

Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

Les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé



Guide d'application

Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

Les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé



L'ouvrage est une œuvre collective réalisée sous la direction du Cerema.

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

- Patrick VAILLANT (Cerema)
- Laurent CHATEAU puis Sylvain BORDEBEURE (ADEME)
- Julie DUCROS puis Laure MOUTIER (MTES - DGPR)
- Arnaud BEN GUIGUI (EDF - UFCC)
- Isabelle CHAMPETIER (EDF - UFCC)
- Loïc DANEST (SURSCHISTE - UFCC)
- Claude HALLOUCHERIE (SURSCHISTE - UFCC)
- Abbas HAZIME (SURSCHISTE - UFCC)
- Annie PERRIER-ROSSET (EDF - UFCC)
- Hervé ROMANO (EDF - UFCC)
- François THIERRY (EDF - UFCC)
- Alexia TIERCELIN (UNIPER - UFCC)
- Laurence VIORA (EDF - UFCC)

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé*

Bron : Cerema, 2019. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-384-8

Sommaire

Avant-propos	5
1 - Introduction, objet et définitions	7
1.1 - Introduction	7
1.2 - Objet	7
1.3 - Définitions	8
2 - Description du gisement, des matériaux fabriqués et principaux usages	10
2.1 - Les cendres de charbon	10
2.1.1 - La production des cendres de charbon	10
2.1.2 - Les stockages et terrils historiques	11
2.1.3 - Statut réglementaire et classification	13
2.1.4 - Granulométrie type	13
2.1.5 - Composition chimique type	14
2.1.6 - Spécificité des cendres de charbon	14
2.2 - Élaboration des matériaux alternatifs et routiers	15
2.2.1 - Caractérisation et réception des cendres de charbon	15
2.2.2 - Élaboration du matériau alternatif	15
2.2.3 - Production du matériau routier	16
2.3 - Principaux usages	17
3 - Domaines d'emploi et limitations d'usage	20
3.1 - Usages routiers pris en compte	20
3.1.1 - Les usages routiers de type 1	20
3.1.2 - Les usages routiers de type 2	21
3.1.3 - Les usages routiers de type 3	21
3.2 - Limitations d'usage	22
3.2.1 - Limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier	22
3.2.2 - Limitations d'usage liées à la mise en œuvre du matériau routier	22
3.2.3 - Tableau de synthèse des limitations d'usage	23
4 - Assurance Qualité environnementale	24
4.1 - Contrôle lié à la caractérisation environnementale des matériaux alternatifs	24
4.2 - Périodicité des contrôles	24
4.2.1 - Cas général : contrôle des lots avant cession	25
4.2.2 - Cas particulier : contrôle des lots <i>a posteriori</i>	25
4.3 - Stockage et gestion des stocks	26
4.4 - Traçabilité et organisation de la Qualité	26



Annexes

Annexe 1 - Liste de normes et guides concernant différents types d'utilisation	27
Annexe 2 - Référentiel de conformité environnementale	29
Annexe 3 - Prescriptions pour les prélèvements et la préparation des échantillons	31
Annexe 4 - Prescriptions pour les laboratoires d'essai	35
Annexe 5 - Fiche d'information	38
Annexe 6 - Acronymes	40

Bibliographie

41

Avant-propos

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

Le recours à des matériaux alternatifs en technique routière doit s'appuyer sur leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques, ainsi que sur leur absence d'impact environnemental. Le Ministère chargé de l'Environnement a développé une méthodologie permettant d'évaluer les caractéristiques environnementales de ces matériaux qui a été publiée en mars 2011.

L'objectif du présent guide d'application est de favoriser le recyclage des cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé en indiquant à leurs producteurs les conditions dans lesquelles ils peuvent les recycler sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement. Il permet également de guider les services de l'État pour fixer des critères de recyclage dans les autorisations administratives des installations concernées.

Par ailleurs, ce guide d'application vise à fournir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, publics et privés, ainsi qu'aux entreprises, les prescriptions et les exigences opérationnelles relatives à l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués à partir de cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé lorsqu'ils sont destinés à être utilisés en technique routière. Ces spécifications doivent ainsi permettre aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre de les aider dans l'élaboration des cahiers des charges des projets ou l'analyse des variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Ce guide s'applique aux matériaux alternatifs fabriqués à partir des cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé, dont la fonction envisagée a été préalablement justifiée pour les usages routiers du point de vue de leurs performances techniques.

Le contenu de ce guide s'inscrit résolument dans une démarche de promotion de l'utilisation de matériaux alternatifs en technique routière sur tout le territoire national, dans des conditions environnementales maîtrisées. En ce sens, il concourt à répondre aux objectifs communautaires en matière de recyclage des déchets.

Ce guide d'application a été élaboré à l'initiative de l'Union Française des Cendres de Charbon (UFCC). Il a été validé par le Ministère de la Transition écologique et solidaire avec l'appui de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et du Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema), en concertation avec des représentants de la maîtrise d'ouvrage et des associations de protection de l'environnement.

Le Directeur Général
de la Prévention des Risques



Cédric BOURILLET

1 Introduction, objet et définitions

1.1 - Introduction

Afin de faciliter et promouvoir le recyclage des cendres silico-alumineuses de centrale thermique au charbon pulvérisé, ci-après les cendres de charbon, l'Union Française des Cendres de Charbon s'est, depuis de nombreuses années, engagée auprès des pouvoirs publics.

Cet engagement s'est confirmé notamment par le lancement d'une campagne conséquente de caractérisation environnementale des cendres de charbon en 2015. Cette étude scientifique a permis l'acquisition d'importantes connaissances sur le comportement environnemental de ces matériaux.

Le présent guide est le fruit de cette étude et constitue l'application au gisement de cendres de charbon définies au chapitre 1.3 de la démarche d'évaluation du guide méthodologique « Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Évaluation environnementale » (Sétra, mars 2011) [1].

Les spécifications environnementales qui sont proposées sont applicables aux matériaux alternatifs fabriqués à partir de cendres de charbon, et dont l'adéquation fonctionnelle à un usage en technique routière a été préalablement justifiée au regard des normes et/ou spécifications d'usage en vigueur (normes produits, normes d'usages, guides techniques régionaux, etc.) rappelées en annexe 1.

Ainsi, pour l'utilisation en technique routière de matériaux alternatifs et routiers élaborés à partir des cendres de charbon définies au chapitre 1.3, il n'est pas utile de se référer à la démarche d'évaluation générale du guide méthodologique [1] ; les seules prescriptions et exigences environnementales du présent guide d'application sont suffisantes.

1.2 - Objet

Ce guide d'application a pour objet de fournir les spécifications opérationnelles concernant l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de cendres de charbon en technique routière. Il ne s'applique qu'aux matériaux alternatifs et routiers fabriqués à partir des gisements de cendres de charbon définies au chapitre 1.3 à l'exclusion de ceux mis en œuvre pour la fabrication de ciments ou de liants hydrauliques routiers.

Il précise le cadre dans lequel doit s'inscrire le plan d'assurance de la qualité de leur fabrication, les limitations relatives à leurs usages et les recommandations à observer concernant leur stockage temporaire dans l'emprise du chantier ainsi que les conditions de leur mise en œuvre.

Enfin, il fournit les obligations des différents acteurs d'un projet routier en vue d'assurer la traçabilité des chantiers ayant recouru à leur utilisation.

Ce guide d'application s'adresse principalement :

- aux entreprises de fabrication et d'application pour qu'elles puissent proposer des matériaux alternatifs et routiers dans le respect des dispositions du présent guide ;
- aux exploitants de centrales thermiques au charbon, aux exploitants d'installations de traitement de cendres de charbon, afin de leur permettre de répondre aux obligations réglementaires en matière de gestion de leurs déchets (hiérarchie des modes de traitement, traçabilité, recours à des filières adaptées, etc.) ;
- aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre qui souhaitent utiliser ces matériaux alternatifs en technique routière afin qu'ils intègrent dans leurs projets et appels d'offres les modalités adaptées ;
- à l'inspection des installations classées pour qu'elle puisse y trouver les dispositions adaptées concernant le recyclage des cendres de charbon en technique routière.

Ce guide est révisable à tout moment, à la demande de l'une des parties concernées, dès lors que l'évolution des techniques, le retour d'expérience, et les données disponibles le justifient ainsi qu'en cas de nouvelles exigences induites par l'évolution du cadre juridique et réglementaire national et/ou européen.



1.3 - Définitions

Dans le présent guide, la terminologie suivante est utilisée :

Cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé ou cendres de charbon

Terme générique employé dans le présent guide pour désigner les cendres silico-alumineuses générées lors de la combustion de charbon pulvérisé en centrale thermique et récupérées sous le foyer ou par dépoussiérage des fumées, et qui peuvent avoir subi une longue période de stockage intermédiaire.

Ces résidus de procédé thermique relèvent généralement des rubriques suivantes de l'annexe à la décision 2000/532/CE de la Commission du 3 mai 2000 modifiée :

- 10 01 01 : Mâchefer, scories et cendres sous chaudières (sauf cendres sous chaudières visées à la rubrique 10 01 04) ;
- 10 01 02 : Cendres volantes de charbon.

Les cendres concernées par ce guide ont une teneur en chaux vive (CaO) inférieure à 5 %. Dans certains cas, ces résidus peuvent être issus de la combustion de charbon avec une part limitée de co-combustible (biomasse). Dans ce cas et sous réserve que la part des cendres apportées par le co-combustible reste inférieure à 10 % en masse, l'évaluation environnementale des cendres produites pourra s'appuyer sur le présent guide pour un usage routier. Des taux de co-combustible plus importants peuvent être envisagés, dans ce cas la cendre produite devra faire l'objet d'une campagne de caractérisation spécifique afin de déterminer le référentiel de conformité applicable.

Matériau alternatif (MA)

Tout matériau élaboré à partir de cendres de charbon et destiné à être utilisé, seul ou en mélange avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, au sein d'un matériau routier.

Un matériau alternatif est donc un constituant, éventuellement unique, d'un matériau routier.

Matériau routier (MR)

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

Un matériau routier est donc un matériau apte à quitter une installation de recyclage pour être mis en œuvre en l'état sur des chantiers routiers.

Il peut par exemple s'agir d'un matériau alternatif utilisé seul, d'un mélange de deux matériaux alternatifs, d'un mélange d'un matériau alternatif avec un matériau naturel, d'un mélange d'un matériau alternatif avec un liant (hydraulique ou hydrocarboné), ou bien d'une combinaison de toutes ces possibilités.

Usage routier

Usage pour lequel des matériaux sont utilisés à des fins de construction, de réhabilitation ou d'entretien d'ouvrages routiers.

Ouvrage routier

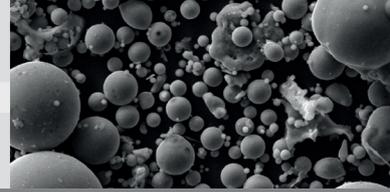
Ouvrage supportant un trafic routier (voie de circulation ou aire de stationnement), ou ouvrage situé dans l'emprise routière et dont la construction a été rendue nécessaire par l'existence de l'infrastructure (protection phonique, visuelle, etc.).

Installation de recyclage

Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) destinée à réceptionner ou exploiter des cendres de charbon issues de centrales thermiques ou de terrils et à les transformer en matériau alternatif puis routier après une étape d'élaboration suivie, le cas échéant, d'une étape de formulation.

Ce type d'installation, fixe ou mobile, permanente ou temporaire, relève en général des rubriques 2791 (traitement de déchets non dangereux) et 2716 (stockage et transit de déchets non dangereux) de la nomenclature des ICPE.

Une centrale thermique produisant des cendres directement valorisables en technique routière est prise en compte dans le présent guide sous la dénomination « installation de recyclage ».

**Élaboration**

Opération reposant sur une combinaison de traitements physiques simples (criblage, scalpage, lavage, tri), dits de « préparation », visant à produire un matériau alternatif à partir de cendres de charbon.

Formulation

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

Le matériau alternatif est plus communément qualifié de « traité » lorsqu'il est mélangé avec un liant hydraulique ou hydrocarboné, et de « non traité » lorsqu'il ne l'est pas.

De même, le matériau alternatif peut être qualifié de « recomposé » lorsqu'il est simplement mélangé avec d'autres matériaux granulaires.

Fabricant

Industriel responsable de l'élaboration du matériau alternatif et le cas échéant, de la formulation du matériau routier.



