

SOMMAIRE

GUIDE TECHNIQUE
POUR L'UTILISATION
DES MATÉRIAUX RÉGIONAUX
D'ILE-DE-FRANCE

LES MÂCHEFERS D'INCINÉRATION D'ORDURES MÉNAGÈRES

Novembre 1998

LIBERTÉ ÉQUALITÉ FRATERNITÉ
PRÉFECTURE D'ÎLE-DE-FRANCE

Préfecture d'Ile-de-France



Conseil Régional d'Ile-de-France

UNICEM
CARRIÈRES ET MATÉRIAUX
Ile-de-France

Union Régionale des Industries
de Carrières et Matériaux de Construction d'Ile-de-France



Syndicat Professionnel Régional
des Industries Routières d'Ile-de-France



Contrat de Plan interrégional du Bassin parisien - Article 10 -
(Schéma interrégional des matériaux de construction)



Syndicat intercommunal de traitement
des ordures ménagères de l'agglomération parisienne

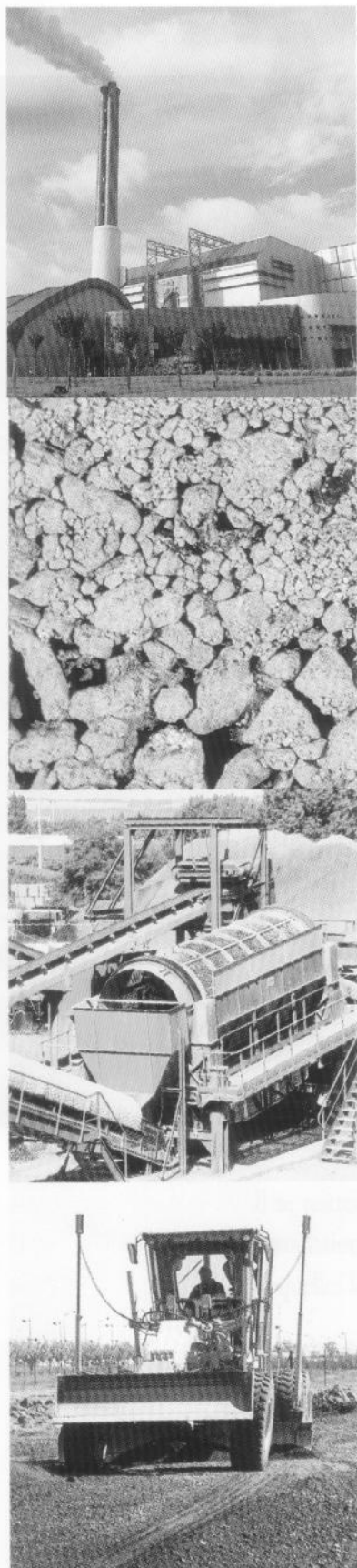


Syndicat national du traitement
et de la valorisation des déchets urbains et assimilés

Ce guide a été réalisé par Charles Cimpelli, Michel Kergoet (LREP)
et Maurice Lefort (LROP) avec le concours d'experts :

P. Adam (CREED), V. Basuyau (YPREMA), A. Bauduin (SCREG Ile-de-France),
D. Brochard (DREIF), C. Coughanowr (CREED), Ch. Delajudie (SYCTOM),
B. Faure (SACER), D. François (LCPC), P. Guiraud (Ciments Lafarge),
I. Loubatières (EUROVIA), P. Oger (EJI), A. Perrier-Rosset (TIRU), O. Troesch (NOVERGIE).

SOMMAIRE



1 - INTRODUCTION	5
2 - LES MÂCHEFERS EN ILE-DE-FRANCE	7
2.1 - Lieux de production	7
2.2 - Procédés d'incinération	7
2.3 - Caractérisation environnementale des mâchefers	9
3 - INSTALLATION DE MATURATION ET D'ÉLABORATION DES MÂCHEFERS	10
3.1 - Définition des Installations de maturation et d'élaboration (IME) ..	10
3.2 - Réception et suivi	10
3.3 - Élaboration des Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM)	10
3.4 - Traitements complémentaires	11
4 - CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE DES MÂCHEFERS	12
4.1 - Classification pour emploi en terrassements : remblais et couches de forme	12
4.2 - Classification pour emploi en assises de chaussées	16
5 - UTILISATIONS POSSIBLES ET CONDITIONS D'EMPLOI	17
5.1 - Utilisations en remblais	17
5.2 - Utilisations en couches de forme	22
5.3 - Utilisations en assises de chaussées	25
5.4 - Évolution de la technique	26
6 - MAITRISE DE LA QUALITÉ	27
6.1 - Qualité en Usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) ..	27
6.2 - Gestion de la qualité en IME et caractérisation des MIOM	28
6.3 - Gestion de la qualité sur le chantier routier	29
7 - EXEMPLES D'EMPLOI EN ILE-DE-FRANCE	31
8 - ANNEXES	34
8.1 - Usines d'incinération d'ordures ménagères et installations de maturation et d'élaboration des mâchefers	34
8.2 - Références des textes à caractère normatif ou réglementaire	36
8.3 - Circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains ..	37

GLOSSAIRE	44
------------------------	-----------

1 - INTRODUCTION

2 - LES MÂCHEFERS

EN ÎLE-DE-FRANCE

A l'heure où la protection de l'environnement est un souci majeur de l'opinion publique, le devenir des déchets engendrés par notre société et celui des ordures ménagères en particulier est une préoccupation permanente.

Il existe à ce jour en Ile-de-France vingt trois usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) qui incinèrent chaque année 3,3 millions de tonnes de déchets ménagers ou assimilés (source ADEME : enquête ITOMA 97). Les mâchefers constituent le principal résidu solide de l'incinération. En 1995, leur production a atteint 730 000 tonnes. Celle-ci devrait se stabiliser à près d'un million de tonnes avec l'achèvement des projets en cours.

La maîtrise de la production des déchets à la source, ainsi que le développement des filières de tri et de recyclage, conformément à la circulaire du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement du 28 avril 1998, sont de nature à limiter la croissance du processus d'incinération des déchets ménagers. En attendant que les progrès attendus dans ce domaine atteignent une dimension significative, il est impératif de se préoccuper de la valorisation des mâchefers, tout particulièrement en Ile-de-France du fait du caractère fortement urbanisé de cette région.

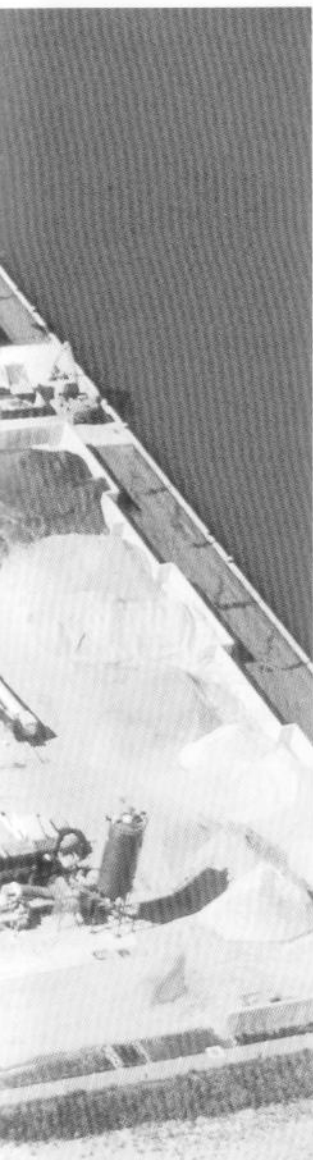
Les Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) sont les scories ou résidus solides de la combustion des déchets, restant en sortie basse du four. Les Résidus de l'épuration des fumées de l'incinération des ordures ménagères (REFIOM), compte tenu de leur caractère polluant, ne sont pas mélangés aux mâchefers. Ils sont évacués en centre d'enfouissement technique de classe 1, conformément à la réglementation.

Le présent guide porte exclusivement sur les mâchefers produits par des incinérateurs «traditionnels» reposant en particulier sur la combustion en fours à grilles, à rouleaux ou oscillants, dont les caractéristiques sont bien connues et maîtrisées, à l'exclusion de tout autre déchet (déchets hospitaliers, déchets radioactifs...), conformément à l'annexe VI de la circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains. Les techniques nouvelles d'incinération comme les lits fluidisés ou la thermolyse conduisent à la production de mâchefers de caractéristiques très différentes, qui ne sont pas concernés par ce guide.

Il se restreint de plus aux installations ne recevant que des déchets ménagers et assimilés qui sont des Installations classées pour la protection de l'environnement. Ce sont, en effet, les seules installations pour lesquelles les conditions de valorisation des mâchefers font l'objet d'une réglementation spécifique.

Il a pour objectif d'aider les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et les entreprises à tirer le meilleur parti possible de ces matériaux en constructions routières sans pour autant faire de concession à la qualité des ouvrages.

Il veut enfin contribuer à la valorisation des mâchefers pour qu'ils deviennent, au même titre que les autres matériaux régionaux, une véritable alternative technique et économique dans le cadre d'une politique de gestion économe et rationnelle des matériaux d'Ile-de-France.



2 - LES MÂCHEFERS EN ILE-DE-FRANCE

2.1 - LIEUX DE PRODUCTION

La liste des installations actuelles ou en cours de construction figure en annexe 8.1 avec indication, pour chacune, de sa capacité d'incinération et du tonnage de mâchefers produits. Une carte permet de visualiser leur implantation.

Ces installations, de taille moyenne ou grosse, fonctionnent en continu. La stabilité et la maîtrise des conditions d'incinération conduisent à la production de mâchefers dont les caractéristiques physico-chimiques sont relativement stables, avec un taux d'imbrûlés faible. La caractérisation de ces mâchefers est effectuée périodiquement.

2.2 - PROCÉDÉS D'INCINÉRATION

2.21 - Deux types d'équipements

On distingue différents types de fours : les plus courants en Ile-de-France sont les fours à grilles qui équipent la majorité des installations ; quelques unes ont des fours à rouleaux. Ces deux technologies conduisent de façon générale à des mâchefers aux caractéristiques physico-chimiques et géotechniques comparables.

2.22 - Maîtrise du procédé d'incinération

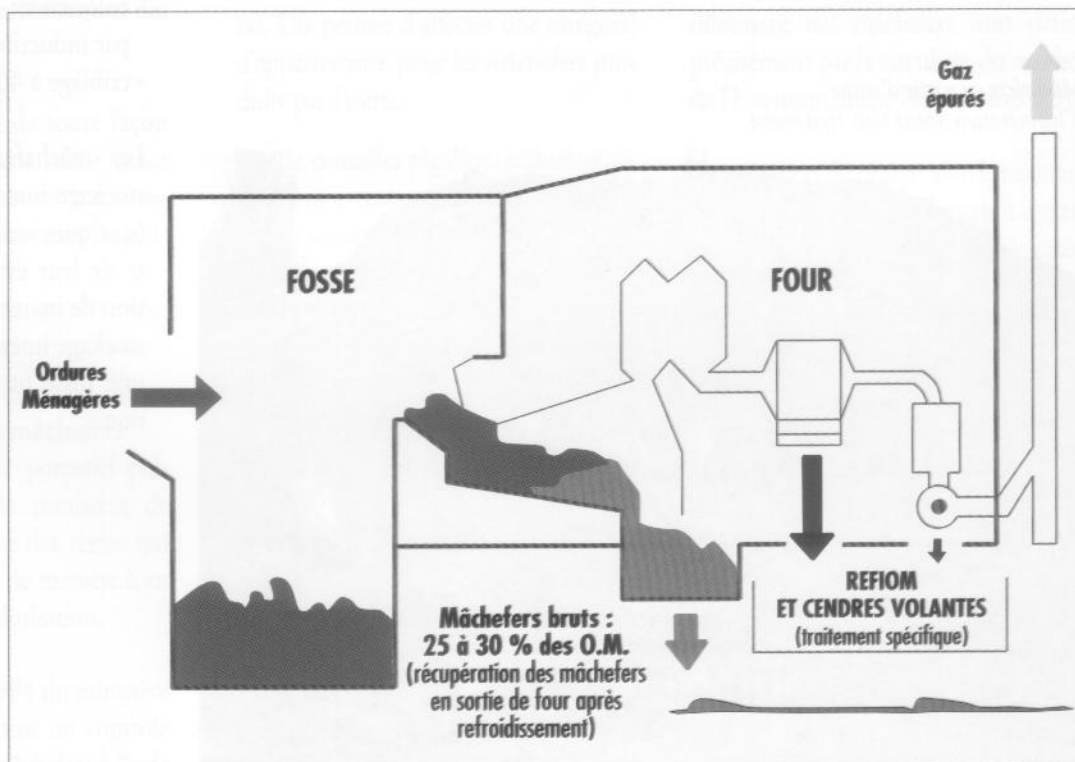
Une installation d'incinération a pour objectif principal de bien traiter les déchets ménagers et assimilés, mais aussi de produire de l'énergie et des mâchefers potentiellement valorisables.

Ceci nécessite des conditions optimales de combustion obtenues par action sur les paramètres suivants :

- homogénéisation des déchets dans la fosse,
- cadence d'introduction et temps de séjour dans le four,
- température de combustion,
- introduction d'air primaire et d'air secondaire pour la combustion des déchets et la postcombustion des gaz.

Les principaux indicateurs des conditions de fonctionnement sont notamment la température et le taux d'oxygène dans les gaz de combustion, le suivi de la production d'énergie, le taux d'imbrûlés dans les mâchefers...

FIGURE 1 :
PRINCIPE DE
FONCTIONNEMENT
D'UNE USINE
D'INCINÉRATION
D'ORDURES
MÉNAGÈRES



2.23 - Résidus solides de l'incinération

On distingue parmi les principaux sous-produits solides de l'incinération :

- les MIOM, Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, résidus solides de la combustion des déchets restant en sortie basse du four, représentent en moyenne 25 à 30 % du tonnage des déchets incinérés et 10 % de leur volume initial. En sortie de four, les mâchefers sont le plus souvent refroidis à l'eau. Ils se caractérisent alors par une teneur en eau de l'ordre de 25 %.
- les REFIOM, Résidus de l'épuration des fumées de l'incinération des ordures ménagères, qui comprennent les cendres volantes recueillies dans les dépoussiéreurs et les résidus de traitement des gaz. Ils représentent en moyenne 2 à 5 % du tonnage des déchets incinérés.

Les REFIOM, compte tenu de leurs caractéristiques polluantes, ne sont pas mélangés aux mâchefers. Ils sont évacués conformément à la réglementation en Centre d'enfouissement technique (CET de classe 1).

2.24 - Préparations primaires éventuelles

Différents types de préparations primaires sont susceptibles d'être mis en place sur le site de l'usine (en fonction notamment de sa configuration, de la nature des déchets qu'elle reçoit ou du devenir de ses mâchefers...) :

- séparation des gros éléments supérieurs à 200 mm (scalpeur à barreaux par exemple),
- déferraillage par dispositif électromagnétique (tambour ou overband).

Plus rarement :

- enlèvement des métaux non ferreux par induction (courant de Foucault),
- criblage à 40 mm.

Les mâchefers subissent souvent un stockage intermédiaire de courte durée (quelques jours) sur le site, dans l'attente de leur évacuation sur une installation de maturation et d'élaboration. Ce stockage intermédiaire est effectué dans une fosse ou sur une aire, abritée ou non.

Mâchefers en sortie d'usine
d'incinération avant tout traitement



2.3 - CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE DES MÂCHEFERS

2.31 - Composition des mâchefers en sortie d'usine

Silice, alumine et calcium représentent la base de la structure minérale des mâchefers.

Les métaux ferreux constituent environ 10 % des mâchefers avant déferrailage, l'eau de l'ordre de 25 %.

La composition des mâchefers est susceptible d'évoluer dans l'avenir :

- avec la mise en œuvre des collectes sélectives, et donc la modification des déchets entrant dans les fours,
- avec la mise en place de techniques nouvelles de traitements thermiques (lits fluidisés, thermolyse...), qui auront un impact beaucoup plus important sur les caractéristiques des résidus solides.

Cette évolution ne sera de toute façon que progressive ; elle sera suivie grâce aux analyses périodiques de composition des mâchefers et aux tests de lixiviation.

2.32 - Classification environnementale des mâchefers

Pour ce qui concerne le potentiel polluant des mâchefers, le ministère de l'Environnement a défini des règles qui permettent de les classer de manière à en fixer les conditions de valorisation.

La circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement impose un contrôle des caractéristiques des mâchefers à l'aide

TABLEAU 1 : CATÉGORIES DES MÂCHEFERS EN FONCTION DE LEUR POTENTIEL POLLUANT SELON LA CIRCULAIRE DU 9 MAI 1994

	MÂCHEFERS «V»	MÂCHEFERS «M»	MÂCHEFERS «S»
Taux d'imbrûlés	< 5 %	< 5 %	> 5 %
Fraction soluble	< 5 %	< 10 %	> 10 %
Hg lixiviable	< 0,2 mg/kg	< 0,4 mg/kg	> 0,4 mg/kg
Pb lixiviable	< 10 mg/kg	< 50 mg/kg	> 50 mg/kg
Cd lixiviable	< 1 mg/kg	< 2 mg/kg	> 2 mg/kg
As lixiviable	< 2 mg/kg	< 4 mg/kg	> 4 mg/kg
Cr ⁶⁺ lixiviable	< 1,5 mg/kg	< 3 mg/kg	> 3 mg/kg
SO ₄ ²⁻ lixiviable	< 10 000 mg/kg	< 15 000 mg/kg	> 15 000 mg/kg
C.O.T. lixiviable	< 1 500 mg/kg	< 2 000 mg/kg	> 2 000 mg/kg

d'un test de lixiviation normalisé (NF X 31-210) et d'une mesure d'imbrûlés :

- lors d'une campagne de caractérisation initiale, sur une période de fonctionnement de référence de six mois en général. Elle permet d'affecter une catégorie d'appartenance pour les mâchefers produits par l'usine.

