

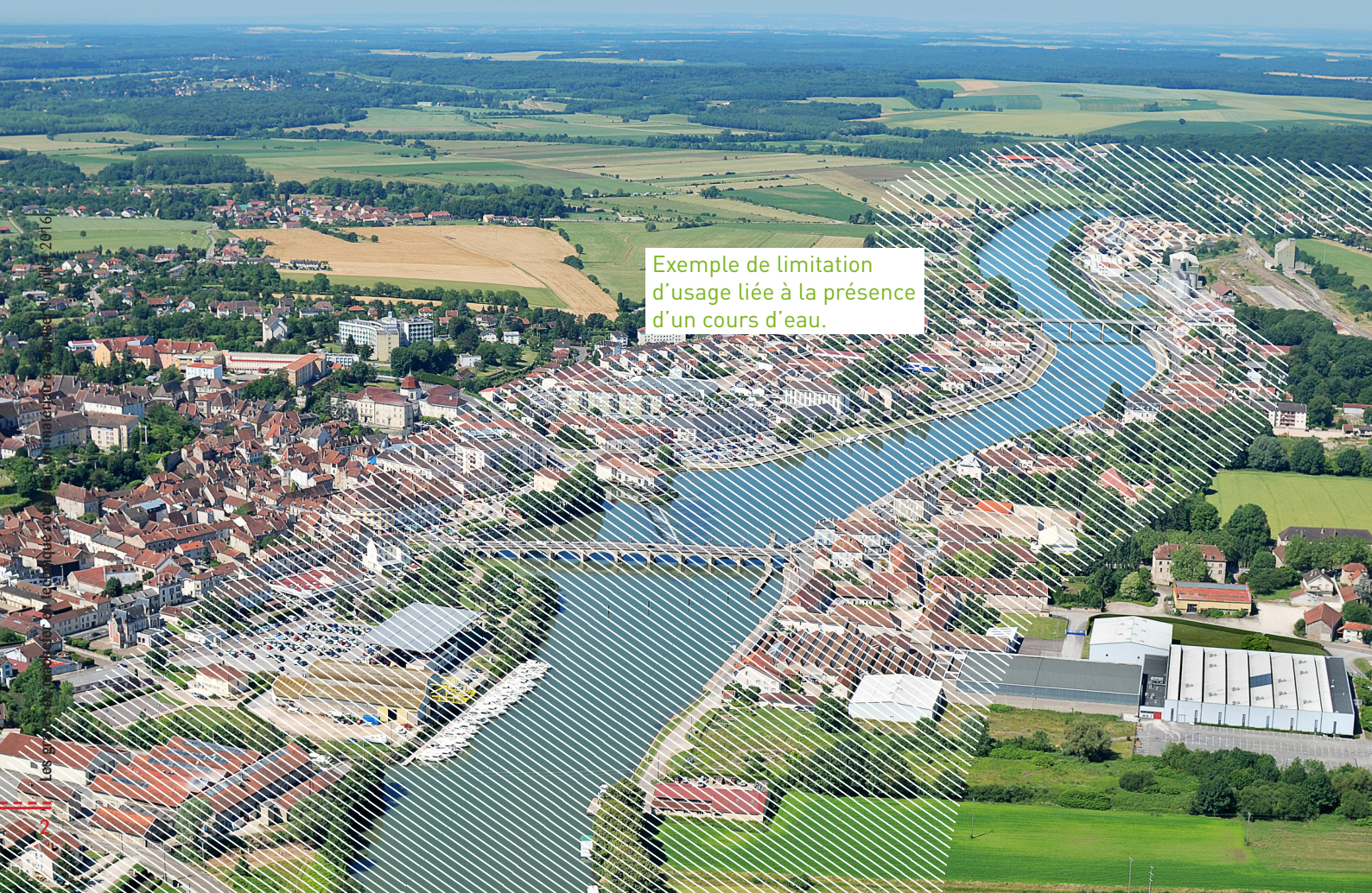
Les graves de mâchefer en technique routière : un matériau à valoriser !



Vrai ou faux ?

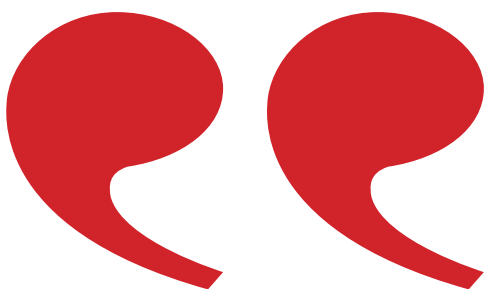
Les graves de mâchefer ne sont pas les seuls matériaux alternatifs à être soumis à des critères d'acceptabilité environnementale.

VRAI. Tous les matériaux alternatifs recyclés en travaux publics sont concernés. Une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs en technique routière a été validée par le ministère en charge de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer [1].

An aerial photograph of a town with a river winding through it. A large area of the town and surrounding fields is overlaid with a green diagonal hatching pattern, indicating a restricted zone. A white text box is placed over the hatched area.

Exemple de limitation d'usage liée à la présence d'un cours d'eau.

