

## Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière

*Évaluation environnementale*



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable,  
des Transports  
et du Logement

Page laissée blanche intentionnellement

*Guide méthodologique*

# Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière

*Évaluation environnementale*



Le présent guide méthodologique relatif à l'acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière a été rédigé par un groupe de travail composé de :

- Laurent Chateau, ADEME
- Patrick Vaillant, MEDDTL
- Frédéric Leray, MEDDTL
- Amandine Orsini, Sétra
- Sabine Cavellec, Sétra
- Jérôme Crosnier, CETE de Lyon
- Dominique Guyonnet, BRGM
- Gaël Bellenfant, BRGM
- Patrice Piantone, BRGM
- Benoît Hazebrouck, INERIS
- Jérémie Domas, INERIS
- Jacques Méhu, INSAVALOR
- Agnès Jullien, IFSTTAR



# Sommaire

<b>Avant-propos</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre 1 : Objet, définitions et champ d'application</b>	<b>6</b>
1 - Objet	6
1.1 - Objet du guide méthodologique	6
1.2 - Objet des guides d'application	6
2 - Définitions	7
2.1 - Matériau alternatif	7
2.2 - Matériau routier	7
2.3 - Usage routier	7
3 - Champ d'application	8
3.1 - Nature des matériaux alternatifs	8
3.2 - Nature des usages	8
<b>Chapitre 2 : Démarche d'évaluation environnementale</b>	<b>9</b>
1 - Introduction	9
2 - Présentation de la démarche d'évaluation	9
2.1 - Etape 1 : Description du déchet et de son gisement	9
2.2 - Etape 2 : Description du matériau alternatif, du matériau routier et de l'usage routier envisagé	10
2.3 - Etape 3 : Caractérisation environnementale du matériau alternatif et du matériau routier	12
3 - Contenu d'un guide d'application	15
<b>Annexes</b>	<b>16</b>
1 - Acronymes	16
2 - Règles d'organisation pour la constitution des échantillons	17
2.1 - Introduction	17
2.2 - Règles générales	18
2.3 - Positionnement initial d'un gisement produit de manière discontinue	20
2.4 - Contrôle de conformité d'un gisement produit de manière discontinue	22
3 - Valeurs limites associées à la caractérisation environnementale de niveau 1	23
4 - Valeurs limites associées à la caractérisation environnementale de niveau 2	26
5 - Principes de la modélisation employée	26
<b>Bibliographie</b>	<b>28</b>



# Avant-propos

Représentant environ 40% de la production totale de déchets en France, le secteur du bâtiment et des travaux publics, et celui de l'industrie, génèrent chaque année environ 350 millions de tonnes de déchets minéraux.

Aujourd'hui, dans une logique de développement durable, la valorisation des déchets, dans des conditions environnementales maîtrisées, devient incontournable afin de réduire les incidences globales liées à l'utilisation des ressources naturelles. A ce titre, la construction routière constitue une filière adaptée pour la valorisation de la plupart des déchets minéraux, qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle.

Toutefois, le recours à des matériaux alternatifs en technique routière ne pouvant se limiter à la seule vérification de leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques, le ministère en charge du développement durable, avec l'appui des organismes publics de son réseau scientifique et technique ou placés sous sa tutelle, a développé une méthodologie permettant d'évaluer les caractéristiques environnementales de ces matériaux.

Ainsi, le présent guide méthodologique vise à fournir une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets et destinés à être utilisés en technique routière. Il s'applique aux matériaux alternatifs dont la fonction utile pour des usages routiers a été préalablement justifiée afin de ne pas faire de la route un substitut de la mise en décharge.

Ce guide méthodologique s'adresse principalement aux professionnels des travaux publics et aux industriels qui souhaitent étudier les possibilités de valorisation, en technique routière, des déchets qu'ils détiennent ou qu'ils produisent.

Pour les gisements de matériaux alternatifs dont le retour d'expérience est probant, ce guide méthodologique est décliné en guides d'application, plus directement opérationnels, qui s'adressent principalement aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre et ont vocation à leur fournir une référence solide sur laquelle ils peuvent s'appuyer pour l'élaboration de leurs projets ou l'analyse de variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Ainsi, pour les matériaux alternatifs disposant d'un guide d'application, il n'est pas utile de se référer à la démarche d'évaluation du présent guide méthodologique. Il convient de suivre directement les prescriptions du guide d'application correspondant\*.

Ce guide méthodologique ainsi que les guides d'application associés s'inscrivent résolument dans une démarche de promotion de l'utilisation de matériaux alternatifs en technique routière, dans des conditions environnementales maîtrisées.

Le directeur général des infrastructures  
des transports et de la mer



Daniel Bursaux

Le directeur général  
de la prévention des risques



Laurent Michel

(\*) Cette remarque vaut également, à titre transitoire, pour les matériaux alternatifs élaborés à partir de laitiers sidérurgiques ou de matériaux de déconstruction routière pour lesquels des guides d'application, élaborés par les fédérations professionnelles concernées, sont attendus d'ici fin 2011.

# Chapitre 1 : Objet, définitions et champ d'application

## 1 - Objet

### 1.1 - Objet du guide méthodologique

L'objet du présent guide méthodologique est de fournir une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets et destinés à être utilisés en technique routière.

Il s'adresse principalement aux professionnels des travaux publics et aux industriels et a vocation à être utilisé :

- soit par une fédération professionnelle lorsqu'elle souhaite étudier les possibilités de valorisation en technique routière d'un gisement de déchets donné. Les conclusions de cette étude donnent alors lieu à l'élaboration d'un guide d'application plus directement opérationnel (cf. § 1.2 ci-après) auquel peuvent se référer les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour l'élaboration de leurs projets ou l'analyse de variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres, ainsi que les services de l'Etat dans le cadre de la définition des conditions d'exploitation des installations classées concernées ;
- soit par un exploitant d'une installation classée lorsqu'il souhaite directement étudier les possibilités de valorisation en technique routière des déchets qu'il détient ou qu'il produit, notamment lorsque aucun guide d'application ne permet de couvrir son gisement. Cette étude doit être alors menée par l'exploitant et les services de l'Etat peuvent s'y référer pour fixer les conditions d'exploitation de l'installation.

### 1.2 - Objet des guides d'application

Le principal objet des guides d'application est de consigner, pour les principaux gisements de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets<sup>(1)</sup>, les conclusions obtenues

(1) Sont potentiellement concernés par l'élaboration d'un guide d'application le gisement des déchets de déconstruction routière, les déchets de matériaux géologiques excavés, les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, les laitiers sidérurgiques, les sédiments, les cendres volantes de combustion de charbon, etc.

lors de l'application de la démarche d'évaluation du présent guide méthodologique (caractérisation initiale) et de définir le cadre dans lequel devra s'inscrire le plan d'assurance qualité de la production de ces matériaux (contrôle de conformité).

Contrairement au présent guide méthodologique, les guides d'application sont rédigés dans l'optique de fournir, aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre d'opérations de travaux publics, une référence solide sur laquelle ils peuvent directement s'appuyer pour l'élaboration de leurs projets ou l'analyse de variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Ainsi, pour les matériaux alternatifs disposant d'un guide d'application, il n'est pas utile de se référer à la démarche d'évaluation du présent guide méthodologique. Il convient de suivre directement les prescriptions du guide d'application correspondant.

Pour les matériaux alternatifs qui sont déjà utilisés en technique routière, les résultats issus du retour d'expérience<sup>(2)</sup> peuvent être utilisés autant que de besoin lors de l'élaboration du guide d'application correspondant, notamment lorsqu'il permettent de répondre aux exigences de la démarche d'évaluation exposée au chapitre 2.

Par ailleurs, chaque guide d'application devra préciser, en fonction du niveau de caractérisation environnementale auquel le gisement satisfait et du niveau des paramètres non conservatifs (exemples : pH, potentiel d'oxydo-réduction) mesurés au cours de cette caractérisation environnementale (cf. § 2.3 du chapitre 2), les éventuelles limitations d'usage et recommandations à observer concernant :

(2) Pour certains matériaux alternatifs couramment utilisés, le retour d'expérience est en partie présenté sur le site Internet <http://ofrir.ifsttar.fr> de l'Observatoire Français des Ressources dans les Infrastructures. Cet observatoire a pour objectif la mise à disposition, aux acteurs nationaux de la route, d'informations classées, synthétisées, et ayant reçu un certain niveau de validation, de façon à favoriser les démarches de recyclage et d'utilisation des matériaux alternatifs locaux, tout en signalant les différents obstacles, notamment d'ordre géotechnique et environnemental.



- l'utilisation de matériaux alternatifs dans les zones à fort relief ou fortement fracturées ;
- l'utilisation de matériaux alternatifs à une côte inférieure aux plus hautes eaux connues, à proximité d'un cours d'eau, dans les zones répertoriées comme présentant une sensibilité particulière vis-à-vis des milieux aquatiques et de leurs usages (exemples : périmètre de protection rapprochée d'un captage d'alimentation en eau potable, zone de baignade) ou dans des milieux aux conditions d'exposition particulières (exemples : saturation en eau continue ou périodique, présence de composés complexants type acides humiques) ;
- le stockage temporaire des matériaux dans l'emprise du chantier et les conditions de leur mise en œuvre.

Enfin, chaque guide d'application devra préciser les obligations des différents acteurs d'un projet routier permettant d'assurer la conservation de la mémoire des chantiers ayant recouru à des matériaux alternatifs.

Les guides d'application sont élaborés à l'initiative des principales fédérations professionnelles concernées et validés par le ministère en charge du développement durable, avec l'appui éventuel des organismes publics de son réseau scientifique et technique ou placés sous sa tutelle, en concertation avec des représentants de la maîtrise d'ouvrage et des associations de protection de l'environnement. Ils sont révisés dans les mêmes conditions.

## 2 - Définitions

Dans le présent guide, la terminologie suivante est utilisée :

### 2.1 - Matériau alternatif

Tout matériau élaboré à partir d'un déchet 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.

### 2.2 - Matériau routier

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 d'élaboration pour être mis en œuvre en l'état sur les chantiers routiers.

### 2.3 - Usage routier

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



## 3 - Champ d'application

### 3.1 - Nature des matériaux alternatifs

La démarche d'évaluation environnementale développée au sein du présent guide méthodologique est applicable à toute typologie de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets et utilisés sous forme de granulats, de graves, de sols, de fillers ou de liants, à l'exception de ceux élaborés à partir de déchets dangereux ou contenant une substance radioactive (cf. § 2.1.2 du chapitre 2).