2 Description du gisement, des matériaux fabriqués et principaux usages

2.1 - Les cendres de charbon

Le secteur de l'industrie électrique génère annuellement de l'ordre de 400 000 tonnes de cendres de charbon. Une faible fraction de cette production est parfois entreposée en attente de valorisation. Cet entreposage ainsi que d'anciens terrils historiques de cendres de centrale thermique à l'arrêt forment des gisements intéressants pour une valorisation en technique routière. Le volume des gisements disponibles est estimé à environ 8 Mt.

La caractérisation initiale des gisements a montré que l'on pouvait considérer les cendres de foyer et les cendres volantes comme une même famille dans le cadre de la vérification de la conformité environnementale.

Nota : Il est interdit de procéder à une opération de stabilisation, une dilution ou à un mélange de cendres de foyer et de cendres volantes dans le seul but de satisfaire aux critères d'acceptabilité environnementale définis dans le présent guide d'application.

2.1.1 - La production des cendres de charbon

Le principe de production d'électricité d'une centrale thermique classique au charbon consiste à brûler du charbon pulvérisé dans une chaudière. A cette fin, le charbon qui est stocké sur parc avec une granulométrie assez grossière et hétérogène subit une opération de broyage avant son introduction en chaudière. Sous l'effet de la chaleur dégagée par la combustion, l'eau qui circule dans la chaudière se transforme en vapeur qui est ensuite envoyée sous pression vers une turbine couplée à un alternateur qui produit l'électricité.

La combustion du charbon génère des résidus solides et des résidus gazeux. Les résidus solides sont composés de la fraction minérale présente initialement dans le charbon (elle représente entre 10 et 15 % de la masse des charbons bruts généralement employés en France) ainsi que d'une fraction faible d'imbrûlés solides. On distingue essentiellement deux types de cendres de charbon selon qu'elles sont récupérées directement sous le foyer (cendres de foyer) ou par le système de dépeussierage des fumées (cendres volantes). La Figure 1 qui suit illustre le fonctionnement d'une centrale thermique classique.

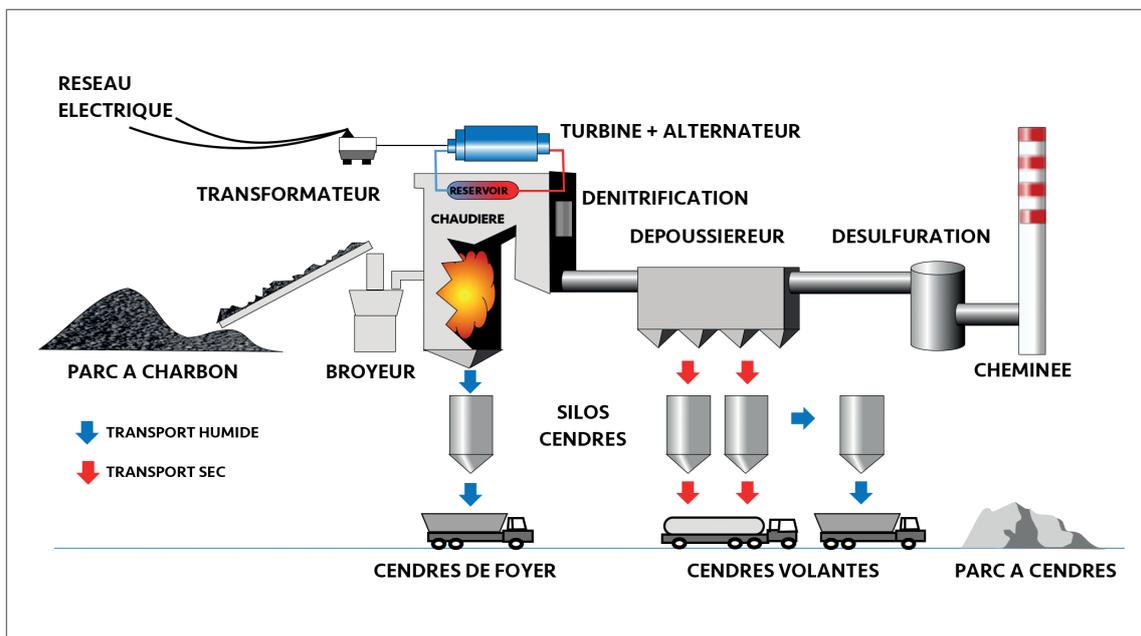


Figure 1 : Principe de fonctionnement d'une centrale thermique au charbon pulvérisé (Source : UFCV)

- les cendres de foyer représentent environ 10 % de la masse de résidu solide de combustion. Elles se déposent à la base de la chambre de combustion et sont recueillies dans des cendriers humides. Elles sont immergées dans un bain d'eau afin d'être refroidies puis sont extraites humides vers des silos et des zones de stockage à l'air libre en attente de leur commercialisation. Elles se présentent sous la forme d'un sable plus ou moins scoriacé de granulométrie comprise entre 30 microns et 30 mm avec parfois de rares éléments pouvant aller jusqu'à 100 mm. Le diamètre moyen est d'environ 0,5 mm ;
- les cendres volantes représentent environ 90 % de la masse de résidu solide de combustion. Elles sont entraînées par les fumées et collectées lors de leur dépoussiérage. 99 % des poussières sont ainsi collectées par les dépoussiéreurs sous forme sèche. Elles sont entreposées dans des silos en attente de leur commercialisation et sont reprises directement des silos dans les camions citernes qui les acheminent vers les différentes filières d'utilisation. Elles se présentent sous la forme d'une poudre très fine formée de particules sphériques allant de 0,5 microns à 315 microns. Le diamètre moyen est de 30 microns.

La production annuelle de cendres dites « fraîches » est de l'ordre de 400 000 tonnes.

2.1.2 - Les stockages et terrils historiques

Les centrales thermiques au charbon ont vu le jour à la fin du XIX^e siècle. Avec l'apparition de systèmes de dépoussiérage des fumées performants, dès le début du XX^e siècle, des stockages de cendres ont été progressivement constitués car les voies de valorisation n'étaient à l'origine pas aussi développées qu'aujourd'hui. Chaque stock est issu d'une unique centrale dont la technologie limite les caractéristiques des charbons qu'elle peut recevoir. D'autre part, la campagne de caractérisation réalisée dans le cadre de l'élaboration du présent guide a permis de vérifier l'absence d'hétérogénéité des stocks.

Les cendres sont stockées essentiellement sous trois formes :

- en silos sous forme sèche (cendres volantes) ou humide (cendres de foyer) ;
- en terrils (principal mode de dépôt des cendres) ;
- parfois sur des zones d'entreposage des centrales thermiques qui les ont produites, en attendant leur évacuation.

Le niveau d'humidité dépend du mode de stockage mais également du mode de transport (bande transporteuse ou système hydraulique).

Le principal mode de stockage des cendres est en terril. Afin de limiter les envols de poussières, les cendres de terrils sont transportées et entreposées sous forme humide et périodiquement arrosées. Avec ce stockage à l'air libre, le niveau d'humidité se stabilise autour de 30 % avec des variations en fonction de la profondeur et du lieu de stockage (climat).



Bien que stockées sous forme humide, les cendres de terrils peuvent parfois être mises à disposition sous forme sèche. Il existe trois unités de séchage des cendres en France (Saint Avold, Hornaing, Le Havre), qui ont séché plus de 4 Mt depuis 1989, permettant ainsi de maintenir une disponibilité en cendres sèches même en période de moindre demande électrique (effet de saisonnalité entre la demande d'énergie et les besoins des chantiers).

Les stockages de cendres représentent une ressource mobilisable de l'ordre de 8 millions de tonnes en France.



Figure 2 : Illustration de l'extraction de cendres de charbon d'un terril (site de Ansereuilles) (Source : UFCC)

La Figure 3 qui suit, indique les implantations de la production et des principaux gisements de cendres de charbon rapidement mobilisables en France. Toutefois, il existe d'autres stocks valorisables à plus long terme.



Figure 3 : Carte des principaux sites de production et gisements de cendres de charbon en France métropolitaine (Source : UFCC, 2017)

2.1.3 - Statut réglementaire et classification

En France, conformément aux dispositions des articles R. 541-7 à R. 541-10 du code de l'Environnement, les cendres de charbon produites en centrales thermiques sont classées sous les codes « 10-01-01 mâchefers, scories et cendres sous chaudières » pour les cendres de foyer et « 10-01-02 cendres volantes de charbon » pour les cendres volantes.

Dans certains cas, ces résidus peuvent être issus de la combustion de charbon avec une part limitée de co-combustible. Dans ce cas et sous réserve que la part des cendres apportée par le co-combustible reste inférieure à 10 % de la part totale des cendres, l'évaluation environnementale des cendres produites pourra s'appuyer sur le présent guide pour un usage routier. Des taux de co-combustible plus importants peuvent être envisagés. Dans ce cas la cendre produite devra faire l'objet d'une campagne de caractérisation spécifique afin de déterminer le référentiel de conformité applicable.

Au niveau européen, les cendres qui ont le statut de déchets relèvent de la liste verte du règlement sur les transferts transfrontaliers de déchets. Dans le cas contraire, elles font l'objet d'un enregistrement comme produit dans REACH sous le numéro CAS 68131-74-8 (Ashes residues, coal).

Les cendres de charbon sont des déchets non dangereux susceptibles d'être utilisés en technique routière, sous réserve notamment du respect des exigences particulières fournies dans le présent guide.

Enfin, dans le cadre de la directive EURATOM 96/29, les cendres de charbon ont fait l'objet d'études pour évaluer leur impact radiologique dans la mesure où elles sont issues de la combustion du charbon, matériau d'origine géologique qui contient à ce titre des radionucléides naturels. L'ASN [2] a évalué ces études et a conclu à l'absence d'enjeu radiologique pour les travailleurs et la population proche des sites de production ou de stockage de cendres de charbon. A ce propos, il convient de noter que les cendres de charbon présentent des concentrations d'activité en radionucléides naturels inférieures aux seuils d'exemption définis en annexe VII de la Directive EURATOM 13/59 ce qui confirme l'absence d'enjeu radiologique.

2.1.4 - Granulométrie type

Les cendres de charbon se présentent sous deux profils granulométriques :

- les cendres volantes récupérées par dépoussiérage des fumées, très fines ;
- les cendres de foyer recueillies par gravité sous foyer, assimilables à du gros sable.

Les courbes granulométriques ci-dessous sont présentées à titre informatif.

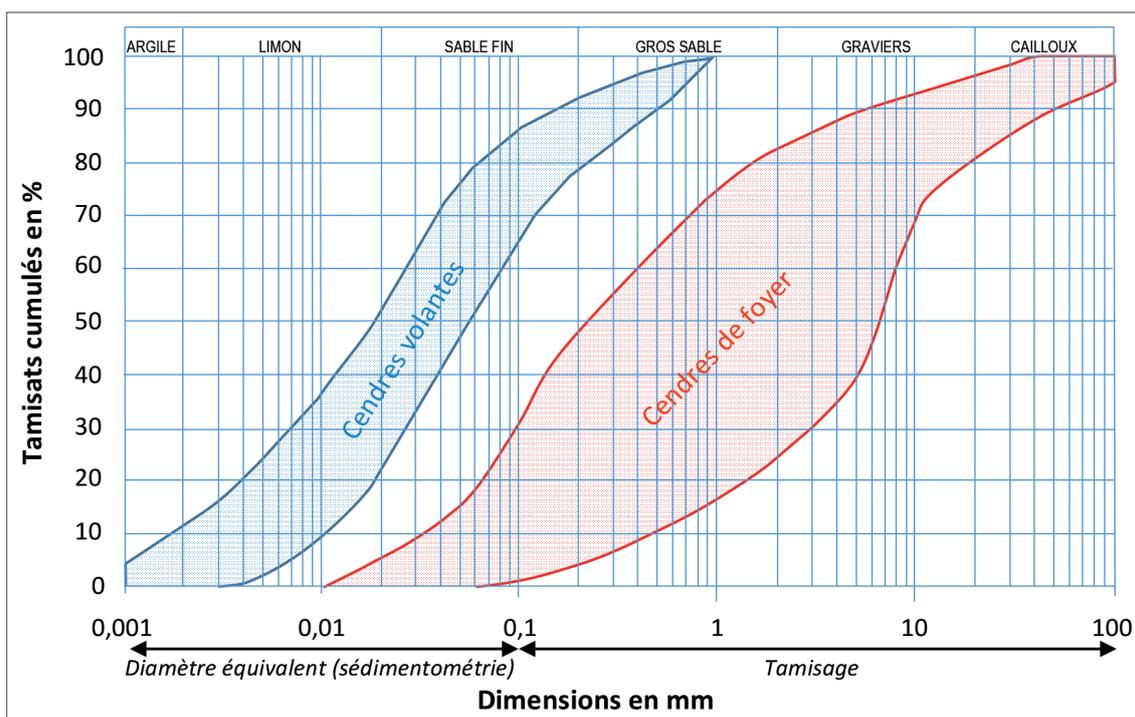


Figure 4 : Exemples de courbes granulométriques de cendres volantes sèches et de cendres de foyer (Source : UFCC)



2.1.5 - Composition chimique type

Les cendres volantes font l'objet d'un enregistrement sous REACH et à cet effet, un rapport « Chemical Safety Report (CSR) » a été élaboré. La composition type, regroupant l'ensemble des types de cendres que l'on peut rencontrer en Europe et enregistrée sous REACH, est rappelée dans le Tableau 1 suivant (extrait du CSR Reach).

