages peuvent être par exemple les couches de forme et d'assise de chaussée revêtue, les remblais < 3m sous ouvrage revêtu, les remblais revêtus < 3m contigus d'ouvrage d'art, les remblais de tranchée en zone revêtue, les remblais < 3m sous parking revêtu, les pistes cyclables ou piétonnes revêtues, les remblais et couches d'assise de voie de transport collectif de surface revêtue.

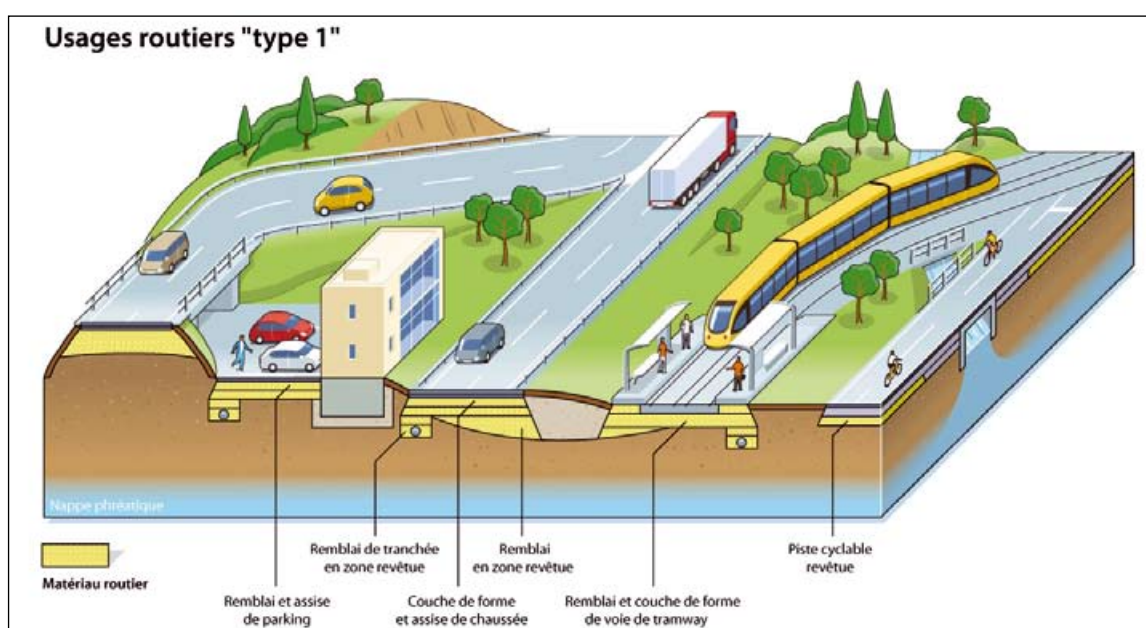


Figure 5 : usages routiers de type 1

Infographie : Lorenzo TIMON

3.1.2 - Les usages routiers de type 2

Les usages routiers de type 2 sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (par exemple : protection phonique) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers recouverts.

Relèvent également des usages routiers de type 2 les usages de plus de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus.

Un ouvrage routier est réputé recouvert si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimum de 5 %.

Les graves de mâchefers pouvant être utilisées dans des usages routiers de type 2 sont celles pour lesquelles les mâchefers élaborés entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites V2 des tableaux 1 et 2 de l'annexe 1.

Ces usages peuvent être par exemple les merlons phoniques, les merlons paysagers, les remblais de tranchée, les remblais sous plateforme dès lors qu'il s'agit d'usages d'au plus six mètres de hauteur au sein d'ouvrages routiers recouverts.

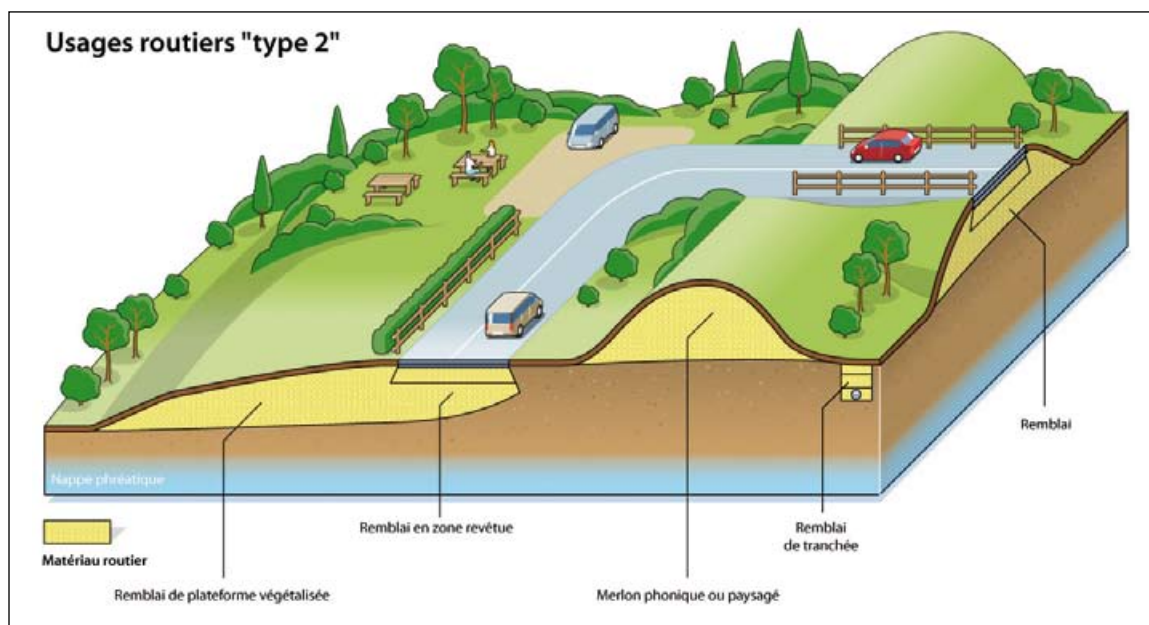


Figure 6 : usages routiers de type 2

Nota : pour tout autre usage envisagé, l'exploitant de l'IME devra produire les éléments justifiant l'acceptabilité environnementale des mâchefers élaborés conformément au guide méthodologique « *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale* » (Sétra, mars 2011, Réf : 1101) [12]. Les résultats seront soumis à l'inspection des installations classées contrôlant l'IME préalablement à toute cession.

3.2 - Référentiels d'utilisation / Normes / Guides

La grave de mâchefer sortant d'une IME est utilisable pour :

- la réalisation de **remblais** et de **couches de forme** :
 - selon la norme **NF P 11-300** [10] Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières ;
 - selon le Guide Technique « Guide des Terrassements Routiers, réalisation de remblais et des couches de forme, fascicules I et II, GTR » SETRA-LCPC 2ème édition Juillet 2000 [14] ;
 - selon le Guide Technique « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme – GTS » SETRA/LCPC – 2000 [15].
- la réalisation de **couches de structure** de chaussée :
 - selon la norme **NF EN 13285** [4] Graves non traitées - Spécifications ou selon la norme **NF EN 13242** [2] Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées ;
 - selon la norme **NF EN 14227-5** [5] Mélanges traités aux liants hydrauliques « Spécifications » Partie 5 : Mélanges traités au liant hydraulique routier - Février 2005.
- le remblayage de tranchée :
 - selon la norme **NF P 98-331** [11] Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection ;
 - selon la norme **NF P 11-300** [10] Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières ;
 - selon le Guide technique « Remblayage et réfections des tranchées » SETRA/LCPC - 1994 mise à jour janvier 1998 [16] ;
 - selon le Guide technique « Etudes et réalisations de tranchées » SETRA – 2001 [17].

Les fiches d'emploi des graves de mâchefer présentées en annexe 2 décrivent les modalités de mise en œuvre de la grave de mâchefer, formulée ou non, traitée ou non :

	Remblai	Remblai de tranchée	Couche de forme	Couche de structure
Grave de mâchefer non traitée	Fiche 1 NF P 11-300 [10] GTR [14]	Fiche 2 NF P 98-331 [11]	Fiche 3 NF P 11-300 [10] GTR [14]	Fiche 4 NF EN 13285 [4] ou NF EN 13242 [2]
Grave de mâchefer traitée	Usage non adapté	Fiche 2 NF P 98-331 [11]	Fiche 3 NF P 11-300 [10] GTS [15]	Fiche 4 NF EN 13285 [4] ou NF EN 13242 [2] NF EN 14227-5 [5]

3.3 - Limitations d'usage de l'arrêté du 18 novembre 2011

3.3.1 - Limitations d'usage liées aux caractéristiques physico-chimiques des mâchefers élaborés

Principes

L'exploitant de l'IME procède, pour tout lot d'un même mâchefer élaboré, à l'étude du comportement à la lixiviation et à l'évaluation de la teneur intrinsèque en éléments polluants et compare les résultats obtenus avec les valeurs limites des tableaux 1 et 2 de l'annexe 1.

La teneur intrinsèque en éléments polluants est évaluée sur la base des résultats d'une analyse en contenu total menée sur un échantillon représentatif du lot de mâchefer élaboré à caractériser. Les valeurs limites à respecter en contenu total sont consignées dans le tableau 1 de l'annexe 1.

Nota : la phase d'élaboration ayant peu ou pas d'influence sur la teneur intrinsèque en éléments polluants du mâchefer élaboré, son évaluation peut être effectuée directement sur un échantillon représentatif du lot périodique de MIDND qui servira à l'élaboration du lot de mâchefer élaboré à caractériser. Dans ce cas, l'évaluation peut être directement menée par l'exploitant de l'installation de traitement thermique de déchets non dangereux et les résultats du contrôle sont transmis à l'IME pour chaque lot périodique de mâchefers réceptionné par cette dernière.