Toutefois, la mise en œuvre de la méthodologie exposée au chapitre 2 ci-après doit être réservée aux seuls matériaux alternatifs dont la fonction utile en technique routière a été préalablement justifiée, par exemple du fait de propriétés mécaniques conformes aux normes de spécifications d'usage en vigueur. Cette exigence est primordiale afin de ne pas faire de la route un substitut de la mise en décharge.

### 3.2 - Nature des usages

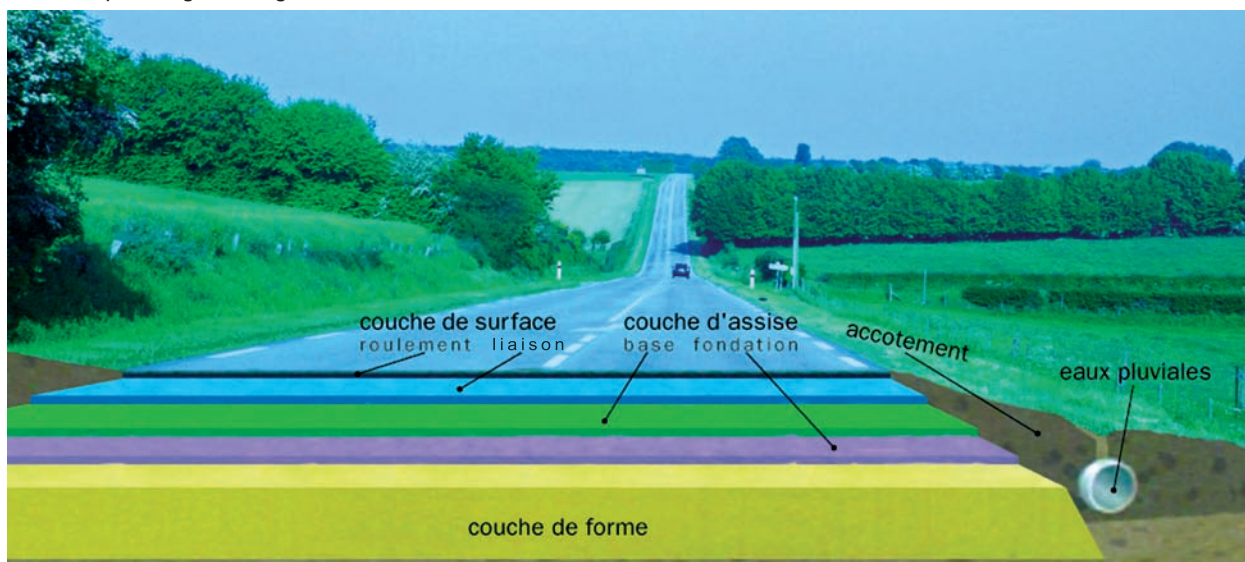
Les usages routiers envisagés dans le cadre du présent guide sont les suivants :

- usages en sous-couche de chaussée ou d'accotement, revêtus <sup>(3)</sup> : remblai sous ouvrage, couche de forme, couche de fondation, couche de base, et couche de liaison ;
- usages en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : protection phonique) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages recouverts <sup>(4)</sup>.

Pour information, la méthodologie développée au sein du présent guide a été élaborée en s'appuyant principalement sur des résultats de calculs de modélisation de l'impact sur les eaux souterraines d'ouvrages utilisant des matériaux alternatifs (cf. annexe 5). Par contre, l'impact lié à la mise en suspension dans l'air de particules provenant de ces matériaux n'a fait l'objet d'aucune évaluation particulière. C'est la raison pour laquelle les usages routiers mentionnés ci-avant font référence à des scénarios d'utilisation au sein d'ouvrages routiers revêtus ou recouverts.

Il est toutefois possible de considérer que les matériaux routiers, qui satisfont aux dispositions relatives à la caractérisation environnementale de niveau 1 (cf. § 2.3.5 du chapitre 2), peuvent être utilisés pour les usages routiers non-revêtus ou non-recouverts suivants :

- usages en couche de roulement ;
- usages en sous-couche de chaussée ou d'accotement, non revêtus ;
- usages en remblai technique connexe à l'infrastructure routière ou en accotement, non recouverts ;
- usages en remblai de préchargement nécessaire à la construction d'une infrastructure routière ;
- usages en système drainant (ex : tranchée ou éperon drainant, chaussée réservoir).



(3) Revêtus d'une couche de surface réputée imperméable (asphalte, enrobés, enduits superficiels, béton, pavés jointoyés) et présentant une pente minimum de 1%.

(4) Recouverts par au moins 30 cm de matériaux naturels (dont terre végétale), avec une pente minimum de 5% sur le dessus de cette couverture, afin de limiter l'infiltration de l'eau.

# Chapitre 2 : Démarche d'évaluation environnementale

## 1 - Introduction

L'objet de la démarche d'évaluation environnementale exposée ci-après est de savoir si un matériau alternatif, élaboré à partir de déchets, peut être utilisé au sein d'un matériau routier dans un ou plusieurs usages rentrant dans le champ d'application défini au chapitre 1.

Préalablement à l'application de cette démarche, il convient de s'assurer que le matériau alternatif, dont l'utilisation est proposée en technique routière, remplit une fonction utile, c'est-à-dire qu'il présente des caractéristiques mécaniques, géotechniques et/ou hydrauliques correspondant à l'usage visé et conformes aux normes de spécifications d'usage en vigueur.

La démarche d'évaluation environnementale s'appuie sur la norme NF EN 12920+A1<sup>(5)</sup> qui définit la méthodologie de détermination du relargage des constituants d'un matériau vers l'eau, dans des conditions spécifiées d'utilisation ou de stockage. Elle bénéficie également des enseignements méthodologiques du programme CAREX<sup>(6)</sup> initié par l'ADEME et mené par le LCPC et l'INSA de Lyon.

L'évaluation de l'acceptabilité d'un matériau alternatif en technique routière repose sur une connaissance précise :

- du déchet à partir duquel est élaboré le matériau alternatif (cf. § 2.1 ci-après) ;
- du mode d'élaboration du matériau alternatif et du matériau routier associé ainsi que de l'usage routier envisagé (cf. § 2.2 ci-après) ;
- de la caractérisation environnementale des matériaux alternatif et routier (cf. § 2.3 ci-après).

(5) AFNOR. NF EN 12920+A1. Caractérisation des déchets – Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées. Novembre 2008.

(6) François D., Jullien A., Kerzreho JP., Vernus E. Retour d'expérience sur le comportement mécanique et environnemental d'ouvrages et de plots routiers instrumentés : Etude CAREX. Rapport final. Novembre 2005. (convention ADEME 0372C0006). Accessible sur le site <http://ofrir.ifsttar.fr>

## 2 - Présentation de la démarche d'évaluation

### 2.1 - Etape 1 : description du déchet et de son gisement

#### 2.1.1 - Objectifs

Cette première étape a pour but de :

- fournir des informations essentielles concernant le déchet, et son gisement, à partir duquel est élaboré le matériau alternatif ;
- vérifier que le déchet est inclus dans le champ d'application du présent guide (cf. § 2.1.2 ci-après) ;
- acquérir des connaissances sur le procédé ayant généré ce déchet afin de mieux appréhender les conséquences potentielles sur ses caractéristiques, ainsi que sur celles des matériaux alternatif et routier auxquels il donnera naissance.

La majorité des informations à fournir pour cette étape relève déjà de la réglementation « déchets » et ne constitue donc pas une investigation importante.

Dans le cas où *in fine* le matériau routier requiert une formulation faisant intervenir plusieurs matériaux alternatifs (granulats, fillers, liants, etc.), chaque gisement de déchets utilisé pour élaborer chacun des matériaux alternatifs doit faire l'objet de cette première étape.

La description de l'élaboration du matériau alternatif et du matériau routier, fait l'objet de l'étape 2.

#### 2.1.2 - Nature des déchets admis

Les matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets, et utilisés en technique routière, se doivent de pouvoir être mis en œuvre dans les mêmes conditions et avec les mêmes matériels que les matériaux naturels qu'ils remplacent, le plus souvent dans des environnements divers. Par ailleurs, les chantiers n'étant pas des installations classées pour la protection de l'environnement et la réalisation d'ouvrages relevant

rarement de la loi sur l'eau, un tel emploi ne sera pas spécifiquement contrôlé par les services de l'Etat.

Pour ces raisons, les matériaux alternatifs susceptibles d'être utilisés en technique routière ne doivent pas avoir été élaborés à partir de déchets dangereux<sup>(7)</sup> ou contenant une substance radioactive<sup>(8)</sup>.

Dans le cadre de l'application de la démarche d'évaluation, il est demandé à ce que la dangerosité du déchet soit évaluée juste avant la phase d'élaboration du matériau alternatif. Ainsi, toute fraction non dangereuse issue d'une opération de traitement de déchets dangereux<sup>(9)</sup> — à l'exclusion de toute opération de stabilisation<sup>(10)</sup> — est considérée comme un déchet non-dangereux dans le cadre du présent guide méthodologique.

D'une manière générale, il est interdit de procéder à une opération de stabilisation, une dilution ou à un mélange de déchets dans le seul but de satisfaire aux critères d'acceptabilité définis dans le présent guide méthodologique.

### 2.1.3 - Contenu

Dans le cadre de la réalisation de l'étape 1, il convient de réunir et synthétiser les informations concernant :

1. les sources et origines géographiques du déchet et l'évaluation de l'importance du gisement (tonnage) ;
2. l'apparence du déchet : odeur, couleur, forme physique (granulaire, pulvérulent, pâteux, monolithique) ;
3. le code à 6 chiffres et le classement du déchet selon la liste des déchets figurant à l'annexe II de l'article R.541-8 du code de l'environnement. Le code doit correspondre à un déchet non dangereux (cf. § 2.1.2 ci-avant) ;

(7) Est considéré comme dangereux, tout déchet présentant au moins une des propriétés de danger définies à l'annexe I de l'article R.541-8 du code de l'environnement. La liste des déchets, établie à l'annexe II de ce même article, identifie les déchets dangereux à l'aide d'un astérisque.

(8) Au sens de la directive 96/26/Euratom du conseil du 13/05/96 est une substance radioactive toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

(9) Exemple : retrait de la fraction chargée en éléments polluants par attrition et/ou séparation granulométrique.

(10) Est considérée comme une opération de stabilisation dans le présent guide, toute opération visant à utiliser différents réactifs et liants, notamment hydrauliques ou organiques, dans le but de limiter la solubilité des polluants et par conséquent leur rejet dans l'environnement.