Éléments	Filière Charbon pulvérisé
CaO	0,1 - 45 %
SiO ₂	20 - 76 %
K ₂ O	0,1 - 8 %
SO ₃	0,1 - 15 %
P ₂ O ₅	0,1 - 10 %
MgO	0,1 - 15 %
Fe ₂ O ₃	0,2 - 27 %
Al ₂ O ₃	5 - 40 %
Na ₂ O	0,1 - 8 %
TiO ₂	0,2 - 8 %
CaO free	0 - 9 %

Tableau 1 : Composition chimique sous forme d'oxydes en pourcentage massique des cendres volantes en Europe (Source : dossier REACH)

Nota : Les cendres de charbon de type silico-alumineuse, concernées par le présent guide, ont un taux de chaux vive (CaO) inférieur à 5 % en masse.

2.1.6 - Spécificité des cendres de charbon

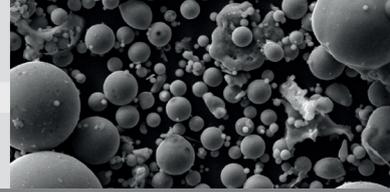
2.1.6.1 - Composés solubilisés à partir des cendres

La majorité des composants des cendres de charbon est insoluble. La fraction soluble dépend de la composition des cendres et en particulier de leur teneur en chaux. La fraction soluble est principalement constituée de calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates, chlorures et de petites quantités de phosphates et nitrates.

Par conséquent et afin de juger avec pertinence de la conformité environnementale des matériaux fabriqués à partir des cendres de charbon, il convient de respecter les valeurs associées aux anions chlorures et sulfates, et non la fraction soluble globale selon la méthodologie proposée par le guide méthodologique du Sétra [1]. En conséquence, ce paramètre ne fera pas l'objet d'exigence spécifique pour ce guide d'application.

2.1.6.2 - Constituants organiques

La combustion de charbon en centrale à charbon pulvérisé conduit à la présence d'imbrûlés non fermentescibles dans les cendres. Les études menées dans le cadre du programme de caractérisation ont montré que le carbone résiduel est principalement présent sous forme élémentaire et non sous forme organique. Le présent guide préconise de déterminer la teneur en carbone élémentaire lors des mesures de COT, en suivant la méthodologie précisée en Annexe 2.



2.2 - Élaboration des matériaux alternatifs et routiers

2.2.1 - Caractérisation et réception des cendres de charbon

Une installation de recyclage, qu'elle soit fixe ou mobile, permanente ou temporaire, relève en général des rubriques 2791 (traitement de déchets non dangereux) et 2716 (stockage et transit de déchets non dangereux) de la nomenclature des ICPE. Selon qu'elle relève du régime déclaratif, d'enregistrement ou d'autorisation, l'autorisation administrative - le cas échéant le ou les arrêtés types applicables - fixe les prescriptions ainsi que les modalités de protection de l'environnement (bruit, poussière, paysage, lutte contre les pollutions des eaux et/ou des sols, vibrations, etc.).

Dès lors que l'installation de recyclage traite plus de 100 t/j de déchets non inertes, elle est soumise à la Directive IED (Industrial Emission Directive) avec le numéro 3532.

L'installation tient à jour un dossier d'exploitation¹ comprenant *a minima* :

- une copie des autorisations administratives (déclaration, enregistrement ou autorisation) ;
- le registre d'admission des cendres de charbon entrantes, conformément à l'article 1 de l'arrêté du 29 février 2012 [3], avec les originaux des documents d'accompagnement remis par leurs producteurs ;
- le registre des cendres de charbon refusées en entrée de site ;
- le registre des matériaux routiers vendus ou cédés, conformément à l'article 2 de l'arrêté du 29 février 2012 [3].

Les documents d'accompagnement remis par le producteur de cendres de charbon lorsqu'il s'agit d'une centrale thermique permettent à l'exploitant de l'installation de recyclage de disposer de tous les éléments d'appréciation nécessaires relatifs à la possibilité d'accepter le matériau sur son installation notamment concernant son origine, sa nature, ses caractéristiques et la quantité concernée.

Les cendres de charbon sont considérées comme une même famille, toutefois il convient de maintenir séparées les cendres volantes et les cendres de foyer car leurs usages sont différents.

2.2.2 - Élaboration du matériau alternatif

Les cendres de charbon doivent subir un certain nombre de traitements mécaniques pour être transformées en matériaux à usage routier dont les caractéristiques doivent être conformes :

- d'une part, aux normes et/ou spécifications d'usage en vigueur (normes produits, normes d'usages, guides techniques régionaux, etc.) ;
- d'autre part, aux spécifications opérationnelles environnementales consignées dans le présent guide pour le type d'usage routier envisagé (cf. annexe 2).

Grâce à des équipements adaptés, les cendres de charbon sont transformées en un matériau alternatif calibré et contrôlé, exempt d'éléments indésirables. Les refus susceptibles d'être générés au stade de cette phase d'élaboration sont considérés comme des déchets d'activités.

Les différentes étapes de l'élaboration peuvent consister en :

- l'extraction des éléments métalliques à l'aide de séparateurs magnétiques ; les métaux ainsi récupérés sont recyclés dans les filières adaptées ;
- l'extraction des éléments indésirables (papier, végétaux, bois, plastique, etc.) par des équipements de tri (manuel, aéroulque, hydraulique, etc.) ;
- le calibrage par concassage/criblage afin de produire un matériau élaboré compatible avec les utilisations finales envisagées.

Les matériaux alternatifs sont ainsi élaborés afin d'obtenir des matériaux routiers pour des usages en remblai, en couche de forme (sol, grave non traitée), en assise de chaussée (grave non traitée, granulats) et/ou en couche de roulement.

Ces matériaux alternatifs peuvent être utilisés seuls en tant que matériaux routiers. Toutefois, pour étendre leurs domaines d'emplois en technique routière, ils peuvent être utilisés en mélange avec d'autres matériaux et/ou traités aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés.

¹ Lorsque l'opération de recyclage des cendres est réalisée au niveau d'un terroir historique sur des productions anciennes, les paragraphes relatifs à la réception des cendres ne sont pas applicables.



2.2.3 - Production du matériau routier

Deux catégories de matériaux routiers peuvent être produites à partir des matériaux alternatifs concernés par le présent guide, dont l'une comportant deux sous-catégories :

- des matériaux routiers non formulés ;
- des matériaux routiers formulés, issus :
 - soit de matériaux alternatifs recomposés avec des matériaux granulaires, sans traitement ;
 - soit de matériaux alternatifs traités aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés.

A titre de rappel, les cendres de charbon utilisées comme constituant pour la fabrication d'un ciment ou d'un liant hydraulique routier n'entrent pas dans le cadre du présent guide.

2.2.3.1 - Matériau routier non formulé

Le matériau routier est dit non formulé lorsqu'il s'agit d'un même matériau alternatif utilisé seul et sans traitement.

La vérification de la conformité avec le référentiel d'acceptabilité environnementale est à mener sur le matériau alternatif constitué conformément aux prescriptions du chapitre 2.2.2.

2.2.3.2 - Matériau formulé

Afin d'atteindre le niveau de performance mécanique requis pour le type d'usage routier envisagé, deux types de formulation sont possibles :

- la recombinaison granulaire avec des matériaux granulaires ;
- le traitement aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés.

2.2.3.2.1 - Matériau routier recomposé avec des matériaux granulaires

La formulation d'un matériau alternatif avec d'autres matériaux granulaires est généralement pratiquée afin d'améliorer les caractéristiques géotechniques du matériau routier final et ainsi accroître son domaine d'emploi. Ce type de formulation peut être préalable à un traitement avec un liant hydraulique ou hydrocarboné.

La vérification de la conformité avec le référentiel d'acceptabilité environnementale est à mener sur le matériau alternatif.

Si le matériau alternatif est uniquement mélangé avec des matériaux naturels et/ou avec des matériaux alternatifs élaborés à partir de cendres de charbon, la vérification de la conformité du matériau routier avec le référentiel d'acceptabilité environnementale n'est pas nécessaire. Les usages autorisés sont alors ceux qui sont autorisés pour tous les matériaux alternatifs.

Dans les autres cas, une étude menée conformément au guide méthodologique du Sétra [1] doit être produite et soumise à la DREAL contrôlant l'installation de recyclage afin de valider l'acceptabilité du matériau routier.

2.2.3.2.2 - Matériau routier traité aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés

Les matériaux routiers traités aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés utilisant un matériau alternatif, éventuellement recomposé au préalable, sont courants. Cette opération est pratiquée afin d'améliorer les caractéristiques géotechniques du matériau routier final et ainsi accroître son domaine d'emploi.

Matériau routier traité aux liants hydrauliques

Le traitement aux liants hydrauliques (ciment ou liant hydraulique routier) et/ou à la chaux de matériaux alternatifs élaborés à partir de cendres de charbon, bénéficie d'une large expérience. Il permet d'obtenir des performances géotechniques optimisées. En particulier, il permet dans le cas d'un traitement à la chaux d'améliorer l'état hydrique du matériau. Les matériaux routiers ainsi traités font l'objet d'études d'aptitude au traitement et d'études de formulation pour la mesure de leurs performances mécaniques.

La vérification de la conformité avec le référentiel d'acceptabilité environnementale est à mener sur le matériau alternatif.

Si le matériau alternatif est traité avec du ciment, un liant hydraulique routier et/ou à la chaux, la vérification de la conformité du matériau routier avec le référentiel d'acceptabilité environnementale n'est pas nécessaire.

Dans les autres cas, une étude menée conformément au guide méthodologique du Sétra [1] doit être produite et soumise à la DREAL contrôlant l'installation de recyclage afin de valider l'acceptabilité du matériau routier.

Matériau routier traité aux liants hydrocarbonés

Le traitement aux liants hydrocarbonés (ou bitumineux) de matériaux alternatifs élaborés à partir de cendres de charbon est assez récent. Le traitement se fait à chaud (y compris techniques tièdes) avec du bitume afin de produire des enrobés ou des graves-bitume, ou à froid afin de produire des graves-émulsion ou des graves-mousse. Chaque formulation fait l'objet d'une étude pour la mesure des performances mécaniques.

La vérification de la conformité avec le référentiel d'acceptabilité environnementale est à mener sur le matériau alternatif.

2.3 - Principaux usages

L'utilisation en génie civil des cendres de charbon silico-alumineuses, et en particulier en technique routière, s'est développée depuis les années 60 jusqu'à aujourd'hui. Il existe donc un retour d'expérience important sur l'usage des cendres en technique routière, et de nombreuses réalisations documentées et référencées sur différents types d'usage. Différentes normes régissent leurs conditions d'utilisation : elles sont présentées succinctement ci-après et rappelées en Annexe 1.

Les propriétés liantes (ou pouzzolaniques) des cendres en présence de chaux conduisent à les utiliser communément, seules ou en mélange avec des graves, en tant que fillers, granulats ou constituants de liants hydrauliques, dans des mélanges à usage routier.

Le choix des spécifications techniques du produit et de ses performances dépend du type d'usage envisagé (et des matériaux disponibles localement) : remblai, couche de forme, assise de chaussée, etc. Ces spécifications sont détaillées dans des guides locaux d'utilisation, les plus importants étant celui du Cerema Est (« Guide d'utilisation des matériaux lorrains en techniques routières ») et celui de la région Nord Pas de Calais issu de la démarche PREDIS (« Guide technique régional relatif à la valorisation des cendres volantes de charbon »). Une brève description de ces usages et de l'intérêt spécifique des cendres de charbon est donnée ci-dessous. Les normes de spécifications techniques sont également indiquées.