Le comportement à la lixiviation est évalué sur la base des résultats d'un essai de lixiviation mené conformément à la norme NF EN 12457-2 [1] sur un échantillon représentatif du lot de mâchefer élaboré à caractériser. Les valeurs limites à respecter pour les quantités relarguées à un ratio L/S = 10 l/kg sont consignées dans le tableau 2 de l'annexe 1.

Nota : les résultats de l'essai de lixiviation sont dépendants de l'avancement de la maturation. Aussi, tant que la conformité aux seuils n'est pas atteinte, il est possible d'effectuer un nouveau contrôle à une phase plus avancée de la maturation tout en respectant le délai maximum d'un an à compter de la date de constitution du lot périodique de mâchefers dont est issu le lot de mâchefer élaboré.

Classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré

Les résultats de l'étude du comportement à la lixiviation et de l'évaluation de la teneur intrinsèque en éléments polluants donnent lieu au classement environnemental de tout lot d'un même mâchefer élaboré.

Ce classement intervient dans un délai maximum d'un an à compter de la date de constitution du lot périodique de mâchefers dont est issu le lot de mâchefer élaboré. Ce délai peut éventuellement être raccourci en fonction de la capacité maximale de stockage autorisée de l'IME.

Le classement environnemental de tout lot de mâchefer élaboré doit intervenir avant toute opération de préparation d'une grave de mâchefer formulée ou traitée.

Contrôle de la teneur intrinsèque en éléments polluants	Au moins un paramètre est non conforme	Tous les paramètres sont conformes
Destination du lot de mâchefers (avant ou après élaboration)	Installation de stockage de déchets non dangereux	Emploi sur chantier routier envisageable sous réserve des résultats du comportement à la lixiviation et après élaboration

Contrôle du comportement à la lixiviation	Au moins un paramètre est non conforme aux valeurs limites de type 1	Au moins un paramètre est non conforme aux valeurs limites de type 2 et tous les paramètres sont conformes aux valeurs limites de type 1	Tous les paramètres sont conformes aux valeurs limites de type 2
Classement environnemental du lot de mâchefer élaboré	S	V1	V2
Destination du lot de mâchefer élaboré	Installation de stockage de déchets non dangereux	Emploi sur chantier pour les usages routiers de type 1	Emploi sur chantier pour les usages routiers de type 1 et de type 2

3.3.2 - Limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage

L'utilisation de graves de mâchefer est interdite :

- dans les zones inondables et à moins de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ;
- à moins de 30 mètres de tout cours d'eau, y compris les étangs et les lacs. Cette distance est portée à 60 mètres si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 mètres à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats, des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement ;
- dans les périmètres de protection rapprochée des captages d'alimentation en eau potable ;
- dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ;
- dans les parcs nationaux ;
- dans des zones de karsts affleurants.

3.3.3 - Limitations d'usage liées à la mise en œuvre

La mise en œuvre de matériaux routiers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines.

A ce titre, la quantité de matériaux routiers stockée temporairement dans l'emprise d'un chantier routier donné doit être limitée aux seuls besoins permettant de s'affranchir de l'irrégularité des approvisionnements du chantier, sans que jamais cette quantité n'excède 1 000 m³.

4 - Procédure d'assurance qualité et traçabilité

Une procédure d'assurance qualité permettant d'assurer la fiabilité des contrôles et de répondre aux prescriptions de l'arrêté préfectoral de l'IME doit être mise en place.

L'exploitant de l'IME pourra reprendre un modèle de document comportant les éléments suivants.

4.1 - Approvisionnement des MIDND

L'IME reçoit des lots périodiques de mâchefers en provenance d'usines de traitement thermique de déchets non dangereux dans les limites de son autorisation préfectorale.

Selon les prescriptions de l'arrêté d'exploitation de l'installation de traitement thermique des déchets non dangereux, les approvisionnements de mâchefers sont accompagnés d'un bordereau de suivi de déchets (BSD) et dans tous les cas des bons de pesée émis par l'installation de traitement thermique des déchets non dangereux.

Les bons de pesée précisent :

- le nom du producteur de mâchefers ;
- la date d'évacuation ;
- le poids net de mâchefers ;
- la nature du matériau ;
- l'identification du lot périodique ;
- l'identification du transporteur.

Le cas échéant, les BSD sont retournés complétés à l'installation de traitement thermique des déchets non dangereux dès que la destination finale (stockage permanent ou recyclage sur chantier) du lot périodique est connue.

Les bons de pesée sont conservés dans un registre des entrées des mâchefers.

4.2 - Réception des MIDND

Un contrôle visuel de la qualité des mâchefers en entrée de l'IME est réalisé pour chaque déchargement.

Si les mâchefers déchargés contiennent des éléments indésirables (par exemple des imbrûlés en grande quantité), ou un produit autre que du mâchefer ou si sa teneur en eau est anormalement élevée, l'exploitant de l'IME informe le producteur du mâchefer et rédige une fiche d'écart. Le producteur du mâchefer et l'IME prennent alors conjointement la décision, soit :

- de refuser le stockage du mâchefer sur l'IME. Le mâchefer refusé est isolé dans l'attente d'une décision d'élimination ou de prétraitement avec le producteur ;
- d'accepter le mâchefer. Il est alors déchargé dans la zone de stockage correspondant au lot périodique auquel il appartient.

4.3 - Planification

Un planning de production est établi en prenant en compte :

- la disponibilité des ressources (moyens humains et matériels) ;
- les qualités et quantités de MIDND sur le site, ainsi que leur état de maturation ;
- les objectifs généraux de production permettant de disposer des matériaux courants en stock en quantité suffisante pour répondre aux enlèvements courants ;
- les commandes programmées ;
- l'entretien à réaliser sur l'installation ;
- la remontée d'informations: problèmes, réclamations clients ;
- le traitement des écarts en cours (incidents, non-conformités produit, etc.).

4.4 - Exploitation du gisement : maturation et traitement mécanique

La production de mâchefer élaboré nécessite un matériel en état de fonctionnement et étalonné. L'entretien du matériel de production, son calibrage et la vérification des appareils de mesure doivent être réalisés.

Après l'égouttage des mâchefers éventuellement humides, le traitement mécanique est planifié afin d'extraire les métaux (ferreux et non ferreux), les imbrûlés légers et de calibrer les MIDND en vue d'obtenir le mâchefer élaboré.

Les déchets provenant du traitement mécanique sont gérés selon les modalités réglementaires dépendant de leur classement (filiales agréées, bordereaux de suivi, etc.).

Le fonctionnement des équipements du traitement mécanique est détaillé dans un synoptique.

4.5 - Stockage et gestion des stocks

Les mâchefers dès leur réception sont stockés par lot périodique clairement identifié et séparé.

Les stocks de grave de mâchefer sont identifiés (plan de stockage et panneautage) et physiquement séparés lorsqu'ils ont été produits à partir de lots périodiques de mâchefers en provenance d'installations de traitement thermique différentes.

Toutes les dispositions visant à éviter toute pollution et tout mélange lors du stockage et du déstockage doivent être prises.

4.6 - Contrôles

4.6.1 - Contrôles géotechniques

Les essais géotechniques sur les mâchefers élaborés permettent de s'assurer de la conformité d'usage de ces granulats.

Ils permettent d'établir les documents techniques (exemple en annexe 4). Ces contrôles sont effectués sur des échantillons prélevés selon un plan de contrôles préalablement défini ou en fonction des demandes des clients.

4.6.2 - Contrôles liés au classement environnemental des lots de mâchefer élaboré

Contrôle de la teneur intrinsèque en éléments polluants

Pour le contrôle de la teneur intrinsèque en éléments polluants (COT, BTEX, PCB, hydrocarbures, HAP, dioxines et furanes), la fréquence d'essai est de 1 essai par lot périodique de mâchefers (avant ou après élaboration).

Toutefois, si pendant une période d'un an, des lots périodiques successifs provenant d'une même installation de traitement thermique de déchets non dangereux donnent lieu à des lots de mâchefer élaboré pour lesquels, avant ou après élaboration, l'ensemble des valeurs mesurées pour un paramètre donné reste en deçà de la moitié de la valeur limite associée, alors l'exploitant de l'IME peut limiter à deux par an le nombre d'analyses du paramètre en question pour ce qui concerne les lots périodiques suivants en provenance de l'installation de traitement thermique de déchets non dangereux concernée.

Dans ce cas, l'exploitant tient les documents justificatifs de cette adaptation à la disposition de l'inspection des installations classées.

Nota : les essais sont à réaliser sur des échantillons représentatifs prélevés selon le protocole présenté en annexe 6.
Le cahier des charges du laboratoire d'analyses figure en annexe 7.
Les analyses sont réalisées par un organisme tiers compétent dans un délai d'un mois à compter de la constitution de l'échantillon.

Contrôle du comportement à la lixiviation

Pour l'ensemble des paramètres mesurés lors de l'essai de lixiviation selon la norme NF EN 12457-2 [1], la fréquence d'essai est de 1 essai par lot périodique de mâchefer élaboré.

Toutefois, si pendant une période d'un an, des lots périodiques successifs provenant d'une même installation de traitement thermique de déchets non dangereux donnent lieu à des lots de mâchefer élaboré pour lesquels l'ensemble des valeurs mesurées pour un paramètre donné reste en deçà de la moitié de la valeur limite associée, alors l'exploitant de l'IME peut limiter à deux par an le nombre d'analyses du paramètre en question pour les lots de mâchefer élaboré produits dans les mêmes conditions à partir des lots périodiques suivants en provenance de l'installation de traitement thermique de déchets non dangereux concernée.

Dans ce cas, l'exploitant tient les documents justificatifs de cette adaptation à la disposition de l'inspection des installations classées.

Les résultats de l'essai de lixiviation sont dépendants de l'avancement de la maturation, aussi, tant que la conformité aux seuils n'est pas atteinte, il est possible d'effectuer un nouveau contrôle à une phase plus avancée de la maturation tout en respectant le délai maximum d'un an à compter de la date de constitution du lot périodique de mâchefers dont est issu le lot de mâchefer élaboré.