- lors de contrôles réguliers, réalisés généralement avec une fréquence mensuelle pour s'assurer que les mâchefers restent dans la même catégorie. Il faut souligner que la production mensuelle de mâchefers d'une usine donnée est caractérisée par la moyenne glissante des sept dernières valeurs, associée aux résultats de la dernière analyse.

Le test de lixiviation (défini précisément dans la norme NF X 31-210), utilisé pour caractériser le potentiel polluant des mâchefers, repose sur la mise en contact répétée d'un échantillon représentatif de 100 g de mâchefers prélevés selon la méthode du guide élaboré par le SVDU

(juin 95), avec 1 litre d'eau, dans des conditions normalisées, afin d'évaluer la quantité de polluants solubilisés.

En vue de l'obtention d'un échantillon représentatif, les conditions d'échantillonnage des mâchefers sont définies précisément par la circulaire du ministère de l'Environnement (voir annexe 8.3).

L'application de ce test, avec le résultat de la mesure des imbrûlés, conduit à classer les mâchefers dans l'une des trois catégories suivantes :

- «V» (valorisables directement),
- «M» (intermédiaires, valorisables après maturation),
- «S» (stockables),

en rappelant que le dépassement d'un seul des seuils mentionnés au tableau 1 conduit à un tel classement.

Les définitions précises de ces catégories, avec les critères et les seuils correspondants, figurent dans le tableau 1.

3 - INSTALLATION DE MATURATION ET D'ÉLABORATION DES MÂCHEFERS

3.1 - DÉFINITION DES INSTALLATIONS DE MATURATION ET D'ÉLABORATION

Les mâchefers produits en usines d'incinération de résidus urbains transitent par une Installation de maturation et d'élaboration (IME) permettant leur stockage temporaire et leur préparation avant valorisation en techniques routières.

Les IME sont des installations classées pour la protection de l'environnement, soumises à autorisation préfectorale.

A ce titre, et en application de la circulaire du 9 mai 1994, une telle installation doit être conçue et aménagée pour satisfaire aux dispositions réglementaires de protection de l'environnement, en ce qui concerne les eaux souterraines et superficielles (étanchement de la plate-forme, collecte des eaux de ruissellement...), le bruit, les conditions de stockage (capacité maximale, durée maximale de stockage limitée à un an...).

Installation de maturation et d'élaboration des mâchefers



L'installation de maturation et d'élaboration des MIOM permet d'assurer la continuité nécessaire des évacuations de mâchefers depuis l'usine productrice, le drainage de l'eau excédentaire, la maturation, l'élaboration ainsi que la constitution de quantités disponibles suffisantes pour répondre aux besoins d'un marché saisonnier ainsi que d'assurer que seuls des mâchefers «V» sont utilisés sur les chantiers.

Leurs implantations actuelles sont précisées sur la carte de l'annexe 8.1.

3.2 - RÉCEPTION ET SUIVI

Conformément à la circulaire du 9 mai 1994, les mâchefers entrants sont stockés par lots identifiés par leur origine (usine d'incinération productrice), leur période de production et leur catégorie d'appartenance selon les résultats des analyses de potentiel polluant effectuées en usine, sur des prélèvements réalisés selon les méthodes du guide SVDU (mai 1996). Le plan de gestion des stocks, la consignation des résultats d'analyses, le registre sur lequel figurent les informations relatives à la sortie des mâchefers (identité et coordonnées du client, lieu d'utilisation...) permettent d'effectuer un suivi des MIOM issus des IME.

L'ensemble de ces dispositions est précisé dans l'arrêté d'autorisation d'exploitation de chaque installation de maturation et d'élaboration.

3.3 - ÉLABORATION DES MÂCHEFERS D'INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES

Les mâchefers font l'objet d'une élaboration qui résulte de leur maturation spontanée durant le stockage et d'une préparation physique en installation permettant d'obtenir des caractéristiques géotechniques compatibles avec les exigences d'emploi en techniques routières.

3.31 - Maturation

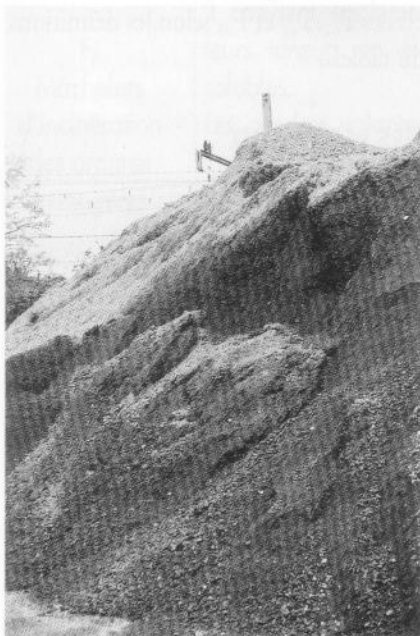
On observe durant le temps de stockage une maturation par oxydation naturelle des mâchefers, carbonatation de la chaux et baisse du pH, qui permet de réduire le potentiel polluant après quelques mois et conduit généralement au classement en catégorie «V» de MIOM initialement classés en catégorie «M». Le classement, après maturation et élaboration, est établi pour chaque lot suivant la procédure prévue dans le Plan d'assurance qualité de l'IME. Les lots non valorisés à l'issue d'une durée de stockage d'un an au maximum doivent être dirigés vers une installation de stockage permanent des déchets ménagers et assimilés dûment autorisée (centre d'enfouissement technique de classe 2). Durant cette période de stockage, les MIOM subissent un égouttage réduisant leur forte humidité initiale.

3.32 - Élaboration

La préparation en installation a pour but de calibrer, épurer, homogénéiser les mâchefers. Elle peut intervenir avant ou après l'opération de maturation. Le calibrage consiste à enlever les gros éléments appelés «monstres». Il est suivi d'un criblage conduisant à un matériau 0/D (D # 30 mm). Les refus de criblage peuvent être concassés et criblés.

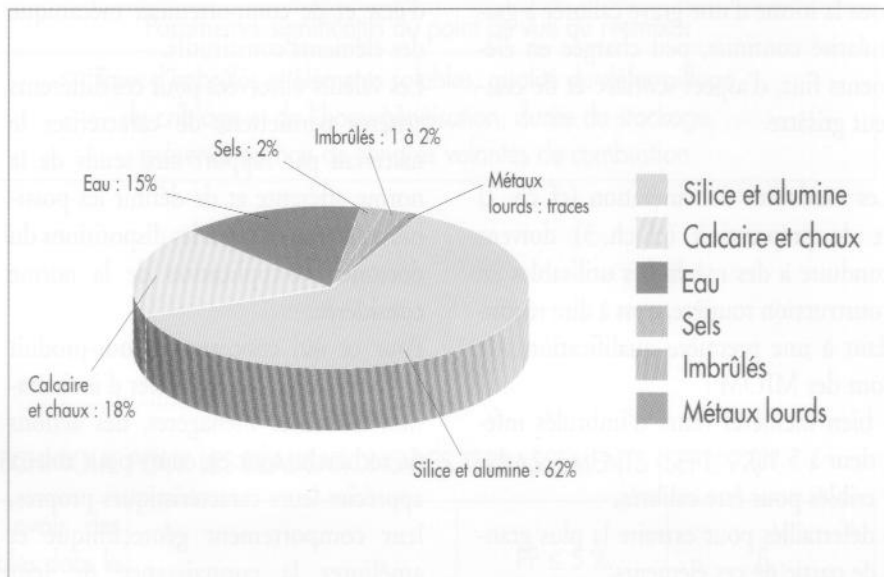
Ces opérations s'accompagnent d'une extraction de la plus grande partie des ferrailles à l'aide de dispositifs électromagnétiques implantés sur l'installation d'élaboration, certaines disposant également de systèmes à courants de Foucault pour récupérer les non ferreux et d'un tri aéraulique des mâchefers véhiculés sur bande transporteuse pour extraire les imbrûlés légers (papiers, plastiques).

Au terme du passage en IME, la composition des mâchefers peut être figurée comme ci-contre.



Mâchefers élaborés après passage en IME

FIGURE 2 : EXEMPLE DE COMPOSITION
DES MÂCHEFERS APRÈS TRAITEMENT EN IME



3.4 - TRAITEMENTS COMPLÉMENTAIRES

En complément de la maturation par stockage, la circulaire citée signale la possibilité de traitements complémentaires des MIOM par incorporation d'un liant hydraulique, afin d'obtenir une stabilisation des mâchefers qui permette de réduire les risques d'entraînement des polluants par les eaux du fait d'une structure solidifiée.

Dans ce cas, l'efficacité du traitement doit être évaluée selon les modalités prévues dans la norme NF X 31-212 (détermination du caractère massif des structures) et NF X 31-211 (test de lixiviation sur déchets solidifiés) (cf. annexe 8.2).

Actuellement, on constate en IME que les traitements complémentaires sont appliqués également à des mâchefers classés «V» à la production ou devenus «V» après maturation.

*Silice, alumine et calcium
constituent toujours la base
de la structure minérale.*

Le traitement par ajout d'un liant hydraulique en centrale de malaxage permet en outre d'agir sur la teneur en eau pour une meilleure maîtrise (ajout ou réduction par apport de matière sèche constituée par le liant) et le cas échéant sur la granularité des MIOM du fait de l'incorporation d'éléments fins.

4 - CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE DES MÂCHEFERS

Les mâchefers élaborés se présentent sous la forme d'une grave calibrée à granularité continue, peu chargée en éléments fins, d'aspect scoriacé et de couleur grisâtre.

Les modalités d'incinération (cf. ch. 2) et de préparation (cf. ch. 3) doivent conduire à des mâchefers utilisables en construction routière, c'est à dire répondant à une première qualification. Ce sont des MIOM :

- bien incinérés (taux d'imbrûlés inférieur à 5 %),
- criblés pour être calibrés,
- déferrailés pour extraire la plus grande partie de ces éléments,
- valorisables au sens de la circulaire, soit appartenant à la catégorie «V»,
- stockés pour essorage et pour permettre de réduire le potentiel polluant des mâchefers classés initialement «M» et reconnus «V» après maturation en stock pendant quelques mois.

D'une manière générale, les possibilités et les conditions d'emploi des matériaux utilisables en construction routière sont

établies sur la base de critères de nature, d'état et de comportement mécanique des éléments constitutifs.

Les valeurs observées pour ces différents critères permettent de caractériser le matériau par rapport aux seuils de la norme afférente et de définir les possibilités d'emploi selon les dispositions du document d'application de la norme considérée.

Pour ce qui concerne le sous-produit industriel qu'est le mâchefer d'incinération d'ordures ménagères, des actions de recherche sont en cours pour mieux apprécier leurs caractéristiques propres, leur comportement géotechnique et améliorer la connaissance de leur impact sur le milieu environnemental.

En l'état actuel des investigations et pour ce qui concerne la caractérisation géotechnique, c'est sur la base des critères habituels d'identification de la nature des matériaux (granularité, propreté ou argilosité), de l'état (teneur en eau et indice portant immédiat) et de résistances mécaniques (à la fragmentation et à l'usure) que sont décrits les mâchefers régionaux.

Les valeurs de ces caractéristiques observées localement sont données, à titre indicatif, dans le tableau 2.

4.1 - CLASSIFICATION POUR UN EMPLOI EN TERRASSEMENTS : REMBLAIS ET COUCHES DE FORME

La classification fait référence à la norme NF P 11-300 «*Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme*» qui range les mâchefers dans la famille F intégrant un ensemble de sous produits industriels résultant de l'activité humaine d'origine diverse et, notamment, l'incinération des déchets ménagers qui constituent la sous famille F₆.

Ce classement renvoie au Guide technique pour la réalisation des terrassements (GTR), qui précise cette définition et distingue dans F₆, trois sous-classes F₆₁, F₆₂ et F₆₃ selon les définitions du tableau 4.

TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES MÂCHEFERS RÉGIONAUX

Granularité : 0/20 - 0/31,5 Teneur en fines : 5 % ≤ Passant à 0,08 mm ≤ 12 % Passant à 2 mm : 20 % ≤ Passant à 2 mm ≤ 45 % Propreté : 30 ≤ ES ≤ 55 ; 0,01 ≤ VBS ≤ 0,04 Résistances mécaniques : 35 ≤ LA ≤ 50 ; 15 ≤ MDE ≤ 45 Teneur en eau : 8 % ≤ W ≤ 25 %	
Proctor normal (optimum) : Teneur en eau : 14 % ≤ W ≤ 18 % Masse volumique apparente sèche : 1,6 ≤ pd ≤ 1,8 Indice portant immédiat à l'OPN : 30 ≤ IPI ≤ 60	Proctor modifié (optimum) : Teneur en eau : 12,5 % ≤ W ≤ 15 % Masse volumique apparente sèche : 1,75 ≤ pd ≤ 1,87

TABLEAU 3 : EXTRAIT DE LA NORME NFP 11-300

Famille	Paramètres significatifs du point de vue du réemploi
F ₆ Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	Taux d'imbrûlés et éléments solubles, qualité du déferailage, du criblage et de l'homogénéisation, durée du stockage, présence ou non de cendres volantes de combustion.

TABLEAU 4 : EXTRAIT DU GUIDE TECHNIQUE POUR LES RÉALISATIONS DES TERRASSEMENTS (SEPT. 92)

F ₆ Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	Ces matériaux peuvent avoir des compositions assez variables dans le temps et suivant la technologie des usines de fabrication. En particulier, leur teneur en matières putrescibles peut varier de 2 à 25 % suivant le degré d'incinération, et leur teneur en éléments métalliques de 5 à 25 % suivant que le matériau a subi ou non, un traitement de démétallisation (triage magnétique, le plus souvent). Il convient également de connaître leurs teneurs en éléments toxiques solubles. Les cendres volantes, provenant du traitement des fumées de combustion ne doivent en aucun cas être mélangées aux mâchefers, sous peine de supprimer toute possibilité de les réutiliser en technique routière (risques élevés de pollution). Après stockage de plusieurs mois, il se développe une prise qui leur confère un comportement de matériau rocheux tendre (R₄₃). D'une manière générale, il convient d'éviter l'utilisation de ces matériaux au contact des ouvrages d'art et dans les zones inondables.	Les paramètres déterminants pour ces matériaux sont : * le degré d'incinération mesuré par la perte au feu à 500°C (PF), * le fait qu'ils aient subi ou non une élaboration (déferailage, criblage, homogénéisation) et un stockage de plusieurs mois, * leurs teneurs en éléments toxiques solubles.	PF ≤ 5 % Teneurs en éléments toxiques solubles inférieures aux valeurs maximales autorisées par la réglementation en vigueur.	F ₆₁ Mâchefers bien incinérés, criblés, déferailés, peu chargés en éléments toxiques solubles et stockés durant plusieurs mois.
			F ₆₂ idem F ₆₁ , mais de fraîche production.	F ₆₂ idem F ₆₁ , mais de fraîche production.
			PF > 5 % Teneurs en éléments toxiques solubles supérieures aux valeurs maximales autorisées par la réglementation en vigueur.	F ₆₃ Mâchefers mal incinérés ou n'ayant subi aucune élaboration ou fortement chargés en éléments toxiques solubles.

4 - CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE DES MÂCHEFERS

La description des mâchefers destinés aux usages en terrassements donnée au début de ce chapitre exclut l'appartenance à la sous-classe F₆₃.

La définition des sous-classes F₆₁ et F₆₂ (tableau 4) ne fait pas référence aux caractéristiques décrites au tableau 2 et ce, en raison de l'insuffisance des connaissances sur la nature et le comportement des MIOM lors de l'élaboration de ce document paru en 1992.

Cependant, depuis cette date, des investigations ont été réalisées sous l'impulsion des différents partenaires que sont les maîtrises d'ouvrage et d'œuvre (Conseils généraux, DDE), les producteurs, les entreprises routières dont l'action avec le concours des Laboratoires des Ponts et Chaussées de la Région Parisienne a permis de franchir une première étape dans la connaissance du comportement des mâchefers à la mise en œuvre et sur ouvrages, résultats conduisant à dépasser la recommandation du GTR pour qualifier les MIOM.

L'expérience acquise a montré que la qualification des mâchefers telle qu'envisagée dans le GTR par assimilation à un matériau naturel de comportement connu et ce, sur la base des critères de classement de celui-ci, conduisait à une classification dans la classe des matériaux insensibles à l'eau ce qui ne correspond pas aux observations sur le comportement des MIOM à la mise en œuvre.

En effet, il a été constaté sur des mâchefers humides une chute de portance en cours de compactage qui se traduit par un effet de «matelassage» de la couche. Ce comportement ne peut être le fait de l'argilosité des fines comme dans le cas des sols argileux humides, puisque les fines des MIOM sont peu importantes et non argileuses. Cette susceptibilité à l'eau s'explique par une mise en saturation rapide de ce matériau lorsqu'il se trouve à l'état humide. À titre d'exemple, pour une teneur en eau $W = 19\%$, une Masse volumique apparente

de 1,70 (MVA à l'optimum $pd_{PN} = 1,73$) et une Masse volumique réelle de 2,53, le degré de saturation S_r est égal à 98 %. Dans cet état tout à fait possible sur chantier, le MIOM présente une trop faible perméabilité à l'air entraînant une élévation de la pression interstitielle avec apparition du «matelassage», phénomène qui disparaît après dissipation rapide de la pression interstitielle dans le cas de ce matériau, ce qui n'est pas réalisé avec les sols argileux.

