DRIRE
NORD-PAS-DE-CALAIS

DOCUMENT PUBLIC

Évaluation des matériaux de comblement pour les cavités souterraines de la craie dans le Nord - Pas-de-Calais Approche géochimique

Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM 99-G-386

décembre 1999
R 40934

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

DRIRE
NORD-PAS-DE-CALAIS

DOCUMENT PUBLIC

Évaluation des matériaux de comblement pour les cavités souterraines de la craie dans le Nord - Pas-de-Calais Approche géochimique

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM 99-G-386

Réalisé sous la responsabilité de
C. Lamotte, J.Y. Koch-Mathian, C. Vinchon
avec la collaboration de
L. Callier, P. Charbonnier

décembre 1999
R 40934

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Mots clés : Cavités souterraines, Comblement, Déchets inertes, Etude d'impact, Eau souterraine

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Lamotte C., Koch-Mathian J.Y., Vinchon C. avec la collaboration de Callier L., Charbonnier P. (1999) – Evaluation des matériaux de comblement pour les cavités souterraines de la craie dans le Nord - Pas-de-Calais. Approche géochimique. Rap. BRGM R 40934, 115 p., 2 fig., 8 tabl., 7 ann.

© BRGM, 1999, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le comblement des carrières souterraines de la craie est, dans certains cas, rendu nécessaire par les aménagements qui sont faits à leur surface, notamment en zone urbaine. L'existence dans la région Nord - Pas-de-Calais d'un large stock de déchets inertes entraîne une forte sollicitation par les producteurs de ces déchets pour leur utilisation en comblement des carrières. Ces matériaux sont proposés au SDICS (Service Départemental des Carrières Souterraines). Face à ces demandes, ce service est compétent pour les critères d'ordre géomécanique, et s'en réfère à la DRIRE quant à ceux liés à leur acceptabilité par rapport à l'environnement.

Il a été demandé au BRGM de définir le risque, pour l'environnement, d'utiliser différents types de déchets et d'établir un cahier des charges pour le choix des matériaux de comblement. Pour cela, ont été recensés ceux utilisés sur le site de Lezennes - Villeneuve-d'Ascq à partir des données existantes au SDICS. Devant le peu d'informations suffisamment précises, ce sont les matériaux de comblement les plus couramment utilisés dans le Nord - Pas-de-Calais qui sont évalués dans ce rapport.

Un cahier des charges est proposé, impliquant de qualifier chimiquement les matériaux et d'évaluer l'impact d'un comblement sur les eaux souterraines. **Ce cahier des charges nécessite d'être validé par un groupe de travail impliquant les services sus-cités mais également les producteurs de matériaux et les utilisateurs en Bâtiments et Travaux Publics.**

Sommaire

Introduction 7

1. Historique des cavités souterraines 9

1.1. Secteurs à cavités 9

1.2. Comblement des cavités 10

2. Inventaire des matériaux de comblement sur le site de Lezennes - Villeneuve-d'Ascq 11

2.1. Recherche d'informations 11

2.2. Nature des matériaux 11

3. Définition des contraintes pour l'établissement d'un cahier des charges 13

3.1. Cadre réglementaire 13

3.1.1. Définition d'un matériau inerte 13
3.1.2. Projet de dispositions relatives aux stockages de classe III 14
3.1.3. Point de vue des professionnels de l'élimination des déchets 15

3.2. Description d'un certain nombre de matériaux dits inertes 17

3.2.1. Matériaux et déchets inertes du Bâtiment et Travaux Publics (BTP) 17
3.2.2. Les matériaux provenant d'une installation industrielle (ICPE) 21
3.2.3. Les terres polluées traitées 21
3.2.4. Les déchets valorisables provenant d'activités industrielles 21
3.2.5. Synthèse de l'appréciation qualitative des matériaux disponibles 26

3.3. Impact du remblaiement sur les eaux 27

3.3.1. Prise en compte du contexte hydrogéologique 27
3.3.2. Polluants susceptibles d'être rencontrés 28

4. Synthèse des recommandations pour l'établissement d'un cahier des charges pour l'utilisation de matériaux pour le comblement des cavités souterraines de la craie en région NPC 33

4.1. Etude hydrogéologique 33

4.2. Caractérisation des matériaux 34

4.3. Etude d'impact dans le cas des cotiches déjà remblayées 34

Conclusion 37

Bibliographie 39

Liste des figures

Fig. 1 – Exemples simplifiés de configuration des cavités souterraines (secteur de Lezennes-Villeneuve-d'Asq) 8

Fig. 2 – Diagramme des seuils réglementaires V et M 24

Liste des tableaux

Tabl. 1 – Déchets dits inertes rencontrés dans les décharges et impacts potentiels 16

Tabl. 2 – Polluants éventuellement présents dans les déchets du BTP 18

Tabl. 3 – Matériaux issus du terrassement 19

Tabl. 4 – Composition pétrographique et minéralogique des stériles houillers 20

Tabl. 5 – Composition chimique moyenne des stériles charbonniers 20

Tabl. 6 – Seuils réglementaires V et M 24

Tabl. 7 – Réglementation étrangère et projet français concernant les centres de stockage de déchets inertes 29

Tabl. 8 – Rejet des eaux dans le milieu naturel 30

Liste des annexes

Ann. 1 - Cahier des charges en application de l'arrêté préfectoral du 18 octobre 1973 modifié les 15 janvier 1974 et 15 mars 1977 41

Ann. 2 - Synthèse des recherches réalisées au SDICS sur le site de Lezennes - Villeneuve d'Ascq 47

Ann. 3 - Projet de dispositions relatives aux installations de stockage de classe 3 53

Ann. 4 - Fiches de déchets dits inertes (provisoires), version d'avril 1997 73

Ann. 5 - Propositions de critères d'admission des matériaux dépollués ou faiblement pollués pour une éventuelle utilisation en remblais dans les anciennes gravières ou carrières 95

Ann. 6 -Tests de lixiviation réalisés sur 15 matériaux de construction 99

Ann. 7 - Données analytiques sur les mâchefers d'incinération des ordures ménagères et les lixiviats 103

Introduction

La problématique du comblement des carrières souterraines de craie en région Nord - Pas-de-Calais a été posée de longue date. L'extension du réseau urbain ne fait que la renforcer. En 1993, la DRIRE et le SDICS ont proposé, en application de l'arrêté préfectoral du 18 octobre 1973 modifié les 15 janvier 1974 et 15 mars 1977, un cahier des charges listant les différents matériaux admissibles, tolérés ou interdits pour le comblement des carrières (ann. 1).

Les cavités en question sont d'anciennes carrières de craie, exploitées depuis le sol jusqu'à la surface de la nappe en période d'étiage (ou de « basses eaux »). Cela signifie que le fond de la cavité est dans la zone de battement de nappe, et est ennoyé en période de « hautes eaux ». De plus, les cavités sont potentiellement soumises à la percolation des eaux de pluie dans une zone non saturée de configuration particulière avec une forte variabilité verticale et latérale de sa porosité et perméabilité. **La nappe de la craie étant exploitée pour l'eau potable, on comprend le risque de pollution que peut entraîner la mise en place de certains matériaux.**

Les critères géomécaniques et géotechniques sont bien établis (le SDICS est alors l'organisme sollicité), mais les critères qui se définissent par rapport au risque de pollution sont, jusqu'à ce jour, plus empiriques et ce, malgré l'arrêté préfectoral cité ci-dessus. En effet, le cahier des charges n'appréhende pas le comportement de ces matériaux *in situ* (et éventuellement leur liant hydraulique), c'est-à-dire les échanges potentiels avec l'encaissant et l'eau souterraine.

Il s'agit donc dans cette étude de définir ce danger lié aux matériaux en tenant compte des possibilités de transfert liées :

- à l'hydrogéologie et à l'hydrogéochimie de la nappe ;
- à l'état du matériau (libre ou figé dans un liant, ...) ;
- aux possibilités d'échanges entre ces différents milieux.

Cette étude aboutira à une proposition de cahier des charges pour définir un impact éventuel de ces comblements.

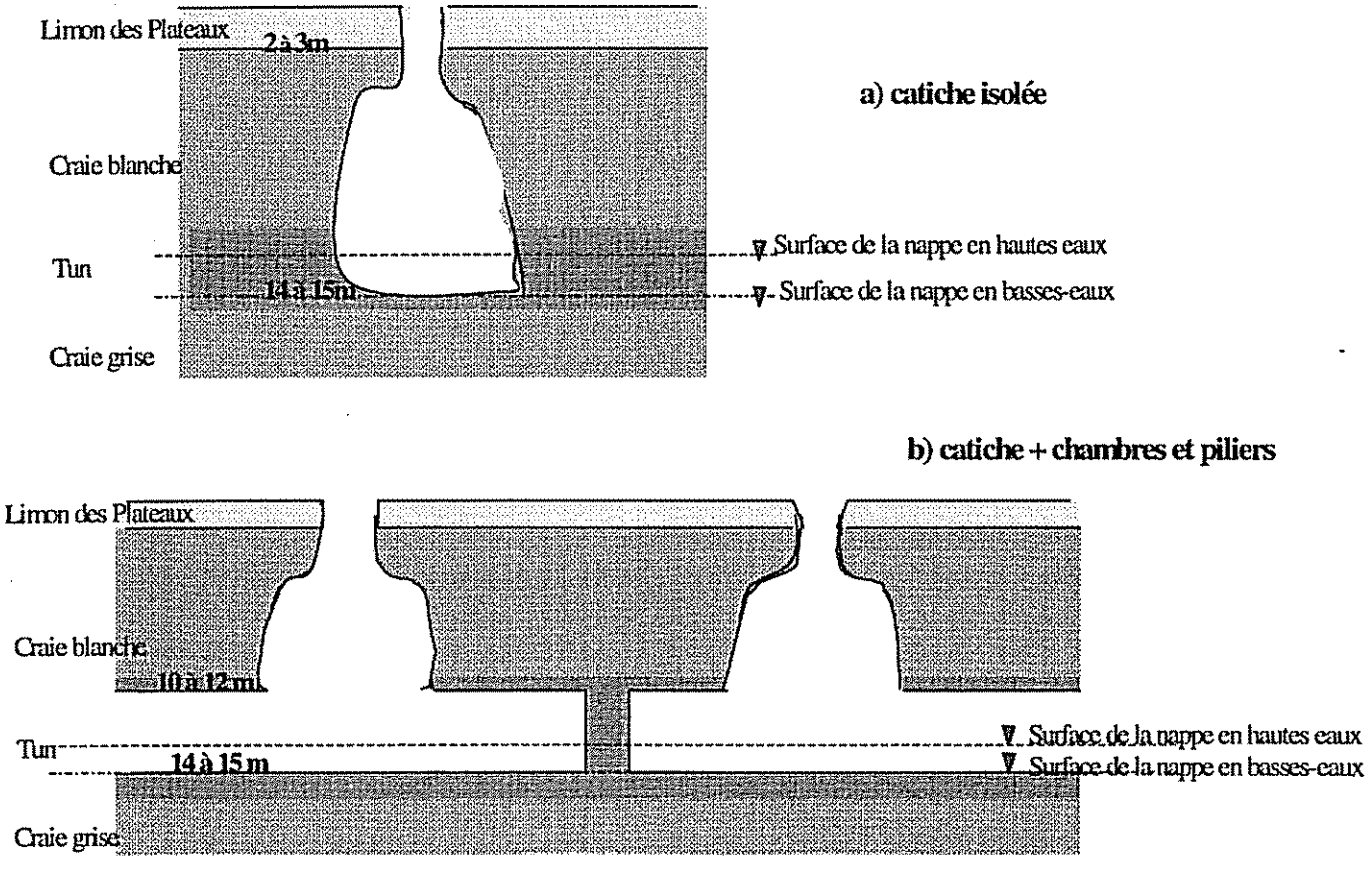

Fig. 1 - Exemples simplifiés de configuration des cavités souterraines (secteur de Lezennes - Villeneuve-d'Asq).