Nota : les essais sont à réaliser sur des échantillons représentatifs prélevés selon le protocole présenté en annexe 6.
Le cahier des charges du laboratoire d'analyse figure en annexe 7.
Les analyses sont réalisées par un organisme tiers compétent dans un délai d'un mois à compter de la constitution de l'échantillon.

4.7 - Traitement des écarts

Lorsque les contrôles montrent un écart entre ce qui était attendu et le matériau réceptionné ou traité ou lors de la survenue d'un incident, il y a systématiquement rédaction d'une fiche d'écart qui comprend *a minima* la date et l'heure du constat d'écart ou d'incident et la nature de l'écart ou de l'incident.

L'exploitant de l'IME informe le producteur du mâchefer de l'écart constaté. Ils prennent alors conjointement une décision pour traiter l'écart ou l'incident.

4.8 - Traçabilité en sortie d'IME

D'une manière générale, tout lot de mâchefer élaboré classé V1 ou V2 peut être employé sur un chantier routier et proposé à la vente, le cas échéant après une phase de formulation et/ou de traitement.

Les lots de mâchefer élaboré classés S à l'issue de la phase de maturation sont envoyés en installation de stockage de déchets non-dangereux.

4.8.1 - Traçabilité entre l'IME et l'installation de stockage

Les lots de mâchefers (avant ou après élaboration) destinés à être envoyés sur une installation de stockage de déchets non dangereux quittent l'IME accompagnés d'un BSD et, le cas échéant, de la documentation justifiant du caractère non recyclable.

4.8.2 - Traçabilité entre l'IME et le chantier de mise en œuvre

Tout lot de grave de mâchefer fait l'objet d'une traçabilité jusqu'au chantier.

Les éléments suivants constituent la Procédure d'Assurance Qualité (PAQ) liant l'exploitant, l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers et le transporteur.

Fiche de données environnementales / Information du client

Avant la livraison sur le chantier routier ou au moment de celle-ci, ou lors de la première d'une série de livraisons d'une même grave de mâchefer, l'exploitant de l'IME fournit à l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers **une fiche de données environnementales** indiquant :

- les usages routiers autorisés compte tenu du classement environnemental des mâchefers élaborés entrant dans sa composition ;
- les limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier ainsi que celles liées à la mise en œuvre de la grave de mâchefer.

Sont annexés à cette fiche les résultats de l'étude du comportement à la lixiviation et l'évaluation de la teneur intrinsèque en éléments polluants.

Pour ce faire, l'exploitant de l'IME remet à l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers la fiche de recommandations et de suivi des graves de mâchefer (annexe 3) accompagnée de la fiche de classement environnemental (annexe 5) et éventuellement d'une fiche technique correspondant à l'emploi sur chantier (annexe 4).

Registre de sortie

L'exploitant de l'IME tient à jour un registre de sortie, dans lequel il consigne pour chaque chargement de grave de mâchefer quittant l'installation :

- le nom, l'adresse postale et le numéro SIRET de l'installation de traitement thermique de déchets non dangereux qui a produit les lots périodiques ayant servi à l'élaboration des différents mâchefers élaborés entrant dans la composition de la grave de mâchefer ;
- le nom, l'adresse postale et, le cas échéant, le numéro SIRET du maître d'ouvrage des travaux routiers ;
- le nom, l'adresse postale et le numéro SIRET de l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers ;
- le nom, l'adresse postale et le numéro SIREN des transporteurs, si le transport n'est pas effectué par l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers ;
- la référence des lots périodiques ayant servi à l'élaboration des différents mâchefers élaborés entrant dans la composition de la grave de mâchefer ;

- la quantité de grave de mâchefer quittant l'installation ;
- la date de sortie de l'installation ;
- l'usage routier effectif ;
- le libellé et les coordonnées GPS du chantier routier.

Ce registre intègre également :

- la fiche de recommandations et de suivi des graves de mâchefers (annexe 3) ;
- la fiche de classement environnemental (annexe 5) ;
- les bons de livraisons édités lors de la pesée des évacuations des graves de mâchefer vers le chantier.

Ce registre est conservé pendant au moins dix ans et est tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Nota : la fiche de recommandations et de suivi des graves de mâchefer a ainsi été créée dans le double objectif d'accentuer l'aspect informatif de la fiche de données environnementales et de recueillir les informations nécessaires pour renseigner le registre de sortie.

Annexes

Annexe 1 : critères de recyclage liés à la teneur intrinsèque en éléments polluants et au comportement à la lixiviation

La teneur intrinsèque en éléments polluants est évaluée sur la base des résultats d'une analyse en contenu total menée sur un échantillon représentatif du lot à caractériser.

Les valeurs limites à respecter en contenu total sont consignées dans le tableau suivant :

Paramètre Teneur intrinsèque en éléments polluants	Valeur limite à respecter	
	V1 Usages routiers de type 1	V2 Usages routiers de type 2
COT (carbone organique total)	30 g/kg de matière sèche	
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6 mg/kg de matière sèche	
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères : 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180)	1 mg/kg de matière sèche	
Hydrocarbures (C10 à C40)	500 mg/kg de matière sèche	
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50 mg/kg de matière sèche	
Dioxines et furannes*	10 ng I-TEQ _{OMS 2005} /kg de matière sèche	

Tableau 1 : valeurs limites à respecter en contenu total

* calcul de l'I-TEQ avec concentration égale à zéro pour tout congénère de concentration inférieure à la limite de quantification (LQ)

Le comportement à la lixiviation est évalué sur la base des résultats d'un essai de lixiviation mené conformément à la norme NF EN 12457-2 [1] sur un échantillon représentatif du lot à caractériser.

Les valeurs limites à respecter pour les quantités relarguées à un ratio L/S = 10 l/kg sont consignées dans le tableau suivant :

Paramètre Comportement à la lixiviation	Valeur limite à respecter exprimée en mg/kg de matière sèche	
	V1 Usages routiers de type 1	V2 Usages routiers de type 2
As / Arsenic	0,6	0,6
Ba / Baryum	56	28
Cd / Cadmium	0,05	0,05
Cr total / Chrome total	2	1
Cu / Cuivre	50	50
Hg / Mercure	0,01	0,01
Mo / Molybdène	5,6	2,8
Ni / Nickel	0,5	0,5
Pb / Plomb	1,6	1
Sb / Antimoine	0,7	0,6
Se / Sélénium	0,1	0,1
Zn / Zinc	50	50
F ⁻ / Fluorures	60	30
Cl ⁻ / Chlorures *	10 000	5 000
SO ₄ ²⁻ / Sulfates *	10 000	5 000
FS / Fraction soluble *	20 000	10 000

Tableau 2 : valeurs limites à respecter pour les quantités relarguées à un ratio L/S = 10 l / kg

* Concernant les chlorures, les sulfates et la fraction soluble, il convient, pour être jugé conforme, de respecter soit les valeurs associées aux chlorures et aux sulfates, soit de respecter les valeurs associées à la fraction soluble.

Annexe 2 : fiches d'emploi des graves de mâchefer

Les fiches d'emploi, ci-après, ont été élaborées à partir des normes en vigueur à la date de publication des guides de recommandations (LCPC, Sétra) et des guides régionaux :

- Guide des Terrassements Routiers, réalisation de remblais et des couches de forme, fascicules I et II, GTR, 2ème édition, Guide Technique, Sétra-LCPC, Juillet 2000.
- Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme –GTS, Guide Technique, Sétra/LCPC, 2000.
- Remblayage et réfections des tranchées, Guide technique, Sétra/LCPC, 1994 mise à jour janvier 1998.
- Etudes et réalisations de tranchées, Guide technique, Sétra, 2001.
- Conception et dimensionnement des structures de chaussée, Guide technique, LCPC/Sétra, 1994.
- Catalogue de dimensionnement des structures de chaussées, LCPC/Sétra, 1998.
- Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile de France : Les mâchefers d'incinération des ordures ménagères, Guide régional Ile de France, novembre 1998, révisé 2003.
- Guide d'utilisation en travaux publics : Graves de recyclage : Grave recyclée de démolition et de mâchefer, version 2, Guide régional Rhône-Alpes, 2005.
- Caractérisation, mise en œuvre et contrôle du compactage des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) dans le domaine des terrassements, Bulletin des Ponts et Chaussées n° 275, Quibel, A., Evain, E., CER CETE Normandie-Centre, 2009.
- Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux de Normandie : Les mâchefers d'incinération des ordures ménagères, Guide régional Normandie, APAQ Normandie.
- Guide technique pour l'utilisation des matériaux alternatifs de Bourgogne : les graves issues des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux⁽²⁾.

(2) Le guide est consultable sur le site internet : <http://www.materiauxbourgogneleguide.com>

Fiche d'emploi des graves de mâchefer n°1 – Les remblais

NF P 11-300 Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières
Guide des terrassements routiers (GTR), SETRA LCPC, juillet 2000

Types d'ouvrage et de réalisation

Cette fiche concerne l'utilisation des graves de mâchefer pour la réalisation de remblai jusqu'à 6 mètres de hauteur (excepté les remblais de tranchée) :

- Remblai de protection phonique ou visuelle
- Remblai contigu d'ouvrage d'art
- Remblai sous ouvrage routier (parking, voiries, piste cyclable, transport en commun en site propre)

Caractéristiques et conditions de mise en œuvre

Généralités

Classées F61 selon la NF P 11-300, les graves de mâchefer doivent se trouver dans des conditions hydriques h, m ou s pour être utilisables en remblai.

Les épaisseurs des couches mises en œuvre ne doivent pas dépasser 40 cm.

La qualité requise du compactage est q4 (référence Proctor Normal).

Exemples de préconisations de compactage :

- compacteur vibrant classé V2, épaisseurs des couches de 25 cm, 7 à 8 applications de charge
- compacteur vibrant classé V3, épaisseurs jusqu'à 40 cm avec 8 applications de charge

Dans tous les cas, il convient d'éviter le sur-compactage ainsi que la mise en œuvre de graves de mâchefer trop humides (risque de matelassage).