Le guide régional prend en compte cette expérience sur le comportement des mâchefers en préconisant :

- un classement géotechnique,
- une définition des possibilités et conditions d'emploi (chapitre 5) spécifiques aux MIOM, c'est à dire sans assimilation à un matériau naturel de comportement connu.

Le classement spécifique des sous-classes F₆₁ et F₆₂ est effectué selon les critères retenus pour les autres matériaux décrits au GTR, à savoir :

- le calibre (D_{max}) ;
- les proportions de sable et de fines (passant à 2 mm et à 0,08 mm) ;
- la propreté des fines (VBS et ES) ;
- les états hydriques (W ; IPI) ;
- les résistances mécaniques (LA et MDE) ;

renseignés d'après les valeurs observées régionalement (cf. tableau 2), complétés par l'appartenance à la catégorie «V» ou devenus «V» après maturation des MIOM intermédiaires «M» concernant leur potentiel polluant.

Ces dispositions figurent dans le tableau 5.



Contrôle de performance à la dynaplaque
sur mâchefers utilisés en techniques routières

UTILISATIONS POSSIBLES ET CONDITIONS D'EMPLOI DES MIOM EN TERRASSEMENTS ET CHAUSSÉES

La catégorie F_{62} n'est mentionnée que par souci d'homogénéité avec le tableau 4 du classement figurant au GTR étant donné que cette sous-classe n'est pas utilisable en l'état puisque de fraîche production, c'est à dire très humide de par l'extinction en usine, et nécessite, de ce fait, un stockage pour un essorage préalable à tout emploi. Ce

stockage de quelques mois permet également une réduction de potentiel polluant par oxydation et peut conduire au classement en catégorie «V» d'un mâchefer initialement «M» ainsi qu'indiqué précédemment.

La catégorie F_{63} du GTR n'est pas mentionnée dans ce tableau du fait de son inaptitude au réemploi.

Enfin, si l'identification de MIOM valorisables au sens de la circulaire citée conduit à observer des caractéristiques géotechniques en dehors des seuils fixés au tableau 5, de tels mâchefers ne peuvent être utilisés dans les conditions définies au chapitre 5 et doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

TABLEAU 5 : CLASSEMENT DES MÂCHEFERS POUR UNE UTILISATION EN TERRASSEMENTS

Famille selon la norme NF P 11-300	Classement selon le GTR	Caractérisation selon		Classement selon circulaire 9 mai 94	Sous classe	Description
		la nature	l'état hydrique			
F ₆ MÂCHEFERS D'INCINÉRATION D'ORDURES MÉNAGÈRES	F ₆₁	- Dmax < 50mm	IPI < 10 (W > 1,3 W _{OPN})	↑ CATÉGORIE V OU RENDU V APRÈS MATURATION DANS LE CAS DE CLASSEMENT INITIAL M ↓	F ₆₁ th	Il s'agit de mâchefers : - bien incinérés, - criblés, - déferrailés - valorisables au sens de la circulaire du 9 mai 1994, - stockés plusieurs mois avec limitation à un an
			1,2 W _{OPN} ≤ W < 1,3 W _{OPN} (10 ≤ IPI ≤ 20)		F ₆₁ h	
		- Passant à 2 mm < 50 %				
		- Passant à 0,08 mm ≤ 12 %	0,8 W _{OPN} ≤ W < 1,2 W _{OPN} (IPI > 20)		F ₆₁ m	
		- VBS < 0,2 - ES > 30	0,6 W _{OPN} ≤ W < 0,8 W _{OPN}		F ₆₁ s	
		- LA ≤ 45* - MDE ≤ 45*	W < 0,6 W _{OPN}		F ₆₁ ts	
	F ₆₂		IPI < 10 (W > 1,3 W _{OPN})		F ₆₂ th	Même description que F ₆₁ , mais de fraîche production (pour mémoire)

NOTA 1 : LA* et MDE* : les seuils fixés ne concernent que les MIOM utilisés en couche de forme non traitée.

NOTA 2 : Pour définir l'état hydrique, les paramètres inscrits en gras sont ceux dont le choix est à privilégier.



Utilisation de MIOM
en couche de forme

4.2 - CLASSIFICATION POUR UN EMPLOI EN ASSISES DE CHAUSSÉES

L'utilisation des MIOM en assises de chaussées et assimilées (incluant les voiries industrielles) implique la référence de qualification selon la norme XP P 18-540 concernant les granulats.

Or de tels matériaux n'entrent pas dans le champ des définitions des granulats tel que défini dans cette norme (paragraphe 3.1) puisqu'il ne s'agit pas de granulats de recyclage ou artificiels au sens de la norme.

En l'absence d'une norme «produit» particulière aux MIOM et en l'état actuel des connaissances, le guide régional préconise le rattachement à la classification de la norme XP P 18-540 fondée sur les caractéristiques de «fabrication» (granularité, propreté, angularité...) et des caractéristiques intrinsèques (résistances mécaniques à la fragmentation et à l'usure) des grains constitutifs.



Utilisation de MIOM
en assise de chaussée

Les valeurs observées régionalement pour ces caractéristiques (cf. tableau) conduisent à qualifier les mâchefers, en tant que granulats, comme des graviers 0/D telles que définies dans la norme XP P 18-540 (article 7) :

- calibrées généralement à 20 ou 31,5 mm,
- propres,
- généralement de classe a,
- de catégorie E (de résistances mécaniques : LA et MDE ≤ 45 et LA - MDE ≤ 80) le plus fréquemment, et parfois au delà ;

présentant un frottement interne élevé du fait d'une morphologie de type scoria à texture granuleuse avec débris de verre et éléments métalliques anguleux.

En tant que produit et par référence à la norme NF P 98-129, les mâchefers sont assimilables à une grave de type A (GNT A) :

- non traitée,
- non recomposée,
- conforme à un fuseau de spécifications.

5 - UTILISATIONS POSSIBLES ET CONDITIONS D'EMPLOI DES MIOM EN TERRASSEMENTS ET CHAUSSEES

L'utilisation des MIOM en remblais, couches de forme et assises de chaussées, nécessite une double approche géotechnique et environnementale qui est développée et précisée dans chacun des paragraphes suivants.



Utilisation de MIOM en remblais :
ouvrage d'art sur RN 12

5.1 - UTILISATION EN REMBLAIS

5.11 - Référentiel technique et réglementaire

Actuellement, seul le *Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme* (GTR 1992) complété par des dispositions figurant dans la note d'information SETRA (août 1997), définit les conditions d'emploi des mâchefers.

Les connaissances sur le comportement des mâchefers à la mise en œuvre et dans les ouvrages de terrassement étaient peu développées à l'époque de la rédaction du GTR. C'est pourquoi les auteurs avaient conseillé d'adopter les conditions d'utilisation applicables à la classe de sols ou de matériaux rocheux à laquelle ils pouvaient être assimilés.

Depuis la parution de ce document, les études et la réalisation de chantiers ont permis de mieux connaître le comportement des mâchefers et de définir des règles d'emploi en remblais qui sont détaillées dans la suite de ce chapitre.

La circulaire du ministère de l'Environnement du 9 mai 1994, et ses annexes, définissent les conditions environnementales d'emploi des mâchefers.

5.12 - Conditions d'utilisation en remblais

5.121. Conditions générales d'emploi

Seuls les mâchefers F₆₁ sont utilisables pour la réalisation de remblais généraux routiers auxquels peuvent être assimilés les remblais de tranchées d'assainissement dans les conditions particulières d'emploi traitées au paragraphe 5.123. Les conditions générales d'emploi en remblais sont détaillées dans le tableau 6.

Il est rappelé que l'emploi de mâchefer est proscrit en remblais pour plateforme de bâtiment.

Cette grille d'emploi en remblais est présentée sous une forme similaire à celles qui figurent dans le GTR.

Elle reprend donc des symboles ou notions dont nous redonnons ici la signification indispensable à la compréhension.

• Situation météorologique

Il s'agit de la situation météorologique constatée durant l'approvisionnement et la mise en remblais du mâchefer.

Celle-ci est codifiée par des symboles ++, +, = et -, qui expriment le sens dans lequel a tendance à varier la teneur en eau.

• Conditions d'utilisation

a) Action sur la teneur en eau

Il s'agit des différentes techniques proposées pour agir sur la teneur en eau du mâchefer approvisionné. On distingue :

- l'aération du mâchefer, solution qui a été retenue pour les mâchefers humides lorsque les conditions météorologiques sont évaporantes (-) ;
- l'arrosage simple durant la mise en œuvre. Cette opération qui ne nécessite pas l'apport de grandes quantités d'eau n'a pour objectif que de maintenir l'état hydrique du mâchefer lorsque les conditions météorologiques sont évaporantes (-) ;
- l'humidification du mâchefer dans la masse. Cette opération qui vise à changer l'état hydrique du mâchefer exige de grandes quantités d'eau, le recours à un brassage ou un malaxage

Les prescriptions de compactage porteront donc comme le préconise le GTR sur l'adéquation matériau - matériel et sur les paramètres définissant les modalités du compactage (paramètre Q/S, épaisseur compactée, vitesse de translation).

• Tableau de compactage

Compte tenu des connaissances sur le compactage des MIOM, on adoptera les règles figurant dans le tableau 7. Les valeurs de Q/S, e et V fixées dans ce tableau peuvent être retenues comme clauses contractuelles dans les marchés.

TABLEAU 7 : TABLEAU DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MÂCHEFERS EN REMBLAIS

Compacteur Modalités		à pneus			vibrants à cylindres lisses								VP1	SP1	Plaques vibrantes	
		P1	P2	P3	V1	V2	V3		V4		V5		à VP5	et SP2	PQ3	PQ4
Énergie de compactage faible	Q/S	0.090	0.130	0.200	0.060	0.095	0.145		0.195		0.235				0.065	0.100
	e	0.30	0.45	0.60	0.30	0.40	0.30	0.60	0.40	0.80	0.45	0.95	0	0	0.20	0.30
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5			1.0	1.0
	N	4	4	3	5	5	3	5	3	5	2	4			3	3
	Q/L	450	650	1000	120	240	725	365	975	490	1 175	590			65	100
Énergie de compactage moyenne	Q/S	0.050	0.080	0.120	0.030	0.050	0.075		0.100		0.120					0.050
	e	0.25	0.35	0.45	0.20	0.30	0.30	0.45	0.30	0.60	0.30	0.75	0	0		0.20
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.0				1.0
	N	5	5	4	7	6	4	6	3	6	3	7				4
	Q/L	250	400	600	60	100	225	150	400	200	600	240				50
Énergie de compactage intense	Q/S		0.040	0.060		0.030	0.040		0.055		0.065					
	e		0.20	0.30		0.20		0.30	0.35	0.40	0.30	0.50				
	V	0	5.0	5.0	0	2.0		2.0	2.5	2.0	3.5	2.0	0	0	0	0
	N		5	5		7		8	7	8	5	8				
	Q/L		200	300		60		80	140	110	230	130				

Q/S	(m)
e	(m)
V	(km/h)
N	-
Q/L	(m³/h.m)

VP 1 à VP 5 : compacteurs vibrants à pieds dameurs

SP 1 et SP 2 : compacteurs statiques à pieds dameurs

0 compacteur ne convenant pas

5.123 - Conditions particulières d'emploi liées à la protection de l'environnement

Le tableau ci-dessous se propose d'expliciter les conditions réglementaires d'emploi à l'intention des utilisateurs de mâchefers sur chantier.

RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ENVIRONNEMENTALES

COMMENTAIRES, RECOMMANDATIONS

1 L'emploi des mâchefers à faible fraction lixiviable est possible en remblai compacté d'au plus 3 mètres de hauteur, sans aucun dispositif d'infiltration et à condition qu'il y ait en surface : * une structure routière ou de parking ; - ou * un recouvrement végétal sur un substrat d'au moins 0,5 mètres.	Pour limiter l'infiltration des eaux dans le remblai, il est recommandé de réaliser l'assainissement des TPC avec des ouvrages revêtus et d'assurer au niveau des accotements une évacuation correcte des eaux pluviales (accotements revêtus ou dérasés avec une pente transversale d'environ 4 %). Les talus de remblai seront rapidement protégés par mise en place de terre végétale et engazonnement. Une pente de talus de 3/2 ($h = 3$; $v = 2$) peut être envisagée.
2 La mise en place de ces mâchefers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines.	
3 L'utilisation de ces mâchefers doit se faire en dehors des zones inondables et des périmètres de protection rapprochés des captages d'alimentation en eau potable ainsi qu'à une distance minimale de 30 m de tout cours d'eau.	
4 Il conviendra de veiller à la mise en œuvre de tels matériaux à une distance suffisante du niveau des plus hautes eaux connues.	Une distance minimale de 50 cm entre la base du mâchefer et le niveau des plus hautes eaux connues peut être considérée comme satisfaisante.
5 Afin d'éviter le dispersement de ces matériaux, on privilégiera leur emploi dans des chantiers importants.	La traçabilité est d'autant mieux assurée que le chantier est important.
6 La procédure de chantier devra permettre de réduire autant que faire se peut l'exposition prolongée de ces matériaux aux intempéries.	Pour limiter cette exposition, les modalités d'approvisionnement du chantier devront être prévues, en accord avec le maître d'œuvre, pour éviter tout stockage intermédiaire. Par ailleurs, on adoptera des dispositions efficaces de protection vis-à-vis des intempéries en cas d'arrêt prolongé des travaux.
7 La mise en œuvre devra se faire avec compactage selon les procédures réglementaires ou normalisées et les bonnes pratiques dans ce domaine.	
8 Les mâchefers ne doivent pas servir pour le remblaiement de tranchées comportant des canalisations métalliques.	Le risque de corrosion des canalisations métalliques cité par la circulaire du ministère de l'Environnement pourrait également exister si les mâchefers étaient en contact avec d'autres ouvrages métalliques. Pour se prémunir de ces risques, l'emploi de mâchefers en remblais contigus aux ouvrages métalliques ou en béton armé nécessitera l'interposition de dispositifs ou matériaux pour assurer la protection des ouvrages. L'ancrage des supports métalliques de glissières de sécurité nécessitera de prendre des dispositions constructives pour éviter un contact direct avec les mâchefers. L'emploi de mâchefers pour réaliser des remblais en terre armée est déconseillé.
9 Les mâchefers ne doivent pas servir pour la réalisation de systèmes drainants.	Les dispositifs de drainage doivent être conçus de manière à éviter tout risque de venue d'eau accidentelle dans les remblais en mâchefers.

5.2 - UTILISATIONS EN COUCHES DE FORME

5.21 - Référentiel technique et réglementaire

Il se situe dans deux documents :

- le *Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme* (GTR 1992) ;
- le *Guide technique conception et dimensionnement des structures de chaussée* (décembre 1994).

Ce dernier document complète le GTR en précisant les hypothèses, modèles et données nécessaires à la description des sols supports et des couches de forme pour le dimensionnement des structures de chaussées.

La circulaire du ministère de l'Environnement du 9 mai 1994 et ses annexes définissent les conditions environnementales d'emploi des mâchefers.



Mesure de densité de MIOM compactés par gammadensimètre

5.22 - MIOM non traités en couches de forme

5.221 - Conditions d'emploi

Les conditions particulières d'emploi en remblais, décrites au chapitre 5.123 (références 2 à 7), sont applicables pour une utilisation en couches de forme.

On entend par «MIOM non traités», le matériau défini comme F_{61} dans le chapitre précédent et qualifié V à la suite d'un stockage prolongé et élaboration dans une IME. Sont considérés également comme «MIOM non traités», ceux dans lesquels on a ajouté un liant en faible dosage (de l'ordre du %), de manière à compléter et homogénéiser les effets de la maturation sur le potentiel polluant.

Pour qu'un matériau puisse être utilisé en couches de forme, le GTR précise les critères à satisfaire concernant les caractéristiques suivantes :

- insensibilité à l'eau,
- dimension des plus gros éléments,
- résistance mécanique (LA, MDE) pour la tenue sous trafic,
- éventuellement comportement au gel.

On a vu dans le chapitre précédent que les MIOM ne sont pas totalement insensibles à l'eau. Après une chute de portance liée à des intempéries, on constate généralement que le matériau récupère rapidement ses caractéristiques initiales de portance.

Au niveau du comportement au gel, en l'état actuel des connaissances compte tenu des résultats des essais de gonflement réalisés sur mâchefers et de l'environnement hydrique favorable imposé par les contraintes environnementales,

on pourra considérer les mâchefers non traités comme peu gélifs pour la conception de projets. Un MIOM ne peut être considéré comme non gélif qu'au vu d'une étude particulière le démontrant.

Sous réserve de la prise en compte dans la conduite du chantier de «cette relative sensibilité à l'eau», l'ensemble des caractéristiques géotechniques des MIOM classés F_{61} (LA, MDE, D_{max}) autorise leur emploi en couches de forme quel que soit le niveau de trafic de la chaussée à construire.

5.222 - Dimensionnement

Les chantiers expérimentaux et les recherches en laboratoire en cours permettent de mieux connaître le comportement des MIOM à court terme et l'évolution de leur comportement dans le temps.

On peut souligner les points suivants :

- la rigidité à court terme des plates-formes réalisées en mâchefer est généralement satisfaisante. Pour un matériau dans un bon état de teneur en eau (F_{61m}), les modules statiques ou dynamiques constatés sont supérieurs à 50 MPa pour des couches de forme d'épaisseur moyenne (30 à 50 cm) ;
- on observe généralement une augmentation sensible de la rigidité, mais cette amélioration n'est pas toujours constatée à long terme ;
- une perte de cohésion est parfois observée en laboratoire : il n'est cependant pas certain que cette chute de rigidité intervienne en atmosphère confinée sous une chaussée.