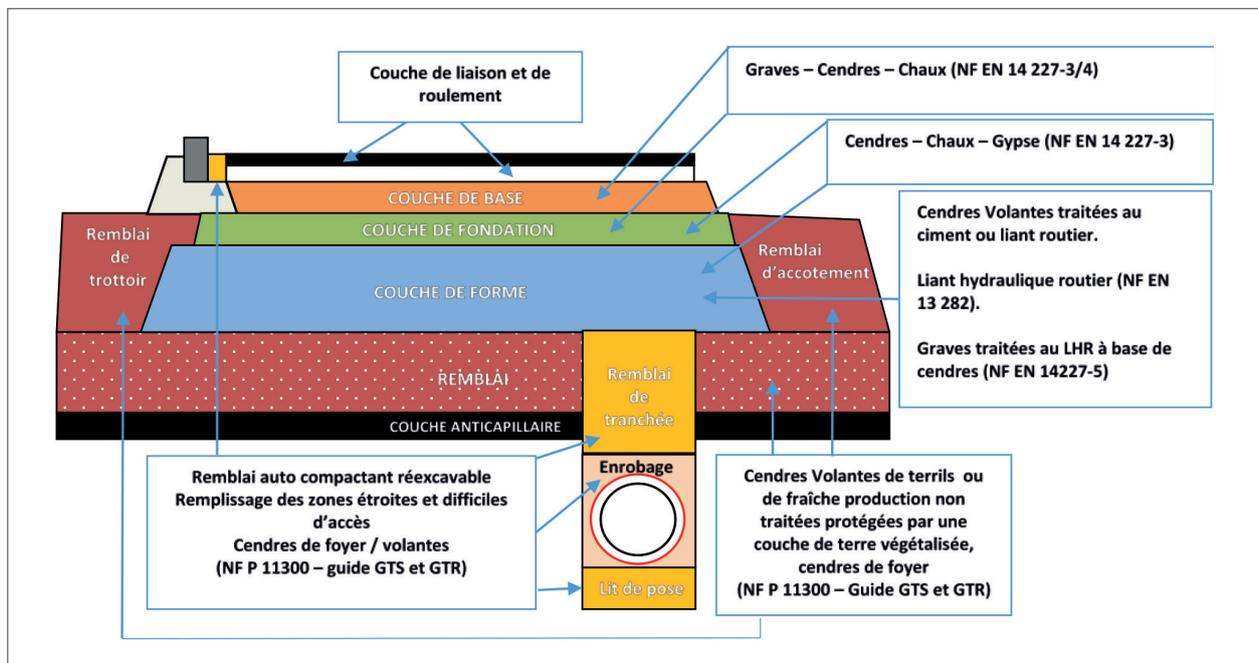


Figure 5 : Illustration des divers usages en technique routière et normes associées (Source : UFCV)

Pour une utilisation en remblai, la norme NF P11-300 permet d'assimiler généralement les cendres volantes de charbon à la classe des sols fins de type « A1 », même si leur nature de sous-produit industriel les classe en « F2 ». Leur intérêt spécifique est d'offrir un matériau plus maniable et plus léger après compactage (de 30 % à 50 %) que les matériaux classiques. Cependant, utilisées seules, elles sont mécaniquement sensibles à l'action de l'eau, que ce soit par effet de ravinement, ou à cause d'une teneur en eau excessive qui provoque une perte immédiate de portance.



Pour des raisons techniques, leur utilisation en terrassement est donc guidée par un principe de maîtrise complète du contact avec l'eau :

- soit par l'ajout de constituants (chaux ou ciment) permettant la prise hydraulique des cendres, qui deviennent alors insensibles à l'eau d'un point de vue mécanique ;
- soit en protégeant l'ouvrage constitué de cendres des eaux souterraines ou météoriques (revêtement, couverture végétale, etc.).

Ces préoccupations de performances mécaniques rejoignent les enjeux de protection de l'environnement, qui visent à limiter le contact de l'eau (nappes, eaux superficielles) avec les cendres (voir paragraphe 3.2).

Pour une utilisation en **couche de forme**, les cendres de charbon nécessitent d'être traitées par un liant hydraulique ou à la chaux. C'est un usage peu fréquent, à la fois pour des raisons de coût et d'habitudes régionales.

Pour un usage en **structure de chaussée**, les cendres volantes silico-alumineuses doivent répondre aux spécifications définies dans la norme NF EN 14227-3 et 4 « Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications ». Leur pouvoir pouzzolanique est déterminé selon la norme NF P98-111 « Essai de réactivité des cendres silico-alumineuses à la chaux ».

Les différentes parties de la norme NF EN 14227 s'appliquent aux mélanges traités aux liants hydrauliques utilisés pour la construction de chaussées. Les formulations montrent que les cendres de charbon jouent différents rôles, parfois simultanément.

Les cendres traitées à la chaux et au gypse jouent à la fois le rôle de granulats et de liant. Les cendres volantes traitées à la chaux et au gypse (par exemple : mélange 90/5/5) jouent un rôle d'accélérateur de prise par rapport à un granulats classique. La même norme permet de formuler un mélange grave/cendre/chaux (par exemple : mélange 85/13/2) dans lequel les cendres volantes ne jouent plus, avec la chaux, qu'un simple rôle de liant hydraulique.

Les usages de cendres de charbon en tant que **granulats ou fillers** sont assujettis à différentes normes concernant la définition, les spécifications et la conformité des granulats :

- NF P18-545 « Granulats - Éléments de définition, conformité, codification » ;
- NF EN 13043 « Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation » ;
- NF EN 13242/A1 « Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées » ;
- NF EN 13055 : « Granulats légers pour bétons, mortiers, mélanges hydrocarbonés, enduits superficiels et pour utilisation en couches traitées et non traitées ».

Le retour d'expérience des principales réalisations illustrant la diversité des emplois de cendres a fait l'objet de différentes publications [4 à 8]. De nombreux chantiers routiers ont été réalisés en utilisant des cendres, on peut citer notamment des réalisations sur les routes et autoroutes : A1, A2, A21, A25, A26, A27, RN33 à Creutzwald, RN47 entre Lens et La Bassée. Le tableau ci-dessous reprend quelques exemples notables de chantiers routiers développés plus en détails dans des articles publiés en 2011 et 2013 [5, 6] :

Ouvrages	Provenance des cendres Centrales thermiques/stocks	Emploi des cendres
Port Autonome du Havre/Parc Roulier (1998)	EDF Le Havre	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de fondation d'une plateforme de stockage de containers • Correcteur granulométrique : 15 à 20 % incorporés dans des sables graveleux provenant du dragage des estuaires
Plateforme industrielle de Sodes Lillebonne (2006)		<ul style="list-style-type: none"> • Corps de remblai • Cendres traitées en place à la chaux (50 cm à 1 m suivant les zones)
Déviations d'Harfleur (2005-2006)		<ul style="list-style-type: none"> • Couche de forme • Cendres traitées en centrale au liant hydraulique routier (6 %)
Port Autonome du Havre/Plateformes de voies de desserte ferroviaires (Plusieurs chantiers de 2004 à 2009)		<ul style="list-style-type: none"> • Couche de forme, soit : • cendres traitées en place à 6 % au liant HR • en correcteur granulométrique de sables de dragages dans les proportions de 15 % à 30 %
RD 955 Déviation de Liocourt	EDF Blénod	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de forme • Couche de fondation • Cendres traitées en centrale aux liants hydrauliques (5 à 6 % de LHR et 1 % de chaux)
RN 33 Creutzwald (2008-2009)	SNET Carling (Centrale Emile Huchet)	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de forme • Cendres (Sodeline) en correcteurs granulométriques de l'ordre de 10 % pour 90 % de sables homométriques traités aux liants hydrauliques routiers (5 %) et à la chaux (1 %)
Déviations de Meaux (2002-2003)	EDF Vaires-sur-Marne	<ul style="list-style-type: none"> • Comblement d'anciennes carrières de gypse nécessaire à la construction de la déviation • Coulis constitués de cendres
LGV EST Raccordement à l'interconnexion à Claye-Souilly (2004-2005)		<ul style="list-style-type: none"> • Corps de remblai allégés pour éviter les contraintes de stabilité • Cendres traitées à la chaux
LGV EST Zone de Remblai de Vandières	EDF Blénod	<ul style="list-style-type: none"> • Corps de remblai de la plate-forme de la LGV • Cendres volantes constituant le noyau du remblai encagé par des limons traités à la chaux

Tableau 2 : Exemples notables de chantiers routiers utilisant des cendres entre 1998 et 2009
(extraits de [5, 6])

Pour plus d'informations sur les cendres de charbon, on pourra consulter les nombreuses sources de documentation et références proposées en fin du présent guide.

3 Domaines d'emploi et limitations d'usage

3.1 - Usages routiers pris en compte

Les usages routiers envisagés dans le cadre du présent guide se distinguent selon le niveau d'exposition aux eaux météoriques. Trois types sont ainsi distingués et décrits ci-dessous.

Nota : Pour tout autre usage routier envisagé, une étude, menée conformément aux dispositions de la norme NF EN 12920+A1 [9], doit être produite et soumise, pour validation, à la DREAL contrôlant l'installation de valorisation.

3.1.1 - Les usages routiers de type 1

Les usages routiers de type 1 sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus² :

- remblai sous ouvrage ;
- couche de forme ;
- couche de fondation ;
- couche de base et couche de liaison.

Les matériaux routiers pouvant être utilisés dans des usages routiers de type 1 sont ceux pour lesquels les matériaux alternatifs entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites de l'annexe 2 pour les usages de type 1, dans la limite des dispositions fixées au chapitre 2.2.3.

La figure ci-dessous illustre les différents usages routiers de type 1.

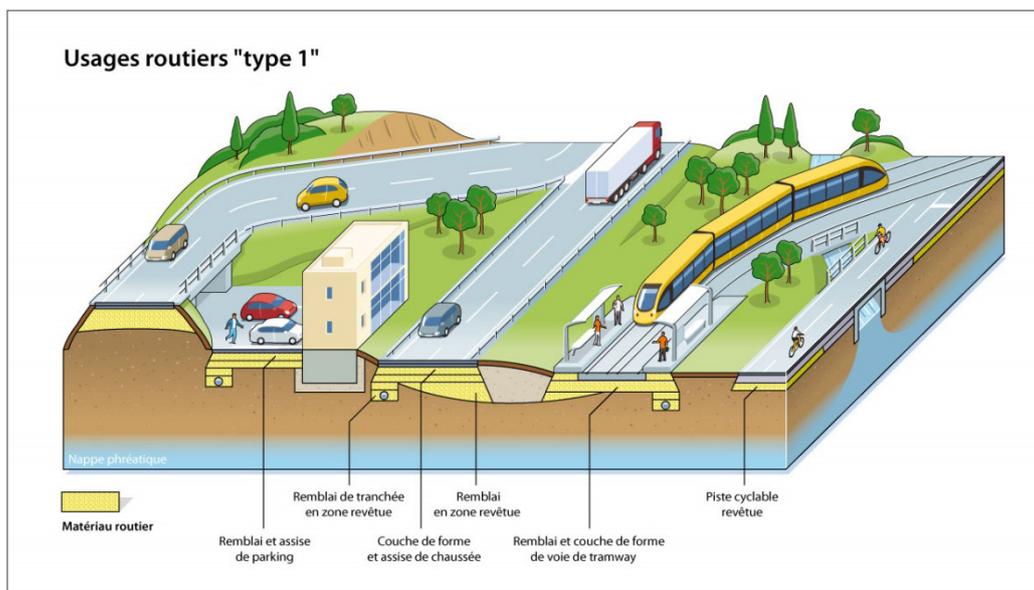


Figure 6 : Usages routiers « type 1 » (Infographie : Lorenzo Timon)

² Un ouvrage routier est réputé « revêtu » si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enduits superficiels d'usure, de béton, de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié, et si elle présente en tout point une pente minimale de 1 %.

3.1.2 - Les usages routiers de type 2

Les usages routiers de type 2 sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : merlon de protection phonique ou paysagé) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers recouverts³.

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

Les matériaux routiers pouvant être utilisés dans des usages routiers de type 2 sont ceux pour lesquels les matériaux alternatifs entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites de l'annexe 2 pour les usages de type 2, dans la limite des dispositions fixées au chapitre 2.2.3.

La figure ci-dessous illustre les différents usages routiers de type 2.