(11) Un déchet fait l'objet d'une entrée dite « miroir » lorsqu'il est susceptible de relever de deux codes différents, un code où il est classé dangereux et un code où il est classé non dangereux, selon qu'il contient ou non des substances dangereuses. En général, ces entrées « miroir » consistent en deux rubriques successives dans la liste des déchets figurant à l'annexe II de l'article R.541-8 du code de l'environnement, et le déchet relèvera de la rubrique qui le classe comme dangereux s'il possède au moins une des propriétés de danger définie à l'annexe I de ce même article.

(12) Ces codes regroupent l'ensemble des déchets non spécifiés ailleurs dans la liste des déchets figurant à l'annexe II de l'article R.541-8 du code de l'environnement.

**Note :** Si le code du déchet relève d'une « entrée miroir »<sup>(11)</sup> ou lorsque le code du déchet se termine par 99<sup>(12)</sup>, la question de la qualification peut être résolue simplement en examinant les filières actuelles d'élimination du déchet concerné. A défaut, le producteur du déchet doit fournir un document justifiant le classement de ce dernier au regard des propriétés de danger mentionnées à l'annexe I de l'article R.541-8 du code de l'environnement.

4. la destination actuelle du déchet : filières de traitement (valorisation et élimination) actuelles ;
5. la nature du procédé produisant le déchet et son fonctionnement ;
6. enfin, pour les déchets industriels ne faisant pas l'objet d'une fiche spécifique sur le site de l'Observatoire OFRIR, la composition chimique et minéralogique du déchet. Il s'agit de réunir et synthétiser les informations concernant la teneur en éléments majeurs, mineurs et traces, notamment ceux listés dans les tableaux des annexes 3 et 4, et les composés minéraux le constituant. Ces informations doivent faire apparaître les paramètres spécifiques au déchet étudié et dont la prise en compte est nécessaire à l'évaluation de l'acceptabilité en technique routière des matériaux alternatif et routier auquel il donnera naissance. Les informations concernant la composition minéralogique doivent faire apparaître la présence éventuelle de minéraux susceptibles d'entraîner des variations de pH, de potentiel d'oxydoréduction ou la formation de composés indésirables (réactivité), en particulier : chaux libre, magnésie, aluminium métal, sulfures, sulfates.

## 2.2 - Etape 2 : description du matériau alternatif, du matériau routier et de l'usage routier envisagé

### 2.2.1 - Objectifs

Cette seconde étape a pour but de :

- fournir des informations essentielles concernant le matériau alternatif, le matériau routier associé et l'usage routier envisagé ;
- acquérir des connaissances sur le procédé d'élaboration du matériau alternatif et du matériau routier, afin de mieux appréhender les conséquences potentielles sur leurs comportements dans l'ouvrage.

Dans le cas où le matériau routier est élaboré à partir d'un mélange faisant intervenir plusieurs matériaux alternatifs, les points 1 à 3 du paragraphe 2.2.3 ci-après doivent concerner chacun des matériaux alternatifs rentrant dans sa composition.



## 2.2.2 - Nature des phases d'élaboration admises

L'élaboration du matériau alternatif peut être plus ou moins complexe et reposer sur une succession ou une combinaison de traitements physiques, regroupés sous le terme de « préparation », et/ou de traitements physico-chimiques simples, regroupés sous le terme de « maturation ».

Une fois élaboré, le matériau alternatif est mis en œuvre seul et en l'état, ou en mélange avec d'autres matériaux (granulats, fillers, liants, etc.) après une étape dite de « formulation », dans un des usages routiers relevant de ce guide. A ce stade, le matériau ainsi élaboré est qualifié de matériau routier.

L'objectif principal de ces phases d'élaboration doit rester l'atteinte de performances mécaniques, géotechniques, hydrauliques nécessaires au respect des spécifications d'usage normalisées et/ou le respect d'exigences liées à la compatibilité chimique avec les matériaux ou les éléments en contact (canalisations par exemple).

D'une manière générale, il est interdit de procéder à une opération de stabilisation, une dilution ou à un mélange de matériaux dans le seul but de satisfaire aux critères d'acceptabilité définis dans le présent guide méthodologique.

## 2.2.3 - Contenu

Dans le cadre de la réalisation de l'étape 2, il convient de réunir et synthétiser les informations concernant :

1. les lieux de fabrication, de stockage, d'élaboration du matériau alternatif ainsi que son éventuelle dénomination commerciale et ses utilisations autres que routières ;
2. l'élaboration du matériau alternatif à partir du gisement du déchet :
  - a - concernant la préparation, il convient de préciser le type et les caractéristiques des traitements physiques mis en œuvre : concassage, criblage, tri/réduction granulométrique, séparation de phases (métaux ferreux, non ferreux, imbrûlés éventuels, phase minérale résiduelle), etc.,
  - b - concernant la maturation, il convient de préciser le type et les caractéristiques des réactions physico-chimiques mises en œuvre (oxydation, carbonatation, lessivage, égouttage), la durée et la méthode opératoire - selon qu'elle est passive (simple vieillissement sans action sur le tas) ou active (reprise du tas par exemple par retournement afin d'homogénéiser les réactions dans tout le volume du tas) ;
3. si le matériau alternatif a été élaboré à partir d'un gisement de déchets industriels ne faisant pas l'objet d'une fiche spécifique sur le site de l'Observatoire

OFIR, la composition chimique et minéralogique du matériau alternatif. Il s'agit de réunir et synthétiser les informations concernant la teneur en éléments majeurs, mineurs et traces, notamment ceux listés dans les tableaux des annexes 3 et 4, et les composés minéraux le constituant. Ces informations doivent permettre d'arrêter la liste des paramètres spécifiques à prendre en compte pour l'évaluation de l'acceptabilité en technique routière des matériaux alternatif et routier. Les informations concernant la composition minéralogique doivent faire apparaître la présence éventuelle de minéraux susceptibles d'entraîner des variations de pH, de potentiel d'oxydoréduction ou la formation de composés indésirables (réactivité), en particulier : chaux libre, magnésie, aluminium métal, sulfures, sulfates ;

4. le type de matériau routier envisagé<sup>(13)</sup> et rappeler d'une part la fonction utile du matériau alternatif dans ce matériau routier vis-à-vis de l'usage routier envisagé et d'autre part le référentiel correspondant (norme ou guide technique régional) ;
5. les lieux de fabrication, de stockage, d'élaboration du matériau routier ainsi que son éventuelle dénomination commerciale ;
6. l'élaboration du matériau routier à partir du matériau alternatif et d'autres constituants :
  - a - concernant les autres constituants entrant dans la formulation du matériau routier, il convient de préciser leur nature (granulats, fillers, liants, etc.), leur origine (naturelle ou artificielle), d'indiquer leurs principales caractéristiques physiques et environnementales, et de rappeler leur fonction utile dans ce matériau routier,
  - b- concernant la formulation du matériau routier, il convient d'indiquer la part relative de chaque constituant au sein du mélange et de décrire le processus de formulation ;
7. l'usage du matériau routier dans l'ouvrage (couche de base, couche de fondation, couche de forme, remblai sous ouvrage, remblai technique, etc.) et les épaisseurs ou hauteurs envisagées ;
8. les exemples nationaux d'emplois antérieurs et les chantiers de référence s'ils existent, en précisant *a minima* pour chaque ouvrage :
  - son identification et sa localisation ;
  - les dates de début et fin des travaux ;
  - les coordonnées du maître d'œuvre ;
  - les coordonnées du maître d'ouvrage ;

(13) Exemples : équivalent sol, grave non traitée, grave traitée aux liants hydrauliques, grave traitée aux liants hydrocarbonés, mélange granulaire non traité, mélange granulaire traité aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés, béton auto-compactant.



- les coordonnées des entreprises ayant réalisé ces ouvrages ;
- l'usage du matériau dans l'ouvrage ainsi que l'épaisseur ou la hauteur correspondante ;
- en cas d'usage en assise de chaussée, le niveau de trafic supporté par l'ouvrage ;
- en cas d'usage en remblai technique recouvert, la fonction utile principale de l'ouvrage.

## 2.3 - Etape 3 : caractérisation environnementale du matériau alternatif et du matériau routier

### 2.3.1 - Objectifs

L'objectif global de cette étape est de démontrer, pour l'usage routier envisagé, que les émissions des matériaux alternatif et routier sont compatibles avec le respect des objectifs de qualité des eaux retenues (cf. annexe 5).

Cette étape envisage trois niveaux d'investigations permettant, au final, de graduer l'effort de démonstration en fonction du risque que présentent les matériaux concernés, vis-à-vis de l'environnement :

- le niveau 1 repose sur la réalisation d'essais de lixiviation et d'analyses en contenu total (cf. § 2.3.5) ;
- le niveau 2 repose sur la réalisation d'essais de percolation (cf. § 2.3.6) ;
- le niveau 3 repose sur la production d'une étude spécifique (cf. § 2.3.7).

La réalisation de la caractérisation environnementale de niveau 1 est obligatoire.

### 2.3.2 - Nature des matériaux à caractériser

La caractérisation environnementale porte sur le matériau alternatif et routier.

Dans le cas où le matériau routier est élaboré à partir d'un mélange faisant intervenir plusieurs matériaux alternatifs, l'étape 3 doit concerner chacun des matériaux alternatifs rentrant dans sa composition.

**Note :** Si le matériau alternatif ne peut en aucun cas être utilisé seul en tant que matériau routier et que l'étape de formulation n'a pas pour objet de stabiliser ou diluer les polluants au sein du matériau routier, alors il est possible d'envisager de restreindre la caractérisation environnementale au seul matériau routier. Cette décision doit toutefois obtenir l'accord préalable du ministère en charge du développement durable, notamment dans le cadre de l'élaboration d'un guide d'application.

### 2.3.3 - Paramètres à suivre

Les paramètres à suivre dans le cadre de la réalisation de cette étape sont *a minima* ceux listés dans les tableaux des annexes 3 et 4.

A ces paramètres génériques sont ajoutés les paramètres spécifiques au matériau étudié et dont la prise en compte est nécessaire à l'évaluation de son acceptabilité en technique routière. Pour chacun des paramètres spécifiques ajoutés, choisi sur la base d'une caractérisation exhaustive et précise du matériau, notamment en éléments traces métalliques, il convient de proposer les valeurs limites associées afin de compléter les tableaux des annexes 3 et 4. Le choix des paramètres et des valeurs doit obtenir la validation du ministère en charge du développement durable, notamment dans le cadre de l'élaboration d'un guide d'application.

D'une manière générale, l'échantillonnage doit permettre à chaque élément présent dans le matériau d'être présent dans l'échantillon selon la même probabilité (cf. annexe 2).