1. Historique des cavités souterraines

1.1. SECTEURS A CAVITÉS

Les cavités s'observent toujours dans la craie puisqu'elles résultent de son exploitation comme pierre à chaux ou pierre à bâtir. L'exploitation était généralement réalisée jusqu'au niveau phosphaté et induré du « tun » correspondant plus ou moins au passage de la craie grise turonnienne à la craie blanche sénonienne. Dans le secteur de Lille, ce niveau correspond également au niveau moyen de la nappe.

Il existe deux types de carrières qui correspondent à deux types d'exploitation différents : les **catiches** et les **chambres et piliers**. Les catiches sont nommées ainsi car elles ont la forme d'un « fond de bouteille » : on creusait un trou de la surface jusqu'au toit de la nappe et on exploitait la craie au maximum à partir de cette ouverture. Il s'agit d'une exploitation rapide : la craie était extraite puis remontée à la surface directement. L'exploitation en « chambres et piliers » conduit à la formation de galeries soutenues par des piliers de craie non exploitée qui assurent la stabilité des carrières.

Dans la région lilloise, on a recensé des cavités dans douze communes sur une bande SW-SE, de Loos à Villeneuve-d'Ascq, la commune la plus au sud étant Seclin.

A Seclin, site sucrier important, la craie servait à la purification du sucre de betteraves. La craie a été exploitée à partir de 1850. Les carrières y sont essentiellement de type **catiches**, les limites parcellaires sont bien définies.

On trouve un **cas typique d'exploitation mixte** (fig. 1) dans les secteurs de Loos, Villeneuve-d'Ascq et Lezennes. Dans les catiches, la craie a été extraite de 4 à 13 m environ, dans une direction NW-SE qui correspond aux directions des diaclases, sur un diamètre d'environ 7 m. Les chambres et piliers exploitent plus spécifiquement le niveau de tun entre 12 et 14 m. L'exploitation débute au Moyen Age. La zone exploitée était alors située à l'extérieur de l'ancien village de Lezennes situé alors au Hellu. En 1169, la peste fait d'énormes ravages, le village est abandonné et la population s'installe sur la zone de catiches. C'est toujours le cas aujourd'hui, les cavités souterraines servant encore dans certaines zones de « tout-à-l'égout ». L'exploitation à Villeneuve-d'Ascq et Lezennes s'est considérablement développée avec l'arrivée de Vauban qui a imposé la sortie de 20 000 parpaings par jour comme pierre à bâtir et pierre à chaux. C'est alors à partir des catiches existantes que se développent les exploitations en chambres et piliers (fig. 1).

Aujourd'hui, les cavités souterraines s'étendent sur quelques 500 hectares. Certaines ont été utilisées comme champignonnières, ce qui explique la présence de puits d'un mètre de diamètre environ dans certaines cavités.

Dans l'arrondissement de Valenciennes, on trouve une exploitation en chambres et piliers, sur une épaisseur de 2 à 3 m, partiellement ennoyée. Le toit des carrières correspond au mur du tuffeau dont l'épaisseur est très importante (12 m environ), et le mur des carrières au toit de la nappe. La craie blanche sénonienne se situe à 12 m, celle du Turonien supérieu, grise, à 14 m. Peu de puits sont aujourd'hui accessibles. Un projet de comblement de certaines de ces carrières est en cours.

Dans l'arrondissement de Cambrai, les carrières de type chambres et piliers sont à des profondeurs très variables, en fonction de la situation de la nappe. L'exploitation s'est faite de préférence à flancs de coteaux. La ville de Rumilly-en-Cambrésis est connue pour ses souterrains refuges datant de plusieurs siècles.

On ajoutera rapidement que l'Avesnois présente trois communes seulement avec des carrières souterraines.

1.2. COMBLEMENT DES CAVITÉS

D'un point de vue réglementaire depuis 1973, date de mise en application du PER, **tout maître d'ouvrage doit demander au SDICS un avis préalable à tout permis de construire**. Depuis octobre 1995, le PER transformé en PPR impose un comblement intégral des cavités sous les terrains destinés à l'accueil du public.

Actuellement, le choix du matériau se fait par l'objectif de stabilité à atteindre. Des matériaux non traités sont utilisés lorsque l'ouvrage peut se permettre une petite déformation : ils sont alors simplement déversés gravitairement ; la granulométrie des matériaux est alors d'environ 500 µm (sables moyens). Des vides résiduels peuvent subsister. Par contre, dans le cas où les ouvrages ne peuvent pas se permettre de déformation, un comblement intégral est de rigueur. Le matériau est alors injecté sous pression, par voie hydraulique, après clavage (fermeture par des murs) des cavités. La granulométrie du matériau mélangé au liant est alors d'environ 250 µm (sables fins).

Le comblement des carrières est une opération coûteuse et non réversible. Aussi, les sols renfermant des carrières souterraines, donc à combler en cas de construction, doivent présenter une certaine valeur foncière. C'est pourquoi, on assiste au comblement des carrières souterraines essentiellement au niveau de la région lilloise. C'est donc ce secteur qui a été choisi comme site test pour la recherche des matériaux utilisés en comblement.

2. Inventaire des matériaux de comblement sur le site de Lezennes - Villeneuve-d'Ascq

2.1. RECHERCHE D'INFORMATIONS

Nous avons évoqué précédemment que, depuis 1973, tout maître d'ouvrage doit signaler tout projet de construction dans les zones « à risque » au SDICS, lequel donne son avis quant aux dispositions à prendre. Aussi, ce service dispose d'informations relatives à chacune des constructions, publiques ou privées, de Lezennes - Villeneuve-d'Ascq. Chaque avis a été numéroté (de 1 à plus de 5000 aujourd'hui), reporté sur une carte des communes concernées. Il est donc relativement simple de retrouver tous les avis des deux communes qui nous intéressent. Deux visites au SDICS ont été nécessaires pour ce premier travail. Malheureusement, nous n'avons trouvé que très peu de renseignements sur la nature des matériaux réellement mis en comblement, et quand cette information était connue, aucune analyse chimique ne figurait dans les dossiers. Un tableau de synthèse de cette recherche figure en annexe 2.

2.2. NATURE DES MATÉRIAUX

Jusqu'en 1985, la présence de centrales thermiques à charbon à proximité de la région lilloise explique le fait que ce sont essentiellement des cendres volantes qui ont été recensées dans notre approche. Ces dernières sont le plus souvent utilisées avec un liant hydraulique de type coulis de béton. Actuellement, les cendres utilisées proviennent pour la majeure partie d'Hornaing (SETNE) et sont commercialisées par SURSCHISTE. Nous avons également noté, pour le comblement des cavités sous la déviation de la RN46, l'utilisation de "scalpage" (granulat obtenu par concassage des mâchefers d'incinération valorisés par RMN Recyclage des Matériaux du Nord). Une analyse de ces matériaux préalablement à leur utilisation est jointe en annexe, et témoigne d'un faible pouvoir de lixiviation des métaux qu'ils contiennent (test NFX 31 210).

D'après le SDICS, les matériaux aujourd'hui les plus utilisés sont :

- les sables issus des schistes houillers rouges (calcinés) ;
- de la craie ;
- certains matériaux de démolition concassés ;
- des sables naturels (sables de rivière, sables de Fontainebleau, ...) ;
- des sables « calibrés » : concassage de calcaires durs carbonifères du Tournaisis, des terrains de couverture des carrières de l'Avesnois (craie, grès, calcaire altéré, ...).

De nombreux matériaux ont été proposés par les entrepreneurs et refusés par le SDICS et la DRIRE, notamment :

- certains schistes houillers noirs ;
- les cendres volantes de EDF Bouchain et Pont-sur-Sambre (hétérogénéité du matériau) ;
- le « liminix », mélange de cendres, de lignite et de REFIOM en provenance d'Allemagne ;
- des boues de dragage de l'Escaut ;
- des boues de creusement du métro (matériau naturel : craie, argile ou sable + bentonite). Des essais ont été faits sur une catiche : problème de décantation très lente puis de vide. L'utilisation de ce type de matériau implique des fondations spéciales en cas de construction ;
- divers matériaux de recyclage de déchets (société RMN) ;
- le terril sidérurgique de Sollac ;
- des boues de lavage de pommes de terre (matériau fermentescible et présence probable de produits anti-germination, présence de métaux lourds) ;
- des enrobés routiers (présence d'HC) ;
- les laitiers de fonderie ;
- certains sables de verrerie, de fonderie, ...

Le liant hydraulique utilisé est très généralement un ciment Portland (CPA ou CPJ). Des limons (formation superficielle du Nord - Pas-de-Calais) ont été utilisés ponctuellement, mais des problèmes de tassement ont été observés lors de leur mise en place.

Il a donc été demandé au BRGM de proposer des outils pour évaluer le danger lié aux matériaux cités ci-dessus, et plus spécifiquement ceux qui sont présents en région Nord - Pas-de-Calais en stock suffisant et couramment utilisés, à savoir :

- les matériaux de démolition ;
- certains des schistes miniers rouges ou noirs ;
- les cendres volantes de centrales thermiques (CDF-SETNE Hornaing) ;
- les laitiers ;
- certains sables de verrerie ;
- certains sables de fonderie ;
- les produits de scalpage des mâchefers d'incinération (RMN) ;
- tout autre matériau rencontré sur un site test.

3. Définition des contraintes pour l'établissement d'un cahier des charges

Le comblement des cavités par des matériaux d'origines diverses nécessite que leurs caractéristiques chimiques soient vérifiées préalablement comme étant non dangereuses pour l'environnement, afin que ces matériaux puissent être qualifiés d'inertes par rapport à l'environnement.