La teneur en eau des graves de mâchefer à l'application est importante pour la bonne densification du matériau ; la bonne maîtrise de la teneur en eau est impérative.

Précautions particulières

En remblai contigu d'ouvrage d'art, les exigences de compactage sont généralement plus élevées (épaisseur de couches réduites), et il y a lieu d'interposer une séparation imperméable entre le parement de l'ouvrage et le remblai.

Conseils d'amélioration

La grave de mâchefer peut être formulée afin d'améliorer :

- la stabilité immédiate (IPI)
- l'insensibilité à l'eau
- la granularité
- les caractéristiques de dureté

Le mélange avec des sables, GNT ou gravillons est possible.

NB : une formulation avec un autre matériau alternatif requiert une nouvelle caractérisation environnementale.

Restrictions et interdictions



Sous réserve du respect des valeurs limites, des usages autorisés (type 1 et 2) et des limitations liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage de l'annexe de l'arrêté du 18 novembre 2011

Fiche d'emploi des graves de mâchefer n°2 – Les remblais de tranchée

NF P 11-300 Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières
NF P 98-331 Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection

Types d'ouvrage et de réalisation

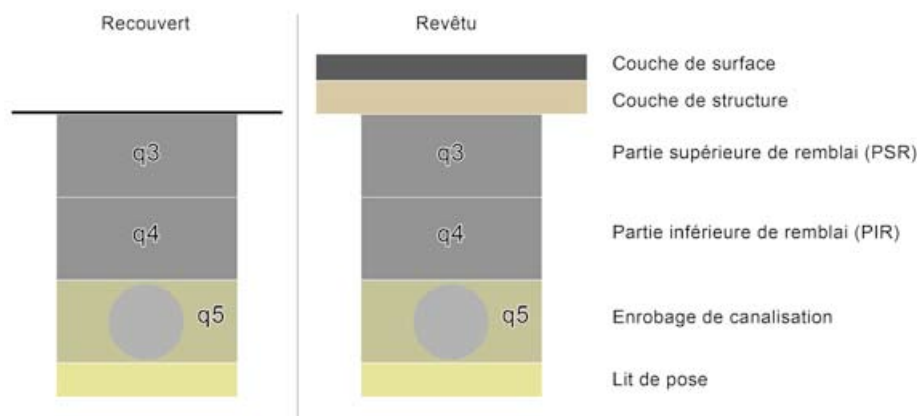
Cette fiche concerne l'utilisation de graves de mâchefer pour la réalisation de remblais de tranchée.

- Remblai de tranchée sous ouvrage
- Remblai de tranchée hors ouvrage

Caractéristiques et conditions de mise en œuvre

Généralités

Classées F61 assimilé B4 selon la NF P 11-300, les graves de mâchefer doivent être dans des conditions hydriques h, m ou s pour être utilisables en remblai de tranchée.



Pour les tranchées courantes, les épaisseurs des couches mises en œuvre sont comprises entre 15 et 20 cm, selon les caractéristiques des engins de compactage.

La qualité requise du compactage est q4 en partie inférieure de remblai (PIR), q3 dans la partie supérieure (PSR) et q5 pour l'enrobage de la canalisation. (référence Proctor Normal)

Dans tous les cas, il convient d'éviter le sur-compactage ainsi que la mise en œuvre de graves de mâchefer trop humides (risque de matelassage).

Pour l'enrobage de la canalisation, il convient de s'assurer de la compatibilité chimique du contact entre le matériau de la canalisation et le matériau routier à base de mâchefer.

Conseils d'amélioration

La grave de mâchefer peut être formulée afin d'améliorer :

- La stabilité immédiate (IPI)
- L'insensibilité à l'eau
- La granularité
- Les caractéristiques de dureté

Le mélange avec des sables, GNT ou gravillons est possible.

Des matériaux autoplaçants et ré-excavables peuvent être fabriqués à base de mâchefer et d'un liant hydraulique adapté afin d'améliorer :

- La remise en circulation du trafic
- L'enrobage de la canalisation
- la facilité de mise en œuvre

Attention, une formulation avec un autre matériau alternatif requiert une nouvelle caractérisation environnementale.

Restrictions et interdictions



Sous réserve du respect des valeurs limites, des usages autorisés (type 1 et 2) et des limitations liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage de l'annexe de l'arrêté du 18 novembre 2011.

Fiche d'emploi des graves de mâchefer n°3 – Les couches de forme

NF P 11-300 Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières
Guide Technique « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme –« GTS» SETRA/LCPC - 2000

Types d'ouvrage et de réalisation

Cette fiche concerne l'utilisation de graves de mâchefer pour la réalisation de couches de forme.

- Couche de forme sous ouvrage routier (parking, voiries, site propre)

Caractéristiques et conditions de mise en œuvre

Généralités

Classées F61 selon la NF P 11-300, les graves de mâchefer doivent être dans des conditions hydriques m ou s pour être utilisables en couche de forme.

Les épaisseurs des couches mises en œuvre ne devront pas dépasser 25 cm.

La qualité requise du compactage est q3 (référence Proctor Normal).

Exemple de préconisations de compactage :

- compacteur vibrant classé V3, par couches de 25 cm, 10 applications de charge

Dans tous les cas, il convient d'éviter le sur-compactage ainsi que la mise en œuvre de graves de mâchefer trop humides (risque de matelassage).

La teneur en eau des graves de mâchefer à l'application est importante pour la bonne densification du matériau ; la bonne maîtrise de la teneur en eau est impérative.

Graves non traitées

Exemples de mise en œuvre :

Graves de mâchefer non traitées

Conditions d'utilisation	Classe de l'arase	Epaisseur de grave en cm	Classe de plateforme
Chantier arrêté en cas de forte pluie Humidification nécessaire des F61s en cas de conditions météo évaporantes	AR1 (PST1)	75	PF2 $50 \leq Ev_2 \leq 120$ MPa
	AR1 (PST2)	50	
	AR1 (PST3)	40	
	AR2 (PST3)	30	

Graves traitées

Exemples de mise en œuvre :

Graves de mâchefer traitées aux liants hydrauliques

Conditions d'utilisation	Classe de l'arase	Epaisseur de grave traitée de classes mécaniques 4 ou 3	Classe de plateforme
Chantier arrêté en cas de forte pluie	AR1 (PST1)	35cm Cl.4 ou 30cm Cl.3	PF3
	AR1 (PST2)		
	AR1 (PST3)		
	AR2 (PST3)	30cm Cl.4 ou 25cm Cl.3	PF3 (*)

(*) Sous certaines conditions, l'emploi de graves de mâchefer traitées aux liants hydrauliques permet un classement en PF4.

Précautions particulières

Si la couche de forme doit rester un hiver ou une saison pluvieuse, mettre en place une protection superficielle, ou la structure finale avant cette période.

Fonçage des poteaux de glissières de sécurité non conseillé car risque de corrosion sauf si les poteaux sont galvanisés.

Optimisation

La grave de mâchefer peut être formulée pour améliorer :

- l'insensibilité à l'eau
- La stabilité immédiate (IPI)
- La granularité
- Les caractéristiques de dureté

Le mélange avec des sables, GNT ou gravillons est possible.

Attention, une formulation avec un autre matériau alternatif requiert une nouvelle caractérisation environnementale.

Restrictions et interdictions



Sous réserve du respect des valeurs limites, des usages autorisés (type 1 et 2) et des limitations liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage de l'annexe de l'arrêté du 18 novembre 2011.

Fiche d'emploi des graves de mâchefer n°4 – Les couches d'assise

NF EN 13242 Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées

NF EN 13285 Graves non traitées - Spécifications

NF EN 14227-5 Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications

Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France / Catalogue des structures de chaussée (Décembre 2003)

Types d'ouvrage et de réalisation

Cette fiche concerne l'utilisation de graves de mâchefer pour la réalisation de couches d'assise.

- Couche d'assise de chaussées (parking, voiries, piste cyclable, site propre), de faible trafic
- Couche d'assise de voie piétonne
- Couche d'assise de piste cyclable

Caractéristiques et conditions de mise en œuvre

Généralités

Selon la norme granulats NF EN 13242+A1, les caractéristiques intrinsèques et de fabrication dépendent des modes d'élaboration et d'éventuelles recompositions.

- De manière générale : dureté D à E.

Selon la norme des graves non-traitées : NF EN 13285 :

- Grave 0/31,5 : GNT 2 ou GNT 5 en fonction des caractéristiques LA et MDE
- Grave 0/20 : GNT3 ou GNT 6 en fonction des caractéristiques LA et MDE

La teneur en eau des graves de mâchefer à l'application est importante pour la bonne densification du matériau ; la bonne maîtrise de la teneur en eau est impérative.

Graves non traitées

Exemple de structure pour une grave de mâchefer de dureté E :

	Plateforme PF1	Plateforme PF2
Trafic T4* Trafic TC1*	BBSG 8 cm Grave naturelle 15 cm Grave de mâchefer 50 cm (en 2 couches)	BBSG 8 cm Grave naturelle 12 cm Grave de mâchefer 30 cm
Trafic T5* Trafic TC0*	Enduit superficiel Grave naturelle 15 cm Grave de mâchefer 55 cm (en 2 couches)	Enduit superficiel Grave naturelle 15 cm Grave de mâchefer 30 cm
Voirie légère	Enduit superficiel Grave de mâchefer 30 cm	

Pour une grave de mâchefer de dureté D, la classe de trafic peut être portée à T3 (150 poids-lourds par sens maximum)

*Trafic Ti = classe de trafic déterminée à partir de la moyenne journalière annuelle en PL à la mise en service.

*Trafic TCi = classe de trafic cumulé sur 20 ans avec taux de croissance linéaire annuel de 2%

Graves traitées

Le traitement par un liant hydraulique d'une grave de mâchefer non formulée permet en utilisation en couche de fondation d'atteindre des classes de trafic T3 (150 poids-lourds par sens maximum) ou T2 (300 poids-lourds par sens maximum).