Les techniques d'analyse, conformes aux normes d'analyse en vigueur, doivent être choisies de manière à ce que les limites de détection et de quantification associées permettent de positionner sans ambiguïté les résultats avec les valeurs limites des paramètres suivis.

Le potentiel Hydrogène (pH), la conductivité et le potentiel d'oxydo-réduction (dit « redox ») font l'objet de mesurages conformément aux protocoles opératoires associés aux essais de lixiviation (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4) ou de percolation (NF CEN/TS 14405).

### 2.3.4 - Présentation des résultats

D'une manière générale, tous les résultats de caractérisation devront au minimum fournir les éléments suivants :

- la méthode d'échantillonnage utilisée pour l'obtention des échantillons pour laboratoire ;
- la date des essais et les références des échantillons analysés ;
- les normes en vigueur appliquées ou, en l'absence de normes, les protocoles utilisés ;
- les coordonnées des laboratoires ayant réalisé l'échantillonnage, les essais et les analyses.

Concernant les essais de lixiviation (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4), les résultats sont présentés pour chaque paramètre suivi en terme de quantité relarguée en mg/kg sous forme de tableau. Lorsque le résultat est inférieur à la limite de quantification, reporter la valeur de cette limite de quantification dans le tableau précédée du symbole « < ».

Concernant les essais de percolation (NF CEN/TS 14405<sup>(14)</sup>), les résultats sont donnés graphiquement pour chaque paramètre suivi en termes de concentration (mg/l ou µg/l) et de quantité relarguée cumulée (mg/kg), en fonction du ratio liquide/solide (l/kg). Les concentrations et les quantités relarguées cumulées obtenues pour chaque ratio liquide/solide spécifié dans la norme d'essai sont à consigner dans un tableau. Lorsque une concentration est inférieure à la limite de quantification, d'une part reporter la valeur de cette limite de quantification dans le tableau des concentrations précédée du symbole « < » et d'autre part, prendre cette concentration égale à la moitié de la limite de quantification pour le calcul de la quantité relarguée cumulée.

Les paramètres pH, conductivité et potentiel redox sont mesurés sur chaque éluat (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4) et chaque percolat (NF CEN/TS 14405) et les valeurs sont rapportées dans les tableaux de résultats décrits ci-dessus.

### 2.3.5 - Caractérisation environnementale de niveau 1

#### 2.3.5.1 - Objectifs

L'objectif de cette étape est de fournir des informations sur la variabilité et de justifier l'acceptabilité en technique routière des matériaux alternatif et routier sur la base d'essais de lixiviation et d'analyses en contenu total.

#### 2.3.5.2 - Contenu

Dans le cadre de la caractérisation environnementale de niveau 1, il convient d'étudier la variabilité et d'évaluer le potentiel polluant du matériau étudié en procédant de la manière suivante :

1. constituer les échantillons à analyser en suivant les recommandations de l'annexe 2 ;
2. soumettre une prise d'essai<sup>(15)</sup> de chaque échantillon à l'essai de lixiviation NF EN 12457-2 et déterminer les quantités relarguées pour les paramètres à suivre en émission ;

**Note** : 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.

3. mesurer, sur une autre prise d'essai de chaque échantillon, les teneurs au sein du matériau pour les paramètres à suivre en contenu total ;

(14) L'essai est à mener avec la méthode de saturation initiale du matériau par pression hydrostatique et avec la méthode d'atteinte de l'état d'équilibre initial par re-circulation.

(15) La définition d'une « prise d'essai » est donnée dans les normes NF EN 12457-2 et NF EN 12457-4

4. comparer les résultats obtenus aux valeurs limites des tableaux 3 et 4 de l'annexe 3 pour les paramètres génériques et aux valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques.

**Note** : pour chaque prise d'essai ayant enregistré au moins un dépassement des valeurs limites, il est possible d'envisager de renouveler l'essai correspondant sur deux nouvelles prises d'essai du même échantillon et de prendre pour valeur représentative de chaque paramètre la moyenne des trois valeurs ainsi obtenues.

#### 2.3.5.3 - Exploitation des résultats

Si pour l'ensemble des échantillons, les résultats obtenus sont inférieurs ou égaux aux valeurs limites des tableaux 3 et 4 de l'annexe 3 pour les paramètres génériques et aux valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques :

- l'acceptabilité en technique routière du matériau concerné est validée pour l'ensemble des utilisations envisagées s'il s'agit d'un matériau alternatif, ou pour l'ensemble des usages routiers envisagés s'il s'agit d'un matériau routier ;
- dans le cadre du contrôle de conformité, une procédure d'assurance qualité est à formaliser et à mettre en œuvre pour s'assurer du respect dans le temps des valeurs limites des tableaux 3 et 4 de l'annexe 3 pour les paramètres génériques et des valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques.

Si au moins un dépassement des valeurs limites des tableaux 4 et 5 de l'annexe 3 est enregistré, l'acceptabilité en technique routière du matériau concerné est invalidée pour l'ensemble des utilisations envisagées s'il s'agit d'un matériau alternatif, ou pour l'ensemble des usages routiers envisagés s'il s'agit d'un matériau routier.

Dans les autres cas, il convient d'envisager la réalisation de la caractérisation environnementale de niveau 2 ou 3.

### 2.3.6 - Caractérisation environnementale de niveau 2

#### 2.3.6.1 - Objectifs

L'objectif de cette étape est de justifier l'acceptabilité en technique routière des matériaux alternatif et routier sur la base d'essais de percolation.

#### 2.3.6.2 - Contenu

Dans le cadre de la caractérisation environnementale de niveau 2, il convient d'évaluer le potentiel polluant du matériau étudié en procédant de la manière suivante :

1. constituer un échantillon caractéristique<sup>(16)</sup>, en suivant les recommandations de l'annexe 2 ;
2. soumettre trois prises d'essai<sup>(17)</sup> de cet échantillon à l'essai de percolation NF CEN/TS 14405 et déterminer les quantités relarguées cumulées pour les paramètres à suivre en émission ;
3. soumettre trois prises d'essai<sup>(17)</sup> de cet échantillon à l'essai de lixiviation NF EN 12457-2 et déterminer les quantités relarguées pour les paramètres à suivre en émission ;

**Note :** 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.

4. comparer les résultats des essais de percolation obtenus aux valeurs limites du tableau 6 de l'annexe 4 pour les paramètres génériques et aux valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques.

**Note :** Le tableau 6 de l'annexe 4 distingue deux familles d'usages, du fait des conditions d'exposition distinctes, conduisant à deux séries de valeurs limites :

- une première série relative aux usages en « sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus », c'est-à-dire en remblai sous ouvrage, couche de forme, couche de fondation, couche de base, et couche de liaison ;
- une seconde série relative à l'usage en « remblai technique ou en accotement recouverts ».

**Note :** Si au moins un dépassement des valeurs limites est enregistré, il est possible de constituer un nouvel échantillon caractéristique et de renouveler la procédure de caractérisation environnementale de niveau 2 sur la base de ce nouvel échantillon.

### 2.3.6.3 - Exploitation des résultats

Si pour l'ensemble des paramètres et pour le type d'usage routier envisagé, les moyennes des trois résultats des essais de percolation obtenus sont inférieures ou égales aux valeurs limites correspondantes du tableau 6 de l'annexe 4 pour les paramètres génériques et aux valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques :

- l'acceptabilité en technique routière du matériau concerné est validée :
  - s'il s'agit d'un matériau alternatif, pour l'ensemble des utilisations associées à la famille d'usages routiers envisagée : « sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus » ou « remblai technique ou accotement recouverts »,

(16) Un échantillon caractéristique est un échantillon qui doit permettre d'établir un référentiel de conformité en adéquation avec les caractéristiques du gisement (cf. annexe 2).

(17) La définition d'une « prise d'essai » est donnée dans les normes NF EN 12457-2, NF EN 12457-4 et NF CEN/TS 14405.

- s'il s'agit d'un matériau routier, pour l'ensemble des usages correspondant à la famille d'usages routiers envisagée : « sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus » ou « remblai technique ou accotement recouverts » ;

- dans le cadre du contrôle de conformité, une procédure d'assurance qualité est à formaliser et à mettre en œuvre pour s'assurer du respect dans le temps des valeurs limites fixées comme étant égales aux moyennes des trois résultats des essais de lixiviation obtenus.

Si au moins un dépassement des valeurs limites du tableau 6 de l'annexe 4 est enregistré, il convient d'envisager de réaliser la caractérisation environnementale de niveau 3.

## 2.3.7 - Caractérisation environnementale de niveau 3

### 2.3.7.1 - Objectifs

Dans l'hypothèse où les niveaux de caractérisation environnementale précédents ne permettent pas de justifier l'acceptabilité en technique routière d'un matériau alternatif et/ou routier, ou que les procédures ou les essais associés ne semblent pas adaptés à la nature ou au comportement de ces matériaux, le présent guide méthodologique laisse la possibilité de justifier leur acceptabilité en technique routière sur la base d'une étude spécifique.

Cette étude spécifique est élaborée à l'initiative des principales fédérations professionnelles concernées, ou à défaut par l'exploitant d'une installation classée, et validée par le ministère en charge du développement durable, avec l'appui éventuel des organismes publics de son réseau scientifique et technique ou placés sous sa tutelle, en concertation avec des représentants de la maîtrise d'ouvrage et des associations de protection de l'environnement.

### 2.3.7.2 - Principes

Le choix des investigations à entreprendre (essais, modélisation et/ou retour d'expérience) est laissé libre sous réserve que :

- l'étude de l'altération du matériau et de l'émission des polluants soit menée selon les prescriptions de la norme méthodologique NF EN 12920+A1 ;
- le devenir des polluants émis par l'ouvrage via leur transfert dans le sol et dans la nappe ainsi que leurs effets sur la cible « eau » soient étudiés afin de montrer que l'usage routier envisagé permet d'assurer un niveau de protection de l'environnement au moins équivalent à celui assuré par la modélisation prédictive qui a permis de fixer les valeurs limites du tableau de l'annexe 4 ;
- en cas de modélisation du comportement et des transferts des constituants, les principes précisés à l'annexe 5 du présent guide soient respectés.

Des recommandations pour la conception et le suivi de plots expérimentaux ou de lysimètres (dimensionnement, instrumentation, collecte des percolats, etc.) sont données dans le « Guide de conception et de suivi des plots expérimentaux et essais lysimétriques »<sup>(18)</sup>.