3.1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

A ce jour, il n'existe pas de réglementation clairement établie sur la notion de matériau inerte. On se réfère donc aux trois textes suivants :

- un projet de dispositions relatives aux installations de stockage de classe 3 (susceptibles de recevoir des matériaux inertes), version du 03/08/1998 (ann. 3) est encore en cours d'élaboration par le groupe de travail animé par le ministère chargé de l'Environnement ;
- un projet de directive du conseil de l'Union européenne relative à la mise en décharge de déchets (ann. 4) ;
- un projet de texte relatif à la réutilisation des terres dépolluées ou faiblement polluées dans lequel est prévue une procédure de contrôle du caractère « inerte » des matériaux (ann. 5).

Les exploitations de carrières et les installations de premier traitement des matériaux de carrières sont régies par l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 sur les Installations Classées pour l'Environnement ainsi que la circulaire ministérielle du 2 juillet 1996 relative à l'application de cet arrêté. Ces deux documents précisent que lorsque des matériaux, autres que matériaux inertes, sont utilisés pour remblayer les carrières, ces derniers ne doivent contenir ni matériaux putrescibles (bois, papier, cartons, déchets verts, etc.), ni matières plastiques, ni métaux (ferraille, bidons, ...). Certains déchets, comme le plâtre, doivent être évités, notamment dans le cas de remblais réalisés sous le niveau de la nappe. Enfin, les matériaux qui pourraient être valorisés (bétons, enrobés routiers) doivent être écartés lorsqu'il existe d'autres possibilités de recyclage.

3.1.1. Définition d'un matériau inerte

Le caractère **"inerte"** d'un matériau est relatif. La réactivité ne dépend pas seulement de la nature intrinsèque du déchet, mais aussi des substances que le milieu environnant, notamment l'eau, est susceptible de véhiculer, des constituants du sol au contact desquels le déchet se trouve, et des conditions physico-chimiques qui font varier l'équilibre entre ces substances et produits. L'expression **"matériaux inertes"** ou **"déchets inertes"** est donc incorrecte, car aucun d'entre eux n'est physiquement, ni chimiquement, totalement inerte de façon pérenne.

Le projet de directive du conseil de l'Union européenne, daté du 02/06/1994 propose la définition suivante : les déchets inertes sont des déchets qui *"ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction chimique ou physique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. La production totale de lixiviats et la teneur des déchets en polluants, ainsi que l'écotoxicité des lixiviats doivent être négligeables et ne pas porter atteinte à la bonne qualité écologique des eaux de surface et/ou souterraines".*

Un matériau qualifié d'inerte du point de vue de l'environnement, admissible sur site perméable, est donc un matériau sans charge polluante ou sans capacité de réaction au contact d'autres déchets, des terrains encaissants ou de l'eau, susceptible d'engendrer un impact sur un aquifère.

Il est donc nécessaire que des études et analyses appropriées, avant et après le stockage, aient constaté l'absence de risque d'impact, puis d'impact sur le milieu environnant, en particulier sur les eaux superficielles et les eaux souterraines.

3.1.2. Projet de dispositions relatives aux stockages de classe III

Ce projet daté du 03 août 1998 (ann. 3) *stipule "que les déchets concernés (dits inertes) par les dispositions possèdent un comportement peu évolutif du point de vue physique, chimique et biologique"*, pour être stockés en classe III..

Trois scénarios de stockage sont définis : scénarios F, G et H (art. 3). Les déchets admissibles dans les stockages F, G et H (ann. 1 du projet) seraient les suivants :

- le plâtre, séparé en stockage de type F ;
- les déchets de matériaux en amiante-ciment (plaques ondulées, plaques supports de tuiles, ardoises en amiante-ciment, produits plans, tuyaux et canalisations, ...,) séparés en stockage de type F ;
- les déchets en mélange issus des chantiers du bâtiment (construction, démolition, réhabilitation) en stockage de type G ;
- les déchets triés après retrait préalable des déchets dangereux, des déchets ménagés et assimilés (bois, plastique, ...) et du plâtre techniquement séparable dans des stockages de type H ;
- les terres non polluées, pierres, déchets de minéraux, déchets de briques, ciment, béton, tuiles, céramique, terre cuite, porcelaine.

D'autres déchets, dont les déchets d'origine industrielle à faible potentiel polluant, seront admissibles. Les laitiers cristallisés de hauts fourneaux et laitiers d'aciéries à oxygène sont également indiqués.

Les déchets interdits (art. 3) mentionnés sont les terres polluées, les déchets dangereux, les déchets ménagers et assimilés, les déchets organiques fermentescibles, les déchets radioactifs, les déchets non refroidis, explosifs ou susceptibles de s'enflammer spontanément et les déchets non pelletables, dont les liquides.

Certaines activités devant faire l'objet de dispositions spécifiques et dont les prescriptions devront être déterminées, au cas par cas, sont exclues du champ d'application (art. 2) :

- les stockages de déchets miniers ;
- le remblaiement de carrières ;
- l'assèchement, l'imperméabilisation et les remblais de sites ou de zones humides ou de marais ;
- les comblements de galeries ou de mines souterraines ;
- les mouvements de terres et les réalisations de remblais destinés à des travaux du bâtiment et des travaux publics.

3.1.3. Point de vue des professionnels de l'élimination des déchets

Les matériaux mentionnés dans les registres des collecteurs et récupérateurs de déchets dits inertes (avec mention de leur nomenclature actuelle) sont synthétisés dans la liste ci-dessous :

- déchets de chantier de construction et chutes de produits neufs :
  . béton, béton armé, béton cellulaire (17 01 01),
  . ciment, chaux, fibrociment,
  . briques et tuiles (17 01 02),
  . pierres de taille, parpaings, agglomérés,
  . plâtre (17 01 04),
  . céramiques (carrelages, sanitaires, ...) (17 01 03),
  . gravats (20 02 02),
  . déchets mélangés de fin de chantier (17 07 01) : chutes de matériaux de tous les corps de métiers du bâtiment (plomberie, électricité, tapisserie, peinture, zinguerie, charpentes et menuiseries, ...) ;
- produits de démolition d'immeubles : il s'agit des mêmes déchets que ci-dessus mais souvent plus ou moins mélangés (gravats, décombres, verre, bois, papiers peints, clous et autres ferrailles, terres et déchets divers) ;
- déblais de chantiers de fondations, terrassements, tranchées et réfection de chaussées (17 00 00) :
  . du milieu urbain,
  . du milieu industriel,
  . du milieu rural (construction et réfection des voies de communication) ;
- verre (17 02 02).

Catégorie	Origine	Impact potentiel
Déchets provenant de l'exploitation de carrières	déchets provenant de l'extraction des minéraux	Le risque est à examiner au cas par cas, en fonction de la teneur en minéralisation, des substances solubilisables, de l'association des déchets et du contexte géochimique. Les éléments polluants susceptibles d'être rencontrés sont des métaux lourds, du soufre et de nombreuses autres substances selon le type de transformation.
	déchets provenant de la préparation des minéraux	
	déchets provenant de la transformation physique et chimique ultérieure des minéraux métalliques	
	déchets provenant de la transformation physique et chimique ultérieure des minéraux non métalliques	
Déchets métalliques	ferrailles diverses, cadres, bidons, autres emballages	Les métaux ferreux ne présentent pas une grande menace de pollution, la déformation des structures par la rouille n'engendrent que des phénomènes de tassement. Les alliages et non ferreux peuvent libérer des métaux lourds toxiques par dissolution ou complexation.
	casses automobiles, produits de broyage	
	vieux outils, poteaux	
	monstres domestiques (carcasses d'appareils ménagers)	
Déchets de matières plastiques	emballages, liens	Les matières plastiques et les pneumatiques libèrent des polluants lorsqu'ils brûlent. En phase solide, leur dégradation physique est très lente et les risques de solubilisation de substances organiques (type PVC) sont mal connus. Des désordres liés au tassement et à leur faible densité ainsi qu'aux phénomènes hydrostatiques peuvent se produire. Les éléments polluants susceptibles d'être rencontrés sont des organochlorés, des métaux lourds.
	isolants, mousses	
	produits de revêtement de sols et murs	
Déchets du caoutchouc	pneumatiques	
Déchets textiles		Les textiles, papiers, cartons et débris végétaux divers évoluent physiquement (diminution de volume, tassement) et sont des matières fermentescibles. Le phénomène polluant le plus courant est la fermentation méthanique anaérobie : (i) hydrolyse et libération d'acides gras volatils, de gaz carbonique, d'hydrogène et de mercaptans, (ii) méthanogénèse, (iii) production d'acides gras en milieu acide ou production d'ammoniac en milieu basique, (iv) production de gaz sulfureux en présence de sulfates ou production d'ions ammonium en présence de nitrates et enfin (v) mobilisation et migration des métaux avec les acides gras. De plus, les papiers, cartons peuvent libérer les produits polluants liés à leur préparation (colles, paraffines, goudrons, encres) et s'accompagnent souvent de déchets d'autres catégories de cette liste : agrafes, ficelles, plastiques, etc. Les éléments en bois apportent au milieu chimique environnant leurs éventuels produits de traitement (pesticides, fongicides, goudrons, vernis, etc...). Les polluants susceptibles d'être rencontrés sont des,pesticides, des produits de traitements du bois
Déchets de papier et cartons		
Déchets du bois et autres végétaux	troncs, souches, poutres, poteaux, planches, huisseries, emballages, palettes	
	tonneaux, débris de meubles	
	sciures	
	déchets verts urbains et de jardins	
Déchets agricoles		
Déchets urbains	nettoyage des voiries	
Déchets inorganiques provenant de procédés thermiques (hors installation de traitement de déchets, de stations d'épuration et de l'industrie de l'eau	mâchefers, suies et cendres non volantes	Les mâchefers et les scories, et les cendres non volantes ont une composition et une réactivité chimique potentielle très variables selon le type et la température d'incinération. Les composés susceptibles d'être rencontrés sont :(i) des métaux libres (10 à 15 %) et, en particulier, des métaux lourds toxiques, généralement en proportion élevée (Al, Ba, Zn, Pb, Cu, Cd) et des oxydes métalliques,(ii) des imbrûlés organiques (1 à 5 %),(iii) des sulfates, chlorures, phosphates,(iv) des traces de dioxine. Les laitiers crasses, réfractaires et sables de fonderie peuvent, selon les mélanges, la cuisson et la fusion, comporter eux aussi des polluants libérables similaires. Les polluants susceptibles d'être rencontrés sont des métaux lourds, des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, des phénols,...
	poussières fines, cendres volantes	
	laitiers, scories, crasses, réfractaires usés	
	sables de fonderie usagés	

Tabl. 1 – Déchets dits inertes rencontrés dans les décharges et impacts potentiels.

Le tableau 1 présente une liste des déchets susceptibles d'être rencontrés dans les décharges autorisées ou brutes, voire sauvages, de déchets dits « inertes », ainsi que leur impact potentiel.

3.2. DESCRIPTION D'UN CERTAIN NOMBRE DE MATÉRIAUX DITS INERTES

Il s'agit ici de décrire différents types de matériaux réputés inertes, et d'envisager s'ils peuvent être utilisés comme matériau de comblement des cavités de craie.