Le traitement par un liant hydraulique d'une grave de mâchefer formulée permet en utilisation en couche de fondation d'atteindre des classes de trafic plus élevées.

La grave de mâchefer traitée (formulée ou non) est alors caractérisée selon la norme NF EN 14227-5.

Exemples de structures pour une grave de mâchefer traitée aux liants hydrauliques de classe mécanique T3 :

	Plateforme PF2	Plateforme PF3
Trafic TS Trafic TC7	/	Couche de surface 8 cm Grave bitume 13 cm Grave de mâchefer Traitée T3 21 cm
Trafic T0 Trafic TC6	Couche de surface 8 cm Grave bitume 14 cm Grave de mâchefer Traitée T3 23 cm	Couche de surface 8 cm Grave bitume 11 cm Grave de mâchefer Traitée T3 19 cm
Trafic T1 Trafic TC5	Couche de surface 8 cm Grave bitume 12cm Grave de mâchefer Traitée T3 20 cm	/

Restrictions et interdictions

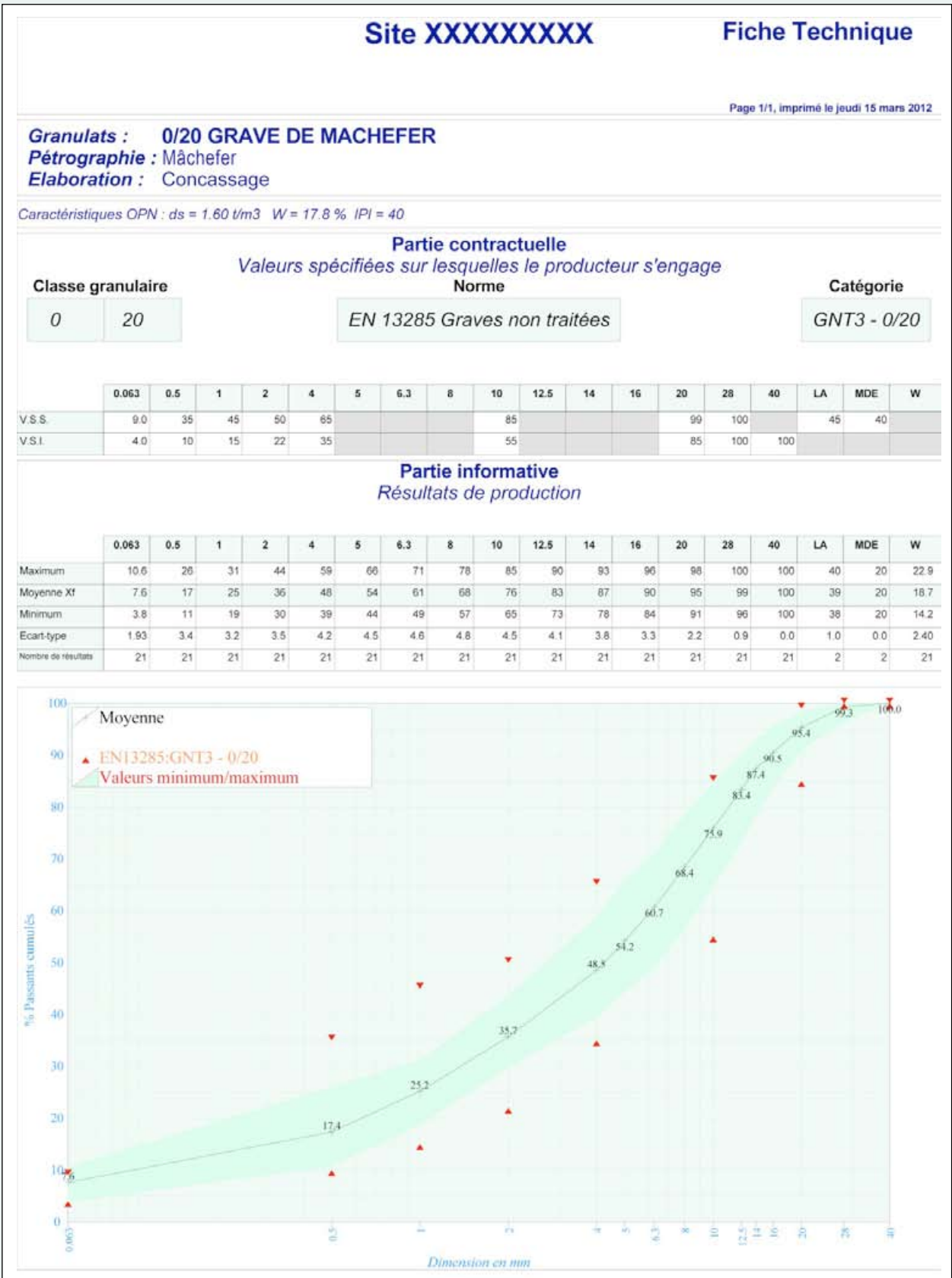


Sous réserve du respect des valeurs limites, des usages autorisés (type 1 et 2) et des limitations liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage de l'annexe de l'arrêté du 18 novembre 2011

Annexe 3 : exemple de fiche de recommandations et de suivi des graves de mâchefer

FICHE DE RECOMMANDATIONS ET DE SUIVI DES MATÉRIAUX ROUTIERS À BASE DE MÂCHEFERS			
ENSEMBLE PARTICIPONS À PRÉSERVER LES RESSOURCES NATURELLES PAR L'EMPLOI DES GRAVES DE MÂCHEFER			
1- PRODUCTEUR			
Installation de Maturation et d'Elaboration	Nom		
	Adresse		
2- MAÎTRE D'OUVRAGE			
Nom		SIRET	
Adresse			
3- RESPONSABLE DE LA MISE EN OEUVRE			
Nom		SIRET	
Adresse			
4- CHANTIER			
Adresse			
Date		Coordonnées GPS	
Nature de l'ouvrage			
5- DOMAINE D'EMPLOI			
Usages routiers de type 2		Usages routiers de type 1	
Remblai technique	☐	Couche d'assises	☐
Remblai de tranchée	☐	Couche de forme	☐
Couche d'assise	☐	Remblai sous ouvrage	☐
Autre, précisez :		Remblai de tranchée	☐
		Autre, précisez :	
6- MATÉRIAU			
Nom		Norme Produit	
Grave de mâchefer non formulée ☐		Grave de mâchefer formulée ☐	Grave de mâchefer traitée ☐
7-PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES ARRÊTÉ DU 18 NOVEMBRE 2011			
Critères de recyclage liés à la nature de l'usage routier : Les usages autorisés sont les usages, au sein d'ouvrages routiers revêtus ou recouverts, des types 1 et 2 définis ci-après. Les usages routiers de type 1 sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus. Les usages routiers de type 2 sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers recouverts. Relèvent également des usages routiers de type 2 les usages de chaussée de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus. Un ouvrage routier est réputé revêtu si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enduits superficiels d'usure, de béton de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 1 %. Un ouvrage routier est réputé recouvert si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimum de 5 %. L'utilisation de matériaux routiers est interdite pour la réalisation de systèmes drainants. L'utilisation des matériaux dans le but de réaliser des travaux de préchargement est interdite. Critères de recyclage liés à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier : L'utilisation de matériaux routiers doit se faire : - en dehors des zones inondables et à une distance minimale de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ; - à une distance minimale de 30 mètres de tout cours d'eau, y compris les étangs et les lacs. Cette distance est portée à 60 mètres si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 mètres à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L. 414-1 du code de l'Environnement ; - en dehors des périmètres de protection rapprochée des captages d'alimentation en eau potable ; - en dehors des zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L. 211-12 du code de l'Environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ; - en dehors des parcs nationaux ; - en dehors des zones de karsts affleurants. Critères de recyclage liés à la mise en œuvre du matériau routier : La mise en œuvre de matériaux routiers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. A ce titre, la quantité de matériaux routiers stockée temporairement dans l'emprise d'un chantier routier donné doit être limitée aux seuls besoins permettant de s'affranchir de l'irrégularité des approvisionnements du chantier, sans que jamais cette quantité n'excède 1 000 m³.			
8- VISA DU RESPONSABLE DE LA MISE EN OEUVRE			
Nom (personne responsable du chantier ou de la mise en œuvre) :			Date :
Visa :			