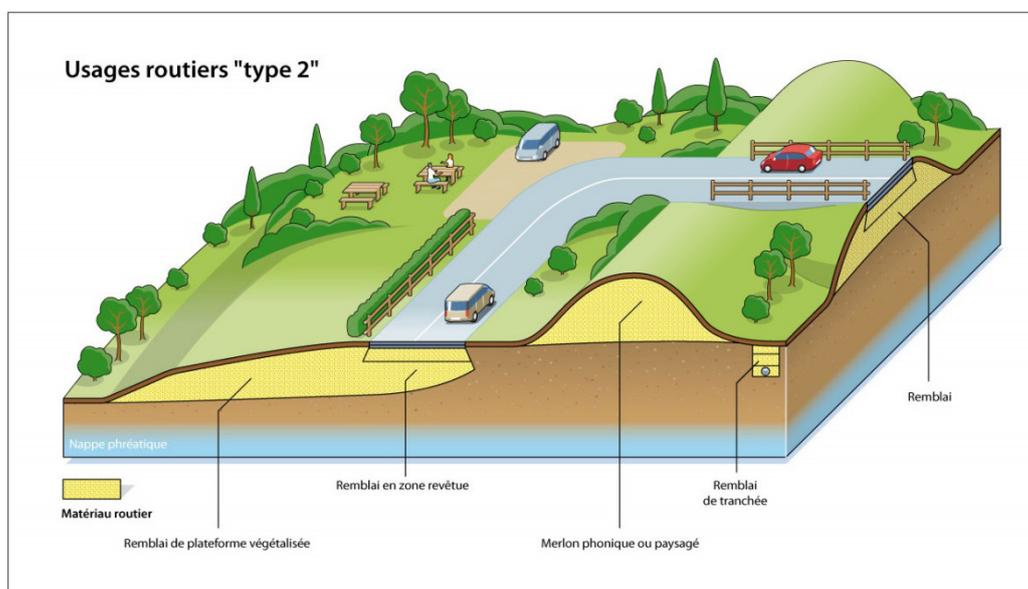


Figure 7 : Usages routiers « type 2 » (Infographie : Lorenzo Timon)

3.1.3 - Les usages routiers de type 3

Les usages routiers de type 3 sont les usages :

- en sous-couche de chaussée ou d'accotement, au sein d'ouvrages routiers revêtus ou non revêtus ;
- en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : merlon de protection phonique ou paysagé) ou en accotement, au sein d'ouvrages routiers recouverts ou non recouverts ;
- en couche de roulement ;
- en remblai de pré-chargement nécessaire à la construction d'une infrastructure routière ;
- en système drainant (ex : tranchée ou éperon drainant, chaussée réservoir).

Entre également dans cette catégorie des usages de type 3, l'utilisation de matériaux routiers pour la construction de :

- pistes de chantier ;
- routes forestières ;
- chemins d'exploitation agricole ;
- chemins de halage.

Les usages routiers de type 3 ne font l'objet d'aucune restriction d'épaisseur de mise en œuvre.

Les matériaux routiers pouvant être utilisés dans des usages routiers de type 3 sont ceux pour lesquels les matériaux alternatifs entrant dans leur composition satisfont aux valeurs limites de l'annexe 2 pour les usages de type 3, dans la limite des dispositions fixées au chapitre 2.2.3.

³ Un ouvrage routier est réputé « recouvert » si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimum de 5 %.



La figure ci-dessous illustre les différents usages routiers de type 3.

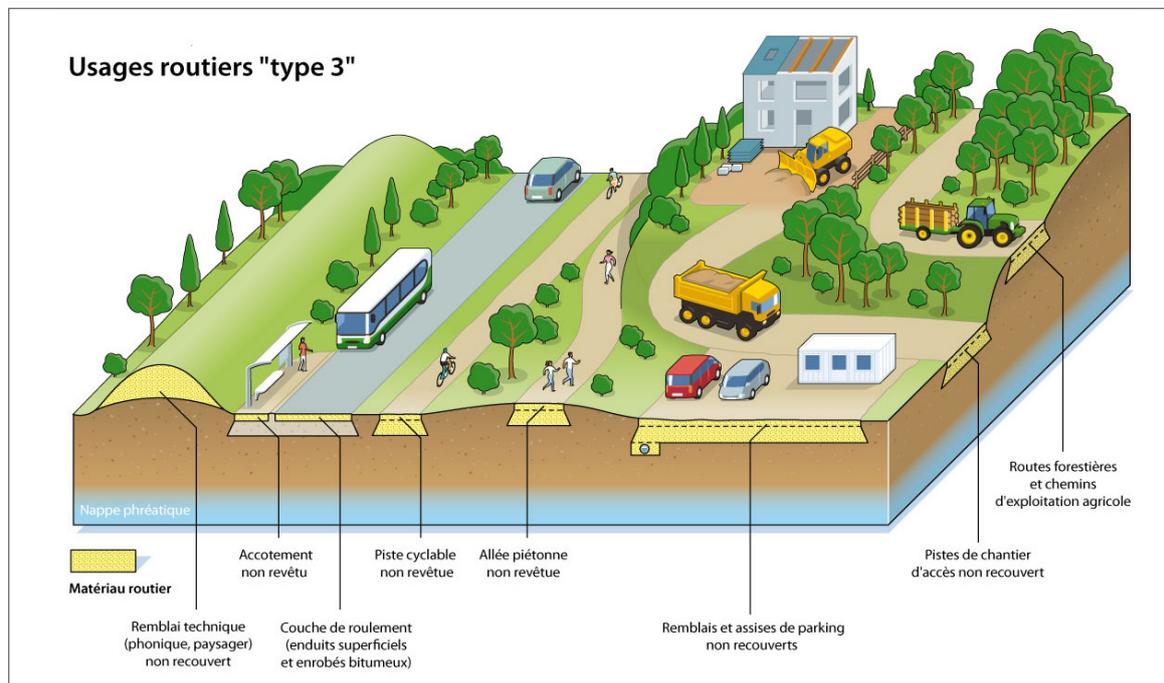


Figure 8 : Usages routiers « type 3 » (Infographie : Lorenzo Timon)

3.2 - Limitations d'usage

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

Les limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage peuvent concerner plusieurs cibles : les zones inondables, les lacs, étangs et cours d'eau, la présence d'un captage d'alimentation en eau potable (AEP), les zones répertoriées comme présentant une sensibilité particulière vis-à-vis des milieux aquatiques, ou encore les zones de karsts affleurant.

Ces limitations sont fonction du référentiel d'acceptabilité environnementale auquel satisfont les matériaux. Plus le référentiel est sévère, moins les limitations sont nombreuses compte tenu de la sécurité accrue apportée par la qualité environnementale des matériaux utilisés.

Il est également possible de faire appel à un hydrogéologue-expert pour avis au cas par cas, afin d'évaluer les risques locaux liés à la ressource en eau et l'adéquation des limitations nécessaires vis-à-vis de l'environnement immédiat de l'ouvrage incorporant les matériaux routiers. Dans ce cas de figure, l'hydrogéologue-expert sollicité devra impérativement avoir contracté une assurance professionnelle couvrant son activité professionnelle.

Le tableau du chapitre 3.2.3 fournit les limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier.

3.2.2 - Limitations d'usage liées à la mise en œuvre du matériau routier

Le stockage temporaire de matériaux routiers dans l'emprise du chantier est généralement nécessaire afin de répondre aux besoins du chantier tout en s'affranchissant de l'irrégularité des approvisionnements.

Des limitations d'usage sont nécessaires pour limiter le volume et la durée de ces stockages temporaires, dans la mesure où l'exposition des matériaux aux eaux météoriques peut être plus importante à ce moment qu'une fois mis en œuvre.

Ces limitations d'usage sont également fonction du référentiel d'acceptabilité environnementale auquel satisfont les matériaux. Plus le référentiel est sévère, moins les limitations sont restrictives compte tenu de la sécurité accrue apportée par la qualité environnementale des matériaux utilisés.

Il est également possible de faire appel à un hydrogéologue-expert pour avis au cas par cas, afin d'évaluer les risques locaux liés à la ressource en eau et l'adéquation des limitations nécessaires vis-à-vis de la mise en œuvre sur le chantier des matériaux routiers recyclés. Dans ce cas de figure, l'hydrogéologue-expert sollicité devra impérativement avoir contracté une assurance professionnelle couvrant son activité professionnelle.

Le tableau du chapitre 3.2.3 fournit les limitations d'usage à observer lors de la mise en œuvre du matériau routier.

3.2.3 - Tableau de synthèse des limitations d'usage

Le tableau suivant indique les limitations d'usage à observer en fonction des types d'usage.

Type d'usage	Limitations liées à l'environnement immédiat	Limitations liées à la mise en œuvre
Type 1 et 2	<p>Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation des matériaux alternatifs est interdite :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans les zones inondables et à moins de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ; - à moins de 30 m de tout cours d'eau, y compris lacs et étangs. Cette distance est portée à 60 m si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 m à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats, des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement ; - dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) des captages d'alimentation en eau potable (AEP) ; - dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ; - dans les zones de karsts affleurants pouvant modifier les écoulements d'eau présente en continue ou de façon temporaire dans l'ouvrage ou son environnement immédiat. <p>L'utilisation des matériaux alternatifs est interdite dans les parcs nationaux⁴</p>	<p>Capacité de stockage temporaire sur chantier limitée à 1000 m³</p> <p>Au-delà de 1000 m³ sur chantier, avis d'un hydrogéologue-expert</p>
Type 3	L'utilisation des matériaux alternatifs est interdite dans les parcs nationaux ⁴ .	Pas de limitation

Tableau 3 : Limitations d'usage

⁴ La liste des parcs nationaux français est disponible sur le site internet <http://www.parcsnationaux.fr>



4 Assurance Qualité environnementale

La procédure d'assurance de la qualité environnementale des matériaux alternatifs et routiers fabriqués et expédiés sur chantier doit faire partie intégrante du Système de Management de la Qualité déployé par les entreprises produisant et/ou mettant sur le marché les matériaux.

Les exigences décrites dans ce chapitre précisent les conditions minimales de maîtrise de la qualité des matériaux fabriqués à partir de cendres de charbon. A ce titre, il est recommandé de mettre en place des procédures qualité permettant d'assurer la fiabilité des contrôles. Celle-ci peut se concrétiser dans une certification ISO 9001 ou CE2+.

Le Plan d'Assurance Qualité (PAQ) de l'exploitant de l'installation de recyclage décrit les modalités pratiques de réalisation et de contrôle spécifiques à une installation ou un chantier. Le contenu du PAQ est établi par application des normes qualités relatives à ce type de document et comprend *a minima* :

- une copie des autorisations administratives (déclaration, enregistrement ou autorisation) ;
- la description détaillée de l'activité ;
- la procédure de réception des cendres de charbon entrants (si concerné) ;
- la description du suivi de la qualité environnementale des matériaux ;
- les procédures d'échantillonnage et d'analyse des matériaux produits ;
- la procédure de caractérisation géotechnique ;
- la procédure de conservation des résultats de la caractérisation géotechnique et de la vérification de la conformité environnementale ;
- la procédure de sortie de l'installation des matériaux commercialisables ;
- la procédure de sortie de l'installation des matériaux non commercialisables et des déchets d'activités.

4.1 - Contrôle lié à la caractérisation environnementale des matériaux alternatifs

La vérification de la conformité environnementale doit être menée par l'exploitant de l'installation de recyclage des cendres de charbon, conformément aux dispositions du chapitre 2.2.3. Cette vérification pourra se faire directement en qualifiant une zone du stock ou lors de la préparation d'un lot à destination d'un ou de plusieurs chantiers. L'exploitant peut mettre en place un contrôle environnemental et technique de production ou de préparation, afin de mieux maîtriser sa production.

Les paramètres environnementaux et les valeurs limites associées (Annexe 2) permettant de statuer sur la conformité d'un matériau alternatif sont clairement mentionnés dans la procédure d'assurance qualité.

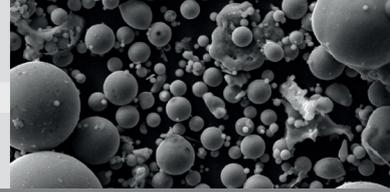
Les méthodes d'analyse sont choisies en suivant les prescriptions de l'annexe 4. Dans tous les cas, les limites de détection et de quantification associées doivent permettre de positionner sans ambiguïté les résultats avec les valeurs limites des paramètres analysés. Les méthodes d'analyse ainsi que les limites de détection et de quantification associées sont conservées avec les résultats d'analyse.

Les résultats d'analyse obtenus sont comparés aux valeurs limites du présent guide (Annexe 2) pour évaluer la conformité environnementale des matériaux fabriqués et déterminer la destination et les conditions d'usage appropriées.

Lorsque plusieurs analyses sont effectuées sur un même lot ou sur la production d'une même période, les valeurs à considérer sont la médiane des résultats d'analyse obtenus.

4.2 - Périodicité des contrôles

L'échantillon représentatif présenté à l'analyse est un échantillon composite constitué de plusieurs prélèvements élémentaires représentatifs du matériau considéré, réalisés en suivant les recommandations de l'annexe 3.