Avant-propos



La transition vers une économie plus circulaire et plus durable, objectif de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte adoptée le 18 août 2015, nécessite d'accélérer l'utilisation de matériaux alternatifs dans les chantiers des travaux publics. Cela diminuera l'intensité du prélèvement de matériaux de carrières et limitera les distances de transport. Ainsi, le choix d'utiliser des graves de mâchefer dans des chantiers routiers locaux s'inscrit dans cet objectif d'utilisation efficace de nos ressources. Valoriser les mâchefers et d'autres matériaux alternatifs, comme les agrégats de béton ou d'enrobés bitumineux dans des chantiers routiers de proximité affirme l'engagement des élus locaux et des maîtres d'ouvrage à mettre en action les principes vertueux de l'économie circulaire. L'exemplarité des maîtres d'ouvrage publics doit se traduire notamment dans l'écriture des appels d'offre, afin de promouvoir l'usage de ces matériaux en solution de base, et non plus en variante. Dans ce cadre, le présent document permet de sensibiliser l'ensemble des acteurs et de répondre aux questions clés qu'ils se posent.

Marc Mortureux
Directeur Général
de la Prévention des Risques

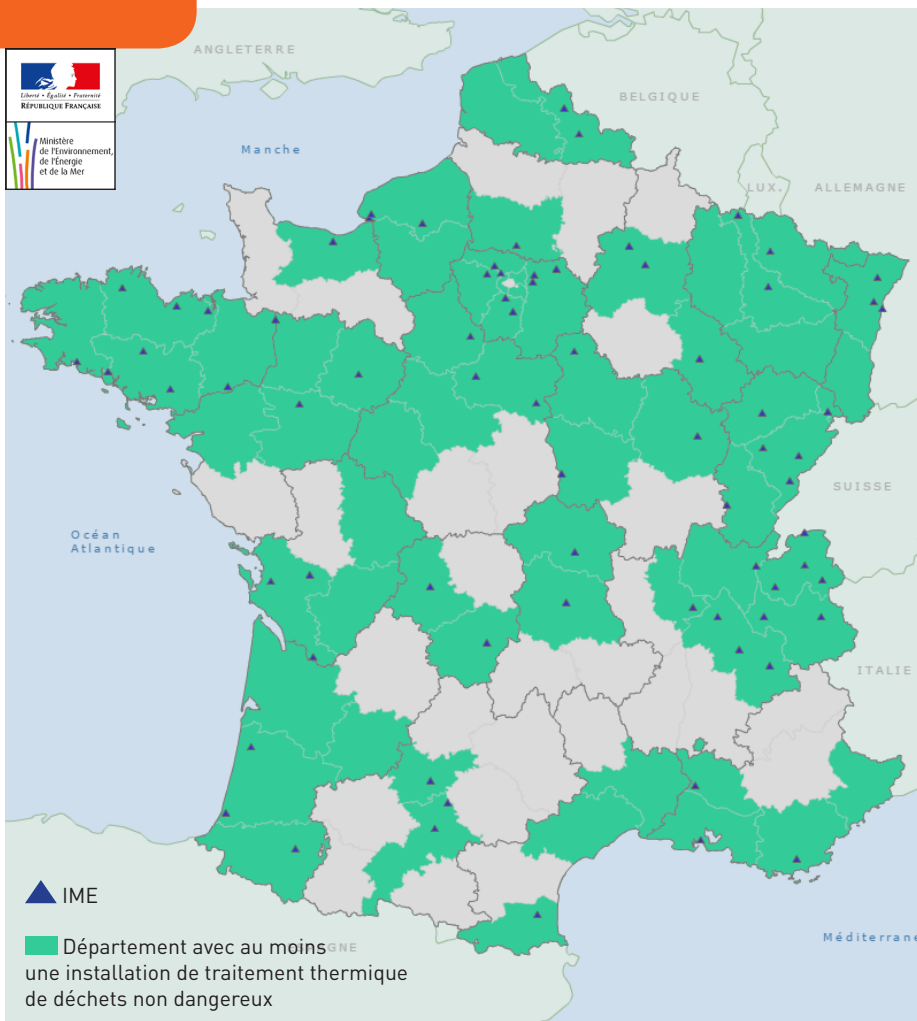
Vrai ou faux ?

La France est le seul pays européen à recycler ses graves de mâchefers.

FAUX. Même s'il n'existe pas de texte fondateur européen permettant d'homogénéiser les pratiques, la plupart des grands pays européens recyclent leurs mâchefers. C'est en particulier le cas en Allemagne, au Pays-Bas, au Danemark, au Royaume-Uni et en Belgique.



Exemple de chantier à l'international
(centre logistique des jeux olympiques de Londres)



Implantations françaises métropolitaines des Installations de Maturation et d'Élaboration (IME)

1.

Informations générales

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

sont les résidus solides récupérés en sortie du four des installations de traitement thermique de déchets non-dangereux. Ils représentent 10 % du volume des déchets incinérés et 20 % de leur poids.