L'absence de données suffisantes quant à un développement assuré d'une rigidification dans le temps des MIOM non traités nous conduit à ne pas tenir compte du phénomène pour le dimensionnement des couches de forme et à adopter les dispositions constructives définies dans le tableau 8 qui a été établi en considérant que le comportement à long terme est identique à celui constaté à court terme.



Utilisation de MIOM en couche de forme :
RD 471 en Seine-et-Marne

TABLEAU 8 : ÉPAISSEUR DE MIOM UTILISÉE EN COUCHES DE FORME

Classification des MIOM non traités utilisables en couche de forme	Conditions d'utilisation	Classe de l'arase (cas de PST)	Épaisseur de MIOM cm ⁽¹⁾	Classe de plate-forme retenue pour le dimensionnement des chaussées ⁽²⁾
F _{61m} ou F _{61s}	Chantier arrêté en cas de pluie forte (++) car cette condition climatique ne garantit pas une qualité suffisante. Humidification nécessaire des F _{61s} en cas de conditions météorologiques évaporantes (= ou -)	AR1 (PST1)	75	PF2 50 ≤ EV₂ < 120 MPa
		AR1 (PST2)	50	
		AR1 (PST3)	40	
		AR2 (PST3)	30	

Nota : Les F_{61ts}, F_{61th} et F_{61h}, sont normalement inutilisables en l'état pour réaliser une couche de forme.

- (1) L'interposition d'un géotextile à l'interface PST/couche de forme permet de réduire l'épaisseur de 10 cm (15 cm dans le cas PST1 AR1).
(2) Certains mâchefers non traités permettent d'atteindre une plate-forme **PF3** (EV2 compris entre 120 et 200 MPa). Cela doit être examiné au cas par cas en se référant aux règles de surclassement des plates-formes définies dans le GTR et ne peut intervenir qu'à partir d'une PST2 ou 3.

5.223 - Compactage

Pour une couche de forme l'objectif de compactage normalement visé est la qualité q3 (densité moyenne $\geq 98,5$ % OPN et densité fond de couche ≥ 96 % OPN).

Comme pour l'emploi en remblais, la valeur de densité est à considérer comme un repère mais ne peut être retenue comme une prescription de compactage. Celle-ci doit porter sur l'adéquation matériau-matériel et sur les paramètres définissant les modalités de compactage tels qu'ils sont fixés dans le tableau 9 (épaisseur de mise en œuvre, Q/S et vitesse de travail du compacteur).

Pour la conduite du chantier de mise en œuvre, il convient de souligner deux points :

- l'importance de la teneur en eau pour une bonne densification du matériau.
- Le mâchefer F_{61} est de difficulté de compactage moyenne (DC2). Le

mâchefer F_{61} est un matériau DC3 (équivalent par exemple à une grave 0/20 entièrement concassée).

- la fragilité du matériau. L'emploi de matériels lourds (V5) ou la multiplication excessive du nombre de passes peut entraîner, pour certains mâchefers, une évolution granulométrique en surface nuisible à la qualité de l'interface. Quand la qualité de l'interface est nécessaire (collage d'une couche bitumineuse), on veillera donc à l'adéquation matériau-matériel pour réaliser le compactage.

5.224 - Protection

Comme toute couche de forme constituée d'un matériau du même type, elle doit être protégée si la première couche d'assise n'est pas rapidement réalisée, de manière à éviter une modification de l'état hydrique du matériau et à le protéger des agressions du trafic de chantier.

Un enduit gravillonné classique répond au besoin.

5.23 - MIOM traités aux liants hydrauliques en couches de forme

Le traitement des MIOM est une orientation prise par certaines entreprises pour rechercher avec l'apport de liant à :

- homogénéiser les caractéristiques du matériau ;
- apporter une sécurité complémentaire vis-à-vis du risque environnemental par lixiviation ;
- obtenir des performances mécaniques significatives qui permettraient un dimensionnement adapté et élargiraient le domaine d'emploi ;
- apporter une sécurité supplémentaire vis-à-vis de la non gélivité du matériau.

Les études concernant le comportement mécanique des mâchefers traités avec un liant hydraulique sont encore en nombre trop limité et présentent des résultats variés. Elles n'ont pas permis d'accéder à une connaissance suffisante des mécanismes physico-chimiques mis en jeu.

En laboratoire, le mode de conservation des éprouvettes semble avoir une forte influence sur le résultat obtenu. En particulier, le contact prolongé avec l'oxygène de l'air peut conduire dans certains cas à une diminution des caractéristiques mécaniques atteintes à un âge donné ou même à une dégradation des éprouvettes. Les mécanismes physico-chimiques étant complexes, différentes hypothèses peuvent être émises parmi lesquelles l'oxydation des particules métalliques encore présentes dans le matériau et/ou la formation de gel d'alumine. Des études complémentaires sont indispensables pour comprendre les phénomènes.

TABLEAU 9 : COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MÂCHEFERS EN COUCHE DE FORME

Compacteur Matériau		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5
F_{61}	Q/S		0.025	0.035		0.020	0.030	0.040	0.050
	e		0.20	0.30		0.20	0.30	0.35	0.40
	0				0				
	V		5.0	5.0		2.0	2.0	2.5	2.0
	N		8	9		10	10	9	10
	Q/L		125	175		40	60	100	80

Q/S	(m)	Les rouleaux vibrants à pieds dameurs (VPi), les compacteurs statiques à pieds dameurs (SPi), les plaques vibrantes (PQi) ne conviennent pas pour le compactage des matériaux F_{61} . 0 matériel inadapté.
e	(m)	
V	(km/h)	
N	-	
Q/L	(m ³ /h.m)	

6 - MAÎTRISE DE LA QUALITÉ

Sur chantier, il est tout à fait possible qu'en atmosphère confinée (la couche de forme est protégée par la structure de chaussée), les phénomènes physico-chimiques se développent plus lentement ou de façon moindre et que les pressions de gonflement induites soient facilement contrariées par la charge et la résistance du corps de chaussée. Ce point important fait l'objet d'études et de constatations précises sur des chantiers expérimentaux.

En l'état actuel des connaissances, le présent document ne peut fixer des règles de dimensionnement prenant en compte les performances mécaniques d'un MIOM traité.

On doit cependant souhaiter leur emploi pour que, grâce à des chantiers innovants suivis avec un programme de constatations précis, on puisse ultérieurement concevoir des projets en tenant compte des caractéristiques mécaniques réelles du matériau élaboré.

En tout état de cause, les MIOM traités pour obtenir les qualités complémentaires soulignées en tête de ce paragraphe peuvent être utilisés dans les mêmes conditions d'épaisseur que les MIOM non traités.

5.3 - UTILISATIONS EN ASSISES DE CHAUSSÉES

5.31 - Référentiel

technique et réglementaire

Envisager l'utilisation des MIOM en assises de chaussée conduit à adopter comme référentiel technique :

- la norme granulats (XP P 18-540),
- la norme grave non traitée (NF P 98-129),
- les différentes normes produits caractérisant les matériaux d'assises et de couches de surface des chaussées.

Entre autres documents, on doit également considérer le projet de guide d'application des normes pour le réseau routier national concernant les assises de chaussées en graves non traitées et matériaux traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques.

La circulaire du ministère de l'Environnement du 9 mai 1994 et ses annexes définissent les conditions environnementales d'emploi des mâchefers.

5.32 - Conditions d'utilisation

Les conditions particulières d'emploi en remblais, décrites dans le chapitre 5.123 (références 2 à 7), sont applicables pour une utilisation en assises de chaussées.

Mâchefers non traités

Par référence à la norme NF P 98-129, les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères non traités sont assimilables à une grave de type A (GNT A). Leurs caractéristiques géotechniques (assimilation à des granulats E et sable a) limitent leur emploi strictement à la couche de fondation de chaussées dont le trafic est inférieur ou égal à T4.

La conception et le dimensionnement des structures doivent être réalisés selon les règles du Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussées. A titre indicatif, le tableau 10 donne quelques exemples de structure.

La réalisation d'une structure avec couche de roulement directement sur le mâchefer est à proscrire. En effet, on a constaté avec ce type de structure l'apparition de «déformations géométriques

TABLEAU 10 : EXEMPLES DE STRUCTURES DU TYPE MIOM + GNT + BB

TRAFFIC / PLATE-FORME	PF1	PF2
T4	BBS : 5 cm GNT 2 : 15 cm MIOM* : 50 cm	BBS : 5 cm GNT 2 : 12 cm MIOM : 30 cm
T5	Enduit superficiel GNT 2 : 15 cm MIOM* : 55 cm	Enduit superficiel GNT 2 : 15 cm MIOM : 30 cm

BBS : Béton bitumineux souple NF P 98-136

GNT 2 : Grave non traitée de catégorie 2 au sens du manuel de conception de chaussées neuves à faible trafic

* : A mettre en œuvre en deux couches



Traitement des MIOM
aux liants hydrauliques
en centrale de malaxage

ponctuelles» provoquées par la formation de gels gonflants (hydrolyse des nodules d'aluminium métal contenus dans les MIOM...). Ce type de dégradation est évité avec une couverture suffisante sur le mâchefer (de l'ordre de 15 cm).

Mâchefers traités

Comme pour les couches de forme, les règles de prise en compte des performances mécaniques des mâchefers traités ne peuvent être fixées dans ce document.

Mise en œuvre

En ce qui concerne le compactage des MIOM en assises de chaussée, on se reportera aux Certificats d'aptitude technique des matériels (CATM) en considérant un objectif de compactage q2 avec une difficulté de compactage DC2.

5.4 - ÉVOLUTION DE LA TECHNIQUE

L'élargissement de l'emploi des mâchefers traités avec la prise en compte de leurs caractéristiques mécaniques est une orientation souhaitée par les différents partenaires socio-économiques.

Les solutions qui se développent concernent des traitements particuliers aux liants hydrauliques, hydrocarbonés ou mixtes et sont du domaine de l'innovation et de l'expérimentation.

Une autre technique est celle de la recomposition en centrale de malaxage qui consiste à incorporer aux MIOM un matériau complémentaire dans le but d'améliorer ses caractéristiques géotechniques, en particulier d'abaisser sa teneur en eau. Dans tous les cas, le mâchefer doit être de classe «V» et les conditions environnementales d'emploi du matériau recomposé sont celles des mâchefers.

Sans définir des règles d'utilisation, on peut donner quelques indications quant à la formulation et à l'examen de variantes pour chantiers expérimentaux. Il s'agit d'une méthodologie conseillée pour la mise au point et la réalisation de chantiers dont l'objectif est de préciser la technique de traitement des MIOM pour que son développement autorise la conception d'ouvrages les utilisant.

Compte tenu des résultats obtenus en laboratoire et de la difficulté d'appréhender le comportement et les caractéristiques des mélanges à long terme, le développement de ces techniques nécessite des chantiers innovants dont il convient d'étudier :

- la connaissance précise des performances mécaniques d'étude du matériau à comparer aux normes des techniques correspondantes ;
- le suivi comportemental de la chaussée réalisée avec prélèvements et performances des matériaux tels qu'ils se trouvent in situ à comparer aux performances d'étude.

L'entrepreneur doit fournir à l'appui de son offre une étude justifiant des performances mécaniques des mâchefers traités. Elle doit être réalisée sur un mâchefer de même origine et de même qualité que celui employé sur le chantier.

Elle doit être conforme à la méthodologie en vigueur. A ce jour, on se réfère à l'étude de niveau 2 du projet de guide technique pour le traitement des sols, si l'usage envisagé est celui d'une couche de forme ou à la norme NF P 98-114.1 si l'usage envisagé est celui d'une couche de fondation.

Au stade de la réalisation, les contrôles de fabrication du mélange et de sa mise en œuvre sont nécessaires à l'interprétation des résultats.

Au niveau du suivi, réalisé dans le cadre d'un programme préétabli, il convient en particulier de déterminer les caractéristiques mécaniques en place par essais sur carottes à un âge représentatif du long terme. Une observation du comportement de la structure au-delà d'un an ne doit pas être exclue.

Les résultats permettront de préciser les domaines d'utilisation ou règles d'emploi des mâchefers traités, en fonction de leur nature, du type de traitement, de la place du matériau dans la structure, de l'ouvrage réalisé et des sollicitations auxquelles il est soumis.

6 - MAÎTRISE DE LA QUALITÉ

La valorisation des mâchefers d'incinération des ordures ménagères ne peut aboutir sans une démarche qualité globale de la collecte des ordures à la fin de l'exécution du chantier routier.



Homogénéisation des déchets avant introduction dans le four



Séparation des éléments les plus légers par tri aéraulique sous la jetée du tapis

6.1 - QUALITÉ EN UIOM

- Contrôle des déchets entrants

La nature des déchets entrants fait l'objet d'un contrôle visuel périodique en vue d'assurer la maîtrise de la composition des mâchefers, afin de vérifier qu'ils ne comprennent que des déchets autorisés dans l'installation.

Sont contrôlés tout particulièrement les déchets industriels banals, pour vérifier qu'ils ne contiennent pas de déchets industriels spéciaux, relevant de filières spécifiques d'élimination.

En cas de dérive constatée, le collecteur de déchets fait l'objet d'un avertissement et de contrôles ultérieurs fréquents, avec vérification du chargement de déchets avant déversement en fosse. Les mâchefers correspondants font alors l'objet d'un contrôle renforcé.

- Homogénéisation des déchets avant introduction dans le four

Les déchets sont mélangés dans la fosse avec le grappin afin de réduire les variations de pouvoir calorifique dans le four et d'assurer une combustion stable (mélange en particulier en cas de déchets végétaux, ou au contraire de plastiques, à pouvoir calorifique élevé...).

- Contrôle de la combustion

L'exploitant de l'UIOM s'assure à tout instant que les conditions de combustion sont bonnes : température, hauteur de couche des déchets sur la grille, temps de séjour dans le four, position et couleur de la flamme, et turbulence des gaz.

Les principaux paramètres de la combustion sont suivis et régulés :

- température des gaz conformément à l'arrêté du 25 janvier 1991,
- introduction d'air,
- présence d'imbrûlés de grande taille en quantité anormale à la sortie du four,
- quantité de vapeur produite en cas de valorisation énergétique.

- Suivi de la qualité des mâchefers en usine

Les mâchefers font l'objet d'une caractérisation périodique, sur la base d'un test de lixiviation et d'une mesure des imbrûlés réalisés conformément au paragraphe 2.32 du présent guide et selon les termes de la circulaire : « Ces analyses pourront être réalisées par un laboratoire associé ou l'exploitant dans le cadre d'une procédure d'auto-surveillance. Toutefois la campagne d'analyses initiale et le suivi périodique ultérieur de la production des mâchefers devront faire l'objet d'un nombre significatif d'analyses réalisées par des organismes tiers compétents. Des conventions de contrôle inopiné portant, tant sur les caractéristiques des mâchefers produits que sur leur destination, pourront par ailleurs être passées avec de tels organismes ».

- Contrôle de la teneur en eau

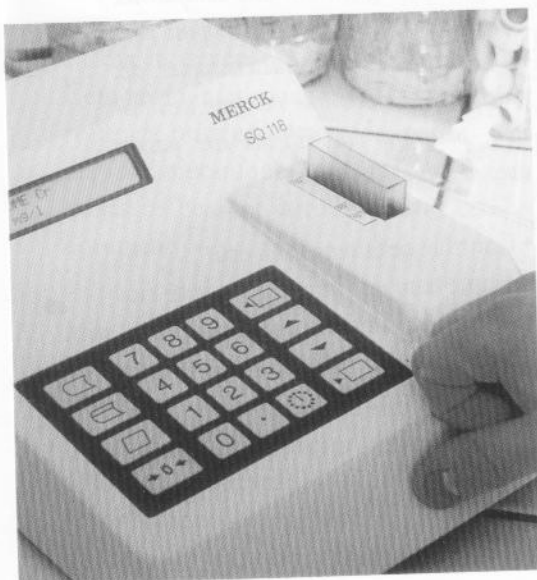
Compte tenu de l'importance de ce facteur dans la valorisation des mâchefers, l'exploitant de l'UIOM veillera à la maîtrise de la teneur en eau.

6.2 - GESTION DE LA QUALITÉ EN IME ET CARACTÉRISATION DES MIOM

L'exploitant de l'IME établit un Plan d'assurance qualité (PAQ) qui définit les procédures mises en place pour assurer la qualité des mâchefers fournis à ses clients.

En rapprochement de la norme applicable aux granulats, l'objectif du PAQ est l'établissement d'une «Fiche produit» caractérisant les mâchefers valorisés et sur laquelle l'exploitant de l'IME s'engage.

- Contrôle des MIOM entrants
Seuls les mâchefers issus de fours d'incinération, ayant fait l'objet d'une caractérisation réglementaire établissant leur appartenance aux catégories «V» ou «M», peuvent être acceptés dans une IME.



Analyse de lixiviat de mâchefer au spectrophotomètre

L'exploitant de l'IME reçoit les mâchefers d'usines d'incinération identifiées et auprès desquelles les approvisionnements ont été contractualisés, garantissant des réceptions planifiées, un suivi qualité couvrant les conditions de collecte et d'incinération des ordures ménagères, ainsi qu'une caractérisation continue des mâchefers issus des fours.

- Gestion de la maturation et des stocks et organisation de la traçabilité
Les mâchefers sont disposés dès leur entrée dans l'IME en lots indépendants distingués par usine et par période de production.