Cette approche ne dispense pas de démontrer que les matériaux présentés ci-après remplissent le cahier des charges, c'est à dire le contrôle de « l'inertie réelle » et l'étude d'impact de site.

On ne préjuge pas, non plus, dans ce chapitre, de l'aptitude des déchets au confortement des cavités (qualités mécaniques, résistance à la compression,...).

Les matériaux naturels provenant de sites d'extraction suivis par les administrations, dans le cadre de l'Inspection des Installations Classées, ne sont pas pris en compte dans ce chapitre (sables et graviers naturels, granulats concassés de carrières).

Cette classification se réfère aux études déjà réalisées sur ce sujet, et en particulier à une étude en cours sur le remblaiement de gravières, carrières et plans d'eau de moins de 15 m de profondeur du bassin Rhin-Meuse (Lorraine et Champagne-Ardennes), dans le cadre d'un groupe de travail BRGM, DRIRE, DIREN, agence de l'Eau, UNICEM (opération de Service public 99-G-001).

3.2.1 Matériaux et déchets inertes du Bâtiment et Travaux Publics (BTP)

Ces matériaux recyclables peuvent être acceptés pour le remblaiement sous réserve du contrôle de leur contenu (tri préalable). Le tableau 2 présente, en termes qualitatifs, les polluants susceptibles d'être rencontrés dans différents matériaux réputés inertes provenant des bâtiments et travaux publics (source ADEME, 1993).

Ces matériaux sont présents dans trois catégories de produits :

- **Les matériaux stériles extraits, à l'occasion, de travaux de terrassement et les déblais de terrains naturels non pollués,** (fondations d'immeubles, tranchées, plates-formes...), déjà largement réutilisés par les entreprises de travaux publics (tabl. 3). Ils sont directement et logiquement valorisables en matériaux pour travaux de génie civil et d'aménagement mais tous ne conviennent pas au comblement de cavités.
- **Les déchets triés issus du secteur du bâtiment (construction, démolition et réhabilitation),** tels que mortier, béton, béton cellulaire, ciment, briques, tuiles, pierres, parpaings agglomérés, céramiques, carrelages, sanitaires, gravats, verre, déchets de minéraux, sous réserve qu'ils ne contiennent pas de plâtre et qu'ils ne soient pas contaminés par une quelconque activité.

	Catégorie	Origine	Relargage chimique potentiel
DECHETS DU BATIMENT	Déchets principaux du bâtiment	déchets provenant des ciments, bétons, briques et tuiles	Al, Ca, Fe, Mn, Tl, sulfates, soufre, indice phénol (plâtre)
	Déchets métalliques	ferrailles diverses, cadres, bidons, autres emballages	Fe, métaux lourds.
		casses automobiles, produits de broyage	
		vieux outils, poteaux	
		monstres domestiques (carcasses d'appareils ménagers)	
	Déchets de matières plastiques	emballages, liens	organochlorés, métaux lourds.
		isolants, mousses	
		produits de revêtement de sols et murs	
	Déchets du caoutchouc	pneumatiques	
	Déchets textiles		acides gras volatils en milieu acide, gaz carbonique, hydrogène et mercaptans, méthane, ammonia en milieu basique, gaz sulfureux en présence de sulfates ou ammonium en présence de nitrates mobilisation et migration des métaux avec les acides gras ; colles, paraffines, goudrons, encres éventuels produits de traitement (pesticides, fongicides, goudrons, vernis, etc...).
	Déchets de papier et cartons		
	Déchets du bois et autres végétaux	troncs, souches, poutres, poteaux, planches, huisseries, emballages, palettes	
		tonneaux, débris de meubles	
		sciures	
		déchets verts urbains et de jardins	
DECHETS DE TRAVAUX PUBLICS	Déchets agricoles		
	Déchets urbains	nettoyage des voiries	
	Déchets routiers	bitume, enrobé à froid, à chaud	Hydrocarbures totaux, HAP, indice phénols, Fe, Tl
	Déchets provenant de l'exploitation de carrières	déchets provenant de l'extraction des minéraux	Métaux lourds, soufre, sulfates, indice phénol (plâtre).
		déchets provenant de la préparation des minéraux	
		déchets provenant de la transformation physique et chimique ultérieure des minéraux métalliques	
		déchets provenant de la transformation physique et chimique ultérieure des minéraux non métalliques	
	Déchets inorganiques provenant de procédés thermiques (hors installation de traitement de déchets, de stations d'épuration et de l'industrie de l'eau	mâchefers, suies et cendres non volantes	composition et réactivité chimique potentielle très variables selon le type et la température d'incinération. métaux lourds toxiques (10 à 15 %) (Al, Ba, Zn, Pb, Cu, Cd) et oxydes métalliques imbrûlés organiques (1 à 5 %), sulfates, chlorures, phosphates, traces de dioxine, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, phénols,...
		poussières fines, cendres volantes	
		laitiers, scories, crasses, réfractaires usés	
		sables de fonderie usagés	

Tabl. 2 – Polluants éventuellement présents dans les déchets du BTP.

Terres	. Stockage puis réutilisation pour la réhabilitation des sols et talus des sites excavés. . Constitution de nouveaux sols (jardins, espaces verts, parcelles agricoles, réaménagement agricole de certaines carrières hors d'eau...). Mise en œuvre plus ou moins facile selon teneur en fraction fine ?
Sédiments fins	. Sous-couche des sols à reconstituer. . Amélioration des caractéristiques naturelles des terrains en mettant à profit leur faible perméabilité (aménagements de sites de décharges de classe I ou II, par exemple). . Réserve pour travaux d'intervention (et d'étanchement) contre les pollutions chimiques accidentelles. Difficulté de mise en œuvre en comblement de cavité ?
Sables et graviers	. Directement réutilisables en granulats (bétons, couches de chaussées) ou en remblais routiers si argileux. Utilisables en mise en place gravitaire ou avec liant hydraulique.
Sédiments et éléments grossiers :	. Fabrication de granulats par concassage-criblage pour bétons, ballast, empierrement, chaussées, remblais, assainissement. Idem sables et graviers si concassage à granulométrie adéquate.

Tabl. 3 - Matériaux issus du terrassement.

Source principale des granulats de recyclage, ils sont également valorisables en matériaux pour génie civil :

- les matériaux grossiers et durs (bétons, pierres de taille...) donnent des granulats par concassage-criblage ;
- les matériaux plus tendres et/ou friables (tuiles, briques, céramiques, fibrociments) sont réutilisables comme tout-venant pour remblais compactés.

L'annexe 6 présente des tests de lixiviation, réalisés par POLDEN en 1993 selon le protocole provisoire de lixiviation des déchets massifs et solidifiés (Norme NFX 31-210, sur 15 matériaux de construction différents.

Les matériaux considérés dans cette étude ne pourraient pas tous être admis dans les centres de stockage de déchets inertes européens en raison de teneurs en aluminium ou en sulfates trop élevées.

Par ailleurs, les déchets de la famille du plâtre ne pourraient être valorisés en technique routière du fait d'une forte fraction soluble, de 2 à 6 fois supérieure à la valeur réglementaire selon le matériau et le seuil considéré et d'une teneur en sulfates trop élevée, de 2 à 7 fois supérieure.

Ces matériaux, concassés, pourront être utilisés, si leurs caractéristiques correspondent aux recommandations figurant au chapitre 4.

Roches	Composants principaux	Composants secondaires
Argilites	Illites, kaolinites, montmorillonites, chlorites	Carbonates, quartz, pyrite, marcassite
Schistes charbonneux	Charbon, illites, kaolinites, montmorillonites	Carbonates, quartz, pyrite, marcassite
Silts	Quartz, illites, kaolinites, chlorites, montmorillonites	Carbonates, charbon, feldspaths, pyrite, micas
Grès	Quartz	Illites, kaolinites, montmorillonites, chlorites, carbonates, feldspaths, micas, charbon, minéraux denses
Quartzites	Quartz	
Divers	Carbonates, charbon, illites, kaolinites, chlorites, montmorillonites	

Tabl. 4 - Composition pétrographique et minéralogique des stériles houillers.

	mg/kg
Al_2O	191 000 – 262 000
BaO	430 – 780
C(tot)	23 700 – 182 200
C(org)	22 900 – 178 200
CO_2	1 100 – 14 600
CaO	1 620 – 11 900
Cd	0.1 – 1.1
Cl	113 – 590
Co	8 – 19
Cr	62 – 205
Cu	33 – 80
Fe_2O_3	30 300 – 89 900
K_2O	21 700 – 43 000
MgO	4 230 – 19 700
MnO	0 – 1 410
N(tot)	1 907 – 4 367
Na_2O	1 600 – 4 790
Ni	33 – 124
P_2O_5	770 – 1 770
Pb	30 – 170
SO_4	2 090 – 10 970
SiO_2	410 300 – 548 800
SrO	120 – 200
TiO_2	7 250 – 9 140
Zn	29 - 225

Tabl. 5 - Composition chimique moyenne des stériles charbonniers.

Les matériaux de chaussées sont, de plus en plus, recyclés et réutilisés aux mêmes fins ou pour la construction de divers remblais. De même, il est possible, techniquement, de recycler une grande partie des enrobés (couches de roulement). Mais cette solution ne peut être envisagée que sur des chantiers de grande importance.

Ces matériaux, concassés, pourront être utilisés, si leurs caractéristiques correspondent aux recommandations figurant au chapitre 4.

3.2.2. Les matériaux provenant d'une installation industrielle (ICPE)

Les terrils des mines de charbon tels que schistes houillers en font partie. Ceux-ci, en fonction de leurs compositions minéralogique et chimique (tabl. 4 et 5), peuvent avoir un impact sur les eaux par augmentation de l'acidité, dans certaines conditions particulières, et par augmentation en sels dissous (sulfates). Leur charge en métaux lourds dépend également de leur origine, et peut n'être pas négligeable.

Par ailleurs, les matériaux constitutifs des terrils peuvent être hétérogènes et comprendre également des déchets d'autres origines (cendres de centrales,...).

Ces matériaux, concassés, pourront être utilisés, si leurs caractéristiques correspondent aux recommandations figurant au chapitre 4.

3.2.3. Les terres dépolluées traitées et matériaux caractérisés comme étant non contaminés, ou reconnus à très faible potentiel polluant (ann. 5).

Ces matériaux, concassés, pourront être utilisés, si leurs caractéristiques correspondent aux recommandations figurant au chapitre 4..

3.2.4. Les déchets valorisables provenant d'activités industrielles

Il s'agit de déchets à faible ou très faible potentiel polluant, que les tests de lixiviation permettent de classer dans la catégorie V (valorisables). Ils sont déjà utilisés pour partie en techniques routières, bétons, remblaiement, ..., ce qui ne veut pas dire qu'ils ne sont pas potentiellement polluants. On peut distinguer :

- les mâchefers de charbon ;
- les cendres volantes de centrales thermiques (lignite, charbon) valorisables ;
- les sables de fonderie ;
- les mâchefers valorisables V et M après stabilisation ;
- les laitiers cristallisés de hauts fourneaux.