Chaque année en France, trois millions de tonnes de mâchefers sont produites par les 122 installations réparties sur le territoire. Actuellement, deux millions de tonnes de mâchefers sont recyclées après une phase de maturation et de préparation (concassage/criblage, extraction des imbrûlés légers de grande taille ainsi que des métaux ferreux et non ferreux). Ces opérations sont effectuées par les 75 installations de maturation et d'élaboration (IME) qui sont situées soit sur le site même de l'installation de traitement thermique soit sur un site extérieur dédié (*cf. carte page ci-contre*).

À la sortie de ces installations les graves de mâchefer sont recyclées ; à défaut elles sont stockées en installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) et soumises à la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP).



Mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND) avant traitement sur une installation de maturation et d'élaboration (IME)

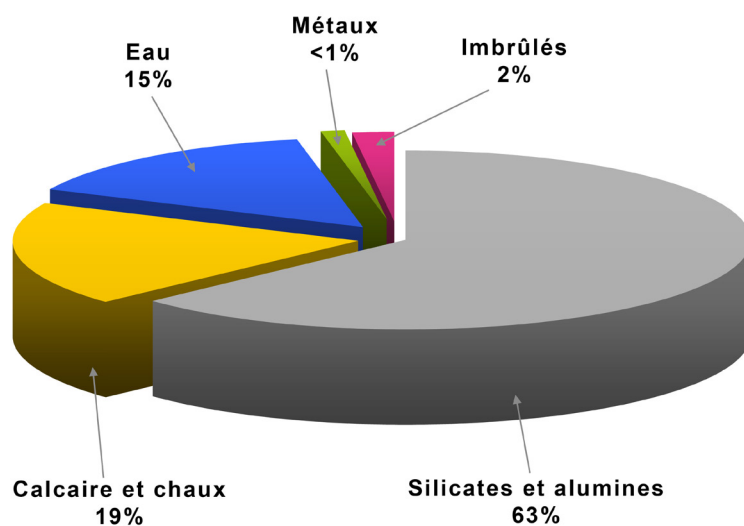


Grave de mâchefer après traitement sur une installation de maturation et d'élaboration (IME)

Les installations de traitement thermique de déchets non-dangereux ainsi que les installations de maturation et d'élaboration sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et, à ce titre, contrôlées par les services de l'État (inspection des installations classées).

Le recyclage des mâchefers en technique routière est encadré par l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 [2].

À la sortie de l'IME, **la grave de mâchefer** (cf. ci-dessous) obtenue est de granulométrie 0/20 ou 0/31,5 mm. Il s'agit d'un matériau alternatif classé F61 selon la norme NF P 11-300.



Composition chimique de la grave de mâchefer

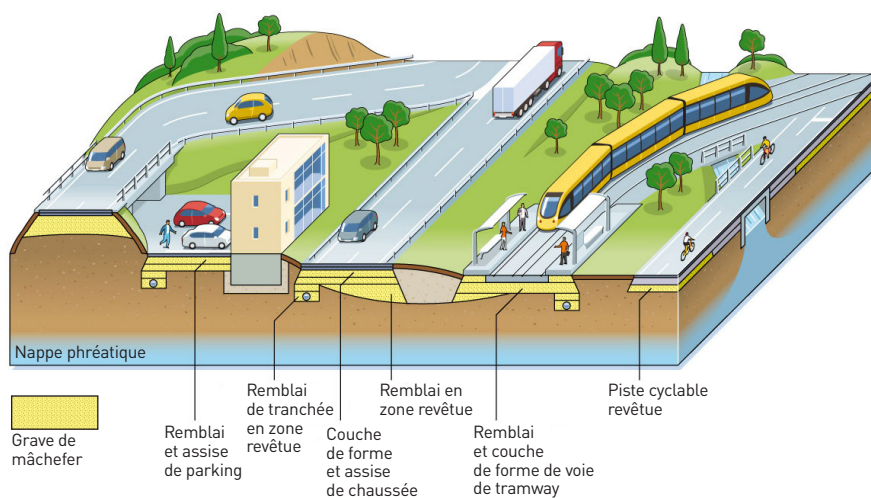
2.

Informations sur les usages

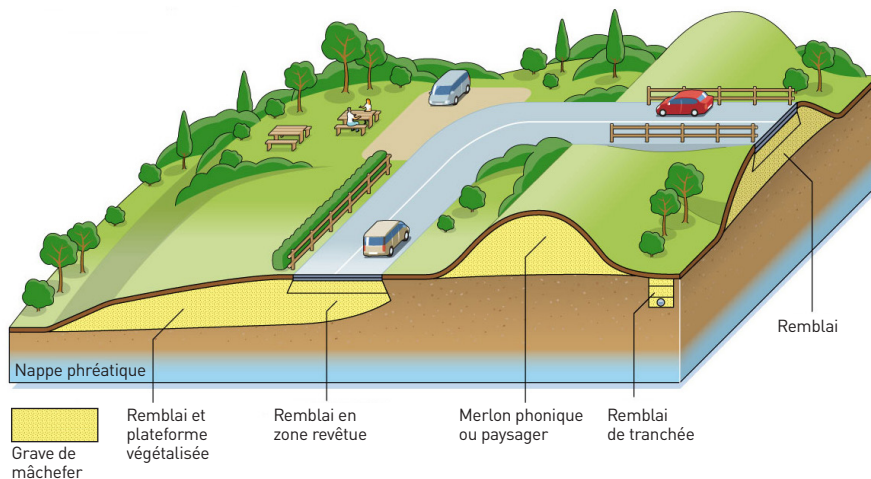
L'utilisation de graves de mâchefer en travaux publics bénéficie d'un encadrement réglementaire depuis plus de 20 ans. Chaque année en France, deux millions de tonnes sont recyclées.