4.2.1 - Cas général : contrôle des lots avant cession

La caractérisation sera réalisée avec une fréquence au moins égale à celle proposée dans le tableau ci-après. Toutefois, l'exploitant pourra renforcer ce suivi pour l'adapter aux particularités de son gisement ou de ses chantiers.

A l'issue de 12 analyses consécutives sans dépassement et tant qu'il n'y a pas de changement notable dans le mode de production des cendres fraîches ou d'exploitation des stocks historiques, il est possible d'adapter la vérification de la conformité en diminuant la fréquence et/ou en restreignant la liste des paramètres suivis.

Production	Périodicité minimale des contrôles	Périodicité allégée	Évolution des contrôles
Installation de recyclage < 30 000 t/an (*)	Fréquence trimestrielle pendant les périodes de fonctionnement de l'installation, avec au moins un contrôle par lot de 10 000 t	Dans le cas où 12 analyses consécutives sont < VLU (**), il est possible de passer à 1 contrôle par semestre de production, avec au moins un contrôle par lot de 20 000 t	Les paramètres présentant 12 analyses consécutives inférieures à la moitié de la VLU (***) peuvent être suivis avec une fréquence annuelle.
Installation de recyclage > 30 000 t/an (*)	Fréquence mensuelle pendant les périodes de fonctionnement de l'installation, avec au moins un contrôle par lot de 10 000 t	Dans le cas où 12 analyses consécutives sont < VLU (**), il est possible de passer à 1 contrôle par trimestre de production, avec au moins un contrôle par lot de 30 000 t	Les paramètres présentant 12 analyses consécutives inférieures à la moitié de la VLU (***) peuvent être suivis avec une fréquence annuelle.

(*) La capacité de l'installation est évaluée sur les 12 derniers mois de production et pour les seuls usages visés par le présent guide.

(**) VLU : Valeur Limite pour l'Usage considéré définie en annexe 2.

Tableau 4 : Périodicité des contrôles

L'acceptabilité environnementale vis-à-vis des scénarios d'usage des lots de matériaux alternatifs fabriqués par l'installation est démontrée par le vendeur au client pour tout lot sortant de l'installation sur la base de la fiche de données environnementales délivrée par le Fabricant. L'acceptabilité environnementale de toute partie de lot est établie sur la base de la caractérisation du lot complet.

A l'exception du cas mentionné au chapitre 4.2.2, la cession des cendres, accompagnée ou pas d'une vente, ne peut pas intervenir avant l'obtention de l'ensemble des résultats du contrôle.

4.2.2 - Cas particulier : contrôle des lots a posteriori

La vérification de la conformité environnementale préalablement à la cession, accompagnée ou pas d'une vente, est la règle générale. Cependant, la vérification de la conformité environnementale postérieurement à leur cession peut être tolérée si les conditions suivantes sont réunies :

- les matériaux alternatifs sont produits à partir d'un gisement unique de cendres pour lequel l'installation possède une procédure documentée spécifique de production ;
- les matériaux alternatifs sont produits selon un processus constant d'élaboration faisant l'objet d'une procédure documentée spécifique ;
- les matériaux alternatifs ainsi produits ont respecté le référentiel d'acceptabilité environnementale associé aux usages de type 3 (cf. annexe 2) lors des 12 derniers contrôles, répartis sur au moins 6 mois de production ;
- l'installation possède une procédure de gestion des non-conformités intégrant une information du client, une analyse des risques associés à cette non-conformité ainsi qu'une proposition de mesure corrective adaptée.

La fiche d'information mentionnée au chapitre 4.4 et consignée en annexe 5 doit être adressée au client au plus tard deux mois après la livraison des matériaux sur le chantier.

Ces dispositions et procédures doivent être intégrées au plan d'assurance qualité de l'installation.



4.3 - Stockage et gestion des stocks

Après leur élaboration, les stocks de matériaux alternatifs sont identifiés (plan de stockage et panneautage) et physiquement séparés en fonction des résultats de la vérification de la conformité environnementale. Ils sont *a minima* séparés par type d'usage autorisé (type 1, 2 ou 3).

Toutes les dispositions sont prises pour éviter le mélange de matériaux issus de stocks différents.

4.4 - Traçabilité et organisation de la Qualité

Toute cession, accompagnée ou non d'une vente, de matériau routier est accompagnée d'un bon de livraison émis par l'exploitant de l'installation de recyclage. Chaque bon mentionne au minimum :

- le nom et l'adresse de l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers ;
- le nom des transporteurs, si le transport n'est pas effectué par l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers ;
- la quantité de matériau routier quittant l'installation ;
- la date de sortie de l'installation.

En sus du bon de livraison, avant la livraison sur le chantier routier ou au moment de celle-ci, ou lors de la première d'une série de livraisons d'un même matériau routier, l'exploitant de l'installation de recyclage fournit à son client (en général, l'entreprise chargée de l'exécution des travaux routiers) une fiche d'information (cf. annexe 5) indiquant :

- les usages routiers autorisés compte tenu des caractéristiques environnementales des matériaux alternatifs entrant dans sa composition ;
- les restrictions d'usages associées.

Dans tous les cas, l'exploitant de l'installation de recyclage tient à la disposition de son client les résultats de la vérification de la conformité environnementale pendant une durée de trois ans.

Ces dispositions n'exonèrent pas l'exploitant de l'installation de recyclage du respect des autres obligations réglementaires auxquelles il est soumis.

Annexes

Annexe 1 - Liste de normes et guides concernant différents types d'utilisation

Les matériaux routiers sont potentiellement utilisables pour différents types d'usages listés ci-après, avec pour chacun des normes et guides associés:

Le remblayage de tranchée

- norme NF P98-331 : Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection - Février 2005 ;
- norme NF P11-300 : Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières - Septembre 1992 ;
- guide technique « Terrassements routiers, réalisation de remblais et des couches de formes » ou « GTR », fascicules I et II, Sétra/LCPC, 2^e édition - Juillet 2000 ;
- guide technique « Remblayage et réfections des tranchées », Sétra/LCPC - Mai 1994 (mise à jour Janvier 1998) ;
- note d'information sur le remblayage des tranchées et réfection des chaussées - Complément au guide technique Sétra/LCPC de Mai 1994, Sétra - Juin 2007 ;
- guide technique « Études et réalisations de tranchées », Sétra - Novembre 2001 ;
- note d'information n°22 « Classification et aide au choix des matériaux granulaires recyclés pour leurs usages routiers hors agrégats d'enrobés », Idrrim - Février 2011.

La réalisation de remblais et de couches de forme

- norme NF P11-300 : Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières - Septembre 1992 ;
- guide technique « Terrassements routiers, réalisation de remblais et des couches de formes » ou « GTR », fascicules I et II, Sétra/LCPC, 2^e édition - Juillet 2000 ;
- guide technique « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application à la réalisation des remblais et des couches de forme » ou «GTS», Sétra/LCPC - Janvier 2000 ;
- guide technique « Conception et réalisation des terrassements - Fascicule 1 : études et exécution des travaux », Sétra - Mars 2007 ;
- note d'information n°22 « Classification et aide au choix des matériaux granulaires recyclés pour leurs usages routiers hors agrégats d'enrobés », Idrrim - Février 2011 ;
- norme NF EN 14475 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Remblais renforcés - Janvier 2007 ;
- guide technique « Drainage routier », Sétra - Mars 2006.

La réalisation de couches de structure de chaussée

- norme NF P18-545 : Granulats - Eléments de définition, conformité et codification - Septembre 2011 ;
- norme NF EN 13285 : Graves non traitées - Spécifications - Juin 2018 ;
- norme NF EN 13242+A1 : Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées - Mars 2008 ;
- norme NF EN 14227-1 : Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 1 : Mélanges granulaires traités au ciment - Août 2013 ;
- norme NF EN 14227-3 : Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 3 : Mélanges granulaires traités à la cendre volante - Août 2013 ;
- norme NF EN 14227-4 : Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 4 : Cendre volante pour mélanges traités aux liants hydrauliques - Août 2013 ;
- norme NF EN 14227-5 : Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 5 : Mélanges granulaires traités aux liants hydrauliques routiers - Août 2013 ;

- guide technique « Utilisation des normes enrobés à chaud », Sétra - Janvier 2008 ;
- note d'information n°22 « Classification et aide au choix des matériaux granulaires recyclés pour leurs usages routiers hors agrégats d'enrobés », Idrrim - Février 2011 ;
- note d'information n°24 « Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes », Idrrim - Avril 2013.

La réalisation de couches de surface (roulement et liaison)

- norme NF P18-545 : Granulats - Eléments de définition, conformité et codification - Septembre 2011 ;
- norme NF EN 13043 : Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation - Août 2003 ;
- norme NF EN 13108-1 : Mélanges bitumineux - Spécifications des matériaux - Partie 1 : Enrobés bitumineux - Février 2007 ;
- norme NF EN 13108-8 : Mélanges bitumineux - Spécifications des matériaux - Partie 8 : Agrégats d'enrobés - Mars 2006.
- norme NF EN 13108-20 : Mélanges bitumineux - Spécifications des matériaux - Partie 20 : Epreuve de formulation - Juin 2006 ;
- guide technique « Utilisation des normes enrobés à chaud », Sétra - Janvier 2008 ;
- note d'information n°24 « Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes », Idrrim - Avril 2013.

La réalisation des bétons routiers

- norme NF P18-545 : Granulats - Eléments de définition, conformité et codification - Septembre 2011 ;
- norme NF EN 12620+A1 : Granulats pour béton - Juin 2008 ;
- norme NF EN 206/CN : Béton - Spécification, performance, production et conformité - Complément national à la norme NF EN 206 - Décembre 2014 ;
- norme NF EN 13877-1 : Chaussées en béton - Partie 1 : Matériaux - Octobre 2013 ;
- note d'information n°24 « Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes », Idrrim - Avril 2013.

La réalisation de chaussées urbaines

- norme NF P98-335 : Chaussées urbaines - Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle - Mai 2007.

La réalisation de pistes cyclables

- guide technique « Recommandations pour les aménagements cyclables », Certu - Septembre 2008.

Annexe 2 - Référentiel de conformité environnementale

La vérification de la conformité environnementale d'un matériau alternatif élaboré à partir de cendres de charbon est effectuée en évaluant sa teneur en éléments polluants et en étudiant son comportement à la lixiviation (NF EN 12457 2 [10]). Si l'application de la norme NF EN 12457-2 nécessite une réduction granulométrique, il est toléré d'appliquer la norme NF EN 12457-4 [11].

L'échantillon soumis aux analyses est confectionné en suivant les recommandations de l'annexe 3 et les analyses sont menées en appliquant les prescriptions de l'annexe 4.

Les valeurs-limites à respecter par tout matériau alternatif élaboré à base de cendres sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Usages de type 1	Usages de type 2	Usages de type 3
Analyse en lixiviation (NF EN 12457-2 [10] ou NF EN 12457-4 [11] exprimée en mg/kg de matière sèche			
As	0,7	0,6	0,6
B	50	25	25
Cr total	4	2	0,6
Cr VI (1)	1,2	0,6	/
Mo	4,8	2,4	0,6
Sb	0,4	0,2	0,08
Se	0,5	0,3	0,1
Fluorures	60	30	13
Sulfates	10 000	5 000	1 300
Analyse en contenu total			
COT (2)	60 000 mg/kg de matière sèche		
HAP (3)	50 mg/kg de matière sèche		
Dioxines et furanes (4)	10 ng I-TEQ _{OMS, 2005} /kg de matière sèche		

(1) Si la teneur mesurée en chrome hexavalent est supérieure à celle mesurée en chrome total, la valeur à retenir pour le chrome hexavalent est celle obtenue pour le chrome total. D'autre part, la mesure de la teneur en chrome hexavalent n'est pas à effectuer si la teneur mesurée en chrome total est inférieure à 0,6 mg/kg de matière sèche.

(2) Si la teneur en COT déterminée selon la norme NF EN 15936 [12] est supérieure à 60 000 mg/kg, il est possible de mesurer la teneur en carbone élémentaire selon la norme CEN/TR 16243 [13] et de la déduire de la teneur en COT mesurée initialement. Si la valeur de COT ainsi corrigée est inférieure à 60 000 mg/kg, l'échantillon est considéré conforme. A noter que si le CE mesuré selon la norme CEN/TR 16243 [13] est supérieur à la mesure réalisée par la norme NF EN 15936 [12], tout le carbone est considéré sous forme élémentaire.