Des exemples concrets d'essais adaptés à l'étude de l'altération du matériau et de l'émission des polluants sont proposés par le BRGM<sup>(19)</sup> et l'ADEME<sup>(20),(21)</sup>. Ces essais permettent d'étudier l'influence de paramètres tels que l'alternance humidification/séchage ou le contact avec des organismes vivants (cas d'un contact avec de la terre végétale par exemple).

De même, les enseignements méthodologiques et scientifiques des études suivantes peuvent être utiles à la réalisation de l'étude spécifique :

- étude CAREX<sup>(22)</sup> initiée par l'ADEME et menée par le LCPC et l'INSA de Lyon ;
- étude BILENV<sup>(23)</sup> initiée par l'ADEME et menée par l'INSA de Lyon.

## 3 - Contenu d'un guide d'application

Conformément à l'objet des guides d'application et au champ d'application du guide méthodologique précisés au chapitre 1 du présent document, le contenu de chaque guide d'application doit :

- organiser et présenter les informations demandées au stade des étapes 1 et 2 ainsi que les conclusions associées aux résultats obtenus au stade de l'étape 3 de la démarche d'évaluation définie dans le présent chapitre ;
- préciser et justifier les éventuelles utilisations non couvertes par le présent guide méthodologique ;
- définir des couples matériaux/usages envisageables ;
- préciser les éventuelles limitations d'usage et recommandations à observer (zones d'utilisation, stockage temporaire en phase chantier) ;
- définir le contenu du contrôle de conformité :
  - les procédures d'assurance qualité de la production du matériau alternatif et routier à suivre (plan d'échantillonnage, fréquence de prélèvement, etc.),
  - les paramètres environnementaux pertinents à suivre,
  - le référentiel de conformité à respecter (type de traitement statistique des résultats et valeurs limites associées).
- préciser les obligations des différents acteurs afin d'assurer la conservation de la mémoire des chantiers ;
- de manière optionnelle, proposer des clauses techniques particulières à insérer dans les pièces techniques des marchés.

(18) Ce guide est téléchargeable depuis le site de l'Observatoire OFRIR <http://ofrir.ifssttar.fr>

(19) Piantone P., Bodéan F. (2001). Résidus de Procédés Thermiques (RPT) : Apport de la minéralogie dans l'optimisation de la démarche et la prédiction de leur évolution. BRGM/RP-51259-FR. 149 p.

(20) Evaluation de l'écocompatibilité des scénarios de stockage et de valorisation des déchets. Principes généraux. ADEME, juin 2002. Réf. 3655. 27 p. (gratuit)

(21) Evaluation de l'écocompatibilité des scénarios de stockage et de valorisation des déchets. Guide d'usage. ADEME, novembre 2002. Réf. 4445. 147 p.

(22) François D., Jullien A., Kerzreho JP., Vernus E. Retour d'expérience sur le comportement mécanique et environnemental d'ouvrages et de plots routiers instrumentés : Etude CAREX. Rapport final. Novembre 2005. (convention ADEME 0372C0006). Accessible sur le site <http://ofrir.ifssttar.fr>

(23) Bröns-Laot G., Giraud M-C., Schioppa N., Crest M., Méhu J. (2004). Bilan de la mise en œuvre de la norme ENV12920. Etude BILENV. Rapport final, décembre 2004. EDEMS (convention ADEME 0372C0109).

# ANNEXES

## 1 - Acronymes

Organismes	
<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>BRGM</b>	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
<b>CEN</b>	Comité Européen de Normalisation
<b>CETE</b>	Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement
<b>IFSTTAR</b>	Institut Français des Sciences et Techniques des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
<b>INSA</b>	Institut National des Sciences Appliquées
<b>LCPC</b>	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
<b>MEDDTL</b>	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
<b>SETRA</b>	Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
Termes techniques	
<b>BTEX</b>	Benzène Toluène Ethylbenzène Xylènes
<b>COT</b>	Carbone Organique Total
<b>EN</b>	Norme Européenne
<b>FD</b>	Fascicule de Documentation
<b>HAP</b>	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
<b>NF</b>	Norme Française (homologuée)
<b>PCB</b>	PolyChloroBiphényl
<b>NF</b>	Norme Française (homologuée)
<b>CEN/TS</b>	Spécification technique européenne (statut équivalent à la norme expérimentale française)



## 2 - Règles d'organisation pour la constitution des échantillons

Les règles d'organisation figurant dans la présente annexe ont valeur de recommandations.

Dans le cadre de la constitution des échantillons, il est possible de suivre d'autres règles d'organisation. Dans ce cas, ces règles devront être formalisées et obtenir la validation du ministère en charge du développement durable préalablement à leur application, notamment dans le cadre de l'élaboration d'un guide d'application.

### 2.1 - Introduction

Les normes et rapports techniques relatifs à l'échantillonnage listés ci-dessous fournissent des exigences et des exemples qu'il est recommandé de suivre.

<b>NF EN 14899</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets : Procédure-cadre pour l'élaboration et la mise en oeuvre d'un plan d'échantillonnage. Avril 2006
<b>NF EN 932-1</b>	Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats – Partie 1 : méthodes d'échantillonnage. Décembre 1996
<b>FD CEN/TR 15310-1</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets – Partie 1 : Guide relatif au choix et à l'application des critères d'échantillonnage dans diverses conditions. Mars 2007
<b>FD CEN/TR 15310-2</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets – Partie 2 : Guide relatif aux techniques d'échantillonnage. Mars 2007
<b>FD CEN/TR 15310-3</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets – Partie 3 : Guide relatif aux procédures de sous-échantillonnage sur le terrain. Mars 2007
<b>FD CEN/TR 15310-4</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets – Partie 4 : Guide relatif aux procédures d'emballage, de stockage, de conservation, de transport et de livraison des échantillons. Mars 2007
<b>FD CEN/TR 15310-5</b>	Caractérisation des déchets - Prélèvement des déchets – Partie 5 : Guide relatif au processus d'élaboration d'un plan d'échantillonnage. Mars 2007

Le lecteur pourra aussi se référer aux guides méthodologiques pour l'échantillonnage des mâchefers d'usine d'incinération d'ordures ménagères, sur flux ou en tas, édités par le SVDU<sup>(24)</sup>.

L'élément le plus important de la norme NF EN 14899 est l'exigence d'élaborer obligatoirement un plan d'échantillonnage, dans le cadre d'un programme général d'essai. Cette norme est particulièrement utile pour :

- élaborer des plans d'échantillonnage normalisés destinés à être utilisés dans des circonstances normales ou en routine (c'est-à-dire élaborer des normes filles ou dérivées portant sur des scénarios d'échantillonnage bien définis) ;
- incorporer des exigences d'échantillonnage spécifiques dans la législation européenne et nationale ;
- concevoir et développer un plan d'échantillonnage au cas par cas.

La mise au point d'un plan d'échantillonnage dans ce cadre implique de suivre trois étapes, ou opérations :

1. la définition du plan d'échantillonnage ;
2. le prélèvement d'un échantillon *in situ* selon le plan d'échantillonnage ;
3. le transport au laboratoire de l'échantillon pour laboratoire.

La définition du plan d'échantillonnage repose sur 12 étapes statistiques organisées autour de 4 grands objectifs :

- **Objectif n°1** : spécifier l'objectif du programme d'essai
  - 1 - spécifier l'objectif du programme d'essai
- **Objectif n°2** : déduire les buts techniques à partir de l'objectif spécifier l'objectif du programme d'essai
  - 2 - définir la population à échantillonner
  - 3 - évaluer la variabilité
  - 4 - choisir l'approche d'échantillonnage

(24) Téléchargeables à partir de la page [http://www.fg3e.fr/public/common/dossier\\_details.php](http://www.fg3e.fr/public/common/dossier_details.php) ou directement à l'adresse suivante : [http://www.fg3e.fr/docs/docs\\_fg3e/FG3E-FR\\_MIOM\\_Echantillonnage.pdf](http://www.fg3e.fr/docs/docs_fg3e/FG3E-FR_MIOM_Echantillonnage.pdf)

- 5 - identifier l'échelle
- 6 - choisir l'approche statistique requise
- 7 - choisir le niveau de fiabilité souhaité
- **Objectif n°3** : déterminer les instructions pratiques
  - 8 - choisir le schéma d'échantillonnage
  - 9 - déterminer la taille du prélèvement élémentaire /de l'échantillon
  - 10 - choisir entre l'utilisation d'échantillons composites ou d'échantillons individuels
  - 11 - déterminer le nombre d'échantillons requis
- **Objectif n°4** : définir le plan d'échantillonnage
  - 12 - déterminer les éléments statistiques du plan d'échantillonnage

Ainsi, l'échantillonnage sera réalisé en fonction de l'objectif visé. Parmi ces objectifs on peut particulièrement citer :

- positionner un gisement produit de manière discontinue sur plusieurs sites par rapport aux valeurs limites du présent guide (ex : positionnement national d'un gisement),
- positionner le gisement produit de manière discontinue à l'échelle d'un site de production par rapport aux valeurs limites du présent guide (ex : positionnement d'un gisement produit par une ICPE),
- réaliser un programme de contrôle de conformité avec les résultats du positionnement initial du gisement.

Les tableaux 1 et 2 de la présente annexe fournissent des recommandations et des exemples pour la définition du plan d'échantillonnage pour atteindre ces différents objectifs.

Pour ce qui concerne le positionnement initial et le contrôle de conformité des gisements de matériaux alternatifs produits de manière continue, les recommandations et les exemples présentés à la section A2 de l'annexe 2 du Rapport Technique FD CEN/TS 15310-5 sont à considérer.

## 2.2 - Règles générales

L'objectif de l'échantillonnage est de donner à chaque élément présent dans le déchet la même probabilité de se trouver dans l'échantillon que celle qu'il a dans le lot initial.

L'échantillonnage doit être réalisé en tenant compte des règles suivantes :

- faire le choix d'écarter de l'échantillon les éléments trop volumineux et statistiquement faiblement représentés pour ne pas avoir à manipuler un outil de prélèvement trop important. Il faudra cependant signaler l'existence d'un biais possible sur les résultats des essais ultérieurs ;
- prendre en compte les dimensions spatiales et temporelles :
  - en prélevant toutes les granulométries ;
  - en prélevant de façon aléatoire ;
  - en multipliant les prélèvements ;
  - en tenant compte, dans le cas d'un stock, de la géométrie du tas et de son mode de constitution.

Il convient que les granulats soient de préférence échantillonnés soit sur une bande transporteuse à l'arrêt, soit sur le flux de matériaux en mouvement. Il convient que les prélèvements soient effectués à intervalles réguliers dans les lots en mouvement.