Les fiches « déchets inertes » élaborées par Polden-Insavalor (datées du 3 avril 1997) avec les industriels dans le cadre du groupe de travail sur la caractérisation des déchets spécifiques provenant d'activités industrielles aptes au stockage de classe III sont jointes en annexe 4.

a) Mâchefers de charbon

Ce sont les cendres de foyer produites par la combustion du charbon dans les 16 centrales thermiques de la SNET et d'EDF. Leur composition chimique est proche de celle des cendres volantes, silice et alumine en composants majoritaires et traces de métaux. Leurs propriétés drainantes et filtrantes, leur portance élevée et leur compactage facile en font des matériaux très utilisés en technique routière, ce qui fait que la quasi totalité du produit est utilisée. La production annuelle est, en France, de 190 kt, dont 150 pour la SNET.

Ces matériaux, concassés, pourront être utilisés, si leurs caractéristiques correspondent aux recommandations figurant au chapitre 4.

b) Cendres volantes de centrales thermiques au charbon

On distingue les cendres classiques silico-alumineuses et les cendres sulfo-calciques, qui contiennent une proportion notable de sulfate de calcium et de chaux.

Origine : les cendres volantes résultent du dépoussiérage des fumées issues de la combustion en chaudière du charbon pulvérisé. Elles sont constituées d'une partie vitreuse et d'une partie cristalline en grains sphériques, poreux et ne présentant pas de plasticité (quelques dizaines de µm).

La production de cendres d'EDF, répartie dans 12 centrales en France, est de l'ordre de 500 000 t par an (dont 90 % de cendres volantes).

Usage : elles sont d'un usage très varié et important en génie civil : traitement des matériaux pour assises de chaussées, filler pour mélanges bitumineux, ciment, béton, fines de remblai. **Elles sont notamment couramment utilisées pour les cavités décrites dans ce rapport, en coulis de cendre-ciment. Les cendres utilisées sont, essentiellement, originaires du stock de cendres de la SETNE à Hornaing, exploité par la société Surschiste.**

Caractéristiques : les cendres silico-alumineuses ont les propriétés des pouzzolanes (elles font prise en présence de chaux) ; les autres constituants sont des oxydes, oxydes de fer notamment..., la charge minérale et métallique est très variable (du µg/kg au mg/kg) en fonction de l'origine du charbon brulé. Au sein d'un même stockage de cendres, la composition peut donc être variable et il est donc nécessaire de suivre le cahier des charges proposé au chapitre 4 préalablement à leur utilisation en comblement des cavités de craies.

Les cendres sulfo-calciques ne sont produites qu'en Provence à Gardanne (540 kt par an) ; elles résultent d'une désulfuration des gaz de combustion. Elles sont utilisées en partie, de par leurs propriétés hydrauliques, en tant que liant routier (comme le ciment, elles font prise avec l'eau).

c) Sables de fonderie

L'industrie de la fonderie utilise, pour le moulage de ses pièces, des sables qui constituent les moules et les noyaux. Pour la fabrication de ceux-ci, il convient de distinguer les procédés à base de liants minéraux d'origine naturelle et les procédés à base de liants organiques d'origine synthétique.

Le premier type de procédé génère des sables dont l'élimination n'implique pas de risque de pollution de l'environnement.

Le second utilise, dans la grande majorité des cas, des résines phénoliques ou furaniques qui sont présentes dans les sables en quantités diverses.

L'arrêté ministériel du 16 juillet 1991 fixe les modalités d'élimination des sables contenant des liants organiques de synthèse en provenance des fonderies.

Ces sables peuvent être, soit stockés dans des installations dûment autorisées à cet effet, soit valorisés dans des conditions différentes suivant leur teneur en phénols. Cette valorisation peut se faire :

- **en remblai** : sans préjudice des spécifications particulières, les sables de fonderie peuvent être utilisés comme remblai si leur teneur en phénols est inférieure à 1 mg/kg de sable rapporté à la matière sèche (mesure réalisée sur le lixiviat). L'utilisation de tels sables est cependant interdite pour le remblaiement de carrières et d'excavations lorsque des interactions avec les eaux souterraines sont possibles.

  C'est le cas des cavités de craie du Nord (région lilloise). En revanche, les cavités du Valenciennois, du Cambrésis et de l'Artois sont dans un contexte hydrogéologique différent : la surface piézométrique de la craie étant éventuellement plus profonde, l'utilisation de ce matériau pourra être envisagée, sous réserve d'une reconnaissance hydrogéologique préalable du secteur, et d'un respect des recommandations figurant au chapitre 4, quand aux caractéristiques chimiques du matériau ;

- **pour la fabrication de produits à base de liants hydrauliques** : les sables de fonderie peuvent être utilisés pour la fabrication de produits à base de liants hydrauliques si les lixiviats contiennent moins de 5 mg de phénol par kg de sable rapporté à la matière sèche. Ces matériaux pourront être utilisés pour le comblement des cavités souterraines de craie sous réserve que **le produit coulis + sable** réponde aux recommandations figurant au chapitre 4.

L'utilisation de ces matériaux, qu'ils contiennent du phénol ou d'autres polluants potentiels (métaux), pourra être faite sous réserve qu'ils répondent au cahier des charges proposé au chapitre 4, dans leur état de mise en place (voie sèche ou liant hydraulique).

d) Mâchefers d'incinération stabilisés

L'arrêté ministériel du 25/01/1991, relatif aux installations d'incinération de résidus urbains, prévoit notamment la possibilité de valorisation en travaux publics des mâchefers récupérés en fin de combustion (MIOM). Les résidus d'épuration des fumées (REFIOM) qui concentrent les polluants volatils et certains métaux lourds ne sont pas valorisables et doivent être éliminés en stockages de classe 1 après stabilisation.

Les conditions de stockage et de valorisation sont définies par la circulaire ministérielle du 09 mai 1994 qui prévoit de classer les mâchefers (MIOM) en 3 catégories, en fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques et leur potentiel polluant (V, M, S) (fig. 2, tabl. 6).

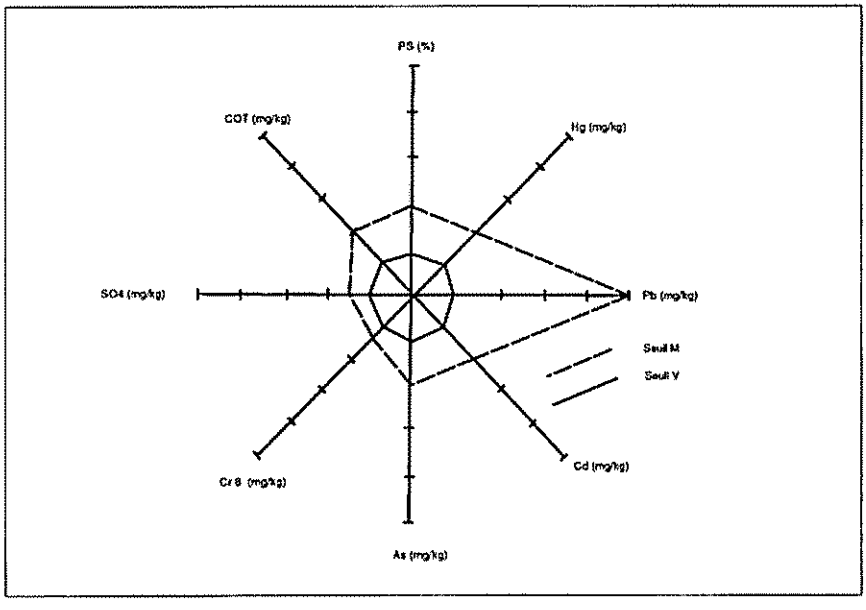

Fig. 2 – Diagramme des seuils réglementaires V et M.

Paramètres	Seuil V	Seuil M
FS (%)	5	10
COT (mg/kg)	1500	2000
SO4 (mg/kg)	10000	15000
Cr 6 (mg/kg)	1.5	3
As (mg/kg)	2	4
Cd (mg/kg)	1	2
Pb (mg/kg)	10	50
Hg (mg/kg)	0.2	0.4

Tabl. 6 - Seuils réglementaires V et M.

Le test de potentiel polluant consiste en trois lixiviations successives de 16 heures sur le mâchefer broyé à 4 mm, selon le protocole de la norme NFT X 31-210. Les teneurs en polluants sont ensuite comparées aux seuils définis par la circulaire ministérielle.

Des données disponibles sur les compositions chimiques de mâchefers et des eaux de lixiviation sont fournies en annexe 7.

Dans la région Nord - Pas-de-Calais, le tonnage de mâchefers générés par les usines d'incinération d'ordures ménagères est évalué à 351 000 t par an dont 204 900 t sont valorisées.

• Mâchefers à faible fraction lixiviable (V)

Ils sont valorisables et utilisables dans certaines conditions en techniques routières, mais il est souhaitable de les déférailler et les cribler pour s'assurer de l'absence d'imbrûlés ou d'objets indésirables.

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

• Mâchefers intermédiaires (M)

Les mâchefers intermédiaires devront être acheminés vers une installation de traitement et de maturation. Cette installation doit permettre le stockage temporaire des mâchefers car, avec le temps, une carbonatation naturelle conduit à limiter leur potentiel polluant et ainsi atteindre les caractéristiques des mâchefers à faible fraction lixiviable. On pourra alors les considérer comme des mâchefers de type V.

• Mâchefers à forte fraction lixiviable (S)

Cette catégorie n'est pas utilisable en remblai et doit être éliminée dans des installations de stockage permanent de déchets ménagers et assimilés, dûment autorisées.

Au vu de ces conditions, le remblaiement des cavités souterraines de craie de la région lilloise, régulièrement ennoyées, ne peut être fait avec ces matériaux. A fortiori les mâchefers M et S moyennement et fortement lixiviables, ne peuvent non plus être utilisés. En revanche, les cavités du Valenciennois, du Cambrésis et de l'Artois sont dans un contexte hydrogéologique différent : la surface piézométrique de la craie étant éventuellement plus profonde, l'utilisation de ce matériau pourra être envisagée, sous réserve d'une reconnaissance hydrogéologique préalable du secteur.

Une grille d'évaluation environnementale de site, issue d'une expérience réalisée pour la DDASS dans le Calvados, est fournie en annexe 7 dans le cadre de l'examen préliminaire des paramètres de sensibilité d'un site pour l'utilisation de mâchefers en techniques routières. Elle peut être adaptée à l'utilisation de ces mêmes matériaux pour le comblement des cavités.

e) laitiers cristallisés de hauts fourneaux

Sous-produits de fabrication de la fonte, les laitiers sont valorisés en totalité dans les filières travaux publics et cimenterie. La production annuelle s'élève à 4 millions de tonnes. Selon le mode de refroidissement qu'ils subissent à la sortie du haut fourneau, on distingue quatre formes différentes : laitier cristallisé (apte au concassage), vitrifié granulé, vitrifié bouleté, et laitier expansé. On évalue en France les stocks sous forme de crassiers à environ 100 millions de tonnes, essentiellement en laitier cristallisé. Le laitier est formé par les différents éléments, autres que le fer, apportés par la charge du haut fourneau (minerais de fer, coke et fondants).