(3) 16 congénères selon US EPA

(4) Lorsque la concentration d'un congénère est inférieure à la limite de quantification alors elle est considérée comme nulle dans le calcul cumulé.

Si les cendres résultent d'une opération de co-combustion (selon la définition donnée au § 1.3), les valeurs-limites suivantes devront également être respectées en complément du tableau précédent :

Paramètres	Usages de type 1	Usages de type 2	Usages de type 3
Analyse en lixiviation (NF EN 12457-2 [10] ou NF EN 12457-4 [11] exprimée en mg/kg de matière sèche			
Ba	56	28	25
Cd	0,05	0,05	0,05
Cu	3	3	3
Hg	0,01	0,01	0,01
Ni	0,5	0,5	0,5
Pb	0,6	0,6	0,6
Zn	5	5	5
Chlorure	10 000	5 000	1 000
Analyse en contenu total exprimée en mg/kg de matière sèche			
PCB (7 congénères)	1		
HCT (C10-C40)	500		
BTEX	6		

Annexe 3 - Prescriptions pour les prélèvements et la préparation des échantillons

Les modalités à suivre sont celles de l'annexe 2 du guide méthodologique « Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Evaluation environnementale » (Sétra, mars 2011) [1], reprenant notamment celles des normes NF EN 14899 [14], FD CEN/TR 15310 (parties 1 à 5) [15], NF EN 932-1 [16] et NF EN 932-2 [17].

Les prélèvements peuvent s'effectuer de différentes manières :

- sous silo ;
- sur jetée ;
- sur bande transporteuse à l'arrêt ;
- sur stock.

Dans tous les cas, la constitution d'un échantillon pour laboratoire est précédée de la réalisation d'un échantillon global de taille importante représentatif du stock échantillonné.

L'échantillon de laboratoire est issu de la réduction de l'échantillon global après homogénéisation.

3A. Masses à prélever

Une distinction est faite entre les cendres de foyer (D_{\max} de 30 mm) et les cendres volantes (D_{\max} de 0,3 mm).

Il est conseillé de prélever les quantités minimales suivantes :

- masse minimale d'un échantillon global : 20 kg pour une cendre volante et 40 kg pour une cendre de foyer ;
- masse minimale des prélèvements unitaires constituant l'échantillon global : 1 kg pour les cendres volantes et 2 kg pour les cendres de foyer.

Le site de production pourra adapter les quantités prélevées mais un minimum de 20 échantillons élémentaires est nécessaire pour réaliser un composite.

3B. Appareillage et procédure de prélèvement, constitution de l'échantillon global

Prélèvements sous silo :

Les prélèvements peuvent être réalisés sous un silo de cendres au point de vidange à l'aide d'un échantillonneur adapté. Le nombre et la répartition dans le temps des prélèvements doivent être choisis de manière à ce que l'échantillon global soit représentatif du lot.

Prélèvements sur jetée :

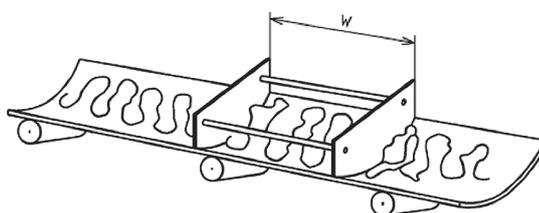
L'échantillon peut également être pris en fonctionnement au niveau d'une jetée lorsque les conditions de sécurité le permettent. C'est le cas en particulier au niveau de la jetée de la cribleuse sur un terril historique. Lorsque plusieurs jetées sont utilisées, on alternera les points de prélèvement *au prorata* de la production.

Dans ce cas, on placera un seau ou un godet au niveau de la jetée pour récupérer les quantités nécessaires.

Prélèvements sur bande transporteuse à l'arrêt :

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

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

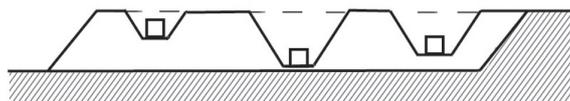


Cadre d'échantillonnage (NF EN 932-2)

Prélèvements sur stock :

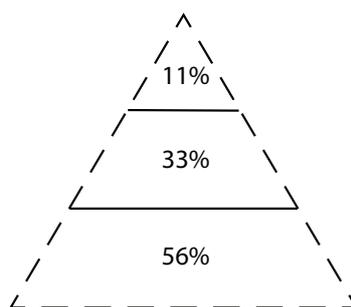
Pour minimiser l'effet de la ségrégation du stock, des prélèvements de taille à peu près égale doivent être effectués en différents points à différentes hauteurs ou profondeurs sur l'ensemble du stock.

L'emplacement et le nombre de prélèvements doivent tenir compte de la manière dont le stock est construit, de sa forme et de la possibilité de ségrégation interne. Le prélèvement doit être fait à l'aide d'une pelle à main, d'une pelle mécanique ou d'une benne au point le plus profond de chaque trou réalisé par un engin.



Échantillonnage sur stocks plats

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



Échantillonnage sur stocks en forme de toit

Dans le cas de stocks importants, une chargeuse est utilisée pour découvrir une surface d'échantillonnage à l'intérieur du stock. Un certain nombre de godets (pas moins de 3) est prélevé sur cette surface pour être mélangé et former un tas en vue de l'échantillonnage. Une pelle est utilisée pour prélever un certain nombre d'échantillons en des emplacements choisis au hasard dans le tas.

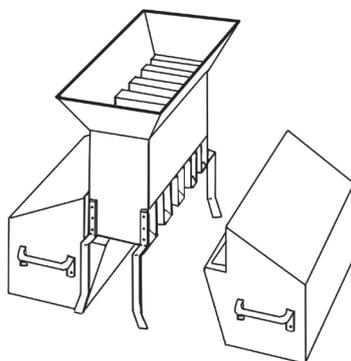
3C. Réduction de l'échantillon global - Constitution de l'échantillon pour laboratoire

L'échantillon global issu des prélèvements unitaires doit être réduit pour transmission au laboratoire afin de fournir à ce dernier la quantité adaptée à la réalisation des essais environnementaux, quantité qui est généralement définie dans la norme d'essai correspondante, par exemple :

- essai de lixiviation - NF EN 12457-2/4 [10, 11] : minimum 2 kg ;
- analyse des composés organiques : minimum 0,5 kg.

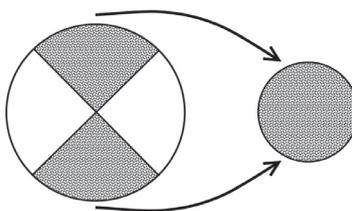
Après homogénéisation à la pelle de l'échantillon global, plusieurs méthodes de réduction de l'échantillon global sont possibles :

- la plus utilisée et la plus fiable en laboratoire est l'emploi d'un diviseur à couloir : l'échantillon global est inséré en haut du diviseur et séparé en deux fractions égales en passant dans les couloirs. L'opération est répétée jusqu'à obtenir un échantillon de quantité adaptée selon les essais à réaliser (cf. ci-dessus) pour envoi au laboratoire pratiquant les essais environnementaux ;



Diviseur à couloirs

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



Principe du quartage

3D. Échantillon final pour le laboratoire pratiquant les essais environnementaux

Placer l'échantillon final dans :

- des bocaux en verre pour la mesure des organiques ;
- un sac plastique étanche pour les autres essais, en veillant à chasser l'air du sac et le fermer hermétiquement.

D'une manière générale, il convient d'exclure les récipients en aluminium.

3E. Protections individuelles

Gants, masque à poussière.

3F. Établissement du rapport d'échantillonnage

Un rapport est établi pour chaque échantillon pour laboratoire, selon la trame fournie à la section 11 de la norme NF EN 932-1 [16]. Il est conservé au minimum 3 ans.

Annexe 4 - Prescriptions pour les laboratoires d'essai

Cette annexe fournit les recommandations pour les laboratoires d'analyse qui seront en charge des essais de lixiviation et des analyses subséquentes des paramètres spécifiés et des essais de détermination du contenu en certains composés organiques spécifiés dans le tableau de l'annexe 2, réalisés lors de la vérification de la conformité des matériaux alternatifs et/ou routiers.

Dans tous les cas, au moins un sous-échantillon devra être conservé aux fins de contrôle ou de répétition d'un essai en cas d'erreur de manipulation ou de résultat douteux. Cet échantillon devra être conservé à 4°C maximum à l'abri de l'air et de la lumière.

4A. Préparation des échantillons pour essais de lixiviation et analyses des éluats

Réduction de la granularité

Si le matériau présente au moins 95 % des particules (en masse) ayant une taille inférieure à 4 mm, appliquer la procédure décrite au § 4.3.2 de la norme NF EN 12457-2 [10]. Si le matériau présente au moins 95 % des particules (en masse) ayant une taille inférieure à 10 mm, appliquer la procédure décrite au § 4.3.2 de la norme NF EN 12457-4 [11].

La perspective d'un concassage moins poussé peut être intéressante, mais l'échantillonnage s'avère alors plus délicat. De plus, la dispersion des résultats devient plus importante.

En aucun cas, le matériau ne doit être finement broyé. En cas de matériau trop humide, se reporter à la procédure de séchage ci-dessous.

Procédure de séchage éventuelle

Si l'échantillon pour laboratoire ne peut être ni concassé ni tamisé du fait de son humidité, il est possible, et seulement dans ce cas, de le sécher. En ce cas, utiliser la procédure suivante :

- délai maximum entre la réception au laboratoire et le début du séchage : 24 heures ;
- température de séchage : 40°C ± 2°C sous atmosphère normale ;
- durée de séchage : 24 heures, ou à défaut jusqu'à « poids constant » (variation de masse < 1 % entre deux pesées successives à 2h d'intervalle, avec reprise du séchage entre les deux pesées).

Normes d'analyses et d'essais à utiliser

Essai de lixiviation

- NF EN 12457-2 [10] : Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide/solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité).
- NF EN 12457-4 [11] : Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 4 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide/solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 10 mm (sans ou avec réduction de la granularité).

Analyse des éluats

- NF EN 16192 [18] : Caractérisation des déchets - Analyse des éluats.

Expression des résultats d'analyse

Les résultats d'analyse sont exprimés en mg/kg de matière sèche, selon les spécifications fournies dans la norme NF EN 12457-2 [10] ou NF EN 12457-4 [11]. Les méthodes d'analyse sont choisies de manière que les limites de détection et de quantification associées permettent de positionner sans ambiguïté les résultats obtenus par rapport aux valeurs limites des paramètres analysés et spécifiés dans le tableau de l'annexe 2.

Flaconnages

Flaconnages adéquats pour chaque analyse à fournir par le laboratoire. Privilégier les lignes directrices spécifiées dans la norme NF EN ISO 5667-3 [19].

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

Engagement à préciser au demandeur lors de la proposition.

Détails des normes d'essai pour les analyses des éluats

Lixiviation NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4		Normes pour l'analyse des éluats selon NF EN 16192	
Limite de quantification minimale à atteindre (en mg/kg)		Norme d'essai à respecter	Norme d'essai alternative ⁵
As	0,5	NF EN ISO 11885 ou NF ISO 17378-1 ou NF ISO 17378-2	NF EN ISO 17294-2
B	0,5	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Ba	1	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Cd	0,01	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Cr total	0,1	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Cr VI	0,1	NF EN 15192	NF T90-043 ou NF EN ISO 23913
Cu	1	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Hg	0,005	NF EN ISO 12846	NF EN ISO 17294-2 ou EN ISO 17852
Mo	0,1	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Ni	0,1	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Pb	0,1	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Sb	0,04	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2 ou NF ISO 17378-1 ou 2
Se	0,05	NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2 ou NF ISO 17379-1 ou 2
Zn	1	ISO 8288 ou NF EN ISO 11885	NF EN ISO 17294-2
Fluorures	1	EN ISO 10304-1 ou ISO 10359-1	NF T90-004
Chlorures	10	ISO 9297 ou EN ISO 10304-1 ou EN ISO 10304-2	NF EN ISO 15682
Sulfates	10	EN ISO 10304-1	NF T90-040

4B. Préparation des échantillons pour analyse des composés organiques sur solide

Conservation et prétraitement des échantillons

Les échantillons doivent être conservés hermétiquement à l'abri de la lumière à une température d'environ 4 °C et extraits dans la semaine. Si cela n'est pas possible, les échantillons doivent être conservés à une température égale ou inférieure à - 18 °C. Les échantillons doivent être homogénéisés avant analyse.