Annexe 4 : exemples de document technique des graves de mâchefer

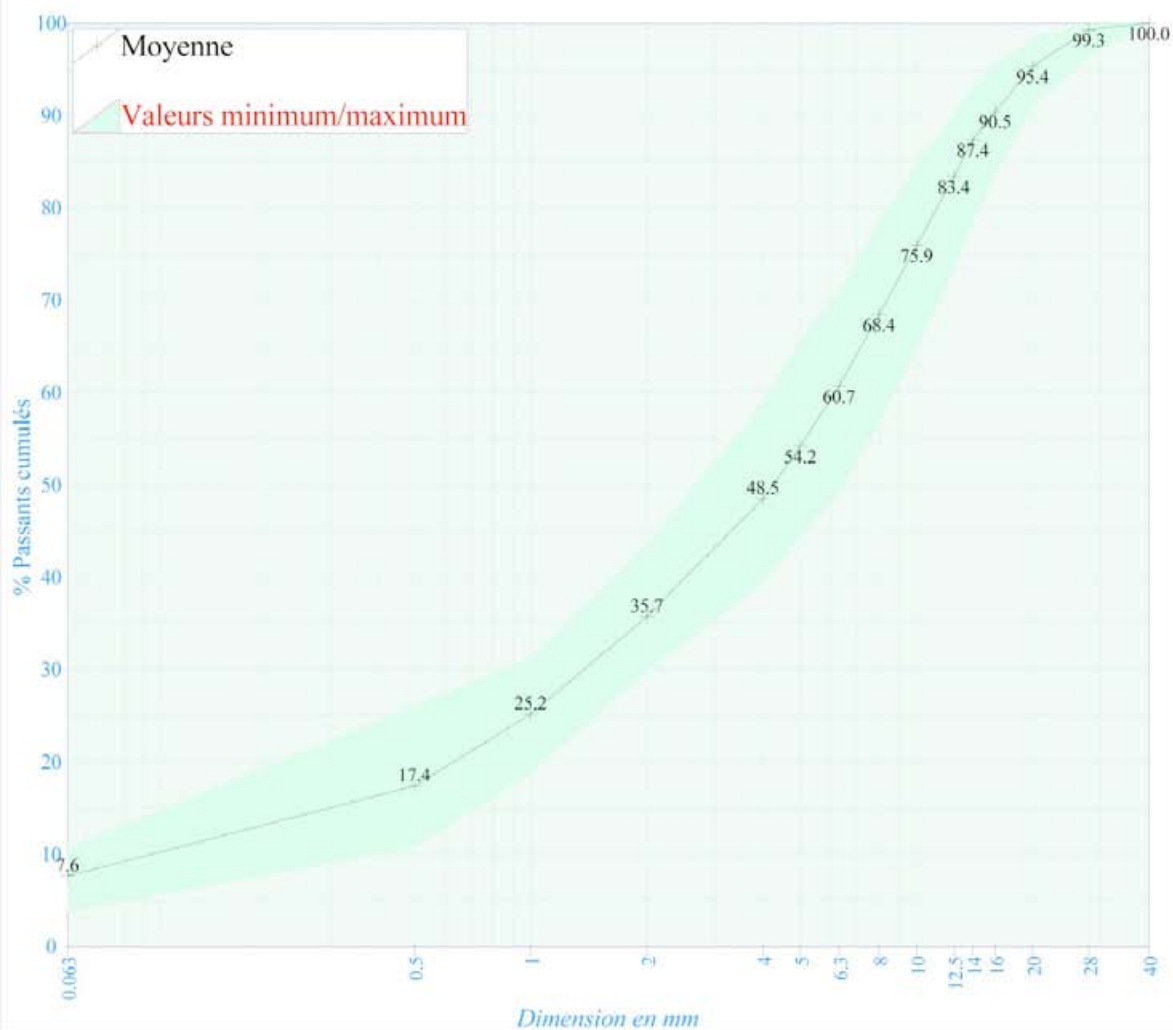


Granulats : 0/20 GRAVE DE MACHEFER**Péetrographie :** Mâchefer**Elaboration :** Concassage

Classification GTR : F71 (Norme NF P 11-300)

Caractéristiques OPN : $d_s = 1.60 \text{ t/m}^3$ $W = 17.8 \%$ $IPI = 40$ *Résultats de production*

	0.063	0.5	1	2	4	5	6.3	8	10	12.5	14	16	20	28	40	LA	MDE	W	VBS
Maximum	10.6	26.1	31.2	43.6	58.8	65.9	71.1	78.5	84.6	90.2	93.0	95.5	98.4	100.0	100.0	40	20	22.9	0.10
Moyenne Xf	7.6	17.4	25.2	35.7	48.5	54.2	60.7	68.4	75.9	83.4	87.4	90.5	95.4	99.3	100.0	39	20	18.7	0.05
Minimum	3.8	10.7	18.7	29.8	39.4	44.4	49.0	56.8	64.7	73.3	78.4	83.6	90.9	96.4	100.0	38	20	14.2	0.02
Ecart-type	1.93	3.36	3.16	3.48	4.25	4.49	4.61	4.75	4.53	4.13	3.77	3.28	2.25	0.94	0.00	1.0	0.0	2.40	0.030
Nombre de résultats	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	2	2	21	5



Annexe 5 : exemple de fiche de classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré

Fiche de classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré			
Usine de traitement thermique		Lot	
XXXXXXXX		Mois/Année	
Classement environnemental		V1 ou V2	

Paramètre Teneur intrinsèque en éléments polluants	Valeur limite à respecter		Résultat de l'essai
	V1 Usages routiers de type 1	V2 Usages routiers de type 2	
COT (carbone organique total)	30 g/kg de matière sèche		
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6 mg/kg de matière sèche		
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	1 mg/kg de matière sèche		
Hydrocarbures (C10 à C40)	500 mg/kg de matière sèche		
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50 mg/kg de matière sèche		
Dioxine et furannes	10 ng I-TEQ _{OMS 2005} /kg de matière sèche		

Paramètre Comportement à la lixiviation	Valeur limite à respecter exprimée en mg/kg de matière sèche		Résultat du dernier essai
	V1 Usages routiers de type 1	V2 Usages routiers de type 2	
As / Arsenic	0,6		
Ba / Baryum	56	28	
Cd / Cadmium	0,05		
Cr total / Chrome total	2	1	
Cu / Cuivre	50		
Hg / Mercure	0,01		
Mo / Molybdène	5,6	2,8	
Ni / Nickel	0,5		
Pb / Plomb	1,6	1	
Sb / Antimoine	0,7	0,6	
Se / Sélénium	0,1		
Zn / Zinc	50		
F ⁻ / Fluorures	60	30	
Cl ⁻ / Chlorures *	10 000	5 000	
SO ₄ ²⁻ / Sulfates *	10 000	5 000	
FS / Fraction soluble *	20 000	10 000	

* Concernant les chlorures, les sulfates et la fraction soluble, il convient, pour être jugé conforme, de respecter soit les valeurs associées aux chlorures et aux sulfates, soit de respecter les valeurs associées à la fraction soluble.

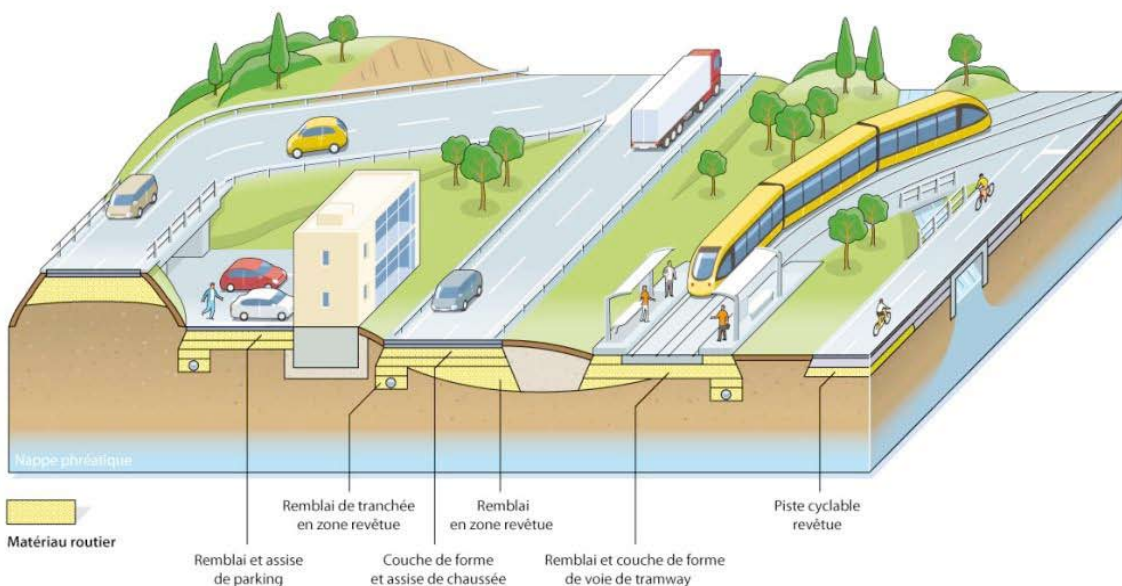
Usages routiers de type 1

Les usages routiers de type 1 sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus : remblai sous ouvrage, couche de forme, couche de fondation, couche de base, et couche de liaison.

Un ouvrage routier est réputé revêtu si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enduits superficiels d'usure, de béton de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 1 %.

Les graves de mâchefers pouvant être utilisées dans des usages routiers de type 1 sont celles pour lesquelles les mâchefers élaborés entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites V1 des tableaux précédents.

Usages routiers "type 1"



Usages routiers de type 2

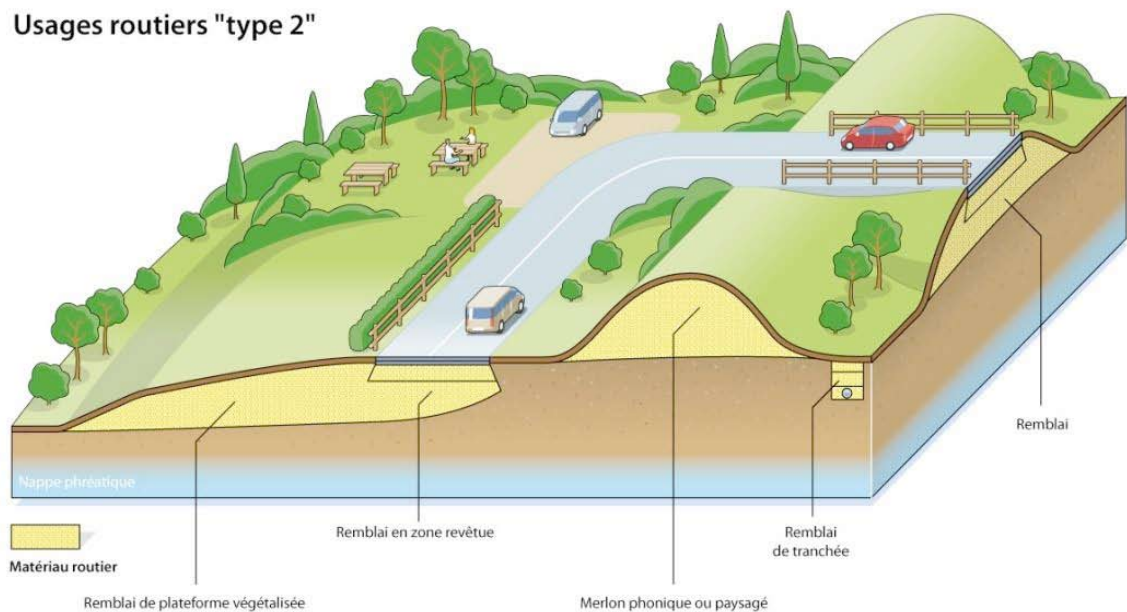
Les usages routiers de type 2 sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (par exemple : protection phonique) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers recouverts.