Les éléments majeurs sont CaO, SiO_2, Al_2O_3 et MgO. La composition chimique et les tests de lixiviation sont donnés en annexe 4.

D'autres laitiers existants sont les laitiers d'aciéries à l'oxygène, les laitiers d'aciéries électriques élaborant des aciers au carbone, et les laitiers de cubilot.

Les analyses jointes en annexe 4 témoignent de teneurs non négligeables en métaux. **Il est donc indispensable de suivre les recommandations figurant au chapitre 4 si l'on envisage d'utiliser ce type de matériaux.**

f) Autres matériaux

Les fiches signalétiques d'autres types de matériaux sont jointes en annexe 4. On citera notamment le **carbonate de calcium, résultant de la chaux éteinte solide.** Ce matériau stocké dans un contexte de craie a un faible impact géochimique, de par sa composition géochimique proche de celle de l'encaissant. En revanche, il ne répond pas complètement aux exigences géotechniques pour leur mise en œuvre dans une cavité. Les productions actuelles de chaux sont déjà largement recyclées.

On citera les **terres provenant du lavage et du nettoyage des betteraves destinées à la production de sucre**. Des expériences de comblement de carrières ont déjà été menées avec ces matériaux.

3.2.5. Synthèse de l'appréciation qualitative des matériaux disponibles

- Les matériaux stériles de terrassement sont utilisables. Ils ne correspondent cependant pas forcément aux contraintes géotechniques de mise en place.

- Les matériaux de terrassement et déchets du bâtiment, ainsi que les matériaux de chaussées, à très faible potentiel polluant, triés, peuvent convenir sous réserve du

contrôle de leur origine (sites non contaminés) et de l'enlèvement préalable des déchets polluants (plâtre, bois, plastiques,...). Les caractéristiques des matériaux de démolition de la famille des plâtres devront répondre aux recommandations figurant au chapitre 4 proposées ci-après.

- Les déchets faiblement pollués, provenant d'activités industrielles, tels que schistes houillers, mâchefers de charbon et cendres volantes de centrales thermiques peuvent également convenir, sous réserve que ces matériaux respectent les recommandations figurant au chapitre 4.

  Concernant l'utilisation des mâchefers MIOM valorisables (de catégorie V), ou des sables de fonderie, il est recommandé de réserver leur utilisation à des sites non vulnérables et, en particulier, lorsque la nappe phréatique est protégée par des formations imperméables ou que son toit est à une profondeur suffisante (à déterminer par une étude d'impact).

3.3. IMPACT DU REMBLAIEMENT SUR LES EAUX

3.3.1. Prise en compte du contexte hydrogéologique

Les cavités du Nord - Pas-de-Calais étaient, comme évoquées précédemment, exploitées à des profondeurs atteignant 14 à 15 m. Elles sont, de façon plus ou moins directe, en relation hydrodynamique avec la nappe de la craie, qui est exploitée pour l'alimentation en eau potable de la région. Les terrains considérés sont donc très vulnérables à la pollution, les polluants pouvant atteindre les sources et captages en aval hydraulique. Selon la configuration géologique des différents secteurs, la surface de la nappe peut baigner le fond des cavités (région lilloise) ou se trouver à une distance variable en dessous de celui-ci (Valenciennois, Cambrésis, Artois).

En règle générale, si on se réfère au projet de règlement sur les stockage de classe III, le remblaiement par des déchets inertes devrait être fait préférentiellement pour des sites localisés dans des contextes hydrogéologiques non vulnérables (hors périmètres de protection des captages en eau potable, zone non saturée (naturelle ou rapportée) supérieure à 1 m (hors zones humides) sous réserve d'aménagements éventuels (limitant les entrées d'eaux).

Les cavités souterraines de craie sont vulnérables, de par l'usage en eau potable de la nappe de la craie.

Dans le secteur lillois, il faut considérer l'ennoyage des cavités par la nappe. Le recensement fait dans le secteur de Villeneuve-d'Asq – Lezennes n'a pas montré, par ailleurs, de mesures prises pour limiter les entrées d'eau météorique.

Pour les sites vulnérables, comme dans le cas présent, bien que la réglementation ne prévoit pas de seuil de perméabilité pour les sites de décharge de classe III réservés aux déchets inertes et compte tenu des incertitudes sur l'innocuité de certains déchets dits inertes, **tout projet de comblement de carrière souterraine par des matériaux dits**

inertes devra faire l'objet d'une étude hydrogéologique de faisabilité. En particulier, il faut tenir compte de l'usage possible de la nappe et de ses fluctuations par des mesures piézométriques en aval et amont hydraulique immédiat du site.

Un **contrôle de la qualité des eaux souterraines** devra également être mis en place pendant et après le comblement (§ 3.2.2). On pourra se référer aux fascicules de documentation AFNOR, référence FD – X 31E-614 de 1999 et au guide BRGM R 38663 de mai 1996 *«Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non»*, qui pourront apporter des précisions quant aux types de prélèvements et à leur fréquence.

Un autre impact à envisager, lorsque les cavités sont ennoyées, est celui de la perturbation possible des conditions hydrodynamiques du milieu.

Dans le cas de matériaux à fractions argileuses (tels que les schistes, marnes,...), il peut survenir un colmatage de la porosité et de la fissuration pouvant entraîner une remontée du niveau piézométrique en amont des zones remblayées ; il est alors préconisé que les matériaux de granulométries les plus grossières soient mis en place dans la partie inférieure des carrières à remblayer, les matériaux fins étant réservés pour remblayer la partie supérieure.

En l'occurrence, dans le secteur considéré, ce risque n'est à considérer que lorsque le comblement est fait par liant hydraulique, dont les éléments figurés ont une granulométrie de 250 µm.

En revanche, la mise en place gravitaire « par voie sèche » utilise un matériau d'une granulométrie de 500 µm dont la perméabilité *in situ* est équivalente, voire supérieure, à celle de la craie encaissante. Cette situation génère plutôt une percolation préférentielle au sein des remblais. La valeur de cette perméabilité doit être prise en compte dans les calculs de propagation de polluants éventuels.

3.3.2. Polluants susceptibles d'être rencontrés

a) Caractérisation du matériau utilisé

Du point de vue quantitatif, nous rappelons qu'il n'existe pas, actuellement en France, de valeurs seuils législatives, en deçà desquelles un matériau est considéré comme inerte. Contrairement aux projets étrangers, le projet français ne présente pas de valeurs seuils d'analyses des matériaux bruts (exprimées en milligramme par kilogramme de matière sèche). Les valeurs disponibles correspondent à la capacité des matériaux à relarguer leur polluants (lixiviation, percolation).

A titre comparatif, les valeurs disponibles françaises, allemandes, suisses ou européennes, en projet ou appliquées sont présentées dans le tableau 7. Le projet français relatif aux installations de stockage de classe III est basé sur le futur test européen de percolation tandis que les autres projets sont basés sur des tests de

lixiviation effectués dans des conditions expérimentales différentes (ratio L/S = 10 pour l'Allemagne, ratio L/S = 20 pour la Suisse).

Par voie de conséquence, ces seuils ne doivent donc être pris en compte qu'à titre indicatif et à aucun moment il ne peut être fait de comparaison sans tenir compte des différences qui existent entre chacun des tests réalisés.

Les valeurs françaises sont issues d'une modélisation hydrodynamique d'un scénario type de déchet/concept de stockage. Comme toute modélisation, les résultats doivent être confirmés, ou infirmés, par une expérimentation réelle. C'est pourquoi une étude est en cours, au sein du groupe de travail POLDEN, pour caractériser le comportement de matériaux issus du BTP vis-à-vis du test de percolation européen CEN/TC292/WG6/N103.

	France Projet dispositions pour les CET III	Allemagne	Suisse	Europe
Paramètres	concentrations max admissibles dans les percolats (mg/l)	TA Siedlung Abfall (mg/l)	ordonnance sur le traitement des déchets (test de lixiviation) (mg/l)	projet européen de nov. 90 caduc (mg/l)
Aluminium	-	-	1	-
Ammonium	8	-	-	50
AOX	-	-	-	0,3
Arsenic	0,2	0,1	0,01	0,1
Barium	2	-	-	-
Cadmium	0,01	0,05	0,01	0,1
Chlorures	400	-	-	500
Chrome tot.	0,1	-	-	-
Chrome VI	-	0,05	0,01	0,1
COT	20	20	20	200
Cuivre	-	1	0,2	2
Cyanures totaux	0,1	-	-	-
DCO	60	-	-	-
Fer	-	-	0,2	-
HAP	(6)0,002	-	-	-
Hydro. Totaux	2	-	-	-
Indice Phénol	0,2	0,2	-	10
Manganèse	-	-	-	-
Mercure	0,002	0,005	0,005	0,02
Nickel	-	0,2	0,2	0,4
Nitrates	100	-	-	-
Nitrites	-	-	-	3
Pesticides	-	-	-	0,5
Plomb	0,1	0,2	0,1	0,4
Solvants chlorés	-	-	-	0,01
Selenium	0,02	-	-	-
Sulfates	500	500	-	1000
Sulfures	-	-	0,01	-
Zinc	10	2	1	2

Tabl. 7 - Réglementation étrangère et projet français concernant les centres de stockage de déchets inertes.

Dans le cadre du projet de dispositions relatives aux installation de stockage de classe 3, (version du 03/08/1998), des valeurs limites de rejets dans le milieu naturel sont proposées (tabl. 8).

Paramètres	Valeurs limites de rejet
Matières en suspension totale	100 mg/l si flux journalier max< 15 kg/j, 35 mg/l au delà
DCO	300 mg/l si flux journalier max<100 kg/j, 125 mg/l au delà
DBO5	100 mg/l si flux journalier max< 30 kg/j, 30 mg/l au delà
COT	70 mg/l
Sulfates	250 mg/l
Métaux totaux	15 mg/l
Hydrocarbures totaux	10 mg/l

métaux totaux : Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Mn, Sn, Cd, Hg, Fe, Al

Tabl. 8 - Rejet des eaux dans le milieu naturel.

Compte tenu de ces différents aspects, il est recommandé, pour **la caractérisation des matériaux** utilisés dans le remblaiement de carrières sur les eaux souterraines, de réaliser sur ceux-ci :

- **une analyse qualitative des éventuels polluants susceptibles d'être présents dans les matériaux proposés (type CG/SM pour les polluants organiques, et ICP pour les polluants métalliques) ainsi que quelques paramètres globaux (pH, conductivité, Sulfate,...) ;**
- **une analyse quantitative des molécules détectées précédemment, dont au minimum les paramètres suivants DBO, DCO, COT, HCT, indice phénol, HAP, métaux lourds, sulfates, cyanures ;**
- **des tests de percolation sur ces éléments qui seront comparés aux valeurs proposées dans le projet français pour l'admission en classe 3 (tabl. 7).**

Les matériaux contenant ces éléments à des teneurs supérieures aux valeurs limites proposées ne seront pas utilisés pour le comblement des cavités.