Cette gestion des apports et des reprises de matériaux au cours du processus d'élaboration doit être définie de manière à assurer la traçabilité de l'origine et de la période de production jusqu'aux chantiers utilisateurs.

Un registre consigne les informations relatives à la sortie des mâchefers pour valorisation, avec l'identité et les coordonnées du client et le lieu indiqué de mise en œuvre.

- Caractérisation environnementale des MIOM
Les MIOM valorisés issus d'une IME font l'objet d'une caractérisation environnementale sur la base d'analyses effectuées sur échantillon représentatif des lots individualisés.

Dans tous les cas, après élaboration des mâchefers comprenant ou non un traitement complémentaire, l'exploitant de l'IME doit être en mesure de démontrer la conformité réglementaire des matériaux qu'il distribue (catégorie V).

- Caractérisation géotechnique des MIOM

Le Plan d'assurance qualité de l'IME décrit les conditions d'élaboration et de caractérisation des mâchefers.

Pour cela, il présente les dispositions concernant :

- le processus d'élaboration décrivant les différentes opérations effectuées ;
- l'organisation, la consistance, la fréquence du contrôle intérieur portant sur les essais nécessaires pour :

1. établir et actualiser la partie de la Fiche produit selon les critères de nature de la classification du guide :

- . granularité (Dmax ; passants à 2 mm et 0,08 mm),
- . propreté (VBS),
- . résistance mécanique (LA, MDE),
- . caractéristiques de compactage (Proctor normal, Proctor modifié).

2. caractériser chaque lot de livraison en complétant ces renseignements par la définition des paramètres d'état :

- . teneur en eau (repérée par rapport à l'optimum Proctor),
- . IPI éventuellement.

Le Plan d'assurance qualité précise la fréquence des essais adaptée selon qu'il s'agit de classer le MIOM (partie 1) ou de caractériser son état (partie 2). Dans ce deuxième cas, les essais doivent concerner chaque fourniture (chantier) compte tenu qu'il s'agit d'une donnée nécessaire à la définition des conditions d'emploi.

7 - EXEMPLES D'EMPLOI EN ILE-DE-FRANCE

6.3 - GESTION DE LA QUALITÉ SUR LE CHANTIER ROUTIER

Cette démarche est celle des marchés publics. Les marchés privés pourront s'en inspirer. Elle n'est pas spécifique aux mâchefers.

Elle est décrite dans la circulaire du directeur des Routes du 22 décembre 1992 «*La qualité de la route*» et dans différents documents : *Guide technique pour l'organisation de l'assurance qualité dans les travaux de terrassements*, CCTG fascicule 25 Exécution des corps de chaussées.

Il n'est traité ici que des aspects particuliers liés à l'emploi de mâchefers en décrivant l'organisation de l'assurance qualité aux différentes phases de réalisation des travaux.

- Établissement du Dossier de consultation des entreprises et dévolution du marché

Cette phase est mise à profit par le maître d'œuvre pour définir dans le CCTP la qualité requise des ouvrages réalisés et préciser dans le Règlement de la consultation (RC), les exigences du Schéma organisationnel du plan d'assurance qualité (SOPAQ).

Le Règlement de la consultation doit préciser :

- la géométrie des zones où le MIOM peut être utilisé sur le chantier ;
- les contraintes particulières de mise en œuvre du MIOM et de protection des ouvrages pendant et après exécution.
- les éléments d'information à fournir



Utilisation de MIOM en marché routier public :
parkings de l'École Nationale des Ponts et Chaussées à Marne-la-Vallée

par l'entreprise dans son SOPAQ, à savoir :

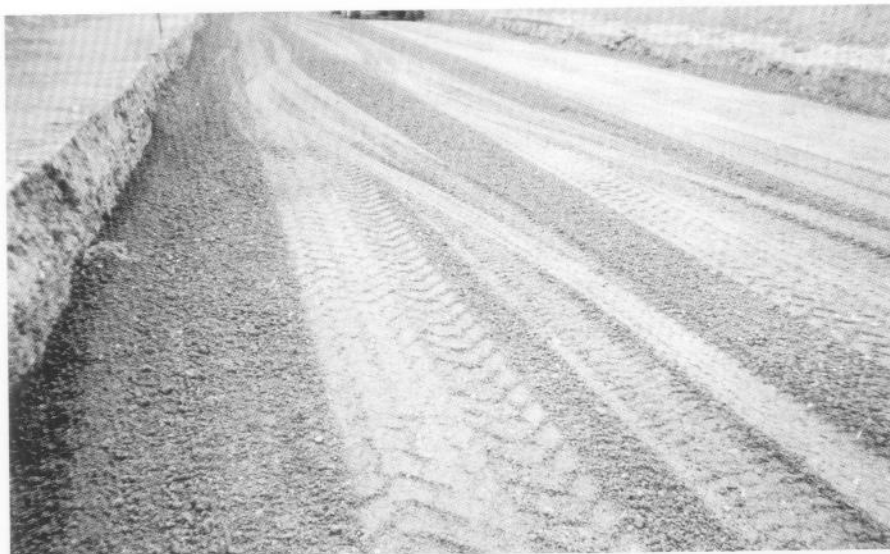
- origine et principales caractéristiques des mâchefers proposés,
- dispositions de contrôle qualité prévues tant sur le plan environnemental que géotechnique,
- indications sur les moyens matériels et les procédures d'exécution que l'entreprise compte mettre en œuvre pour satisfaire aux contraintes particulières citées dans le RC.

Le Cahier des clauses techniques générales doit stipuler :

- que le MIOM doit être de catégorie F_{61} ;
- que les états très humide (th) et très sec (ts) sont exclus quelque soit l'usage ;
- que l'état humide (h) est déconseillé pour l'emploi en PST et normalement inutilisable pour couche de forme et couche de chaussée.

Le Cahier des clauses techniques particulières doit fixer les règles de compactage du MIOM en rendant contractuels les tableaux de valeurs e et Q/S figurant dans le guide (cas des remblais et couche de forme) ou se référer aux certificats d'aptitude des matériels routiers et à la difficulté de compactage DC2 dans le cas d'un emploi en couche de chaussée.

Le SOPAQ est contractualisé à la notification du marché.



Le mâchefer avant compactage
en couche de forme offre une bonne stabilité

• Préparation du chantier

Cette phase permet à l'entrepreneur de rédiger son Plan d'assurance qualité, sur la base du SOPAQ, et de le mettre au point avec la maîtrise d'œuvre.

Le Plan d'assurance qualité comportera au minimum :

- la Fiche produit (FP) caractérisant le mâchefer, définissant éventuellement le mélange s'il y a traitement ;
- la description des démarches qualité mises en place en UIOM et en IME pour assurer la qualité des mâchefers livrés sur le chantier ;
- les documents de suivi permettant d'assurer la traçabilité des qualités de mâchefers depuis leur production jusqu'à leur mise en œuvre ;
- le détail des procédures d'exécution et le descriptif des dispositifs particuliers prévus par l'entreprise pendant la mise en œuvre et après réalisation de l'ouvrage pour satisfaire aux contraintes imposées au DCE.

• Déroulement du chantier

Cette phase d'exécution est, pour l'essentiel, identique au cas général des chantiers routiers. Elle comporte en particulier les points suivants :

• Le maître d'œuvre :

- s'assure de l'efficacité des procédures et dispositifs mis en place par l'entreprise ;
- demande, si nécessaire, à l'entreprise d'adapter son PAQ.

• L'entrepreneur :

- localise les zones réalisées en mâchefer en vue du dossier de récolement.

• Achèvement du chantier

Le dossier de récolement doit comporter :

- un bilan de la qualité des fournitures de MIOM, géotechnique et environnementale ;
- les dispositions prises pour la protection de l'environnement en cas de conditions météorologiques défavorables ;
- la localisation et l'origine des différents mâchefers ;
- les dispositifs types de protection réalisés.

Ce dossier de récolement permettra aux maîtres d'ouvrage de prendre les dispositions nécessaires en cas de modification ou de démantèlement de l'ouvrage ou dans le cas de changement de son environnement.

7 - EXEMPLES D'EMPLOI EN ILE-DE-FRANCE

Les tableaux qui suivent sont des exemples

caractéristiques d'emploi de MIOM en Ile-de-France, respectivement :

- en remblais,
- en couches de forme,
- en assises de chaussée.

REMBLAIS

*NT = non traité

T = traité

Année	Localisation		Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Quantité tonnes	Type de MIOM*		Renseignements complémentaires
	dépt.	Site				NT	T	
1991	77	Lognes			2 700	X		
1991 / 92	93	Noisy-le-Grand	EPA Marne-la-Vallée	EPA Marne-la-Vallée	6 500	X		Remblai assainissement
1991 à 1993	93	Noisy-le-Grand	EPA Marne-la-Vallée	EPA Marne-la-Vallée	10 700	X		Remblai de voirie
1992	77	Collégien	EPA Marne-la-Vallée	DDE	3 500	X		
1996	78	Les Essarts	Commune	Commune	6 500	X		Remblai assainissement (1 à 2 % de L.H.)
1996	77	Pontault-Combault			1 940	X		1 à 3 % de liant hydraulique (plate-forme)
1996	93	Gare du Stade de France	SNCF	SNCF	11 800	X		Remblais de quai de gare
1996	77	Roissy-en-Brie	Département	DDE	2 000		X	Plate forme de parking
1997	78	Carrière-Sous-Poissy (Azalys)	ELYO	Privé	7 000	X		Remblai assainissement
1997	95	Vaujours	Commune	Commune	1 200	X		Remblai assainissement
1997	75	Paris Chantier METEOR	SNCF + Ville de Paris	SNCF	700	X		Remblai de puits
1997	77	RD 26 Brie-Comte-Robert	Etat	DDE	1 500	X		
1997	91	RN 20 Massy	SEM	DDE	8 500	X		
1998	75	Paris	Ville de Paris	Ville de Paris	800		X	

COUCHES DE FORME

*NT = non traité

T = traité

Année	Localisation		Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Quantité tonnes	Type de MIOM*		Renseignements complémentaires
	N° du dépt.	Site				NT	T	
1989	77	Eurodisney	Privé	DDE	80 000	X		Pistes de chantier avant chaussées
1989	94	Limeil-Brevannes	État	État	70 000	X		
1996	91	Déchetterie Vert-le-Grand	État	DDE	1 300	X		35 MIOM + 8 GB + 4 BB
1996	91	A6 / Évry Courcouronnes	État	DDE	1 700	X		53 MIOM + 20 GB + 6 BB
1996	77	Saint-Thibault-les-Vignes	EPA Marne-la-Vallée	EPA Marne-la-Vallée	3 100	X		Couche de forme/fondation
1996	77	Lieusaint	EPA Sénart	DDE	1 000	X		T3
1996	78	RD 983 Maulette	État	DDE	6 500		X	30 MIOM traité 28 SH (S2) 16 GB 7 BB T1
1996	78	Vélizy	État	SSBAIF	3 000	X	X	Plate-forme
1996 / 97	93	A86	État	DDE	2 800		X	
1997	93	Liaison RN 1 gare RER D Stade de France	État	DDE	9 270	X		Plate-forme PF2
1997	93	RD 30 La Courneuve	Département	DDE	5 100	X		
1997	77	RD 216 Brie-Comte-Robert	État	DDE	5 000	X		
1997	91	RN 20 Massy	État CEM	DDE	8 500	X		

ASSISES DE CHAUSSEE

*NT = non traité

T = traité

Année	Localisation		Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Quantité tonnes	Type de MIOM*		Renseignements complémentaires
	dépt.	Site				NT	T	
1991	77	Lésigny	État	DDE	4 700	X		Fondation de parking
1993	91	Bretelle A10 / Massy	État	DDE	500		X	MIOM / LH + 7 GB + 5 BB
1995	91	RD 310 Bretelle A6 Grigny	État	DDE	500		X	MIOM / LH + 6 GB + 4 BB
1996	77	Vendrest	District du pays de l'Ourcq	DDE	3 500	X		Voie de désenclavement MIOM + enduit
1996	77	Route d'Ognes à Oissey	Commune	DDE	7 150	X		Renforcement voie communale T5
1996	77	Champs-sur-Marne (ENPC)	État	DDE	2 400		X	Couche de fondation de parking
1996	94	Champs-sur-Marne	État	DDE	2 400		X	Couche de fondation
1996	78	Sartrouville	Privé	Privé	4 000	X		20 MIOM + 20 GL + 7 BB sur PF 2 parking
1997	91	Vert-le-Grand Route d'accès UIOM	Privé	Privé			X	30 à 100 PL/j MIOM traité au bitume à chaud
1996	93	Villepinte	Privé	Privé	2 000		X	Couche de fondation
1997	92	Asnières	Privé	Privé	4 000	X		20 MIOM + 20 GL + 7 BB sur PF 1 Parking
1997	95	Échangeur du Fayel (L.C.R.)	Département	DDE	570		X	MIOM traité à la mousse de bitume T3/PF2 35 LTCC +10 MIOM + 7 BBTHM + 4 BB
1997	77	Marne-la-Vallée	EPA	Privé	16 000	X		Parking véhicules légers sur 35 cm de limon traité
1997	95	Hérouville RD79, 927, 928	Département	DDE	8 000		X	Fondation de structure mixte T3 - Suivi structurel et environnemental
1998	77	Eurodisney	EPA Marne-la-Vallée	EPA Marne-la-Vallée	37 000	X		Viabilisation Couche de fondation

8 - ANNEXES

8.1 - USINES D'INCINÉRATION D'ORDURES MÉNAGÈRES ET INSTALLATIONS DE MATURATION ET D'ÉLABORATION DE MÂCHEFERS

USINES DE TRAITEMENT D'ORDURES MÉNAGÈRES

Source : ORDIF Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères en Ile-de-France - Étude Juin 1996.

Entre parenthèses, estimation 1998 ; sources ORDIF, DRIRE, DRE.

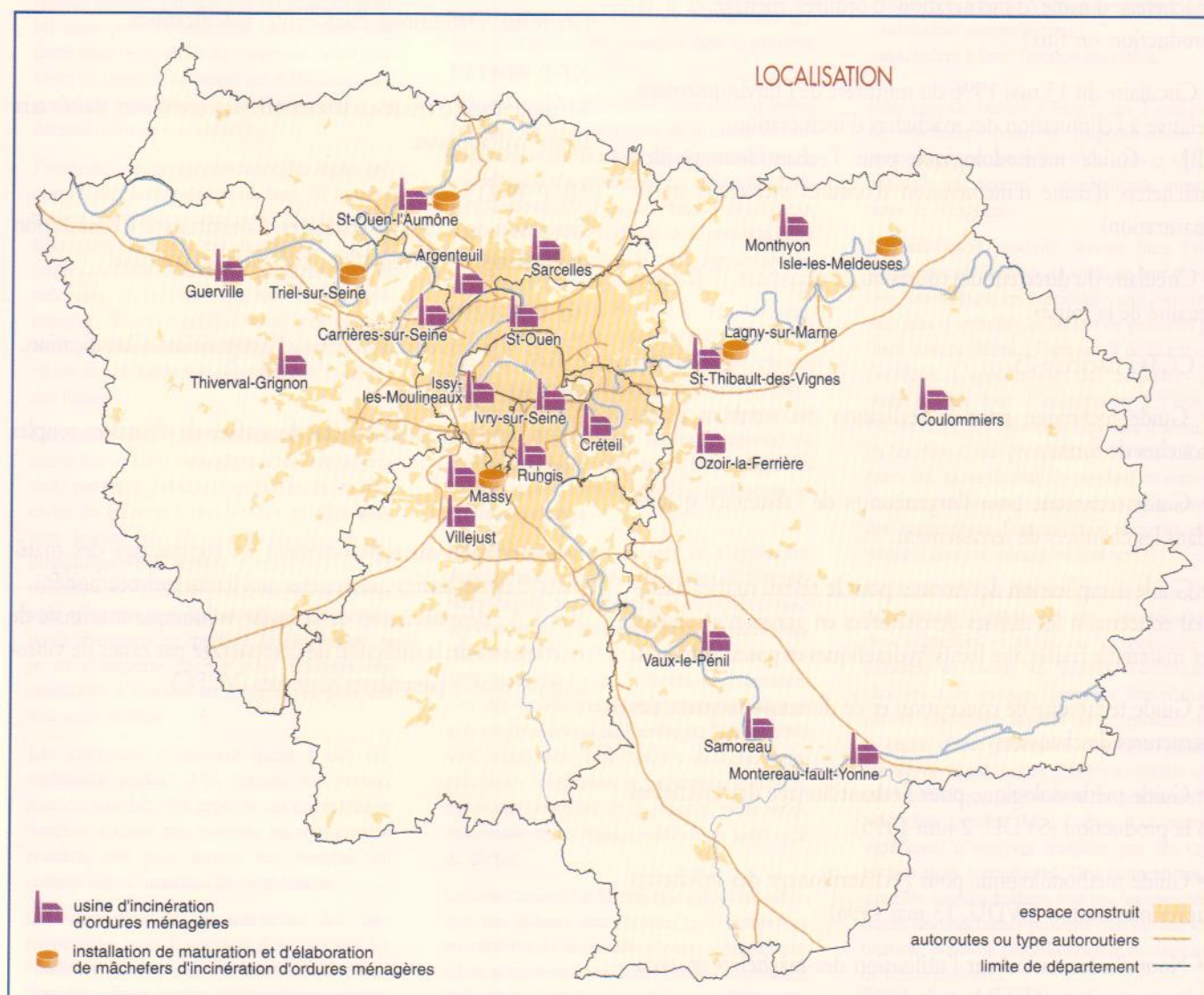
DÉPARTEMENT	USINE	CAPACITÉ (en tonnes)	PRODUCTION DE MACHEFERS EN 1995 (en tonnes)
Seine-et-Marne	Coulommiers	(compostage incinération) 12 000	3 600
	Montereau	(18 000)	(4 400)
	Monthyon	(135 000)	(20 000)
	Ozoir-la-Ferrière	(compostage incinération) 25 000	7 000
	Saint-Thibault-les-Vignes	60 000 (140 000)	15 000 (40 000)
	Samoreau	(compostage incinération) 18 000	5 000
	Vaux-le-Penil	(compostage incinération) 20 000	6 000
Yvelines	Carrières-sous-Poissy	en construction (115 000)	(25 000)
	Carrières-sur-Seine	140 000 (125 000)	35 000
	Thiverval-Grignon	140 000 (240 000)	31 000 (50 000)
	Guerville	méthode du lit fluidisé	-
	Rambouillet (Ouarville)	en construction (120 000)	(30 000)
Essonnes	Massy	75 000	23 700
	Vert-le-Grand	en construction (220 000)	(60 000)
	Villejust	80 000 (90 000)	25 500
Hauts-de-Seine	Gennevilliers	en projet long terme	-
	Issy-les-Moulineaux	450 000 (540 000)	133 000 (160 000)
Seine-Saint-Denis	Le Tremblay	en projet long terme	-
	Saint Ouen	630 000	170 000
Val-de-Marne	Créteil	en extension (205 000)	(70 000)
	Ivry-sur-Seine	730 000	182 000
	Rungis	130 000 dont 110 000 de DIB	22 000
	Vitry-sur-Seine	en projet long terme	-
Val-d'Oise	Argenteuil	110 000 (180 000)	38 400 (50 000)
	Sarcelles	140 000 (150 000)	25 400
	Saint-Ouen-l'Aumône	150 000 (157 000)	35 000