Relèvent également des usages routiers de type 2 les usages de plus de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus.

Un ouvrage routier est réputé recouvert si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimum de 5 %.

Les graves de mâchefers pouvant être utilisées dans des usages routiers de type 2 sont celles pour lesquelles les mâchefers élaborés entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites V2 des tableaux précédents

Usages routiers "type 2"



Annexe 6 : prescriptions pour les prélèvements et la préparation des échantillons

Les modalités à suivre sont celles des normes « granulats » :

- NF EN 932-1 [6] essais pour déterminer les propriétés générales des granulats – partie 1 méthodes d'échantillonnage ;
- NF EN 932-2 [6] essais pour déterminer les propriétés générales des granulats – partie 2 méthodes de réduction d'un échantillon de laboratoire.

Les prélèvements peuvent s'effectuer de deux manières différentes :

- sur bande transporteuse ;
- sur stock.

Le protocole SVDU de prélèvement sur flux peut aussi s'appliquer.

Dans tous les cas, la constitution d'un échantillon pour laboratoire est précédée de la réalisation d'un échantillon global de taille importante représentatif du lot ou du stock échantillonné. L'échantillon de laboratoire est issu de la réduction de l'échantillon global après homogénéisation.

Masses à prélever

Les normes granulats proposent les quantités suivantes minimum à prélever pour une grave ayant un $D_{max} = 32$ mm :

- masse M d'un échantillon global : 45 kg ;
- masse m des prélèvements unitaires constituant l'échantillon global : 2 kg ;
- masse de l'échantillon de laboratoire réduit : 2 kg.

Appareillage et procédure de prélèvement, constitution de l'échantillon global

Échantillonnage sur bandes transporteuses à l'arrêt

L'échantillon global est constitué de plusieurs prélèvements sur bandes transporteuses à l'arrêt. Le nombre et la répartition dans le temps des prélèvements doivent être choisis de manière à ce que l'échantillon global soit représentatif du lot. Tous les prélèvements doivent être faits au même point d'échantillonnage. Le matériau de chaque prélèvement doit provenir d'une section transversale complète (pelle et balayette nécessaires) de la bande transporteuse. Il peut être utilisé un cadre d'échantillonnage.

L'ensemble des prélèvements sur bande sont mélangés pour constituer l'échantillon global.

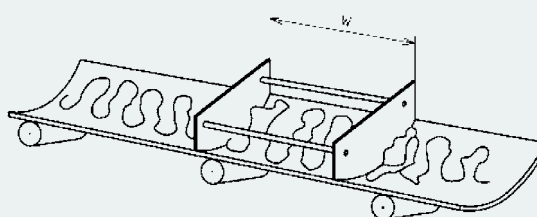


Figure 7 : cadre d'échantillonnage (NF EN 932-2)

Le prélèvement sur stock

C'est le type d'échantillonnage le plus utilisé sur l'IME. Pour minimiser l'effet de la ségrégation du stock, il faut prélever en différents points à hauteurs différentes. Dans le cas particulier des stocks de mâchefer élaboré la partie superficielle du stock ne doit pas être prélevée (maturation non représentative). Aux endroits des prélèvements, la surface du stock est écartée sur plus de 30 cm de profondeur. Des prélèvements de taille à peu près égale doivent être effectués en différents points à différentes hauteurs ou profondeurs sur l'ensemble du stock. L'emplacement et le nombre de prélèvements doivent tenir compte de la manière dont le stock est construit, de sa forme et de la possibilité de ségrégation interne. Le prélèvement doit être fait à l'aide d'une pelle à main, d'une pelle ou d'une benne au point le plus profond de chaque trou réalisé.



Figure 8 : échantillonnage sur stocks plats

Sur un stock en forme de toit dont la base est plus longue dans un sens que dans l'autre, où l'on n'observe pas de figure régulière de ségrégation, cas général des stocks de mâchefer élaboré, les quantités prélevées correspondent à ce qu'indique la figure ci-dessous. Aussi prend-on dans le stock 5 fois plus de prélèvements sur le tiers inférieur et 3 fois plus de prélèvements sur le tiers médian que sur le tiers du haut, soit dans ce cas au moins 18 prélèvements (10 en bas, 6 au milieu, 2 en haut) de 2,5 kg environ. Ces prélèvements mélangés constituent l'échantillon global (45 kg) qui va être réduit pour transmission au laboratoire.

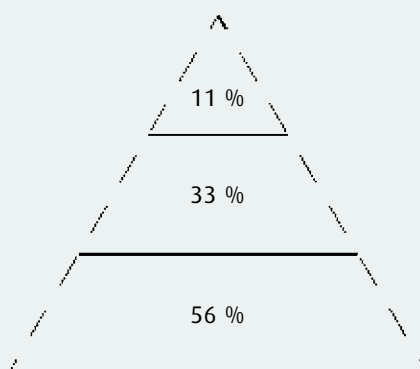


Figure 9 : échantillonnage sur stocks en forme de toit

Échantillonnage d'un stock à l'aide d'une chargeuse

Dans le cas de stocks importants, une chargeuse est utilisée pour découvrir une surface d'échantillonnage à l'intérieur du stock. Un certain nombre de godets est prélevé sur cette surface et est mélangé pour former un tas pour l'échantillonnage. Une pelle est utilisée pour prélever un certain nombre d'échantillons en des emplacements choisis au hasard dans le tas.

Réduction de l'échantillon global

L'échantillon global (> 45 kg) issu des prélèvements unitaires doit être réduit pour transmission au laboratoire d'essai environnemental à une masse supérieure à 2 kg pour une granulométrie de 32 mm (en référence à NF EN 932-2 § 11 tableau 1 « Masse minimale des sous-échantillons au cours de la division d'échantillons pour une analyse chimique »).

Taille maximale des particules mm	Taille minimale des sous-échantillons g
1	100
2	200
4	500
8	800
16	1 000
32	2 000
63	10 000

Tableau 3 : masse minimale des échantillons au cours de la division d'échantillons pour une analyse chimique

Après homogénéisation à la pelle de l'échantillon global, plusieurs méthodes sont possibles :

- la plus utilisée et la plus fiable en laboratoire est l'emploi d'un diviseur à couloir : l'échantillon global est inséré en haut du diviseur et séparé en deux fractions égales en passant dans les couloirs. L'opération est répétée jusqu'à obtenir un échantillon > 2 kg pour envoi au laboratoire pratiquant les essais environnementaux.

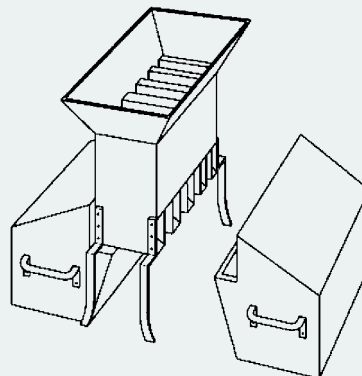


Figure 10 : diviseur à couloirs

- par quartage, généralement sur site à proximité du stock échantillonné : Faire un tas avec les échantillons (le tas est mélangé au moins 3 fois), couper en 4 quarts, regrouper 2 quarts opposés et recommencer jusqu'à obtenir un échantillon environ > 2 kg pour envoi au laboratoire pratiquant les essais environnementaux.

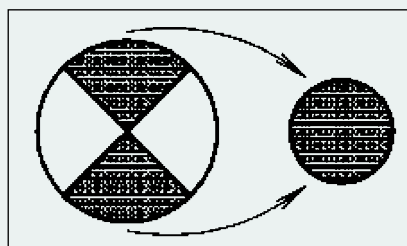


Figure 11 : quartage

Echantillon final pour le laboratoire pratiquant les essais environnementaux

Placer l'échantillon final dans :

- des bocaux en verre pour la mesure des organiques ;
- un sac plastique étanche pour les autres essais. Chasser l'air du sac et le fermer hermétiquement ;
- exclure les récipients en aluminium.

Protections individuelles

Gants, masque à poussière

Annexe 7 : prescriptions pour les laboratoires d'essais

Procédure de séchage

- délai maximum entre la réception au laboratoire et le début du séchage : 24h
- la température de séchage doit être de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sous atmosphère normale
- durée du séchage : 24 heures ou jusqu'à poids constant (variation de masse $< 1\%$ entre deux pesées successives à 2h d'intervalle avec reprise du séchage entre les deux pesées)

Normes d'analyses (données à titre indicatif)

Essai de lixiviation

- NF EN 12457-2 (2001) : Caractérisation des déchets – Lixiviation – Essais de lixiviation de conformité pour les déchets granulaires et les boues – Partie 2 : essai en bûchée simple à un ratio liquide sur solide égal à 10 l/kg avec une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction granulométrique).