Selon leurs caractéristiques environnementales, dans le respect des prescriptions de l'Arrêté Ministériel du 18 novembre 2011 [2], les graves de mâchefers recyclés peuvent être utilisées en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus (type 1) ou en remblai technique d'ouvrages recouverts connexes à l'infrastructure routière (type 2).

Usages (type 1)



Usages (type 2)



**Extraits des articles 7 et 8
du Décret n°2016-360 du 25 mars 2016
relatif aux marchés publics**

«Les spécifications techniques ne peuvent pas faire mention [...] d'une provenance ou origine déterminée, [...] lorsqu'une telle mention ou référence est susceptible de favoriser ou d'éliminer certains opérateurs économiques ou certains produits. [...] Lorsque l'acheteur définit une spécification technique par référence à une norme ou à un document équivalent, il ne peut pas rejeter une offre au motif que celle-ci n'est pas conforme à cette norme ou à ce document si le soumissionnaire prouve, par tout moyen approprié, que les solutions qu'il propose satisfont de manière équivalente aux exigences définies par cette norme ou ce document. [...]»

**Article L.541-33
du Code de l'environnement**

«Est réputée non écrite toute stipulation créant une discrimination en raison de la présence de matériaux ou éléments issus de déchets valorisés [...] dans les produits qui satisfont aux règlements et normes en vigueur, pour un même niveau de performance compte tenu de l'usage envisagé.»

Les caractéristiques géotechniques des graves de mâchefer permettent en général des utilisations en remblai, remblai de tranchée (hors enrobage de certains types de canalisation), couche de forme ou couche d'assise. Les graves de mâchefer sont alors mises en œuvre avec les mêmes moyens matériels et humains, et en suivant les mêmes techniques que pour les matériaux naturels usuels.

L'utilisation de graves de mâchefer ne peut être interdite ou rejetée dès lors qu'elles répondent aux spécifications techniques fixées dans le cahier des charges. Un contrôle des caractéristiques géotechniques et environnementales des graves de mâchefer peut être effectué par la maîtrise d'œuvre dans le cadre de la mise en œuvre de son contrôle extérieur, de préférence avant leur livraison sur le chantier.

Vrai ou Faux ?

Pour utiliser des graves de mâchefer sur un chantier, il faut une autorisation préfectorale.

FAUX. L'utilisation de graves de mâchefer sur les chantiers n'est soumise à aucune autorisation préfectorale. Seul l'exploitant de l'installation de maturation et d'élaboration (IME) d'où proviennent ces graves doit disposer d'une autorisation préfectorale pour les produire.



Installation de maturation
et d'élaboration (IME)

Déroulement type d'un chantier

**Demande de grave de mâchefer
par l'entreprise à l'IME**

(Informations nécessaires : nature de l'ouvrage, usage, localisation, quantité prévisionnelle)



**Vérification de l'adéquation de la
réglementation avec le chantier**

(IME et entreprise)

Si critères OK

Échange
d'informations

**Livraison de la grave de mâchefer
sur chantier**



Mise en œuvre : visite et aide éventuelles de l'IME



Installation de maturation et d'élaboration (IME)

IME → Entreprise

Fiche de recommandations et de suivi de la grève de mâchefer

FICHE DE RECOMMANDATIONS ET DE SUIVI DE LA GRÈVE DE MÂCHEFER	
ENSEMBLE PARTIEN À PRÉSERVER LES RESSOURCES NATURELLES PAR L'EMPLOI DES GRÈVES DE MÂCHEFER	
1- PRODUCTEUR	
Établissement de fabrication et d'évolution	Nom / Adresse
2- Maître d'ouvrage	
Nom / Adresse	
3- RESPONSABLE DE LA VENTE EN COURSE	
Nom / Adresse	
4- CLIENTS	
Nom / Adresse	
5- DOSSIER PRODUIT	
Usages routiers de type 2 / Usages routiers de type 1	
Caractéristique technique	Teneur d'essais
Caractéristique de suivi	Caractéristique de suivi
Caractéristique d'essai	Caractéristique d'essai
6- MÂCHEFER	
Nom	Usages routiers
Date de réalisation des travaux	Date de réalisation des travaux
7- RECOMMANDATIONS NÉCESSAIRES AVANT LE 15 NOVEMBRE 2011	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le repère fixe doit être installé à 30 cm des bords extérieurs de la couche de surface et à 10 cm des bords intérieurs de la couche de surface. - La couche de surface doit être installée à 10 cm des bords intérieurs de la couche de surface. - La couche de surface doit être installée à 10 cm des bords intérieurs de la couche de surface. - La couche de surface doit être installée à 10 cm des bords intérieurs de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	
<p>Création de repère fixe à la mesure de l'usage routier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. - La mesure de la fraction soluble doit être effectuée sur un échantillon représentatif de la couche de surface. 	