DIB : Déchet Industriel Banal

INSTALLATIONS DE MATURATION ET D'ÉLABORATION DES MIOM (situation fin septembre 1998)

Source : ORDIF Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères en Ile-de-France - Études Juin 1996

DÉPARTEMENT	LOCALISATION	ENTREPRISE GESTIONNAIRE	CAPACITÉ NOMINALE
Seine-et-Marne	Isle-les-Meldeuses	TIRU	480 000 t/an
Seine-et-Marne	Lagny-sur-Marne	YPREMA	200 000 t/an
Yvelines	Triel-sur-Seine	VALOMAT	90 000 t/an
Essonne	Massy	SPL	50 000 t/an
Val-d'Oise	Saint-Ouen-l'Aumône	SPL	200 000 t/an
Yvelines	Trappes (en construction)	SPL	(100 000 t/an)



8.2 - RÉFÉRENCES DES TEXTES À CARACTÈRE NORMATIF OU RÉGLEMENTAIRE

RÉGLEMENTATION

- Arrêté ministériel du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération de résidus urbains.
- Arrêté ministériel du 23 août 1989 relatif à l'incinération de déchets contaminés dans une usine d'incinération de résidus urbains.
- Circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains.
- Circulaire du 2 juin 1995 du ministère de l'Environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération.
(P.J. : Guide méthodologique pour l'échantillonnage des mâchefers d'usine d'incinération d'ordures ménagères à la production sur flux)
- Circulaire du 13 mai 1996 du ministère de l'Environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération.
(P.J. : Guide méthodologique pour l'échantillonnage des mâchefers d'usine d'incinération d'ordures ménagères après maturation)
- Circulaire du directeur des routes du 22 décembre 1992 : «La qualité de la route».
- CCTG fascicule 25.
- Guide technique pour la réalisation des remblais et de couches de forme.
- Guide technique pour l'organisation de l'assurance qualité dans les chantiers de terrassement.
- Guide d'application des normes pour le réseau routier national concernant les assises de chaussées en graves non traitées et matériaux traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques.
- Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussées.
- Guide méthodologique pour l'échantillonnage des mâchefers à la production (SVDU, 2 juin 1995).
- Guide méthodologique pour l'échantillonnage des mâchefers après maturation (SVDU, 13 mai 1996).
- Note d'information sur l'utilisation des mâchefers en techniques routières (SETRA, août 1997).

NORMALISATION

- XPX 31-210
Déchets - Essais de lixiviation - mai 98
- NF X 31-212
Déchets - Détermination du caractère solide massif - juillet 95
- NF X 31-211
Déchets - Essais de lessivage d'un déchet solide initialement massif ou généré par un procédé de solidification - août 94.
- NF P 11-300
Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme.
- XP P 18-540
Granulats. Définitions, conformité, spécifications.
- NF P 98-114.1
Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques.
- NF P 98-115
Exécution des corps de chaussées. Constituants. Composition des mélanges et formulation. Exécution et contrôle.
- NF P 98-129
Graves non traitées. Définition. Composition. Classification.
- NF P 98-136
Béton bitumeux pour couche de surface de chaussées souples à faible trafic.
- NF P 98-231.3
Détermination du comportement au compactage des matériaux d'assises autres que traitées aux liants hydrocarbonés.
Partie 3 : détermination de la masse volumique maximale de référence et de la difficulté de compactage par essais de vibro-compression à paramètres contrôlés (VCPC).

8.3 - CIRCULAIRE DU 9 MAI 1994 DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT RELATIVE À L'ÉLIMINATION DES MÂCHEFERS D'INCINÉRATION DES RÉSIDUS URBAINS

CIRCULAIRE
DPPR/SEI/BPSIED N° 94-IV-1
DU 9 MAI 1994
relative à l'élimination
des mâchefers d'incinération
des résidus urbains
(non publiée au JO)

Le ministre de l'Environnement à M^{mes} et MM. les préfets.

L'article 14 de l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération des résidus urbains a donné des orientations préliminaires pour l'élimination des déchets résiduels issus de ce mode de traitement. Vous trouverez en annexe I un rappel des différentes catégories de résidus issus de l'incinération des déchets ménagers et assimilés.

J'entends fixer progressivement des règles précises d'élimination de ces déchets, en fonction de leur potentiel polluant et de l'évolution des techniques de traitement disponibles. La présente circulaire donne une première série de précisions sur les conditions souhaitables d'élimination des seuls mâchefers. Je vous rappelle alors que le texte cité plus haut impose la séparation de ces mâchefers des résidus d'épuration des fumées.

Les résidus d'épuration des fumées de l'incinération des ordures ménagères actuellement produits par les installations existantes et les procédés de traitement des fumées qu'elles utilisent doivent être éliminés conformément aux dispositions des arrêtés ministériels du 18 décembre 1992. Toutefois, de nouveaux résidus vont apparaître avec les procédés d'incinération ou de traitement en cours de développement et je ne manquerai pas de vous informer des conditions d'élimination souhaitables pour ces nouveaux résidus.

Les mâchefers constituent quant à eux des matériaux parfois déjà utilisés en travaux publics, soit dans des applications en technique routière, comme par exemple en sous-couche routière, soit pour former des remblais ou comme simple matériau de comblement.

La valorisation de ces mâchefers doit être encouragée, mais il convient d'en préciser les conditions. Certains de ces matériaux contiennent des métaux lourds. Un usage sans précau-

tion des plus polluants de ces mâchefers serait susceptible d'entraîner une pollution des sols ou des eaux souterraines.

Aussi, mes services ont étudié les conditions de valorisation des mâchefers issus de l'incinération des déchets ménagers et assimilés en techniques routières. C'est-à-dire pour une utilisation pour laquelle le matériau est relativement protégé et mis en œuvre dans des conditions contrôlées. Des études approfondies sur les caractéristiques des mâchefers issus des unités d'incinération les plus performantes ont été menées à cet effet. Elles ont conduit aux critères de valorisation contenus dans la présente circulaire.

L'utilisation de mâchefers issus de l'incinération des déchets ménagers de manière banalisée, comme matériau de simple remblai ou de comblement n'a cependant pas encore fait l'objet d'études suffisantes. L'impact d'un tel dépôt doit en effet être modélisé et il convient d'en recouper les résultats avec ceux d'expérimentations en grandeur réelle. Cette démarche s'appliquera plus généralement à la définition analytique des déchets suffisamment inertes pour que leur dépôt ou leur utilisation en travaux publics puisse être réalisée sans sujétions particulières. Dans cette perspective les analyses de potentiel polluant selon un test normalisé de lixiviation devront sans doute être complétées par une appréciation de la teneur intrinsèque en éléments polluants.

Les dispositions qui suivent ne s'appliquent donc qu'aux seuls mâchefers issus de l'incinération des déchets ménagers et assimilés et pour des conditions d'utilisation précises. Elles s'appliquent également lorsque des déchets hospitaliers contaminés sont incinérés conjointement avec des déchets ménagers et assimilés, dès lors que les dispositions de l'arrêté du 23 août 1989 sont respectées. Les critères définissant les mâchefers valorisables ne peuvent cependant en aucun cas permettre de qualifier d'inerte ou de valorisable en technique routière un autre type de déchet.

Les instructions de la présente circulaire pourront par ailleurs être révisées en fonction des enseignements issus des travaux complémentaires actuellement en cours ou de l'expérience tirée de leur application. A l'issue de ces tra-

vaux des conditions d'élimination définitives seront fixées et l'arrêté précité modifié à cet effet.

I. - Suivi de la production de mâchefers

Les mâchefers issus d'un four d'incinération appartiendront en fonction de leurs caractéristiques physiques et chimiques et de leur potentiel polluant, tel que défini à l'annexe II, à l'une ou l'autre des catégories décrites à l'annexe III et rappelée ci-dessous :

- mâchefers à faible fraction lixiviable ;
- mâchefers intermédiaires ;
- mâchefers à forte fraction lixiviable.

Pour plus de facilité d'usage, ces 3 catégories de mâchefers pourront respectivement être dénommées par les lettres «V», «M» et «S», par analogie aux termes «valorisation», «maturation» et «stockage».

Les mâchefers produits devront faire l'objet d'analyses périodiques au stade de leur production, comportant en particulier une mesure de leur taux d'imbrûlés et un test de potentiel polluant comme défini à l'annexe II de la présente circulaire. L'appartenance des mâchefers produits par un four d'incinération à l'une ou l'autre des catégories ci-dessus sera déterminée en fonction d'une première série initiale d'analyses, par exemple réalisée pendant un semestre de fonctionnement de référence. Vous trouverez des suggestions d'organisation de cette campagne d'analyse initiale en annexe IV.

Des contrôles périodiques permettront ensuite de s'assurer durablement des caractéristiques des mâchefers produits ou au contraire de remettre en cause les filières d'élimination choisies. Ces analyses pourront être réalisées par un laboratoire associé ou l'exploitant dans le cadre d'une procédure d'autosurveillance. Toutefois, la campagne d'analyse initiale et le suivi périodique ultérieur de la production de mâchefers devront faire l'objet d'un nombre significatif d'analyses réalisées par des organismes tiers compétents. Des conventions de contrôle inopiné portant, tant sur les caractéristiques des mâchefers produits que sur leur destination, pourront par ailleurs être passées avec de tels organismes.

La nature des résidus traités et certains paramètres de fonctionnement de l'installation d'incinération conditionnent par ailleurs la composition et les caractéristiques des mâchefers produits. On pourra donc utilement s'assurer du suivi et du respect de ces paramètres pour déterminer la périodicité des mesures à réaliser.

Chaque installation d'incinération pourra voir les conditions de suivi et d'élimination de ses mâchefers précisées par arrêté complémentaire dans les formes prévues à l'article 18 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977.

Il conviendra parallèlement d'attirer l'attention des exploitants sur l'utilité d'entreprendre des actions permettant d'éviter la présence dans les déchets d'objets et de matériaux conduisant à une contamination des mâchefers par les métaux lourds. La teneur en plomb des mâchefers peut ainsi conditionner leur valorisation. Une action d'information et de sensibilisation du public pourrait ainsi conduire à établir des collectes sélectives des vieilles batteries automobiles et de tous les déchets contenant du plomb.

Je souhaite souligner qu'il convient de comparer avec précaution les seuils de concentration présentés dans la présente circulaire avec ceux en vigueur dans d'autres pays. Le test de potentiel polluant retenu repose en effet sur trois lixiviations successives afin d'évaluer l'impact de lessivages consécutifs et d'estimer la tenue dans le temps des déchets examinés, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays.

II. - Conditions de valorisation

1) Mâchefers à faible fraction lixiviable, dits de catégorie «V».

La production de mâchefers avec une faible fraction lixiviable (annexe III), dits de catégorie «V», est valorisable en techniques routières et dans d'autres applications semblables, décrites en annexe V. Il est alors très souhaitable de déferailler au préalable ces mâchefers et de les cribler pour s'assurer de l'absence d'imbrûlés de grande taille ou d'objets indésirables.

La mise en place de ces mâchefers doit ensuite être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. Les expériences de mise en œuvre ont en effet montré combien la période de mise en œuvre proprement dite pouvait contribuer à une part importante de l'impact total susceptible d'être créé par l'utilisation de ces matériaux.

J'appelle votre attention sur le fait que l'utilisation des mâchefers doit se faire en dehors des zones inondables et des périmètres de protection rapprochés des captages d'alimentation en eau potable ainsi qu'à une distance minimale de 30 m de tout cours d'eau. Il conviendra de veiller à la mise en œuvre de tels matériaux à une distance suffisante du niveau des plus hautes eaux connues. Enfin, ils ne doivent pas servir pour le remblaiement de tranchées comportant des canalisations métalliques ou pour la réalisation de systèmes drainants.

L'éventuel stockage intermédiaire, par leur utilisateur et avant utilisation, de ces mâchefers à faible fraction lixiviable et leur mise en œuvre ne relèvent pas de la législation sur les installations classées. Toutefois, il conviendra de considérer qu'un site de distribution commerciale, où des mâchefers à faible fraction lixiviable sont stockés au fur et à mesure de leur production par une ou plusieurs usines d'incinération et repris en fonction de la demande, constitue un centre de transit de déchets issus d'installations classées et doit donc être régulièrement autorisé comme tel. Enfin, si ces matériaux ne trouvent pas de débouchés, et ne sont donc pas valorisés, leur stockage permanent doit être effectué dans une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés dûment autorisée.

Le respect de ces conditions de valorisation est de la responsabilité de l'exploitant de l'installation classée à l'origine des mâchefers. Lorsque les mâchefers d'une installation sont valorisés, l'exploitant doit être à tout moment en mesure de démontrer le respect des critères fixés par la présente circulaire. L'inspection des installations classées doit quant à elle s'assurer de la bonne interprétation de la série initiale d'analyse et du respect ultérieur par l'exploitant des critères d'élimination de ses mâchefers.

Il n'appartient pas à l'inspection des installations classées de certifier la qualité des mâchefers produits par une installation. C'est à l'exploitant de pouvoir démontrer aux utilisateurs des mâchefers qu'il produit que les conditions de valorisation fixées par le présent texte et l'arrêté d'autorisation qui régit le fonctionnement de son installation sont respectées.

Une convention liant le producteur des mâchefers à ceux qui le traitent, le transportent et le distribuent et l'établissement d'une procédure de suivi de la qualité tout au long de ce circuit commercial pourront contribuer à garantir les conditions souhaitables de valorisation de ces déchets. Lorsqu'elle existe, une telle procédure de suivi de la qualité sera transmise à l'inspection des installations classées.

2) Mâchefers intermédiaires, dits de catégorie «M».

La production de mâchefers intermédiaires (annexe III), dits de catégorie «M», peut être éliminée dans une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés ou faire l'objet d'un pré-traitement ou d'une simple maturation en vue de leur valorisation. On observe en effet avec le temps une carbonatation naturelle des mâchefers qui conduit à limiter leur potentiel polluant.

Les mâchefers intermédiaires pourront donc être acheminés vers une installation de traitement et de maturation. Une telle installation doit permettre le stockage temporaire et le traitement des mâchefers entre la production de ceux-ci par une usine d'incinération des résidus urbains et la valorisation en techniques routières. C'est une installation classée pour la pro-

tection de l'environnement soumise à autorisation dans le cadre de la rubrique 322 A) de la nomenclature y relative.

Dans le cas où ni la simple maturation, ni même les traitements complémentaires éventuellement exercés sur le site de l'installation ne permettent d'atteindre les caractéristiques des mâchefers à faible fraction lixiviable, les mâchefers non valorisables devront être dirigés vers une installation de stockage permanent de déchets ménagers et assimilés dûment autorisée.

Le phénomène de maturation conduit à une stabilisation du potentiel polluant du mâchefer au bout de quelques mois. Aussi, au-delà d'une certaine durée, l'entreposage prolongé de mâchefers dans une installation de maturation n'entraînerait pas nécessairement d'amélioration de leur qualité et pourrait conduire à des accumulations de mâchefers difficilement éliminables par la suite. Il conviendra donc de fixer la quantité maximale de mâchefers pouvant être déposée dans une installation de traitement et de maturation et de limiter la durée de leur séjour à 12 mois au plus.

Les dispositions techniques fixées dans les arrêtés préfectoraux d'autorisation des unités de traitement et de maturation des mâchefers peuvent s'inspirer des règles d'aménagement et d'exploitation proposées à l'annexe VI.

Il conviendra d'éviter les éventuels transferts de pollution pouvant résulter des traitements effectués dans ces installations. La gestion des apports et des reprises de matériau devra être définie de manière à assurer la traçabilité de l'origine et de la période de production des mâchefers accueillis sur le centre de traitement. Dans le cas de la simple maturation en tas, les matériaux seront disposés en lots indépendants représentatifs d'une période de production.