L'échantillonnage sur stock rend difficile le respect du principe de prélèvement au hasard dans toutes les parties du lot, car la ségrégation peut entraîner une erreur systématique de l'échantillonnage. Cette méthode devrait donc être évitée si possible.

En cas de prélèvement sur stock, la forme du tas conditionnera la nature et l'emplacement des zones où sera effectuée la prise des prélèvements élémentaires. Cette forme dépend de son mode de constitution.

Les modes de constitution les plus fréquents sont les suivants :

- par déversement des camions et remontée au chargeur, le tas est alors dit « tas massif »,
- par déversement à la jetée sur bande transporteuse fixe, le tas est alors dit « tas conique »,
- par déversement à la jetée sur bande transporteuse mobile, le tas est alors dit « tas en banane »,
- au chargeur, le tas est alors dit « tas en andain ».

Les formes des tas sont représentées schématiquement dans le guide SVDU, de même que la méthode de prélèvement des prises élémentaires pour chacun de ces cas.

Les échantillons prélevés doivent être conservés dans le respect des exigences des normes d'analyses des paramètres à déterminer (cf. NF EN 15002<sup>(25)</sup>).

Dans le cas des déchets réactifs, leur vieillissement naturel doit conduire à ne pas les conserver brut plus d'une semaine avant leur caractérisation. Au-delà, l'échantillon ne pourra plus être considéré comme représentatif de la production.

Dans tous les cas, l'établissement d'un plan d'assurance qualité (PAQ) est indispensable. Il pourra notamment intégrer des règles de contrôle de conformité afin d'assurer le suivi de la qualité en continu.



---

(25) AFNOR. NF EN 15002. Caractérisation des déchets – Préparation de prises d'essai à partir de l'échantillon pour laboratoire.



## 2.3 - Positionnement initial d'un gisement produit de manière discontinue

Le tableau 1 présente des recommandations et des exemples pour la définition du plan d'échantillonnage pour positionner un gisement produit de manière discontinue dans 2 cas de figure :

- le positionnement est étudié de manière globale, par exemple pour un gisement produit à l'échelle du territoire national,
- le positionnement est étudié pour un gisement à l'échelle d'un site de production, par exemple dans le cas d'un gisement de matériaux alternatifs produit sur un seul site.

Pour une définition des termes utilisés (ex : échantillons composites, fidélité, etc.) se reporter aux documents normatifs listés au paragraphe 2.1 de la présente annexe.

	A l'échelle de plusieurs sites	A l'échelle d'un site
Spécifier l'objectif du programme d'essai		
1. Spécifier l'objectif	Caractérisation de base pour identifier la variabilité et le positionnement par rapport aux valeurs limites de niveau 1 des matériaux alternatifs <i>lambda</i> .	
Déduire les buts techniques à partir de l'objectif		
2. Définir la population à échantillonner	<p>Population globale : le matériau alternatif <i>lambda</i> produit par les plates-formes de recyclage à l'échelle nationale sur une année.</p> <p>Population : le matériau alternatif <i>lambda</i> produit sur une sélection représentative de x plates-formes.</p> <p>Sous-population : le matériau alternatif <i>lambda</i> produit sur une période de y semaines par chaque plate-forme de cette sélection.</p> <p>Nota : dans le cas de l'objectif établi, il convient que l'échantillonnage soit réalisé au cours de périodes où sont attendues des concentrations plutôt maximales en éléments à analyser.</p>	<p>Population globale : le matériau alternatif <i>lambda</i> produit par un site de production donné sur une année.</p> <p>Population : idem.</p> <p>Sous-population : le matériau alternatif <i>lambda</i> produit sur une période de y semaines. Si un nombre significatif de lots sont produits sur la période, il peut être intéressant de constituer plusieurs sous-populations (une par lot).</p> <p>Nota : dans le cas de l'objectif établi, il convient que l'échantillonnage soit réalisé au cours de périodes où sont attendues des concentrations plutôt maximales en éléments à analyser.</p>
3. Evaluer la variabilité	<p>Possible variabilité spatiale, temporelle et intra-volumique au sein d'un tas ou d'un lot.</p> <p>La variabilité peut être estimée par des informations obtenues préalablement sur le gisement considéré.</p> <p>Il est fait ici l'hypothèse que la variabilité spatiale inter-site est plus élevée que la variabilité temporelle intra-site.</p>	<p>Possible variabilité temporelle et intra-volumique au sein d'un tas ou d'un lot.</p> <p>La variabilité peut être estimée par des informations obtenues préalablement sur le gisement considéré.</p>
4. Choisir l'approche d'échantillonnage	Echantillonnage probabiliste à l'échelle de la sous-population, de préférence à un échantillonnage « à dire d'expert ».	
5. Identifier l'échelle	<p>Echelle des sous-populations. Chaque sous-population est caractérisée au moyen d'un échantillon composite (cf. point 10 ci-dessous).</p> <p>La période de temps caractérisant la sous-population peut être répartie au cours de l'année de production.</p>	<p>Echelle de la sous-population. La sous-population est caractérisée au moyen d'échantillons ponctuels.</p> <p>Si plusieurs sous-populations ont été constituées, les échantillons ponctuels peuvent être remplacés par des échantillons composites, à la condition de pouvoir constituer un nombre d'échantillons composites suffisant en regard de l'objectif et du niveau de fiabilité souhaité (cf. point 10 ci-dessous).</p> <p>La période de temps caractérisant la sous-population peut être répartie au cours de l'année de production.</p>
6. Identifier l'approche statistique requise	<p>Valeur moyenne de chaque paramètre faisant l'objet d'une valeur limite et écart-type.</p> <p>Pourcentage d'échantillons composites respectant chaque valeur limite.</p>	<p>Valeur moyenne de chaque paramètre faisant l'objet d'une valeur limite et écart-type.</p> <p>Pourcentage d'échantillons composites respectant chaque valeur limite. La variabilité pourra être représentée par la dispersion des caractéristiques sous forme de déciles ou de « Whisker plots ».</p>
7. Choisir le niveau de fiabilité souhaité	Nécessité d'une fiabilité élevée du fait de l'objectif (caractérisation de base). Fidélité de l'ordre de 10-15% avec un intervalle de confiance de 90%.	

	A l'échelle de plusieurs sites	A l'échelle d'un site
Déterminer les instructions pratiques		
8. Choisir le schéma d'échantillonnage	<p>Fonction de la granularité du matériau (0/D, d/D, etc.) et du mode de constitution du lot ou du tas (cf. annexe C de la norme NF EN 932-1). En cas de ségrégation ou de stratification, recourir à un échantillonnage aléatoire stratifié (cf. §5.2 de FD CEN/TR 15310-1).</p> <p>Une strate est définie comme une subdivision d'un volume unitaire donné (ex : tas ou lot).</p> <p>Possibilité de distinguer des sous-familles au sein du gisement considéré.</p>	
9. Déterminer la taille du prélèvement élémentaire / de l'échantillon	<p>La masse d'un prélèvement élémentaire (m) et la masse d'échantillon nécessaire (M) sont fonction du fuseau granulométrique et de la densité des particules. Pour une granularité maxi (95% du passant) de 30 mm et une densité <math>d=3</math> : <math>m=2</math> kg et <math>M=50</math> kg (soit 25 prélèvements élémentaires). Pour une granularité maxi de 20 mm et <math>d=3</math>, on a besoin respectivement de <math>m=0,7</math> kg et <math>M=15</math> kg (soit 24 prélèvements élémentaires). (cf. formules en annexe D de FD CEN/TR 15310-1).</p> <p>Si ce sont les prélèvements élémentaires qui sont soumis à essais, leur taille doit également tenir compte de la quantité d'échantillon pour laboratoire nécessaire pour réaliser les essais (cf. point 12 ci-dessous).</p>	
10. Choisir entre l'utilisation d'échantillons composites ou individuels	<p>Echantillons composites caractéristiques de chaque sous-population.</p> <p>La variabilité à l'échelle de l'échantillon composite ne sera pas connue, seule sera connue la variabilité de la population.</p> <p>La valeur moyenne de tous les échantillons composites donnent une estimation de la moyenne de la population des x plates-formes, à une échelle de ~ z kt.</p> <p>Le choix d'échantillons composites permet de conserver un coût d'analyse mesuré, mais les coûts d'échantillonnage sont plus importants.</p>	<p>Echantillons ponctuels correspondant aux prélèvements élémentaires.</p> <p>Par cette méthode, on peut obtenir des informations sur l'hétérogénéité à l'intérieur des sous-populations - si elles ont été définies - en calculant, par exemple, le coefficient de variation. On peut considérer aussi que l'une des sous-populations est tellement hétérogène qu'au moins une partie de cette sous-population n'est pas conforme à certaines valeurs limites, et l'écarter, même si la valeur moyenne reste dans la plage de qualité.</p>
11. Déterminer le nombre requis d'échantillons	<p>Si 80% des cas (échantillons) sont censés respecter les valeurs limites, 40 échantillons composites sont nécessaires pour s'en assurer avec une fidélité de 10% et un intervalle de confiance de 90% (20 échantillons pour une fidélité de 13%).</p> <p>(cf. exemple de la section C5 de l'annexe C du Rapport technique FD CEN/TC 15310-1).</p> <p>Pour estimer la variabilité (moyenne, écart-type) d'une population avec une fidélité de 20% et une limite de confiance de 90%, 50 échantillons prélevés au hasard sont nécessaires (40 échantillons pour une fidélité de 23%, 30 pour une fidélité de 30%, 100 pour une fidélité de 13%).</p> <p>(cf. exemple de la section C3 de l'annexe C du Rapport technique FD CEN/TC 15310-1).</p>	
Définir le plan d'échantillonnage		
12. Déterminer les éléments statistiques du plan d'échantillonnage	<p>Pour chaque sous-population, obtenir un échantillon composite du matériau alternatif <i>lambda</i> produit.</p> <p>Chaque échantillon composite est composé de n prélèvements unitaires de m kg (cf. point 8), en prélevant toutes les granulométries. Ces prélèvements unitaires sont prélevés aléatoirement dans tout le volume de la sous population. Dans le cas de tas conique, cf. annexe C de la norme NF EN 932-1. En présence de strates dans le tas ou le lot, effectuer 2 prélèvements par strate.</p> <p>Mélanger ces prélèvements unitaires de manière à obtenir un échantillon composite homogène.</p> <p>Si besoin, réduire l'échantillon par pelletage fractionné (si 4 tas on parle de quartage) ou en utilisant un diviseur d'échantillon afin d'obtenir la quantité d'échantillon pour laboratoire ad hoc (minimum 10 kg pour réaliser l'essai de percolation NF CEN/TS 14405, 2 kg pour les essais NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4, de l'ordre du kg pour l'analyse des paramètres organiques).</p> <p>Analyser chaque échantillon séparément (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4 et paramètres organiques), positionner chaque résultat par rapport aux valeurs limites, et déterminer la moyenne, l'écart-type et le pourcentage de respect des valeurs limites.</p> <p>L'échantillon caractéristique mentionné à la section 2.3.6.2 du présent guide est choisi parmi les échantillons testés, en fonction des résultats obtenus, logiquement dans la gamme « haute » de caractéristiques (ex : dans la gamme des 7 et 8<sup>ème</sup> déciles dans le cas d'une représentation de la variabilité sous forme de déciles).</p>	<p>Les prélèvements unitaires sont prélevés aléatoirement dans le tas ou le lot afin de couvrir l'ensemble du volume considéré. Ils sont prélevés dans différentes zones du tas (une prise par zone, par exemple par tranche de 200 t) et à différentes profondeurs. Dans le cas de tas conique, cf. annexe C de la norme NF EN 932-1.</p> <p>Leur taille et leur nombre sont déterminés selon les recommandations respectivement du point 9 et du point 10.</p>