⁵ En cas d'utilisation de normes d'analyse alternatives, comme les méthodes validées pour l'analyse de l'eau, telles que les techniques FG-SAA, ICP-MS pouvant être utilisées dans ce cadre, leur adéquation à l'analyse des éluats doit être vérifiée et justifiée par le laboratoire conduisant l'analyse. La raison de la divergence doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Réduction de la granularité

Les prises d'essais sont généralement de faible masse, il convient donc de tester un échantillon présentant une faible granularité. L'échantillon de laboratoire pourra faire l'objet d'une réduction granulométrique conformément à la méthode d'essai.

L'existence dans le laboratoire d'un local dédié à la préparation des matériaux est indispensable. Celui-ci doit être équipé de diviseurs d'échantillons, d'étuves, de dispositifs de tamisage, de concasseurs, de broyeurs (de différentes natures).

Procédure de séchage éventuelle

Si l'échantillon pour laboratoire ne peut être ni concassé ni tamisé du fait de son humidité, il est possible, et seulement dans ce cas, de le sécher (le séchage en vue de l'analyse en hydrocarbures est fortement déconseillé). En ce cas, utiliser la procédure suivante :

- délai maximum entre la réception au laboratoire et le début du séchage : 24 heures ;
- température de séchage : $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ sous atmosphère normale ;
- durée du séchage : 24 heures, ou à défaut jusqu'à « poids constant » (variation de masse $< 1\%$ entre deux pesées successives à 2 heures d'intervalle, avec reprise du séchage entre les deux pesées).

Flaconnages

Les échantillons seront conservés dans des flacons en verre.

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

Engagement à préciser au demandeur lors de la proposition.

Détails des normes d'essai pour les analyses en composition

Limite de quantification maximale à atteindre		Normes pour l'analyse des composés organiques	
		Norme d'essai à respecter	Norme d'essai alternatives ⁶
COT	1 000 mg/kg de matière sèche	NF EN 15936 (avec détermination du carbone élémentaire par CEN/TR 16243 ou équivalent ⁶)	NF ISO 10694
BTEX	< 0,5 sauf m,p-xylènes < 1 mg/kg de matière sèche	NF ISO 22155 ou NF ISO 15009	-
PCB	0,01 mg/kg de matière sèche	NF EN 15308	XP X33-012
Hydrocarbures	25 mg/kg de matière sèche	NF EN 14039	ISO 16703
HAP	0,1 mg/kg de matière sèche	NF EN 15527	XP X33-012
Dioxines et furannes	1 ng I TEQ _{OMS, 2005} /kg de matière sèche	NF ISO 11464 + soxhlet + NF EN 1948	-

⁶ En cas d'utilisation de normes d'analyse alternatives, leur adéquation à l'analyse des matériaux alternatifs issus des cendres de charbon doit être vérifiée et justifiée par le laboratoire conduisant l'analyse. La raison du changement de norme doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Annexe 5 - Fiche d'information

FICHE D'INFORMATION		
ENSEMBLE PARTICIPONS A PRESERVER LES RESSOURCES NATURELLES PAR L'EMPLOI DE MATERIAUX ALTERNATIFS		
1 – FABRICANT		
Installation ayant fabriqué le matériau alternatif	Nom
	Adresse
2 – RESPONSABLE DE LA MISE EN ŒUVRE		
Nom
Adresse
3 – CHANTIER		
Adresse
Date	Autres informations	
Nature de l'ouvrage		
4 – DOMAINE D'EMPLOI		
« Type 3 »	« Type 2 »	« Type 1 »
Remblai technique <input type="checkbox"/>	Remblai technique <input type="checkbox"/>	Couche d'assise <input type="checkbox"/>
Sous-couche de chaussée ou d'accotement <input type="checkbox"/>	Remblai de tranchée <input type="checkbox"/>	Couche de forme <input type="checkbox"/>
Couche de roulement (enduits superficiels, bétons bitumineux) <input type="checkbox"/>	Couche d'assise <input type="checkbox"/>	Remblai sous ouvrage <input type="checkbox"/>
Remblai de préchargement <input type="checkbox"/>	Autre, précisez : <input type="checkbox"/>	Remblai de tranchée <input type="checkbox"/>
Système drainant (tranchée, éperon, chaussée réservoir) <input type="checkbox"/>		Autre, précisez : <input type="checkbox"/>
Piste de chantier <input type="checkbox"/>		
Route forestière <input type="checkbox"/>		
Chemin d'exploitation agricole <input type="checkbox"/>		
Chemin de halage <input type="checkbox"/>		
Autre, précisez : <input type="checkbox"/>		
5 – MATERIAU ROUTIER FABRIQUE		
Nom	Norme produit :	
Matériau non traité 0/D ou d/D <input type="checkbox"/>	Matériau traité aux liants hydrauliques ou à la chaux <input type="checkbox"/>	Matériau traité aux liants hydrocarbonés <input type="checkbox"/>
Visa du fabricant :		Date :

6- PRESCRIPTIONS DU GUIDE D'APPLICATION RELATIFS AUX CENDRES DE CHARBON

Critères de recyclage liés à la nature de l'usage routier

Les usages autorisés sont les usages, au sein d'ouvrages routiers, des types 1, 2 et 3 définis ci-après.

Les usages routiers de « Type 1 » sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers « revêtus », tels que :

- remblai sous ouvrage ;
- couche de forme ;
- couche de fondation ;
- couche de base et couche de liaison.

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

Les usages routiers de « Type 2 » sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique, etc.) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers « recouverts ».

Relèvent également des usages routiers de « type 2 » les usages de plus de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers « revêtus ».

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

Les usages routiers de « Type 3 » sont les usages :

- en sous couche de chaussée ou d'accotement, au sein d'ouvrages revêtus ou non revêtus,
- en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique) ou en accotement, au sein d'ouvrages routiers recouverts ou non recouverts,
- en couche de roulement (enduits superficiels, bétons bitumineux ...),
- en remblai de pré-chargement nécessaire à la construction d'une infrastructure routière,
- en système drainant (ex : tranchée ou éperon drainant, chaussée réservoir).

Rentre également dans cette catégorie des usages de « type 3 » l'utilisation des matériaux pour la construction :

- de pistes de chantier,
- de routes forestières,
- de chemins d'exploitation agricole,
- de chemins de halage.

Les usages routiers de « type 3 » ne sont concernés par aucune restriction d'épaisseur de mise en œuvre.

Critères de recyclage liés à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier

Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, pour les matériaux relevant des usages de **Type 1** et **Type 2**, l'utilisation doit se faire :

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

Pour les matériaux relevant des usages de **Type 3**, sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation doit se faire en dehors des parcs nationaux (1)

Critères de recyclage liés à la mise en œuvre du matériau routier :

Pour les matériaux relevant des usages de **Type 1** et **Type 2**, leur mise en œuvre doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. A ce titre, et sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, la quantité de matériaux routiers stockée temporairement dans l'emprise d'un chantier routier donné doit être limitée aux seuls besoins permettant de s'affranchir de l'irrégularité des approvisionnements du chantier, sans que jamais cette quantité n'excède 1 000 m³.

Pour les matériaux relevant des usages de **Type 3**, il n'y pas de limitation.

(1) La liste des parcs nationaux est consultable sur : <http://parcsnationaux.fr>

7 – VISA DU RESPONSABLE DE LA MISE EN ŒUVRE

En signant ce document j'atteste de la véracité des informations consignées aux points 2 à 5 et m'engage à respecter les prescriptions d'emploi et les limitations d'usage rappelées au point 6.

Nom (personne responsable du chantier ou de la mise en œuvre) :	Date :
Visa et tampon :	

Annexe 6 - Acronymes

Organisme

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Cerema	Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CERTU	Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
IDRRIM	Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
MTES	Ministère de la Transition Écologique et Solidaire
OFRI	Observatoire Français des Ressources pour les Infrastructures.
Sétra	Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
UFCC	Union Française des Cendres de Charbon

Termes techniques

BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
COT	Carbone Organique Total
CE	Carbone Élémentaire
HAP	Hydrocarbures Aromatiques polycycliques
HCT	HydroCarbures Totaux
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
PAQ	Plan d'Assurance Qualité
PCB	PolyChloroBiphényl

Bibliographie

- [1] Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Evaluation environnementale. Sétra (Réf. 1101), mars 2011, 32 p.
- [2] Bilan de l'application de l'arrêté du 25 mai 2005 relatif à ces activités, ASN, décembre 2009.
- [3] Arrêté du 29 février 2012 fixant le contenu des registres mentionnés aux articles R.541-43 et R.541-46 du code de l'environnement (JO du 9 mars 2012) - NOR : DEVP1205955A.
- [4] ROSSI (P.), GAVOIS (L.) et RAOUL (G.). - « Utilisation des sous-produits industriels - Les cendres volantes - Des possibilités d'emploi très diversifiées ». Techniques de l'Ingénieur [C 5 374] (2010).
- [5] ROSSI (P.), GAVOIS (L.) et RAOUL (G.). - « Utilisation des sous-produits industriels - Les cendres volantes - Retours d'expériences de chantiers ». Techniques de l'Ingénieur [C 5 375] (2011).
- [6] ROSSI (P.), GAVOIS (L.) et RAOUL (G.). - « Utilisation des sous-produits industriels - Les cendres volantes - Autres retours d'expériences de chantiers ». Techniques de l'Ingénieur [C 5 375] (2013).
- [7] PREDIS - Guides techniques régionaux relatifs à la valorisation des déchets et des coproduits industriels, (juillet 2002).
- [8] Guides d'utilisation des matériaux lorrains en technique routière, CETE de l'Est, (2011).
- [9] Caractérisation des déchets - Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées. Norme NF EN 12920+A1, novembre 2008.
- [10] Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité). Norme NF EN 12457-2, décembre 2002.
- [11] Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 4 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 10 mm (sans ou avec réduction de la granularité). Norme NF EN 12457-4, décembre 2002.
- [12] Boues, bio-déchets traités, sols et déchets - Détermination de la teneur en carbone organique total (COT) par combustion sèche. Norme NF EN 15936, janvier 2013.
- [13] Qualité de l'air ambiant : Guide pour le mesurage du carbone élémentaire (EC) et du carbone organique (OC) déposé sur filtre, Norme CEN/TR 16 243, septembre 2011.
- [14] Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets - Procédure cadre pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage. Norme NF EN 14899, avril 2006.
- [15] Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets - Parties 1 à 5. FD CEN TR 15310, mars 2007.
- [16] Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats - Partie 1 : Méthodes d'échantillonnage. NF EN 932-1, décembre 1996.
- [17] Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats - Partie 2 : Méthodes de réduction d'un échantillon de laboratoire. NF EN 932-2, août 1999.
- [18] Caractérisation des déchets - Analyse des éluats. Norme NF EN 16192, mars 2012.
- [19] Qualité de l'eau - Echantillonnage - Partie 3 : conservation et manipulation des échantillons d'eau. Norme NF EN ISO 5667-3, juin 2018.

© 2019 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement et la cohésion des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre de ressources et d'expertise, il a pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, services de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination et suivi d'édition › Cerema Infrastructures de transport et matériaux, Département de la valorisation technique, Pôle édition multimédia.

Mise en page › Graph'Imprim : 9-11 rue Sinclair 94000 Créteil

Illustration couverture › © Cerema

Impression › Jouve - 1, rue du Docteur Sauvé - 53100 Mayenne - Tél. 01 44 76 54 40

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Jouve est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Achevé d'imprimer : juillet 2019

Dépôt légal : juillet 2019

ISBN : 978-2-37180-384-8

ISSN : 2276-0164

Prix : 30 €

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25 avenue François Mitterrand

CS 92803

69674 Bron Cedex

Pour commander nos ouvrages › www.cerema.fr

Pour toute correspondance › Cerema - Bureau de vente - 2 rue Antoine Charial - CS 33927 - 69426 Lyon Cedex 03

ou par mail › bventes@cerema.fr

www.cerema.fr › Nos publications

La collection « Références » du Cerema

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

Les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé

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

Le recours à des matériaux alternatifs en technique routière doit s'appuyer sur leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques, ainsi que sur leur absence d'impact environnemental. Le Ministère chargé de l'Environnement a développé une méthodologie permettant d'évaluer les caractéristiques environnementales de ces matériaux qui a été publiée en mars 2011.

L'objectif du présent guide d'application est de favoriser le recyclage des cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé en indiquant à leurs producteurs les conditions dans lesquelles ils peuvent les recycler sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement. Il permet également de guider les services de l'État pour fixer des critères de recyclage dans les autorisations administratives des installations concernées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Prix 30 €

ISSN : 2276-0164

ISBN : 978-2-37180-384-8



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - www.cerema.fr

Infrastructures de transport et matériaux - 110 rue de Paris - 77171 Sourdun - Tél. +33 (0)1 60 52 31 31

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30