Coordonnées du maître d'ouvrage, de l'entreprise, des transporteurs

Entreprise → IME

Fiche(s) de classement environnemental du/du lot(s) de mâchefer élaboré

Fiche de classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré		
Usine de traitement thermique		Lot
XXXXXXX		Mois/Année
Classement environnemental		V1 ou V2
Paramètre	Valeur limite à respecter	
Teneur intrinsèque en éléments polluants	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 furanes	10 ng I-TEQ/mg de matière sèche	
Paramètre	Valeur limite à respecter exprimée en mg/kg de matière sèche	
Comportement à la lixiviation	V1 Usages routiers de type 1	V2 Usages routiers de type 2
As / Arsenic	0,8	
Ba / Baryum	56	28
Cd / Cadmium	0,05	
Cr total / Chrome total	2	1
Cu / Cuivre	50	
Hg / Mercure	0,01	
Mn / Manganèse	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	
P / Phosphore	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.

Fiche technique de la grève de mâchefer (éventuellement)

Site XXXXXXXXX		Fiche Technique																																																																																																																													
Page 01, Imprimé le jeudi 15 mars 2012																																																																																																																															
Granulats : 0/20 GRAVE DE MACHEFER																																																																																																																															
Pétrographie : Mâchefer																																																																																																																															
Élaboration : Concassage																																																																																																																															
Caractéristiques CPTV : ds = 1,60 mg/kg W = 17,2 % PR = 40																																																																																																																															
Partie contractuelle		Catégorie																																																																																																																													
Classe granulatoire	Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage	GNT3 - 0/20																																																																																																																													
0 / 20	Norme	EN 12585 Graves non traitées																																																																																																																													
Partie informative																																																																																																																															
Résultats de production																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>0,00</th> <th>0,5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6,3</th> <th>8</th> <th>10</th> <th>12,5</th> <th>14</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>35</th> <th>40</th> <th>LA</th> <th>MDE</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moyenne W</td> <td>15,6</td> <td>20</td> <td>31</td> <td>44</td> <td>59</td> <td>68</td> <td>71</td> <td>73</td> <td>65</td> <td>60</td> <td>50</td> <td>35</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>2</td> <td></td> <td>40</td> <td>20</td> <td>23,9</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>7,5</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>44</td> <td>54</td> <td>60</td> <td>64</td> <td>54</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>30</td> <td>20</td> <td>18,2</td> </tr> <tr> <td>Maximum</td> <td>2,4</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>44</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>64</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>50</td> <td></td> <td>50</td> <td>30</td> <td>14,2</td> </tr> <tr> <td>Écart-type</td> <td>1,90</td> <td>0,4</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,3</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td></td> <td>0,1</td> <td>0,3</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>Minimum</td> <td>2,0</td> <td>3,1</td> <td>2,1</td> <td>3,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td></td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> <td>2,1</td> </tr> </tbody> </table>				0,00	0,5	1	2	4	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	30	35	40	LA	MDE	W	Moyenne W	15,6	20	31	44	59	68	71	73	65	60	50	35	18	10	4	2		40	20	23,9	Minimum	7,5	10	20	30	44	54	60	64	54	40	30	18	10	4	2			30	20	18,2	Maximum	2,4	11	10	30	30	44	40	40	60	70	70	64	50	50	50	50		50	30	14,2	Écart-type	1,90	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,1	0,3	1,40	Minimum	2,0	3,1	2,1	3,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1		2,1	2,1	2,1
	0,00	0,5	1	2	4	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	30	35	40	LA	MDE	W																																																																																																												
Moyenne W	15,6	20	31	44	59	68	71	73	65	60	50	35	18	10	4	2		40	20	23,9																																																																																																											
Minimum	7,5	10	20	30	44	54	60	64	54	40	30	18	10	4	2			30	20	18,2																																																																																																											
Maximum	2,4	11	10	30	30	44	40	40	60	70	70	64	50	50	50	50		50	30	14,2																																																																																																											
Écart-type	1,90	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,1	0,3	1,40																																																																																																											
Minimum	2,0	3,1	2,1	3,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1		2,1	2,1	2,1																																																																																																											

Vrai ou Faux ?

Les graves de mâchefer peuvent être recyclées à nouveau.

VRAI. Dans le cadre des dispositions applicables aux matériaux de déconstruction issus du BTP, les graves de mâchefer peuvent être recyclées à nouveau, qu'elles proviennent d'opérations d'entretien, de réhabilitation ou de démantèlement d'ouvrages routiers.

Vrai ou Faux ?

L'utilisation de graves de mâchefer est interdite en dehors des ouvrages routiers.

FAUX. L'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 [2] n'aborde que le recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, toutefois, il n'est pas interdit aux exploitants d'installation de maturation et d'élaboration (IME) d'envisager d'autres voies de valorisation en lien avec les services de l'État (cf. note technique DGPR du 29 mars 2016 [4]).