Tableau 1 - Positionnement initial d'un gisement produit de manière discontinue



## 2.4 - Contrôle de conformité d'un gisement produit de manière discontinue

Le tableau 2 présente des recommandations et des exemples pour la définition du plan d'échantillonnage pour contrôler la conformité d'un gisement produit de manière discontinue, et ayant préalablement fait l'objet d'un positionnement initial par rapport aux valeurs limites du présent guide.

Par rapport au positionnement initial, un seul cas de figure demeure, celui du contrôle de conformité pour un gisement à l'échelle d'un site de production dans la mesure où la conformité doit être établie à l'échelle de chaque unité de production.

A l'échelle de chaque unité de production	
Spécifier l'objectif du programme d'essai	
1. Spécifier l'objectif	Mettre en œuvre, par l'exploitant de la plate-forme de recyclage, un programme régulier d'essais de conformité pour vérifier s'il y a concordance avec le niveau de conformité fixé lors du positionnement initial des matériaux alternatifs <i>lambda</i> .
Déduire les buts techniques à partir de l'objectif	
2. Définir la population à échantillonner	Population globale : les matériaux alternatifs <i>lambda</i> produits par la plate-forme de recyclage de l'exploitant sur la durée de vie de l'installation. Population : les matériaux alternatifs <i>lambda</i> produits par la plate-forme de recyclage de l'exploitant sur une année. Sous-population : les matériaux alternatifs <i>lambda</i> produits par cette plate-forme au cours d'une période de x mois ou, si cela conduit à augmenter la fréquence, toutes les y tonnes. Nota : dans le cas de l'objectif établi, il convient que l'échantillonnage soit réalisé au cours de périodes où il est attendu des concentrations plutôt maximales en éléments à analyser.
3. Evaluer la variabilité	Fonction des résultats du positionnement initial.
4. Choisir l'approche d'échantillonnage	Echantillonnage probabiliste à l'échelle de la sous-population, de préférence à un échantillonnage « à dire d'expert ».
5. Identifier l'échelle	Echelle de la sous-population.
6. Identifier l'approche statistique requise	Proportion de matériau alternatif produit couramment ne respectant pas les valeurs limites d'utilisation.
7. Choisir le niveau de fiabilité souhaité	A déterminer dans le guide d'application, notamment en fonction du niveau de caractérisation environnementale auquel le gisement a satisfait au cours du positionnement initial.
Déterminer les instructions pratiques	
8. Choisir le schéma d'échantillonnage	Echantillons ponctuels prélevés tous les x jours ou toutes les y tonnes (en portant attention à ne pas tomber trop fréquemment le même jour de la semaine).
9. Déterminer la taille du prélèvement élémentaire / de l'échantillon	La masse d'un prélèvement élémentaire (m) et la masse d'échantillon nécessaire (M) sont fonction du fuseau granulométrique et de la densité des particules. Pour une granularité maxi (95% du passant) de 30 mm et une densité d=3 : m=2 kg et M=50 kg (soit 25 prélèvements élémentaires). Pour une granularité maxi de 20 mm et d=3, on a besoin respectivement de m=0,7 kg et M=15 kg (soit 24 prélèvements élémentaires). (cf. formules en annexe D de FD CEN/TR 15310-1). Si ce sont les prélèvements élémentaires qui sont soumis à essais, leur taille doit également tenir compte de la quantité d'échantillon pour laboratoire nécessaire pour réaliser les essais (cf. point 12 ci-dessous).
10. Choisir entre l'utilisation d'échantillons composites ou individuels	Echantillons individuels.
11. Déterminer le nombre requis d'échantillons	A déterminer dans le guide d'application en fonction des résultats du positionnement initial, notamment du niveau de caractérisation environnementale auquel le gisement a satisfait et du pourcentage du gisement respectant les valeurs limites.

A l'échelle de chaque unité de production	
Définir le plan d'échantillonnage	
12. Déterminer les éléments statistiques du plan d'échantillonnage	<p>Les prélèvements unitaires sont prélevés aléatoirement dans le tas ou le lot afin de couvrir l'ensemble du volume considéré. Ils sont prélevés dans différentes zones du tas (une prise par zone, par exemple par tranche de 200 t) et à différentes profondeurs. Dans le cas de tas conique, cf. annexe C de la norme NF EN 932-1.</p> <p>Leur taille et leur nombre sont déterminés selon les recommandations respectivement du point 9 et du point 10.</p> <p>Si besoin, réduire l'échantillon par pelletage fractionné (si 4 tas on parle de quartage) ou en utilisant un diviseur d'échantillon afin d'obtenir la quantité d'échantillon pour laboratoire ad hoc (minimum 2 kg pour les essais NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4, de l'ordre du kg pour l'analyse des paramètres organiques).</p> <p>Analyser l'échantillon (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4 et paramètres organiques), positionner les résultats par rapport aux valeurs limites.</p>

Tableau 2 - Contrôle de conformité d'un gisement produit de manière discontinue

### 3 - Valeurs limites associées à la caractérisation environnementale de niveau 1

Paramètre	Quantité relarguée à L/S = 10 l/kg (essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4)		
	Ensemble de valeurs à respecter par au moins 80% des échantillons (mg/kg de matière sèche)	Ensemble de valeurs à respecter par au moins 95% des échantillons (mg/kg de matière sèche)	Ensemble de valeurs à respecter par 100% des échantillons (mg/kg de matière sèche)
As	0,5	1	1,5
Ba	20	40	60
Cd	0,04	0,08	0,12
Cr total	0,5	1	1,5
Cu	2	4	6
Hg	0,01	0,02	0,03
Mo	0,5	1	1,5
Ni	0,4	0,8	1,2
Pb	0,5	1	1,5
Sb	0,06	0,12	0,18
Se	0,1	0,2	0,3
Zn	4	8	12
Fluorures	10	20	30
Chlorures <sup>(*)</sup>	800	1 600	2 400
Sulfates <sup>(*)</sup>	1 000	2 000	3 000
Fraction soluble <sup>(*)</sup>	4 000	8 000	12 000

Tableau 3. Valeurs limites en lixiviation permettant de justifier toutes les utilisations visées par le présent guide

<sup>(\*)</sup> Concernant les chlorures, les sulfates et la fraction soluble, il convient, pour être jugé conforme, de respecter soit les valeurs associées aux chlorures et aux sulfates, soit de respecter les valeurs associées à la fraction soluble

Paramètre	Ensemble de valeurs à respecter par au moins 80% des échantillons (mg/kg matière sèche)	Ensemble de valeurs à respecter par 100% des échantillons (mg/kg matière sèche)
COT (*)	30 000	60 000
BTEX (Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)		6
PCB (Polychloro Biphényles, 7 congénères) Congénères n°28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180		1
HCT (Hydrocarbures totaux, C10 à C40) (**)		500
HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) (**)		50
Dioxines et furannes (***)		10 ng I-TEQ <sub>OMS, 2005</sub> /kg matière sèche

Tableau 4 - Valeurs limites à ne pas dépasser en contenu total pour être candidat à une utilisation en technique routière.

(\*) Pour les usages en assise de chaussée (couche de base ou de fondation) ou en couche de surface (couche roulement ou de liaison), les valeurs limites associées au carbone organique total (COT), aux hydrocarbures totaux (HCT) et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peuvent être adaptées, notamment pour tenir compte de la contribution des liants hydrocarbonés (COT et HCT) ou de la technique de mise en œuvre (HAP). Toute modification de valeur limite devra être validée par le ministère en charge du développement durable, notamment dans le cadre de l'élaboration d'un guide d'application.

(\*\*) Uniquement pour les matériaux alternatif et routier élaborés, en tout ou partie, à partir de déchets issus d'un traitement thermique.

Paramètre	Quantité relarguée à L/S = 10 l/kg (essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4)
	Valeur (mg/kg de matière sèche)
As	2
Ba	100
Cd	1
Cr total	10
Cu	50
Hg	0.2
Mo	10
Ni	10
Pb	10
Sb	0.7
Se	0.5
Zn	50
Fluorures	150
Chlorures <sup>(*)</sup>	15 000
Sulfates <sup>(*)</sup>	20 000
Fraction solubles <sup>(*)</sup>	60 000

Tableau 5 - Valeurs limites à ne pas dépasser en lixiviation pour être candidat à une utilisation en technique routière.

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

## Normes d'analyses en vigueur (mars 2011)

### Analyse des éluats :

- NF EN 12506 « Analyse chimique des éluats — Détermination du pH et dosage de As, Ba, Cd, Cl<sup>-</sup>, Co, Cr, Cr VI, Cu, Mo, Ni, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Pb, S total, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, V et Zn »

- NF EN 13370 « Analyse chimique des éluats — Détermination de : ammonium, AOX, conductivité, Hg, « indice phénol », COT, CN<sup>-</sup> aisément libérables, F »

### • Analyse des composés organiques :

- COT : NF EN 13137 « Caractérisation des déchets - Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments »

- Hydrocarbures totaux : NF EN 14039 « Caractérisation des déchets - Détermination de la teneur en hydrocarbures par chromatographie en phase gazeuse dans la plage C10 à C40 »

- HAP : NF EN 15527 « Caractérisation des déchets - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les déchets par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM) »

- PCB : NF EN 15308 « Caractérisation des déchets - Détermination de polychlorobiphényles (PCB) sélectionnés dans les déchets solides, par chromatographie en phase gazeuse capillaire avec détection par capture d'électrons ou spectrométrie de masse »

- BTEX : NF ISO 22155 « Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures aromatiques et halogénés volatils et de certains éthers par chromatographie en phase gazeuse - Méthode par espace de tête statique » ou NF ISO 15009 « Qualité du sol - Détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils - Méthode par purge et piégeage avec désorption thermique »

### • Dioxines et furannes :

- paramètre couvert par la portée d'accréditation du laboratoire selon NF EN ISO/CEI 17025

- prétraitement de l'échantillon suivant NF ISO 11464 « Qualité du sol - Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques »

- extraction soxhlet ou sous pression à chaud (ASE accelerated ou automated solvent extractor)

- dosage suivant NF EN 1948 « détermination de la concentration massique en PCDD/PCDF et en PCB de type dioxine »

NB : lorsque la concentration pour un des congénères est inférieure à la limite de quantification, prendre cette concentration égale à « 0 » pour le calcul de la quantité cumulée pour tous les congénères.