Il conviendra de **suivre l'évolution de la réglementation** relative à la définition des matériaux inertes et à leur impact sur le milieu naturel et **d'ajuster le cahier des charges en fonction de cette réglementation.**

b) Evaluation de l'impact

Si le cahier des charges relatif à la caractérisation des matériaux est respecté, l'impact sur le milieu environnant devrait être négligeable.

Pour apprécier l'**impact** de la mise en place des matériaux, il conviendra de comparer les mesures effectuées sur le site à des **mesures réalisées dans des piézomètres situés en amont et en aval hydraulique de la carrière remblayée.**

La fréquence des analyses sera déterminée par la sensibilité du milieu récepteur. Elle sera plus importante dans un délai court après la mise en place des matériaux. Si l'impact est négligeable, la surveillance sera diminuée voire supprimée.

Rappelons, toutefois, que lors de la phase de remblaiement et immédiatement après, certaines variations de paramètres physico-chimiques peuvent être enregistrées du fait du comblement (moins d'apport en oxygène, matières en suspension plus importantes, etc.). Il faut donc attendre la remise à l'équilibre hydraulique de la nappe pour être en mesure d'apprécier l'impact du remblaiement sur la qualité des eaux souterraines.

On se réfèrera aux *fascicules de documentation AFNOR, référence FD – X 31E-614 de 1999 et au guide BRGM R 38663 de mai 1996* «Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non».

Dans le cas d'une **catiche déjà remblayée**, on appliquera les principes retenus dans le cadre de la politique nationale sur les sites potentiellement pollués (Guide national de gestion des sites potentiellement pollués, MATE) et applicables dans ce contexte, on considère qu'il y a impact si « *les différences mesurées, considérées significatives, sont au-delà de 50 %, du moins pour les substances ubiquistes* ».

Si les différences mesurées sont en deçà de 50 %, l'impact pourra être suspecté et devra faire l'objet d'une surveillance appropriée.

Si les différences sont au-delà des 50 %, selon les substances détectées et selon le contexte hydrogéologique local, il conviendra d'envisager des aménagements permettant d'empêcher la propagation du polluant (pompage permanent au droit du site, inertage des matériaux....)

4. Synthèse des recommandations pour l'établissement d'un cahier des charges pour l'utilisation de matériaux pour le comblement des cavités souterraines de la craie en région Nord – Pas-de-Calais

Ce chapitre reprend les différentes recommandations données dans ce rapport, afin de proposer un cahier des charges pour l'utilisation de matériaux pour le comblement des cavités souterraines de la craie en région Nord – Pas-de-Calais. **Il conviendra de faire valider ce cahier des charges par un groupe de travail qui comportera les services de l'Etat dans la gestion des matériaux et des cavités souterraines, le SDICS, mais également les producteurs de matériaux et les utilisateurs en BTP.**

Ces recommandations ont été établies en considérant que les matériaux utilisés devaient présenter une inertie réelle, en raison de la vulnérabilité de la nappe de la craie, au droit des cavités à combler, cette nappe étant régionalement une ressource importante en eau potable. On s'est donc basé sur les différents textes se référant aux contextes de stockage des déchets inertes. On s'est également référé à des études et des expériences de comblement en cours (gravières de Lorraine et Champagne-Ardennes, comblement de cavités avec des mâchefers stabilisés en Normandie).

4.1. ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

- **Tout projet de comblement de carrière souterraine par des matériaux dits inertes devra faire l'objet d'une étude hydrogéologique de faisabilité.** En particulier, il faut tenir compte de l'usage possible de la nappe et de la piézométrie, par des mesures en aval et amont hydraulique immédiat du site.

- **Un contrôle de la qualité des eaux souterraines** devra également être mis en place avant, pendant et après le comblement (§ 3.2.2). On pourra se référer aux fascicules de documentation AFNOR, référence FD – X 31E-614 de 1999 et au guide BRGM R 38663 de mai 1996 *«Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non»* pourront apporter des précisions quant aux types de prélèvements et à leur fréquence.

- **Un autre impact est à envisager** quand les cavités sont ennoyées : c'est celui de la perturbation possible des conditions hydrodynamiques du milieu par un effet de colmatage (mise en place par coulis) ou au contraire de plus grande perméabilité (voie sèche). La valeur de la nouvelle perméabilité doit être considérée dans l'évaluation de la propagation de polluants éventuels.

4.2. CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX

On se référera, pour le choix des matériaux, à la connaissance que l'on peut avoir de leur composants et de la possibilité de relargage de ces composants dans le milieu naturel (chap. 3.2).

L'exploitant devra faire la démonstration de l'innocuité du matériau qu'il propose d'utiliser. Il est recommandé, pour la caractérisation des matériaux utilisés dans le remblaiement de carrières sur les eaux souterraines, de réaliser sur ceux-ci :

- **une analyse qualitative des éventuels polluants** susceptibles d'être présents dans les matériaux proposés (type CG/SM pour les polluants organiques, et ICP pour les polluants métalliques) ainsi que quelques paramètres globaux (pH, conductivité, sulfates,...) ;
- **une analyse quantitative des molécules détectées précédemment,** dont au minimum les paramètres suivants DBO, DCO, COT, HCT, indice phénol, HAP, métaux lourds, sulfates, cyanures ;
- **des tests de percolation sur ces éléments** qui seront comparés aux valeurs proposées dans le projet français pour l'admission en classe III (cf. tabl. 7).

Les matériaux contenant ces éléments à des teneurs supérieures aux valeurs limites proposées ne seront pas acceptés pour le comblement des cavités.

Il est recommandé, en outre, un contrôle rigoureux de la nature des matériaux entrant sur le site (prélèvements et analyses dont les résultats seront comparés au projet français pour l'admission en classe III.

Ces contrôles sont sous la responsabilité de l'exploitant en charge du chantier de comblement. Des vérifications sur l'application des procédures qualités et des mesures de surveillance doivent être envisagées par les services compétents. Il doit être prévu des aménagements minimum pour le stockage provisoire et la reprise des matériaux non conformes.

Il conviendra de suivre l'évolution de la réglementation relative à la définition des matériaux inertes et à leur impact sur le milieu naturel et d'ajuster le cahier des charges en fonction de cette réglementation.

4.3. ÉTUDE D'IMPACT DANS LE CAS DES CATICHES DÉJA REMBLAYÉES

Pour apprécier l'impact de la mise en place des matériaux, il conviendra de comparer les mesures effectuées sur le site à des mesures réalisées dans des piézomètres en amont et en aval hydraulique de la carrière remblayée. Il faudra s'assurer que, si impact il y a, il est attribuable au site, par un état zéro préalable au comblement.

Lors de la mise en place des matériaux de comblement et immédiatement après celle-ci, des mesures piézométriques permettront de suivre la remise à l'équilibre hydraulique du milieu.

La fréquence des analyses, après mise en place des matériaux, sera déterminée par la sensibilité du milieu récepteur. Elle sera plus importante dans un délai court. Si l'impact est négligeable, la surveillance sera diminuée, voire supprimée (on se référera aux fascicules de documentation AFNOR, référence FD – X 31E-614 de 1999 et au guide BRGM R 38663 de mai 1996 «Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non»).

On considérera qu'il y a impact si « *les différences mesurées en amont et en aval sont considérées significatives, du moins pour les substances ubiquistes* » en référence au Guide national de gestion des sites potentiellement pollués du MATE.

L'eau souterraine doit, par ailleurs, conserver son caractère potabilisable selon les critères du décret du 3 janvier 1989.

Si les différences mesurées sont en deçà de 50 %, l'impact sera alors constaté et devra faire l'objet d'une surveillance appropriée. Si les différences sont au-delà des 50 %, selon les substances détectées et selon le contexte hydrogéologique local, il conviendra de procéder à un contrôle du comportement des déchets en place et d'envisager des aménagements permettant d'empêcher la propagation du polluant (pompage permanent au droit du site, inertage du matériau....).

Si les recommandations sur le choix des matériaux de comblement ont été correctement suivies, l'impact sur la qualité des eaux souterraines doit être à priori négligeable.

Conclusion

Compte tenu de la vulnérabilité des sites à remblayer, l'utilisation de matériaux et déchets dits inertes pour le remblaiement de carrières et cavités ne pourra être acceptée qu'à la condition de contrôler leur nature et leur impact sur les eaux souterraines.

On s'est appuyé sur les projets en cours d'élaboration de dispositions relatives aux installations de stockage de classe III (groupes de travail du MATE) et sur les critères d'admission des matériaux dépollués ou faiblement pollués en remblais dans les anciennes carrières, afin d'établir des recommandations en vue de l'établissement d'un cahier des charges.

Si les cavités ne sont pas remblayées avec des matériaux naturels, l'inertie des matériaux utilisés devra être démontrée : les concentrations admissibles dans les matériaux et leurs percolats doivent être compatibles aux valeurs-seuil (concentrations maximales autorisées) en cours de définition sur les matériaux bruts et sur les percolats (projet de test de percolation en cours de normalisation).

Le suivi des eaux souterraines doit démontrer le maintien du caractère potabilisable, au sens du décret du 3 janvier 1989, de l'eau souterraine en aval immédiat du site.

Une étude d'impact sera demandée, si des problèmes de pollution sont constatés à proximité de catiches déjà remblayées.

Un groupe de travail rassemblant les techniciens et l'Administration devra être réuni pour valider les propositions contenues dans ce rapport.

Bibliographie

ADEME (1993) - Caractérisation des matériaux considérés comme inertes, monographie.

ADEME (1993) - Comportement à la lixiviation de matériaux considérés comme inertes, monographie.

BRGM (1999) – Remblaiement de gravières, carrières et plans d'eau de moins de 15 m de profondeur ; critères d'appréciation des demandes d'autorisation et contrôles à mettre en œuvre, en cours.

BRGM (1999) – Elaboration d'une méthodologie et validation de la faisabilité d'un réhabilitation de sites d'anciennes carrières par remblais inertes (recensement des sites potentiels de Bretagne). 2 vol., Rap BRGM R 40568, SGR Bretagne, 113 p.

BRGM (1998) – Modélisation du transfert de polluants issus de CET de classe III vers un aquifère sous-jacent. Rap. BRGM R40058, 42 p.

BRGM (1998) – Utilisation des mâchefers en techniques routières dans le département du Calvados. Rap. BRGM R 40465, 28 p.

BRGM (1998) – Notes pour la DRIRE BNO : impact sur les eaux souterraines par des remblaiements de carrières en Haute-Normandie. BRGM Centre thématique déchets-sols pollués, P. Charbonnier.