La destination de chaque lot individualisé de mâchefers (valorisation ou mise en décharge) sera assurée par une caractérisation globale pouvant reposer sur une approche statistique d'échantillonnage et d'analyse. Mes services ont engagé des travaux devant permettre de mieux définir les conditions de constitution, de gestion et de caractérisation des lots de mâchefers en maturation. Je ne manquerai pas de vous faire parvenir les conclusions de ces réflexions complémentaires.

Je souhaite toutefois dès maintenant souligner l'intérêt de définir une procédure de suivi de la qualité très rigoureuse pour que l'exploitant de l'installation de traitement et de maturation puisse à tout moment garantir à ses clients la qualité et les caractéristiques des matériaux distribués. Lorsqu'elle existe, une telle procédure de suivi de la qualité sera transmise à l'inspection des installations classées.

3) Mâchefers à forte fraction lixiviable, dits de catégorie «S».

Les mâchefers avec forte fraction lixiviable (annexe III), dits de catégorie «S», doivent être éliminés dans des installations de stockage per-

manent de déchets ménagers et assimilés dûment autorisées. J'attire votre attention sur le potentiel polluant de certains de ces mâchefers et la nécessité de le réduire par des traitements appropriés pour répondre au renforcement à venir des critères d'admission en centre de stockage.

III. - Stabilisation des mâchefers

En complément de la simple maturation évoquée ci-dessus, des traitements appropriés, notamment à l'aide de liants hydrauliques, peuvent être envisagés afin de réduire le potentiel polluant de certains mâchefers. Dans un premier temps il conviendra de limiter l'application de ces procédés aux seuls mâchefers intermédiaires. Il est alors impératif que ces matériaux satisfassent après traitement et en leur lieu d'utilisation aux critères et conditions de valorisation précités. Les mâchefers ainsi traités pour être valorisables seront dits stabilisés.

Outre les contrôles périodiques réalisés à la production des mâchefers, une procédure de suivi de la qualité pourra couvrir la stabilisation et la mise en œuvre de ces mâchefers stabilisés. Les modes de caractérisation des mâchefers, le procédé de traitement utilisé et les contrôles internes et externes y seront précisés. Cette procédure pourra s'étendre tout au long du circuit commercial de distribution de ce matériau, de l'installation de stabilisation, fournisseur du mâchefer stabilisé, à son utilisateur. Dans le cas où l'installation de stabilisation ne se trouve pas sur le site de l'incinérateur une procédure comparable pourra couvrir la production du mâchefer brut avant sa stabilisation. Lorsqu'elle existe, une telle procédure de suivi de la qualité sera transmise à l'inspection des installations classées.

Ces conditions de valorisation de matériaux stabilisés ne s'appliquent évidemment qu'aux seuls mâchefers issus de l'incinération des déchets ménagers et assimilés.

Il me semble souhaitable que les dispositions de la présente circulaire, prises en application de l'article 14 de l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991, fassent l'objet d'une application prioritaire aux installations d'incinération d'une capacité horaire supérieure à 6 tonnes par heure. Vous voudrez bien ainsi me préciser avant le 1^{er} décembre 1995 les conditions d'élimination des mâchefers des installations de cette nature en service dans votre département à cette date.

Je vous demande toutefois dès à présent de me tenir plus généralement informé des conditions d'application progressives de cette circulaire et notamment de me faire part de toute expérience ou difficulté qui pourrait en motiver une adaptation.

ANNEXES

à la circulaire DPPR/SEI/BPSIED n° 94-IV I

relative à la valorisation des mâchefers
d'incinération de résidus urbains
en techniques routières

ANNEXE I. — Liste des résidus de l'incinération des résidus urbains.

ANNEXE II. — Test de potentiel polluant.

ANNEXE III. — Caractéristiques des différentes catégories de mâchefers.

ANNEXE IV. — Analyse initiale des caractéristiques des mâchefers produits.

ANNEXE V. — Utilisations admissibles de mâchefers en techniques routières.

ANNEXE VI. — Propositions de prescriptions relatives aux conditions d'aménagement et d'exploitation d'une installation de traitement et de maturation de mâchefers.

ANNEXE I Résidus de l'incinération des résidus urbains

- Mâchefers ; - Résidus d'épuration des fumées ;

- cendres volantes de dépoussiérisation
- résidus de déchloration et de lavage des gaz

Les dispositions de la présente circulaire ne s'appliquent qu'aux seuls mâchefers. Les résidus d'épuration des fumées cités plus haut relèvent des conditions de stockage permanent définies par les arrêtés du 18 décembre 1992 relatifs aux installations de stockage de déchets industriels ultimes et stabilisés.

N.B. : Pour les installations existantes avec récupération d'énergie, les cendres sous chaudières (c'est-à-dire sous économiseur et sous surchauffeur et non sous grille) doivent selon leur potentiel polluant être éliminées soit avec les mâchefers, soit avec les résidus d'épuration des fumées.

Pour les installations nouvelles avec récupération d'énergie, les cendres sous chaudières doivent être éliminées avec les résidus d'épuration des fumées.

La mise en place de nouveaux procédés de traitement thermique ou d'épuration des fumées pourrait conduire à la production de nouveaux résidus, dont les conditions de stockage permanent ou de valorisation devront faire l'objet d'une étude particulière. Toute demande de valorisation de ces résidus, pour autant que leur potentiel polluant ne soit pas trop élevé et que leur composition le permette, pourra être envisagée, pour un procédé donné, dans le cadre de nouvelles instructions et le cas échéant par arrêté complémentaire à l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991, pris après avis du conseil supérieur des installations classées.

ANNEXE II

Test de potentiel polluant

Le test de potentiel polluant est effectué en trois lixiviations successives conformément à la norme NF X 31-210. Chaque lixiviat est a priori analysé et le résultat global est exprimé en fonction des modalités de calcul consignées dans la norme précitée. Toutefois lorsque la mesure d'un paramètre sur le premier lixiviat donnera une valeur de l'ordre du seuil de détection de la méthode d'analyse préconisée, il sera possible de ne pas effectuer de mesure complémentaire de ce paramètre sur les lixiviats suivants et de ne pratiquer l'analyse de ce paramètre que sur le mélange des 3 lixiviats. Pour les mâchefers issus de l'incinération des ordures ménagères, ce principe peut en général être appliqué aux mesures de mercure, de cadmium et d'arsenic.

Le broyage nécessaire à l'exécution de la procédure normalisée sera toutefois effectué après aèchage du mâchefer à 103 °C + 2 °C, sous atmosphère normale. On utilisera pour le test la quantité de mâchefer sec correspondant à 100 g de mâchefer brut.

Les résultats obtenus sur chaque lixiviat sont consignés et conservés en mémoire, y compris pour la fraction soluble.

Les valeurs limites de l'annexe II s'appliquent au résultat global.

Expression de la fraction soluble

La fraction soluble est exprimée comme le rapport au poids sec de l'échantillon lixivié du cumul des valeurs obtenues par pesée du résidu sec de chacun des trois lixiviats. La détermination du poids ou du résidu sec sera réalisée conformément aux normes en vigueur et notamment selon la norme NF 90029.

Méthodes d'analyse

Les analyses dans les lixiviats doivent être réalisées selon les normes appropriées et notamment :

Hg	NF T 90 113
Pb	NF T 90 112 ou NF T 90 119
Cd	NF T 90 112 ou NF T 90 119
AS	NF T 90 026
Cr ⁶	NF T 90 043
SO ₄ ²⁻	NF T 90 009 ou NF T 90 042
COT	NF T 90 102

La concentration mesurée est rapportée au poids sec de l'échantillon et exprimée en mg/kg.

Il pourra être demandé au laboratoire pratiquant l'analyse de justifier la pertinence de la méthode d'analyse retenue et l'incertitude de cette méthode dans la plage de valeur mesurée.

Taux d'imbrûlé ou perte au feu

Dans l'attente d'une norme d'analyse spécifique, le taux d'imbrûlé sera déterminé par la perte de masse, exprimée en pourcentage du poids sec de l'échantillon initial après 4 heures de calcination à 500 °C.

Lorsqu'un mâchefer en sortie de four respecte la valeur seuil fixée pour ce paramètre en annexe III et qu'il appartiendra aux catégories des mâchefers à faible fraction lixiviable ou à fraction lixiviable intermédiaire, il sera inutile de mesurer à nouveau ce paramètre après maturation.

Déchets solides initialement massifs ou générés par un procédé de solidification

Dans le cas des déchets initialement massifs ou générés par un procédé de solidification (stabilisation par liants hydrauliques par exemple, tel qu'envisagé au III de la présente circulaire), le test à appliquer, dans l'attente de la publication d'une ou plusieurs normes spécifiques, est le protocole provisoire d'évaluation des déchets massifs et solidifiés disponible sur simple demande auprès du ministère de l'Environnement - (Direction de la prévention des pollutions et des risques - service de l'environnement industriel). Ce test comprend préalablement au test de potentiel polluant un test préliminaire de présélection des déchets massifs ou solidifiés et des tests de vérification de l'intégrité et de la pérennité de la structure physique. Ces derniers comportent en particulier des essais de résistance mécanique dans le cas où le matériau peut être amené à l'état d'éprouvette répondant aux spécifications des normes relatives à ce type d'essai. Dans le cas contraire, ils comportent des essais d'érosion sur les matériaux granulaires.

Lorsqu'un déchet a répondu aux critères de présélection, le test de potentiel polluant est réalisé sur un échantillon se présentant sous forme d'éprouvette unique ou sous forme d'un ensemble de fragments de granulométrie définie. La procédure de réalisation est alors proche de celle définie par la norme NF X 31.210 avec 3 lixiviations successives.

ANNEXE III Caractéristiques des différentes catégories de mâchefers

L'appartenance d'un lot de mâchefer à l'une ou l'autre des catégories qui suivent est fixée sur la base d'un test de potentiel polluant tel que décrit à l'annexe III de la présente circulaire appliqué à un échantillon représentatif du lot considéré.

Mâchefers à faible fraction lixiviable, dits de catégorie «V»

Les mâchefers avec une faible fraction lixiviable doivent répondre aux conditions suivantes :

Taux d'imbrûlés	< 5 %
Fraction soluble	< 5 %
Potentiel polluant par paramètre :	
Hg	< 0,2 mg/kg
Pb	< 10 mg/kg
Cd	< 1 mg/kg
As	< 2 mg/kg
Cr ⁶⁺	< 1,5 mg/kg
SO ₄ ²⁻	< 10 000 mg/kg
COT	< 1 500 mg/kg

Mâchefers intermédiaires, dits de catégorie «M»

Les mâchefers considérés comme intermédiaires sont les mâchefers n'appartenant pas à la première catégorie et respectant les critères suivants :

Taux d'imbrûlés	< 5 %
Fraction soluble	< 10 %

Potentiel polluant par paramètre :

Hg	< 0,4 mg/kg
Pb	< 50 mg/kg
Cd	< 2 mg/kg
As	< 4 mg/kg
Cr ⁶⁺	< 3 mg/kg
SO ₄ ²⁻	< 15 000 mg/kg
COT	< 2 000 mg/kg

Mâchefers avec forte fraction lixiviable, dits de catégorie «S»

Les mâchefers avec une forte fraction lixiviable présentent l'une au moins des caractéristiques suivantes :

Taux d'imbrûlés	> 5 %
Fraction soluble	> 10 %
Potentiel polluant par paramètre :	
Hg	> 0,4 mg/kg
Pb	> 50 mg/kg
Cd	> 2 mg/kg
As	> 4 mg/kg
Cr ⁶⁺	> 3 mg/kg
SO ₄ ²⁻	> 15 000 mg/kg
COT	> 2 000 mg/kg

Pour plus de facilité d'usage, ces 3 catégories de mâchefers pourront respectivement être dénommées par les lettres «V», «M» et «S», soit :

- mâchefers à faible fraction lixiviable ou de catégorie «V» par analogie au terme «valorisation» ;
- mâchefers intermédiaires ou de catégorie «M» par analogie au terme «maturation» ;
- mâchefers à forte fraction lixiviable ou de catégorie «S» par analogie au terme «stockage permanent».

ANNEXE IV Suggestions d'organisation de l'analyse initiale des caractéristiques des mâchefers produits par un four d'incinération

Une appréciation des caractéristiques des mâchefers produits par un four d'incinération de déchets ménagers et assimilés pourra être obtenue par une série d'analyses de potentiel polluant effectuées sur des échantillons représentatifs d'une période de fonctionnement de l'installation.

L'appartenance des mâchefers produits par une unité d'incinération à l'une ou l'autre des catégories définies en annexe III sera déterminée en fonction d'une première série initiale d'analyses, par exemple réalisée pendant un semestre de fonctionnement de référence. Un suivi ultérieur de la production des mâchefers devra permettre de s'assurer de cette appartenance,

notamment lorsque les mâchefers produits sont en général directement valorisables. Il pourra être complété par un plan de contrôle de la qualité des mâchefers, incluant notamment le suivi des paramètres de fonctionnement des fours, identifiés comme pertinents pour apprécier les caractéristiques des mâchefers.

Les suggestions suivantes portent d'une part, sur la constitution d'échantillons de mâchefers, d'autre part, sur les analyses à pratiquer pendant la campagne initiale et enfin sur le rythme des analyses à pratiquer ultérieurement. Elles seront vraisemblablement complétées par l'établissement, par les organisations professionnelles représentatives des exploitants d'usines d'incinération et le ministère de l'Environnement, de normes ou de procédures d'échantillonnage et d'analyse plus détaillées.

I. - Constitution d'un échantillon

Il conviendra de constituer les échantillons avec toute la rigueur nécessaire et en respectant les principes élémentaires et les bonnes pratiques en la matière.

1° Échantillon journalier

On considérera représenter un jour de fonctionnement, un échantillon constitué par le mélange de 6 prises élémentaires d'une même quantité de mâchefer réalisées pendant 24 heures. Une prise élémentaire portera sur une masse de l'ordre de 25 kg de mâchefers équivalente à 2 seaux de 10 litres. La prise sera réalisée en sortie de four ou d'usine et donc en général sur des mâchefers préalablement éteints. Lorsque l'usine d'incinération est dotée d'installations de traitement en continu des mâchefers (déferailage, criblage, etc.), ce prélèvement sera réalisé en fin de chaîne.

Il conviendra de bien prélever toutes les fractions granulométriques du mâchefer et de conserver correctement les échantillons, à l'abri des intempéries et dans des récipients ou des sacs fermés.

Afin de ne pas entrer en fréquence avec un phénomène périodique, les prises d'échantillon seront réalisées de façon aléatoire.

On réduira ensuite par pelletage fractionné l'échantillon constitué par le mélange des 6 prises. Le pelletage fractionné consiste à reprendre à la pelle la totalité du mâchefer, et à déverser des pelletées aussi identiques que possible sur des tas, dans un ordre quelconque. On choisira l'un des tas obtenus au hasard, et l'on renouvellera l'opération jusqu'à l'obtention d'un tas de l'ordre de 2 kg. L'échantillon d'analyse devra refléter la répartition granulométrique initiale.

Le vieillissement naturel de ces mâchefers doit conduire à ne pas conserver un mâchefer brut plus d'une semaine avant d'en analyser le potentiel polluant. Au-delà, l'échantillon ne pourra plus être considéré comme représentatif d'un mâchefer en sortie de four.

2° Échantillon ponctuel

On appellera échantillon ponctuel, le mélange de 6 prises élémentaires réalisées sur un intervalle d'une heure, et réduit à deux kilogrammes par la procédure décrite ci-avant. L'analyse de tels échantillons pourra servir à l'étude de la corrélation entre les caractéristiques des mâchefers et les paramètres de fonctionnement du four.

3° Échantillon hebdomadaire

On appellera échantillon hebdomadaire, le mélange de 7 prises élémentaires réalisées quotidiennement pendant une semaine à des heures aléatoires, et réduit à deux kilogrammes par la procédure décrite ci-avant.

II. - Campagne initiale d'appréciation de la qualité des mâchefers produits

Dans les installations d'incinération comportant plusieurs fours aux caractéristiques différentes, on analysera séparément des échantillons issus de chaque four. On pourra distinguer deux procédures en fonction de la stabilité de fonctionnement du four. Les fours de grande capacité ont en général un fonctionnement plus stable que les fours de faible capacité. L'inspecteur des installations classées pourra apprécier en liaison avec l'exploitant l'opportunité de l'une ou de l'autre des deux procédures décrites ci-dessous.

La première doit permettre de corréler certains paramètres de fonctionnement du four et des déchets incinérés avec les caractéristiques des mâchefers produits. Cette procédure, plus complexe et coûteuse que la seconde, doit être envisagée lorsqu'une unité au fonctionnement notoirement instable souhaite orienter sa production de mâchefers directement en valorisation, sans aucune maturation ni stockage temporaire par exemple. Elle peut cependant présenter un grand intérêt pour corriger et améliorer les performances de l'unité.

La seconde procédure, plus simple, est préférable lorsqu'une unité au fonctionnement relativement stable, envisage de toute façon une maturation de sa production de mâchefers et que leur valorisation sera donc conditionnée par des analyses complémentaires après maturation.

1° Four à fonctionnement relativement variable.

Des échantillons ponctuels seront réalisés quotidiennement pendant une semaine en décalant les heures des prises (7 échantillons ponctuels), puis tous les 15 jours pendant 6 mois (24 semaines et 12 échantillons ponctuels), et suivis d'analyses immédiates. Après la première semaine d'analyses, le jour de la semaine retenu pour la prise d'échantillon sera décalé à chaque analyse. Un échantillon prélevé un jour n de la semaine s sera ainsi suivi par un échantillon constitué le jour $n + 1$ de la semaine $s + 2$.