Analyse des éluats

- NF EN 16192 : Caractérisation des déchets – Analyse des éluats

Analyse des composés organiques

- COT : NF EN 13137 - « Caractérisation des déchets - Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments » (ou pr EN 15936 dans le futur proche) ;
- Hydrocarbures totaux : NF EN 14039 « Caractérisation des déchets - Détermination de la teneur en hydrocarbures par chromatographie en phase gazeuse dans la plage C10 à C40 » ;
- HAP : NF EN 15527 « Caractérisation des déchets - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les déchets par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM) » ;
- PCB : NF EN 15308 « Caractérisation des déchets - Détermination de polychlorobiphényles (PCB) sélectionnés dans les déchets solides, par chromatographie en phase gazeuse capillaire avec détection par capture d'électrons ou spectrométrie de masse » ;
- BTEX :
 - NF ISO 22155 « Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures aromatiques et halogénés volatils et de certains éthers par chromatographie en phase gazeuse - Méthode par espace de tête statique »
ou
 - NF ISO 15009 « Qualité du sol - Détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils - Méthode par purge et piégeage avec désorption thermique ».
- Dioxines et furannes :
 - paramètre couvert par la portée d'accréditation du laboratoire selon NF EN ISO/CEI 17025 ;
 - prétraitement de l'échantillon suivant NF ISO 11464 « Qualité du sol - Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques » ;
 - extraction soxhlet ou sous pression à chaud (ASE accelerated ou automated solvent extractor) ;
 - dosage suivant NF EN 1948 « Détermination de la concentration massique en PCDD/F et en PCB de type dioxine » ;
 - les résultats d'analyses s'expriment dans le référentiel OMS 2005. Lorsque la concentration pour un des congénères est inférieure à la limite de quantification, prendre cette concentration égale à « 0 » pour le calcul de la quantité cumulée pour tous les congénères ;
 - le laboratoire d'analyse fournira le rapport complet.

Le laboratoire d'analyse devra tenir compte de l'évolution des normes et appliquer les normes en vigueur. Le laboratoire peut proposer une méthode interne équivalente sous réserve de justification auprès du demandeur.

Expression des résultats d'analyse

Comme précisé à l'article 7 de l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 : « Les méthodes d'analyse sont choisies de manière que les limites de détection et de quantification associées permettent de positionner sans ambiguïté les résultats avec les valeurs limites des paramètres analysés. »

Flacons

Flacons adéquats pour chaque analyse à fournir par le laboratoire

Délai d'analyses et de fourniture des PV d'essai

Engagement à préciser au demandeur lors de la proposition

Détails des normes d'essai pour les analyses des éluats (donnés à titre indicatif)

Lixiviation NF EN 12457-2		Analyses des éluats selon NF EN 16192	
mg/kg	Seuil de l'Arrêté du 18/11/2011	Norme d'essai à respecter	Norme d'essai alternative*
As	0,6	NF EN ISO 11885 ou EN ISO 11969	EN ISO 17294-2
Ba	28	NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Cd	0,05	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Cr	1	NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Cu	50	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Hg	0,01	NF EN 1483	EN ISO 17294-2 ou EN ISO 17852
Mo	2,8	NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Ni	0,5	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Pb	1	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Sb	0,6	NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Se	0,1	NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Zn	50	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	EN ISO 17294-2
Fluorures	30	EN ISO 10304-1 ou ISO 10359-1	/
Chlorures	5000	ISO 9297 ou EN ISO 10304-1 ou EN ISO 10304-2	/
Sulfates	5000	EN ISO 10304-1 ou EN ISO 10304-2	/
Fraction soluble	10000	NF EN 15216	NF T 90-029

* Si l'on constate que les méthodes référencées (Tableau 1 de la norme NF EN 16192) sont inappropriées en raison, par exemple, des limites de détection, de la répétabilité ou des interférences, d'autres méthodes validées pour l'analyse de l'eau, telles que les techniques SFA, FG-SAA, ICP-MS peuvent être utilisées. Leur adéquation à l'analyse des éluats de déchets doit être vérifiée dans le laboratoire conduisant l'analyse. La raison de la divergence doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Annexe 8 : liste des acronymes

AMORCE	Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur
BSD	Bordereau de suivi des déchets
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
COT	Carbone organique total
DASRI	Déchets d'activités de soins à risques infectieux
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
FNTF	Fédération Nationale des Travaux Publics
GTR	Guide des Terrassements Routiers [14]
GTS	Guide Technique « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme » [15]
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IME	Installation de maturation et d'élaboration
IPI	Indice portant immédiat
ISDND	Installation de stockage de déchets non dangereux
LA	Essai Los Angeles
LCPC	Laboratoire central des ponts et chaussées
MB	Essai au bleu de méthylène
MDE	Essai Micro-Deval
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
MIDND	Mâchefer d'incinération de déchets non dangereux
OPM	Proctor optimum modifié
OPN	Proctor optimum normal
PCB	polychlorobiphényles
PIR	Partie inférieure de remblai
PSR	Partie supérieure de remblai
Sétra	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
SVDU	Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés
UNPG	Union nationale des producteurs de granulats
USIRF	Union Syndicale de l'Industrie Routière Française
VBS	Valeur de bleu des sols

Bibliographie

Normes

- [1] Caractérisation des déchets. Essai de conformité pour la lixiviation des déchets fragmentés et des boues. Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10l/kg et une granularité inférieure à 4mm (sans ou avec réduction de la granularité). *Norme NF EN 12457- 2* .AFNOR, Décembre 2002.
- [2] Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées . *Norme NF EN 13242+A1*, Mars 2008.
- [3] Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation. *Norme NF EN 13043*, Août 2003.
- [4] Graves non traitées « Spécifications », *Norme NF EN 13285*, Décembre 2010.
- [5] Mélanges traités aux liants hydrauliques « Spécifications » Partie 5 : Mélanges traités au liant hydraulique routier. *Norme NF EN 14227-5*, Février 2005.
- [6] Granulats /échantillonnage. *Norme NF EN 932*, 1996.
- [7] Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 11 : essai de classification des constituants de gravillons recyclés. *Norme NF EN 933-11*, Juillet 2009.
- [8] Essai de tri pour déterminer la teneur en métaux de mâchefer d'usines d'incinération. *Norme NF EN 16262*. AFNOR, Août 2011,
- [9] Granulats - éléments de définition, conformité et codification. *Norme NF P 18-545*, Septembre 2011.
- [10] Exécution des terrassements – classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières. *Norme NF P 11-300*. AFNOR, Septembre 1992 .
- [11] Tranchées : ouverture, remblayage, réfection. *Norme NF P 98-331*. AFNOR, Février 2005.

Guides, recommandations, etc.

- [12] Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière. Evaluation environnementale, Sétra, 2011. (référence Sétra : 1101)
- [13] Arrêté du 18/11/11 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (JO n° 277 du 30 novembre 2011) NOR : DEVP1131516A, modifié par l'arrêté du 27/07/12 modifiant divers arrêtés relatifs au traitement de déchets (JO n°183 du 8 août 2012) NOR : DEVP1230939A.
- [14] Guide des Terrassements Routiers, réalisation de remblais et des couches de forme, fascicules, GTR, Guide Technique, (référence Sétra : D9233-1) et II (référence Sétra : D9233-2), Sétra-LCPC, 2ème édition, Juillet 2000.
- [15] Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme – GTS, Guide Technique, Sétra/LCPC , 2000 . (référence Sétra : D9924)
- [16] Remblayage et réfections des tranchées, Guide technique, Sétra/LCPC , 1994, mise à jour janvier 1998. (référence Sétra : D9441)

- [17] Etudes et réalisations de tranchées, Guide technique, Sétra, 2001. (référence Sétra : D0124)
- [18] Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile de France : «Les mâchefers d'incinération des ordures ménagères», Guide régional Ile de France, novembre 1998, révisé 2003.
- [19] Guide d'utilisation en travaux publics : Graves de recyclage : «Grave recyclée de démolition et de mâchefer» version 2, Guide régional Rhône-Alpes , 2005.
- [20] Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux de Normandie : «Les mâchefers d'incinération des ordures ménagères, Guide régional Normandie, APAQ Normandie.
- [21] Guide technique pour l'utilisation des matériaux alternatifs de Bourgogne : les graves issues des machefers d'incinération de déchets non dangereux, Guide régional Bourgogne, <http://www.materiauxbourgogneleguide.com>.
- [22] Caractérisation, mise en œuvre et contrôle du compactage des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) dans le domaine des terrassements, Bulletin des Ponts et Chaussées n° 275, QUIBEL A., EVAIN E., CER CETE Normandie-Centre, 2009.



L'objectif du présent guide d'application est de favoriser le recyclage des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux. Il décline les principes définis par l'arrêté du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux.

Le présent guide d'application vise à fournir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, publics et privés, ainsi qu'aux entreprises, les prescriptions et exigences opérationnelles relatives à l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués à partir de mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, et destinés à être utilisés en technique routière. Ces spécifications doivent ainsi permettre aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre d'élaborer des cahiers des charges de projets ou d'analyser les variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Le contenu de ce guide s'inscrit résolument dans une démarche de promotion de l'utilisation de matériaux alternatifs en technique routière sur tout le territoire national, dans des conditions environnementales maîtrisées. En ce sens, il répond aux objectifs communautaires en matière de valorisation des déchets, ainsi que de réduction de leur stockage.



Document disponible au bureau de vente du Sétro

110, rue de Paris – 77171 SOURDUN – France
téléphone : 33(0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69
Référence : **1221** - Prix de vente : **16 €**

*Couverture - crédit photos : source Michel Garnier (EUROVIA) ;
vignettes : source Axel Heise (EUROVIA).*

Mise en page : Domigraphic - 17 avenue Aristide Briand - 91550 Paray-Vieille-Poste.

Impression : JOUVE - 1 rue du Docteur Sauvé - 53100 Mayenne.

*L'autorisation du Sétro est indispensable pour la reproduction, même partielle, de ce document
© 2012 Sétro - Dépôt légal : 3ème trimestre 2012 - ISBN : 978-2-11-128051-9*

*Ce document participe à la protection de l'environnement.
Il est imprimé avec des encres à base végétale sur du papier ecolabellisé PEFC.*

PEFC/1031 1316



**Service d'études
sur les transports,
les routes
et leurs aménagements**

110, rue de Paris
77171 Sourdun - France
tél : 33 (0)1 60 52 31 31
fax : 33 (0)1 60 52 31 69

**Le Sétro appartient
au Réseau Scientifique
et Technique du MEDDTL**