3.

Quatre retours d'expérience

Reims
Métropole



Métropole
Européenne
de Lille

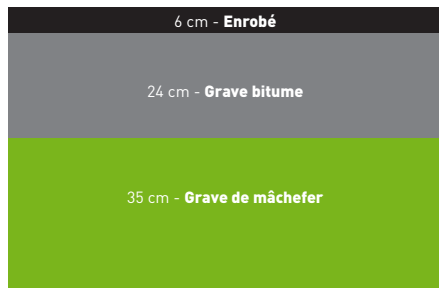


Conseil
Départemental
de Seine-et-Marne



Conseil
Départemental
de Savoie





Partie supérieure de terrassement

Coupe de la chaussée

Maître d'ouvrage

Depuis 10 ans Reims Métropole recycle de la grave de mâchefer produite sur son territoire.

Description du chantier

- Réfection de la structure du boulevard Wilson :
 - dimensions : 11 m x 470 m ;
 - trafic T0 (> 750 Poids Lourds/jour/sens) ;
 - objectif de portance de la structure : classe PF2.
- Date de réalisation : du 4 août au 18 septembre 2014.
- Choix technique retenu : grave de mâchefer en assise.
- Quantité de grave de mâchefer utilisée : 3 500 tonnes (un trimestre de production de l'IME de Reims).

Comment le maître d'ouvrage a intégré la grave de mâchefer dans son chantier ?

- **Une convention a été signée entre Reims Métropole et la Fédération Régionale des Travaux Publics (FRTP).**
- **Le marché a été ouvert aux variantes.**
- Une fiche de commercialisation et une fiche technique du matériau ont été fournies au maître d'ouvrage.

Mise en œuvre

- Les graves de mâchefer ont été livrées au rythme des besoins.
- La mise en œuvre a été réalisée à l'avancement du chantier. Il n'y a pas eu de stock de grave de mâchefer sur le chantier.
- La mise en œuvre a été réalisée en deux passes successives.
- Le compactage a été réalisé par un compacteur V4 et la finition par un compactage aux pneus.
- Le compactage des graves de mâchefer tous les soirs a limité les possibilités d'infiltrations d'eau météorique.
- **Les essais de plaque, réalisés à la fin de la mise en œuvre, indiquent des résultats (entre 50 et 80 MPa) conformes aux exigences PF2.**



Synthèse – Point de vue du maître d'ouvrage

- **Pour ce chantier, l'utilisation de grave de mâchefer en substitution de matériaux naturels a permis une économie de 50 % des coûts « matériaux »,** par comparaison à ceux des matériaux naturels.
- **Reims Métropole a également réalisé des économies sur son coût de traitement des déchets :** le stockage en ISDND (Installation de stockage de déchets non dangereux) est trois fois plus coûteux que le recyclage en travaux publics.
- **Les performances mécaniques et la mise en œuvre des graves de mâchefer sont comparables à celles des matériaux naturels :** il n'y a pas besoin de formations particulières des entreprises intervenant sur le chantier ni d'engins spécifiques.
- **On observe une amélioration sensible de la portance dès les jours suivant la fin des opérations de mise en œuvre du matériau.**
- **Le matériau est également bien adapté aux travaux en milieu urbain** de par la proximité du lieu de production des graves de mâchefer et d'une certaine souplesse dans les livraisons qui permet de s'affranchir d'un stockage temporaire sur chantier (gain de place).

Interview du fournisseur de grave de mâchefer par le Cerema

Pouvez-vous nous décrire un chantier auquel vous avez fourni des graves de mâchefer ?

Il s'agit du contournement, sur trois kilomètres en 2x2 voies, de la Chapelle d'Armentières-Houplines (59). **Le trafic prévu est de 500 poids lourds par jour sur 30 ans avec un taux de croissance de 5 %.** La classe de portance plateforme à long terme demandée correspond à un PF2 (module entre 50 et 120 MPa).

Le chantier a été réalisé sur neuf mois, d'août 2013 à avril 2014.

La grave de mâchefer a été utilisée en assise de chaussée, sur 60 cm, au niveau de la section courante et des giratoires du projet. Elle est surmontée d'un enrobé à module élevé et d'un béton bitumineux.

Au total, 120 000 tonnes de grave de mâchefer ont été mises en place.

Cela correspond à une année de production de l'Installation de maturation et d'élaboration du mâchefer en provenance des unités de valorisation énergétique des déchets ménagers de Halluin.

Pouvez-vous nous préciser comment les graves de mâchefer ont pu être intégrées dans le chantier ?

Le maître d'ouvrage a ouvert le marché aux variantes.

Nous avons informé le maître d'ouvrage des caractéristiques géotechniques et environnementales du matériau, selon l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 [2], pour l'usage demandé. Pour cela, nous avons fourni une fiche de commercialisation et une fiche technique de la grave de mâchefer comprenant les informations relatives aux analyses réalisées, les conditions de mise en œuvre du matériau ainsi que les restrictions d'usage.

Et au niveau de la mise en œuvre, comment se sont déroulés les travaux ?