Les principaux paramètres de fonctionnement du four le jour de chaque prélèvement seront répertoriés et l'on s'efforcera de les corréler avec les résultats des analyses effectuées sur le mâchefer. Il sera également utile d'essayer de qualifier la nature des déchets ménagers et assimilés traités ou leur teneur en eau.

On considérera que les caractéristiques des mâchefers généralement produits par un four sont bien représentés par la moyenne arithmétique glissante de 7 résultats d'analyses d'échantillons successifs. En cas de contrôle inopiné ou non prévu à l'origine dans l'organisation de la campagne d'analyse, le résultat obtenu sera pris en compte dans le calcul.

Le bilan de cette campagne d'analyse sera adressé à l'inspection des installations classées avec les commentaires de l'exploitant sur le fonctionnement du four pendant la période de la campagne. Ce bilan permettra d'établir la destination normale des mâchefers produits. On pourra décider de faire suivre aux mâchefers la voie correspondant à leurs caractéristiques moyennes, sous réserve que les écarts à cette moyenne ne soient pas trop importants ni trop fréquents.

2° Four à fonctionnement relativement stable.

On pourra remplacer les sept analyses d'échantillons ponctuels de la première semaine par une analyse sur un échantillon hebdomadaire (1 semaine et 1 échantillon hebdomadaire) suivie de sept analyses sur un échantillon journalier pris chaque semaine, les jours de prélèvement restant décalés comme dans le cas précédent (7 semaines et 7 échantillons journaliers décalés).

Par la suite, chaque analyse portera sur un échantillon journalier tous les quinze jours (16 semaines et 8 échantillons journaliers).

Les modalités d'interprétation de ces résultats seront les mêmes que celles décrites plus haut. Toutefois, tant que l'on ne disposera que d'un nombre d'analyses n inférieur à 7, on calculera une moyenne arithmétique en pondérant la première analyse par $7 - n + 1$ et les suivantes par 1.

III. - Suivi courant des mâchefers produits

1° Fréquence des analyses.

Après cette période initiale, le rythme des analyses peut être réduit. Lorsque le bilan aura conclu à la possibilité d'une valorisation directe ou d'un traitement complémentaire avec maturation, alors le rythme d'analyse sera mensuel. Il conviendra d'apprécier, pour les unités ayant suivi la première procédure, l'opportunité de poursuivre la constitution d'échantillon ponctuel ou le passage à des échantillons journaliers.

Si les caractéristiques des mâchefers produits imposent un stockage immédiat dans une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, le rythme d'analyse pourra être bimestriel. L'exploitant pourra cependant à tout moment relancer, s'il le juge utile, une nouvelle campagne d'analyse initiale.

Pendant le suivi courant de la production de mâchefers, les jours de prise d'échantillon continueront à être décalés et les caractéristiques moyennes des mâchefers resteront déterminées par la moyenne arithmétique glissante des résultats d'analyse de 7 échantillons successifs.

Le retour de l'expérience acquise pendant la campagne initiale devrait cependant dans certains cas conduire à mettre en place un plan d'assurance qualité allégeant le rythme des analyses au profit du suivi du respect des paramètres de fonctionnement du four identifiés comme pertinents pour limiter le potentiel polluant des mâchefers.

Valeur moyenne	Résultat de la dernière analyse		
	I Faible fraction lixiviable	II Fraction lixiviable intermédiaire	III Forte fraction lixiviable
I Faible fraction lixiviable		Arrêt de toute valorisation immédiate et maturation provisoire, jusqu'à nouvelle analyse correcte	Arrêt de toute valorisation immédiate et maturation provisoire, jusqu'à nouvelle analyse correcte
II Fraction lixiviable intermédiaire	Maturation		Maturation autorisée
III Forte fraction lixiviable	Stockage permanent	Stockage permanent	

2° Critères de décision pour l'élimination des mâchefers.

Le tableau ci-avant résume les décisions que l'on pourra prendre lorsque le résultat de la dernière analyse pratiquée sur les mâchefers produits par un four s'écartera sensiblement de la valeur moyenne obtenue pour ce même four, en tenant compte de cette même dernière analyse.

ANNEXE V

Utilisations admissibles de mâchefers à faible fraction lixiviable en techniques routières et assimilées

Les utilisations possibles en techniques routières de mâchefers à faible fraction lixiviable sont les suivantes :

- structure routière ou de parking (couche de forme, couche de fondation ou couche de base) à l'exception des chaussées réservoirs ou poreuses ;
- remblai compacté d'au plus 3 mètres de hauteur, sans aucun dispositif d'infiltration et à condition qu'il y ait en surface :

- une structure routière ou de parking ;
- un bâtiment couvert ;
- un recouvrement végétal sur un substrat d'au moins 0,5 mètres ;

La mise en place de ces mâchefers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. L'utilisation de ces mâchefers doit se faire en dehors des zones inondables et des périmètres de protection rapprochés des captages d'alimentation en eau potable ainsi qu'à une distance minimale de 30 m de tout cours d'eau. Il conviendra de veiller à la mise en œuvre de tels matériaux à une distance suffisante du niveau des plus hautes eaux connues. Enfin, ils ne doivent pas servir pour le remblaiement de tranchées comportant des canalisations métalliques ou pour la réalisation de systèmes drainants.

Afin d'éviter le dispersément de ces matériaux, on privilégiera leur emploi dans des chantiers importants. La procédure de chantier devra permettre de réduire autant que faire se peut l'exposition prolongée de ces matériaux aux intempéries. La mise en œuvre devra se faire avec compactage selon les procédures réglementaires ou normalisées et les bonnes pratiques dans ce domaine.

ANNEXE VI

Propositions de prescriptions relatives aux conditions d'exploitation d'une installation de traitement et de maturation de mâchefers

Définition

Une station de traitement et de maturation doit permettre le stockage temporaire et le traitement des mâchefers entre la production de ceux-ci par une usine d'incinération des résidus urbains et la valorisation en techniques rou-

tières. C'est une installation classée pour la protection de l'environnement soumise à autorisation dans le cadre des rubriques 322 A) et éventuellement 322 B) 1. de la nomenclature y relative. La durée du séjour des mâchefers sur l'installation ne doit alors pas excéder douze mois. Dans le cas où ni la simple maturation, ni même les traitements complémentaires éventuellement exercés sur le site de l'installation ne permettent d'atteindre les caractéristiques des mâchefers à faible fraction lixiviable, les mâchefers non valorisables devront être dirigés vers une installation de stockage permanent de déchets ménagers et assimilés, dûment autorisée au titre de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Dispositions générales

Article 1^{er} : L'installation est située, réalisée et exploitée conformément aux plans et au dossier de demande d'autorisation.

Toute modification apportée par le déclarant à l'installation, à son mode d'exploitation, doit être portée, avant réalisation, à la connaissance du préfet du département.

L'installation est construite, équipée et exploitée de manière à éviter que son fonctionnement puisse être à l'origine de dangers ou inconvénients visés à l'article 1^{er} de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Aménagement

Article 2 : Les aires de stockage et de manutention sont maintenues propres en permanence.

La zone de stockage et de manutention doit être implantée à plus de 200 m de toute habitation, des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et des établissements recevant du public.

Article 3 : Les voies de circulation et les aires d'attente ou de stationnement seront aménagées en fonction du nombre, du gabarit et du tonnage des véhicules appelés à y circuler : elles seront constituées d'un sol revêtu suffisamment résistant et n'entraînant pas l'envol de poussières.

Article 4 : Dans le cas où l'installation comporterait un traitement complémentaire des mâchefers, tels que criblage, séparation magnétique, ajout de stabilisant, etc. les matériels et leurs implantations seront précises.

Article 5 : L'aire de stockage et de traitement des mâchefers sera constituée de matériaux suffisamment résistants pour permettre la circulation des véhicules et matériels de manutention. Elle sera étanche. Les mâchefers ne doivent en aucun cas être stockés à même le sol. L'arrêté d'autorisation précisera les dispositions prévues à cet effet.

Les eaux de percolation et de ruissellement seront récupérées dans un dispositif de rétention réservé à cet usage. L'arrêté d'autorisation doit

préciser les valeurs limites à respecter pour un rejet au milieu naturel. Ces valeurs limites doivent alors être compatibles avec les objectifs de qualité du milieu récepteur, les orientations du schéma d'aménagement et de gestion des eaux et la vocation piscicole du milieu. Elles doivent être inférieures ou égales aux valeurs suivantes, mesurées selon les normes ou les bonnes pratiques appropriées :

- pH compris entre 5,5 et 8,5 ;
- hydrocarbures < 10 mg/l
- DCO < 125 mg/l
- métaux lourds totaux < 10 mg/l
dont : Cr6- < 0,1 mg/l
Cd < 0,2 mg/l
Pb < 0,5 mg/l
Hg < 0,05 mg/l

- phénols < 0,5 mg/l
- CN libre < 0,1 mg/l
- As < 0,1 mg/l
- fluorures < 15 mg/l

L'exploitant doit mettre en place un programme de surveillance de ses rejets. Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par l'arrêté d'autorisation.

Il réalisera une estimation régulière des flux ainsi rejetés, notamment en fonction des précipitations afin de s'assurer que le stockage ne conduit pas à un simple lessivage des mâchefers.

L'ensemble de ces dispositions sera décrit dans l'arrêté d'autorisation.

Exploitation

Article 6 : La réception des mâchefers aura lieu de h à h.

L'accès aux zones de stockage doit être interdit à toute personne ou véhicule en dehors des heures d'ouverture.

L'exploitant recevra des mâchefers des usines d'incinération nommément désignées dans le dossier accompagnant la demande d'autorisation. S'il reçoit des mâchefers provenant d'autres installations d'incinération de résidus urbains, il doit en informer l'inspection des installations classées.

Un panneau de signalisation portera toutes indications utiles telles que : nom de l'exploitant, arrêté d'autorisation, heures d'ouverture...

Tout apport d'ordures ménagères, de résidus de l'épuration des fumées ou de tout autre déchet est interdit.

Article 7 : Il est interdit de déposer des mâchefers sur les aires de circulation et de stationnement. Celles-ci seront régulièrement nettoyées et entretenues.

Article 8 : L'origine et la date d'arrivée des mâchefers ainsi que leur localisation dans l'installation seront consignées dans un registre tenu par l'exploitant à la disposition de l'inspecteur des installations classées.

Article 9 : Les mâchefers seront identifiés par lots. Un plan de gestion des lots de mâchefers

sera réalisé. La quantité maximale de mâchefer présent à tout moment sur le site sera fixée. Préalablement à l'utilisation en techniques routières, chaque lot fera l'objet d'une appréciation de sa qualité par un échantillonnage adéquat ou une analyse statistique de sa composition moyenne. Si les résultats obtenus ne sont pas conformes aux caractéristiques des mâchefers à faible fraction lixiviable, le lot sera maintenu sur le site ou expédié, après une durée maximum de stockage de douze mois, vers une installation de stockage permanent de déchets ménagers et assimilés, dûment autorisée au titre de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Si une procédure d'assurance qualité est mise en œuvre par l'exploitant et après accord du service chargé de l'inspection des installations classées, un allègement des procédures de contrôle et d'analyse pourra être mis en œuvre.

Un registre consignera les informations relatives à la sortie des mâchefers pour valorisation, avec l'identité et les coordonnées du client et le lieu indiqué de mise en œuvre.

Ce registre et les résultats des analyses réalisées sur les lots de mâchefers valorisés seront tenus à la disposition du service chargé de l'inspection des installations classées pendant une durée de 3 ans.

Un bilan annuel d'activité reprenant notamment les informations figurant dans les registres cités ci-dessus sera adressé à l'inspection des installations classées et aux exploitants des usines d'incinération dont les mâchefers sont accueillis sur le site. Ce bilan comprendra notamment les indications citées plus haut sur les lieux de mise en œuvre des mâchefers.

Prévention des nuisances

Article 10 : Incendie

Tout brûlage est interdit.

L'installation sera équipée de moyens de secours contre l'incendie, appropriés aux risques et à son importance.

Les consignes d'incendie sont affichées en permanence et de façon apparente.

Article 11 : Bruit

L'installation sera construite, équipée et exploitée de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits aériens ou de vibrations mécaniques susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une gêne pour sa tranquillité.

On considérera qu'il y a nuisance si l'installation est à l'origine d'une émergence supérieure à 3 dB(A).

L'émergence est définie comme étant la différence entre les niveaux de bruit mesurés lorsque l'installation est en fonctionnement et lorsqu'elle est à l'arrêt.

La mesure du niveau de bruit incluant le bruit particulier de l'installation devra être effectuée sur une durée représentative du fonctionnement le plus bruyant de celle-ci.

Les niveaux de bruit seront appréciés par le niveau de pression continu équivalent L_{Aeq}

L'émergence due aux bruits générés par l'installation devra rester inférieure à la valeur fixée ci-dessus :

- en tous points de l'intérieur des locaux riverains habités par des tiers, que les fenêtres soient ouvertes ou fermées ;
- le cas échéant, en tous points des parties extérieures (cour, jardin, terrasse, etc.) de ces mêmes locaux.

Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier qui peuvent être utilisés à l'intérieur de l'installation doivent être conformes à la réglementation en vigueur (les engins de chantier doivent répondre aux dispositions du décret n° 69-380 du 18 avril 1969).

L'usage de tous appareils de communications par voie acoustique (sirènes, avertisseurs, haut-parleurs, etc.) gênants pour le voisinage est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention ou au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

PROPOSITIONS DE PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX CONDITIONS D'EXPLOITATION D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT DE MATURATION DE MÂCHEFERS

Commentaires

Article 1^{er} : Sur la demande d'autorisation devront notamment être précisés :

- la distance entre la station et les immeubles habités par des tiers ;
- la quantité maximale de stockage de mâchefers pouvant être reçue dans la station ;
- la provenance des mâchefers ;
- les moyens de manutention et de traitement complémentaires utilisés dans la station ;
- l'adresse de l'installation de stockage permanent autorisée où seront dirigés les mâchefers non conformes pour la valorisation en techniques routières ainsi que les refus d'un traitement complémentaire éventuel.

Une copie des engagements passés entre l'exploitant et cette installation autorisée sera jointe au dossier. L'autorisation ne pourra être accordée que si l'exploitant apporte des garanties techniques et financières suffisantes pour démontrer sa capacité à éliminer dans le respect de la réglementation les quantités de mâchefers non valorisables susceptibles de s'accumuler sur son site.

Article 5 : Rejets des eaux

L'arrêté d'autorisation pourra utilement reprendre certaines dispositions fixées par l'arrêté ministériel du 1^{er} mars 1993 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux rejets de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Article 11 : Bruit

La limitation du bruit est applicable notamment aux différents postes de travail comportant la mise en œuvre de véhicules routiers ou d'autres engins mobiles, notamment des engins de manutention.

Le respect des dispositions spéciales relatives à la limitation des bruits émis par ces matériels est obligatoire mais peut se révéler insuffisant.

A cet effet, il convient de choisir chaque fois que faire se peut, pour l'équipement de l'installation, les matériels les moins bruyants possibles. Si cela ne suffit pas, la protection de l'environnement sera obtenue notamment soit par l'emploi de silencieux, écrans capotages ou dispositifs antivibratoires, soit en plaçant ces matériels dans des locaux spécialement étudiés.

GLOSSAIRE

- pd : Unité de masse volumique apparente
- ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- AR : Arase terrassement
- CCTG : Cahier des clauses techniques générales
- CCTP : Cahier des clauses techniques particulières.
- CET : Centre d'enfouissement technique
- DCE : Document de consultation des entreprises pour un marché public
- DDE : Direction départementale de l'équipement
- Dmax : Dimension du plus gros élément d'un matériau
- ES : Equivalent de sable
- Fines : Eléments d'un matériau inférieurs à 0,08 mm
- Granularité : Distribution dimensionnelle des grains d'un matériau (déterminée par la granulométrie)
- GTR : Guide technique pour la réalisation des remblais et couches de forme
- GTS : Guide technique pour le traitement des sols
- ICPE : Installations classées pour la protection de l'environnement
- IME : Installation de maturation et d'élaboration des MIOM
- IPI : Indice portant immédiat
- LA : Coefficient Los Angeles (%)
- LCPC : Laboratoire central des ponts et chaussées
- MDE : Coefficient Micro Deval en présence d'eau (%)
- MIOM : Mâchefer d'incinération des ordures ménagères
- MVA : Masse volumique apparente
- MVR : Masse volumique réelle
- OPN : Optimum proctor normal
- PAQ : Plan d'assurance qualité
- PF : Plate-forme support de chaussée
- PST : Partie supérieure des terrassements
- Q/S : Paramètre définissant les modalités de compactage d'un matériau
- REFIOM : Résidus de l'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères
- SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes
- SOPAQ : Schéma organisationnel de plan d'assurance qualité
- SVDU : Syndicat national du traitement et de la valorisation des déchets urbains et assimilés
- Sr : Degré de saturation d'un matériau
- TPC : Terre-plein central
- UIOM : Usine d'incinération des ordures ménagères
- VBS : Valeur au bleu de méthylène du sol
- W : Teneur en eau (%)

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

- G. BEAUZÉE : page 3a
- YPREMA : pages 3b, 3d, 4/5, 14
- 16 haut, 17, 18, 22, 23, 26, 28, 29
- SPL : pages 3c, 8, 10, 11, 16 bas, 30
- IAURIF : page 27

Création - Fabrication : Studio IAURIF