## 4 - Valeurs limites associées à la caractérisation environnementale de niveau 2

	Scénario « sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus <sup>(26)</sup> »	Scénario « remblai technique ou accotement recouverts <sup>(27)</sup> »
Paramètre	Quantité relarguée cumulée à L/S = 10 l/kg (essai de percolation NF CEN/TS 14405)	Quantité relarguée cumulée à L/S = 10 l/kg (essai de percolation NF CEN/TS 14405)
	Valeur (mg/kg de matière sèche)	Valeur (mg/kg de matière sèche)
As	0,8	0,5
Ba	56	28
Cd	0,32	0,16
Cr total	4	2
Cu	50	50
Hg	0,08	0,04
Mo	5,6	2,8
Ni	1,6	0,8
Pb	0,8	0,5
Sb	0,4	0,2
Se	0,5	0,4
Zn	50	50
Fluorures	60	30
Chlorures	10 000	5 000
Sulfates	10 000	5 000

Tableau 6. Valeurs limites en percolation permettant de justifier certaines utilisations visées par le présent guide

## 5 - Principes de la modélisation employée

Les valeurs limites proposées dans le tableau de l'annexes 4 ont été déterminées sur la base de travaux de modélisation de l'impact potentiel, sur les eaux souterraines, d'ouvrages utilisant des matériaux alternatifs.

L'objectif a été de déterminer le relargage en sortie d'un ouvrage (terme source) permettant de respecter une qualité donnée des eaux souterraines en aval hydraulique de cet ouvrage (terme impact). Pour cela, une relation mathématique a été établie. Ces modélisations font appel à des hypothèses qui ont été sélectionnées en raison de leur caractère raisonnablement majorant et en référence à celles utilisées pour la définition des critères d'admission des déchets dans les différentes catégories d'installations de stockage<sup>(28)</sup>.

Deux scénarios-type d'ouvrage ont été définis en distinguant d'une part les sous-couches de chaussée ou d'accotement revêtus et d'autre part les remblais techniques ou accotements recouverts.

On citera parmi les hypothèses de calcul celles :

- d'un transfert de polluants dans les eaux souterraines au sein d'un milieu poreux ;
- d'une interaction nulle des polluants avec les sols traversés ;

(26) Revêtus d'une couche de surface réputée imperméable (asphalte, enrobés, enduits superficiels, béton, pavés jointoyés) et présentant une pente minimum de 1%.

(27) Recouverts par au moins 30 cm de matériaux naturels (dont terre végétale), avec une pente minimale de 5% sur le dessus de cette couverture, afin de limiter l'infiltration de l'eau.

(28) Décision du Conseil 2003/33/CE du 19/12/2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE (JOCE du 16/01/2003).



- d'écoulements verticaux depuis la source (l'ouvrage) vers la cible (les eaux souterraines) ;
- de valeurs de pluie efficace moyennes pour le territoire métropolitain ;
- du respect de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Les principaux facteurs d'influence pris en compte, et pour lesquels des calculs de sensibilité ont été réalisés, sont les suivants :

- les dimensions de l'ouvrage ;
- le taux d'infiltration des eaux de pluie à travers la structure ;
- le taux d'infiltration des eaux de pluie à travers les sols environnants ;
- la présence d'un seul ouvrage ou de deux ouvrages proches.

Les autres paramètres hydrogéologiques de dimensionnement du modèle sont détaillés dans le rapport BRGM RP-57322-FR<sup>(29)</sup>.

La modélisation du transfert conduit à des facteurs d'atténuation entre la source de polluants et le point de contrôle.

Ainsi, connaissant ces facteurs et en fixant la valeur de l'objectif de qualité des eaux à respecter pour un élément donné (en concentration), il est possible de déterminer la valeur en concentration de cet élément que l'ouvrage doit respecter. Par convention, on considère que cet élément est uniquement issu du matériau alternatif.

Les valeurs limites, exprimées en quantités relarguées cumulées, sont dérivées de ces concentrations. Pour cela, deux hypothèses ont été prises :

- l'une conservative en prenant, pour chaque élément, un relargage sous forme d'une concentration constante (hypothèse qui englobe l'ensemble des comportements des éléments observés expérimentalement) ;
- l'autre plus conventionnelle d'exigence de limitation des quantités relarguées à un niveau égal à la moitié de celles obtenues en considérant un relargage constant sur un horizon de temps donné, exprimé en terme d'exposition à l'eau par un ratio liquide/solide massique de 10. La prise en compte de cette hypothèse a été toutefois limitée aux seuls éléments fortement mobiles (sels).

---

(29) BRGM (2009). Modélisation des impacts liés à l'utilisation de matériaux alternatifs ou hors spécifications en technique routière. Référence RP-57322-FR

# Bibliographie

## Réglementation

- Décision du Conseil 2003/33/CE du 19/12/2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE (JOCE du 16/01/2003).

## Normes

- NF EN 12920+A1 (2008). Caractérisation des déchets – Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées.
- NF EN 12457-2 (2001). Caractérisation des déchets – Lixiviation – Essai de lixiviation de conformité pour les déchets granulaire et les boues – Partie 2 : essai en bûchée simple à un ratio liquide sur solide égal à 10 l/kg avec une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction granulométrique).
- NF EN 12457-4 (2001). Caractérisation des déchets – Lixiviation – Essai de lixiviation de conformité pour les déchets granulaires et les boues – Partie 4 : essai en bûchée simple à un ratio liquide sur solide égal à 10 l/kg avec une granularité inférieure à 10 mm (sans ou avec réduction granulométrique).
- NF CEN/TS 14405 (2005). Caractérisation des déchets - Essai de comportement à la lixiviation - Essai de percolation à écoulement ascendant (dans des conditions spécifiées).

## Autres documents

- ADEME (2010). Guide de conception et de suivi des plots expérimentaux et essais lysimétriques.
- Bellenfant G., Guyonnet D. (2009). Modélisation des impacts liés à l'utilisation de matériaux alternatifs ou hors spécifications en technique routière. Référence RP-57322-FR.
- LCPC (2005). François D., Jullien A., Kerzreho JP., Vernus E. Retour d'expérience sur le comportement mécanique et environnemental d'ouvrages et de plots routiers instrumentés : Etude CAREX. Rapport final (convention ADEME 0372C0006).
- EEDEMS (2004). Bröns-Laot G., Giraud M-C., Schiopu N., Crest M., Méhu J. Bilan de la mise en œuvre de la norme ENV12920. Etude BILENV. Rapport final (convention ADEME 0372C0109).
- ADEME (2002). Evaluation de l'écocompatibilité des scénarios de stockage et de valorisation des déchets. Principes généraux. Réf. 3655. 27 p.
- ADEME (2002). Evaluation de l'écocompatibilité des scénarios de stockage et de valorisation des déchets. Guide d'usage. Réf. 4445. 147 p.
- Piantone P., Bodéan F. (2001). Résidus de Procédés Thermiques (RPT) : Apport de la minéralogie dans l'optimisation de la démarche et la prédiction de leur évolution. BRGM/RP-51259-FR. 149 p.

## Sites Internet

- <http://ofrir.ifsttar.fr>
- <http://basias.brgm.fr>
- <http://basol.ecologie.gouv.fr>
- <http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr>

Page laissée blanche intentionnellement



Le présent guide méthodologique vise à fournir une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets et destinés à être utilisés en technique routière.

Il s'applique aux matériaux alternatifs dont la fonction utile pour des usages routiers a été préalablement justifiée afin de ne pas faire de la route un substitut de la mise en décharge.

Ce guide méthodologique s'adresse principalement aux professionnels des travaux publics et aux industriels qui souhaitent étudier les possibilités de valorisation, en technique routière, des déchets qu'ils détiennent ou qu'ils produisent.

Pour les gisements de matériaux alternatifs dont le retour d'expérience est probant, ce guide méthodologique est décliné en guides d'application, plus directement opérationnels, qui s'adressent principalement aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre et ont vocation à leur fournir une référence solide sur laquelle ils peuvent s'appuyer pour l'élaboration de leurs projets ou l'analyse de variantes proposées dans le cadre d'appels d'offres.

Ainsi, pour les matériaux alternatifs disposant d'un guide d'application, il n'est pas utile de se référer à la démarche d'évaluation du présent guide méthodologique. Il convient de suivre directement les prescriptions du guide d'application correspondant.

Ce guide méthodologique ainsi que les guides d'application associés s'inscrivent pleinement dans une démarche de promotion de l'utilisation de matériaux alternatifs en technique routière, dans des conditions environnementales maîtrisées.



### Document disponible au bureau de vente du Séttra

46 avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France  
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 53 - télécopie : 33 (0)1 46 11 33 55  
Référence : **1101** - Prix de vente : **13 €**

*Crédit photos - Couverture : Philippe Le Guillou (Séttra) ;  
vignettes : INSALVOR - PROVADEMSE ; Entreprise TSV ; SOLVAY.  
Conception graphique - mise en page : Pascale Giraud (Séttra)  
Impression : JOUVE - 1, rue du Docteur Sauvé - 53100 Mayenne  
L'autorisation du Séttra est indispensable pour la reproduction, même partielle, de ce document  
© 2011 Séttra - Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 2011 - ISBN : 978-2-11-099173-7*

*Ce document participe à la protection de l'environnement.  
Il est imprimé avec des encres à base végétale sur du papier écolabellisé PEFC.  
PEFC/10-31-1316*



### Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagement

46 avenue Aristide Briand  
BP 100 - 92225 Bagneux  
Cedex - France  
tél : 33 (0)1 46 11 31 31  
fax : 33 (0)1 46 11 31 69

Le Séttra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique du MEDDTL