Les graves de mâchefer ont été livrées au rythme des besoins ; elles ont été mises en place à l'avancement, sans stockage sur le chantier. Un contrôle journalier des teneurs en eau a été réalisé et un rajout d'eau a été effectué sur le chantier en cas de besoin. Tous les soirs, les graves de mâchefer ont été compactées pour limiter les infiltrations d'eau météorite.

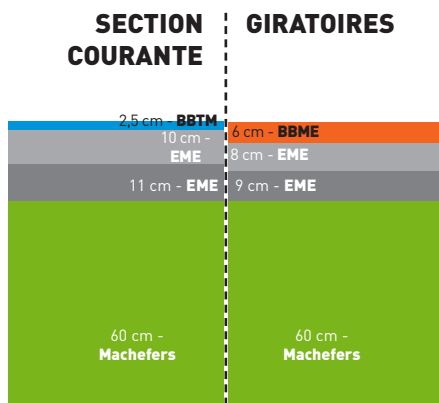
Pour réaliser la couche de 60 cm, un compacteur de type VM5 est passé six fois sur la couche en grosse vibration suivi de deux fois pour un réglage fin.

Les résultats des essais de plaque (70 MPa), réalisés à la fin du chantier, ont été conformes aux exigences PF2.

En conclusion, quel bilan tirez-vous de l'utilisation de graves de mâchefer dans vos chantiers ?

La quantité de grave de mâchefer utilisée a permis de fournir 75 % des besoins du chantier. Le matériau est bien adapté aux grands projets de contournement urbain : la mise en œuvre du matériau ne demande pas de moyen technique spécifique. La granulométrie du matériau permet une application dans tous les domaines du projet.

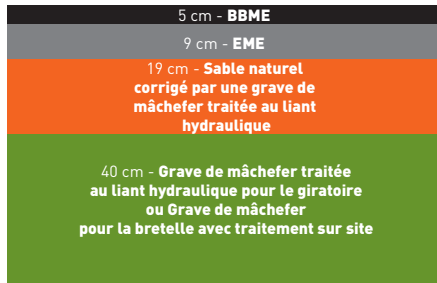
De plus, le chantier a été réalisé dans la continuité du Contournement de Cantin (59), certifié « route durable », en 2011. Le maître d'ouvrage a intégré toutes les préoccupations de développement durable dans son projet notamment avec une utilisation de matériau recyclé.



BBME : béton bitumineux à module élevé
BBTM : béton bitumineux très mince

Coupe de la chaussée





BBME : béton bitumeux à module élevé
EME : enrobé à module élevé

Coupe de la chaussée

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre Conseil Départemental de Seine-et-Marne

Description du chantier

- Création d'un échangeur entre la RN 2 et la RD 404, au niveau de Saint-Mard (77)
 - superficie du chantier : 34 000 m² ;
 - trafic prévu : TC6 20 (entre 6,5 et 17,5 millions de poids-lourds cumulés sur 20 ans) ;
 - objectif de portance : PF3 (> 120 MPa).
- Période de réalisation : avril 2011 – mars 2012
- Choix technique retenu : optimiser les usages de la grave de mâchefer en la traitant avant sa mise en œuvre (cf. coupe de la chaussée) :
 - grave de mâchefer (classification F61 - Guide des Terrassements Routiers) ;
 - grave de mâchefer traitée au liant hydraulique (classe 4 - guide des traitements de sols) pour apporter une rigidité supérieure ;
 - sable naturel corrigé par une grave de mâchefer et traité au liant hydraulique (classe T3 - norme NF EN 14227-5), pour atteindre des performances mécaniques élevées compatibles avec des trafics importants en couche d'assise.

Comment la grave de mâchefer a été retenue sur ce chantier ?

Le maître d'ouvrage a prévu une variante dans l'appel d'offres.

Mise en œuvre

- Réalisation préalable d'une planche d'essai pour déterminer le type de compactage et le nombre de passes nécessaires à l'obtention des performances techniques prévues. Ce travail en amont a démontré que le compactage est similaire à celui réalisé lors de la mise en œuvre d'un matériau naturel (compacteurs vibrants et à pneus, dix passes par engin).
- Contrôle quotidien de l'humidité sur l'installation de maturation et d'élaboration de la grave de mâchefer (IME) et sur le chantier : ajout d'eau en cas de besoin.
- Traitement des graves de mâchefer au liant hydraulique : réalisé en centrale sur l'IME dans certains cas (petites surfaces ou zones difficiles à traiter sur place).
- Livraison des graves de mâchefer au rythme des besoins : 800 à 1 000 t/jour.
- Réalisation des travaux dans le respect des prescriptions de la réglementation environnementale.



Synthèse – Point de vue du maître d'ouvrage

- **Ce chantier a permis de recycler la grave de mâchefer suivant trois utilisations simultanées sur une même chaussée** : grave de mâchefer (8 200 t), grave de mâchefer traitée au liant hydraulique (5 000 t) et mélange de sable naturel et de grave de mâchefer traitée au liant hydraulique (4 300 t).
- **L'objectif de portance PF3 (> 120 MPa) a été largement atteint** : jusqu'à 200 MPa pour la grave de mâchefer traitée en place.
- **Ces procédés de préparation permettent un élargissement des usages avec de la grave de mâchefer et une adaptation des caractéristiques techniques à des besoins plus spécifiques.** Sur l'échangeur, les matériaux à base de grave de mâchefer ont été utilisés au niveau de la couche de forme et de la couche de fondation.
- Le chantier est à proximité de l'IME, ce qui a permis d'optimiser les approvisionnements.
- **Cette variante en grave de mâchefer a permis de réaliser une économie de 20 % par rapport à la solution de base.**

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre Conseil Départemental de Savoie

Objectifs

Dans le cadre de sa politique de développement durable, le Département de la Savoie s'attache à promouvoir l'emploi des graves de mâchefer dans ses opérations routières. Cette démarche permet de :

- Limiter l'emploi de matériaux naturels et préserver la ressource en la matière.
- Réduire les coûts de traitement des déchets non dangereux, car la valorisation des MIDND coûte moins cher que leur mise en décharge.

Comment la grave de mâchefer a été retenue ?

Pour la Savoie, l'emploi technique des graves de mâchefer est aisé, voire avantageux :

- L'utilisation en technique routière est prévue par le guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme (SETRA, 2000).
- Les matériels classiques de travaux publics sont adaptés à leur mise en œuvre (notamment niveleuse et compacteur).
- Les graves de mâchefer absorbent sans difficulté une pluie normale et, au-delà, doivent être mises en œuvre hors période d'orage comme tout autre matériau.

De plus, l'utilisation des graves de mâchefer a été facilitée par la publication de l'arrêté ministériel du 18 novembre 2011 [2] et du guide sur l'acceptabilité environnementale des MIDND en technique routière [3]. Ces documents sont opérationnels et permettent de garantir la qualité environnementale et la traçabilité des MIDND dans un usage routier. En particulier, l'utilisation conformément à ces textes, est exemptée de toute procédure ou autorisation préalable des services de l'Etat (DREAL ou DDT).

Mise en œuvre

L'emploi des graves de mâchefer dans les opérations routières en Savoie a fait l'objet dans un premier temps d'initiatives telles que l'ouverture aux variantes qui se sont avérées inefficaces en raison parfois de la méconnaissance par les acteurs des caractéristiques de ces matériaux mais, également, des difficultés pour les entreprises de présenter des variantes en l'absence d'informations précises concernant l'environnement immédiat de l'ouvrage concerné.

Aussi, le Département a décidé en 2012 d'imposer dans toutes ses opérations routières :

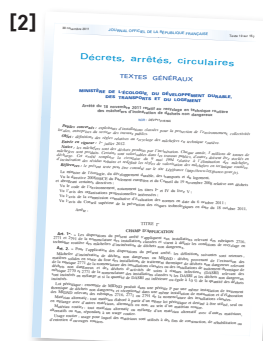
- L'étude préalable d'aptitude du site par un hydrogéologue agréé, fournie dans le dossier de consultation des entreprises.
- L'emploi de graves de mâchefer en solution de base pour tout chantier nécessitant plus de 200 m³ de matériaux d'apport en remblai ou couche de forme, sauf incompatibilité hydrogéologique.
- L'emploi de matériaux de déconstruction en cas d'incompatibilité des graves de mâchefer ou d'un chantier nécessitant moins de 200 m³ de matériaux d'apport en remblai ou couche de forme.
- Dans tous les cas, l'autorisation des matériaux naturels exclusivement en variante.



Conforter l'intérêt de l'utilisation des graves de mâchefer auprès des donneurs d'ordre (élus locaux, maîtres d'ouvrage publics ou privés) est un objectif majeur pour préserver au mieux nos ressources naturelles et ainsi participer activement à la transition vers une économie plus circulaire et plus durable.

Pour en savoir plus

- [1] **Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière. Évaluation environnementale**, Sétra, mars 2011. (référence Sétra : 1101)
- [2] **Arrêté ministériel du 18 novembre 2011 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 ministériel du 27 juillet 2012 modifiant divers arrêtés relatifs au traitement de déchets (JO n°183 du 8 août 2012) NOR : DEVP1230939A.
- [3] **Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière. Les mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND)** Sétra, octobre 2012. (référence Sétra : 1221)
- [4] **Note technique à l'attention des DREAL précisant la nature des ouvrages de travaux publics comparables aux ouvrages routiers pour l'examen de l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs employés** (DGPR 29 mars 2016)



Ministère de l'Environnement,
de l'Énergie et de la Mer

Direction générale de la Prévention des risques
92055 La Défense cedex



Mise en page : AGENCE LIGNE OVALE
Contenu éditorial : DGPR, CEREMA, AMORCE, ANGM, EUROVIA, SVDU, UNPG
Photos : DGPR, CEREMA, AGENCE LIGNE OVALE, AMORCE, ANGM, EUROVIA, SVDU, UNPG
Coordination : CEREMA, V2E
Dépôt légal : 3^e trimestre 2016

Toute modification ou reproduction est interdite sans l'autorisation préalable du CEREMA.