BRGM (1997) - Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un centre de stockage de déchets, ultimes ou non. Guide méthodologique. Documents BRGM, n°273, 102 p., 23 fig., 9 tabl., 1 ann.

BRGM (1994) – Déchets inertes et comblement des carrières en Franche-Comté. Rap. BRGM R 38222, 66 p, 14 ann.

TSM, Bouchelaghem A.,. Magnie M.C. (1997) - Confortement de carrières à l'aide de mâchefers stabilisés, article n° 4, avril, p. 35-44.

ANNEXE 1

Cahier des charges en application de l'arrêté préfectoral du 18 octobre 1973 modifié les 15 janvier 1974 et 15 mars 1977

Douai, le 5 août 1993

DEPARTEMENT DU NORD

Direction Régionale
de l'Industrie, de la Recherche
et de l'Environnement

Service Départemental
d'Inspection des Carrières Souterraines

MATERIAUX POUR REMPLISSAGE DE CARRIERES SOUTERRAINES

Cahier des Charges

Application de l'Arrêté Préfectoral du 18 octobre 1973
modifié les 15 janvier 1974 et 15 mars 1977
concernant les carrières souterraines
(notamment Art. 2-3-4-7 et 8)

Les matériaux pour le remblayage des carrières souterraines en contact ou au voisinage immédiat de la nappe phréatique de la craie, ne pourront être admis que dans les conditions ci-après définies.

1. SONT ADMIS sans restriction particulière

- les granulats non pollués, tout venants ou calibrés issus du milieu naturel,

- les schistes miniers rouges et noirs, tout venants ou calibrés issus de terrils ou d'installation de concassage et criblage, situés sur le territoire métropolitain, non pollués,

Les schistes miniers noirs issus d'installations de transformation autre que mécaniques sont soumis à la procédure visée au chapitre 2.

- les sables naturels provenant directement de carrières ou de gravières non pollués, dès l'instant qu'il est démontré que leur teneur en éléments inférieurs à 80 microns leur assure une stabilité à court terme compatible avec les exigences du chantier. Ces sables pourront être traités aux liants hydrauliques,

- les limons et argiles naturels non pollués, traités ou non aux liants hydrauliques lorsque les exigences en matière de stabilité à court terme peuvent être satisfaites,

- la craie naturelle non polluée,

- les cendres volantes silico-alumineuses sèches ou de terril issues de centrales thermiques au charbon[1] situées sur le territoire métropolitain. Ces cendres seront obligatoirement traitées aux liants hydrauliques,

- les cendres volantes sulfo-calciques de Gardânne. Ces cendres volantes peuvent être utilisées comme matériau principal ou comme liant,

- les ciments, chaux et laitiers granulés ou prébroyés issus de la fabrication de fonte utilisés comme liants hydrauliques.

2. SONT TOLERES, exclusivement pour le remplissage des exploitations en bouteilles ou catiches.

- les produits de démolition de bétons ou de maçonnerie de briques ordinaires exempts de plâtres, bois, ferrailles, matières organiques ou putrescibles,

- les laitiers autres que ceux issus de la fabrication de la fonte,

- les sables de verrerie non pollués.

Leur acceptation est prononcée par le Service Départemental d'Inspection des Carrières Souterraines au vu de leur origine, de leur composition et des processus de transformation et d'épuration.

Des contrôles périodiques voire la mise en place d'un plan d'assurance de la qualité pourront être effectués ou demandés par le S.D.I.C.S..

3. *SONT INTERDITS*, sauf à démontrer leur caractère inoffensif pour la qualité des eaux souterraines, l'absence d'agressivité vis-à-vis du milieu naturel (crayeux notamment) environnant et leur compatibilité avec les exigences du chantier en matière de stabilité à court terme, tous les matériaux autres que ceux énumérés ci-dessous, et notamment :

- les matériaux importés autres que naturels provenant directement du gisement,

- les matériaux naturels ayant préalablement été utilisés dans un procédé industriel ou autre susceptible de les polluer

- tous les matériaux artificiels autres que ceux cités ci-dessus

(1) : Si d'autres combustibles ont été utilisés, ces cendres seront traitées comme les matériaux du chapitre 2.

Douai, le 5 août 1993

DEPARTEMENT DU NORD

Direction Régionale
de l'Industrie, de la Recherche
et de l'Environnement

Service Départemental
d'Inspection des Carrières Souterraines

MATERIAUX POUR REMPLISSAGE DE
CARRIERES SOUTERRAINES

ANNEXE
au Cahier des Charges en date
du 5/08/1993

IDENTIFICATION DES MATERIAUX
SOUMIS A VERIFICATION
(Chap. 3 du Cahier des Charges)

Les matériaux douteux font l'objet de l'identification minimale suivante, à soumettre pour avis et conclusions à un hydrogéologue dans le cas général, à un hydrogéologue agréé pour une utilisation dans une zone régie par un P.I.G. concernant la protection des eaux souterraines.

- Origine du matériau
- Nature, composition minéralogique, état cristallin, granulométrie
- Processus de fabrication et/ou de transformation
- Teneur en eau
- Teneur en imbrûlés (à 450° C)
- Analyse sur brut pour les éléments suivants :

SiO_2	Cr Total et Cr VI
Al_2O_3	Ni
CaO	As
Fe_2O_3	Cu
K_2O	Cd
Na_2O	Hg
Pb	
Zn	

- Lixiviation puis analyse sur lixiviat des éléments suivants :

Conductivité (ou résistivité)
pH
Sulfates
Nitrates
Chlorures
Fluorures
Cyanures
Métaux : Pb, Zn, Cr Total et Cr VI , Hg, Ni, Cu, Cd
As
Carbone organique
Hydrocarbures totaux

Les analyses seront conduites selon Normes Françaises.

La demande sera présentée avec l'accord du propriétaire du sol et du maître de l'ouvrage concerné.

LE DIRECTEUR

G. DEFRANCE

ANNEXE 2

Synthèse des recherches réalisées au SDICS sur le site de Lezennes – Villeneuve-d'Ascq

Synthèse des recherches au SDICS

Commune	N° avis	site	comblement	procédé	matériau	M.O	adresse	gravi	forages	comblement	Conformité
VA	4051 et 4050	"village d'aujourd'hui	oui	mixte (hydraulique et à sec)	"fin et pulvérulent"	Maison et Architecture	Mr Delcourt,,Mr Dewitte 88 rue Thiers 59 800 lille	GEOMECA	FORSOL	FORSOL	GEOMECA ?
VA	2424	SEDAF	pas de vide								
VA	3955 et 3956	V2000	toutes cavités sous batiment, débord 8m	gravitaire, clavage	C.V, schistes rouges, coulis, limons, mélange craie CV	A. Paindavoine	10 rue du vaisseau 59650 V.A		SADE	SPI/INFRACO	
VA	3166	derière Mac do		hydraulique	"sable"," matériau sain", RMN ?					FORSOL	
VA	1226 et 1227	Devianne	pieux et dalles, pas de comblement, cav visitable								
VA	1225, 3941,4172 et 4173	Norauto	comblement pour extension 1998, auvent accueil	hydraulique	"pulvérulent", craie et "sable" ?	Mr Leplat		Geomec, forsol, Sade			
VA	4178 et 4179	Siège social Décatlon		mixte	?	?		Gravimep 55 rue de Béthune, 62131 Vaudricourt			GEOMECA
L		RN 146		Coulis	Schistes, terril 102	Dpt		SOTRESOL			
L		Buffalo etc..			Limon ?					Sotresol	
L	4712	Leroy Merlin Siège social	total	gravitaire, clavage	coulis CV						
L	5512	Leroy Merlin Siège social (extension)	oui		?						
VA	3575 et 3576	Leroy Merlin Magasin	Remblaiement total	hydraulique	cendres volantes					Sotraisol	
VA	2849	Lotissement									
VA	2832	Leroy Merlin	oui			SCI Ste Catherine					

Synthèse des recherches au SDICS

Commune	N° avis	site	comblement	procédé	matériau	M.O	adresse	gravi	forages	comblement	Conformité
	2833	Mac Do	Remb partiel	mixte (cf, plan)	boues métro, cendres volantes, à sec en scalpage	Bellet et De Pina Architectes	308 av Gl de Gaulle 92140 Clamart			?	
	2701	Lotissement	Remb	hydraulique	"sables"					Forsol	
	3331, 3612 et 3613	Extension Décathlon	Remb partiel		"sables mouillés"?					Forsol	
	1299 et 1300	Décathlon	?								
	5434	Extension Mac Do	Déjà remblayé								
	5426	Héron international	Prévu	hydraulique+clavage	CV+ciment	Heron House	13 Harylebone Road London		Geomeca		Preventec
	958	Avis : pas de remarque									
	1797	Logements individuels	Lot 9 remblayé							Norpac	
	2022		Remblaiement partiel		terre issue des fondations (dont scories,,,)						
	Voies CUDL (cf plans)	Zones 45/46			RMN						
		Zone 10A									
		Zones 11/12A			Calcaire 0,4						
		RD 146			scalpage (RMN) pour chambres et piliers, craie (0/250) pour catiches						
L	5251 et 4871	GSGP (station essence)	remblaiement sous cuves HC	coulis	Cendres volantes et ciment	St Serv CLUB assistant : Geomeca (Mr Lhomme)	18 rue albert prevost 59175 Templemars				
L	5288	Village hotel	préalable ?		Limon + craie ou "sable gris"	Village hotel	22 bvd de la marne 21000 Dijon		C3B		Veritas
L	4468	Quick	préalable ?	"a sec" ?	"argile"	BE : Geoméca				Forsol	

Synthèse des recherches au SDICS

Commune	N° avis	site	comblement	procédé	matériau	M.O	adresse	gravi	forages	comblement	Conformité
L	4586 et 4587	Ecole J.Ferry			Sable de rivière et remblaiement en cassons ou en schistes	Lefebvre architecte	10 avenue Mal Joffre			GECO	
L	4535 et 3801	Hotel 1ère classe	oui	Galeries : remblai hydraulique Catiche : à sec gravitairemt	Galerie : limon + clavage par dévers CV ciment Catiches: CV et ciment	SCI canton du Moulin					
L	4623	Cote à Cote									
L	2574	Garage préfabriqué	Radier béton armé								
L	2675		Radier								
L	2773		Radier								
L	3003		Radier								
L	3162		Radier								
L	4950	Porcelanosa	remblaiement et création d'un nouveau puits								

ANNEXE 3

Projet de dispositions relatives aux installations de stockage de classe 3

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE DISPOSITIONS RELATIVES AUX INSTALLATIONS DE STOCKAGE DE CLASSE 3

Version du 03/08/98

TITRE I :
CHAMP D'APPLICATION ET DEFINITIONS

Article 1 : Champ d'application

Les présentes dispositions s'appliquent aux installations de stockage permanent de déchets définis en annexe 1.

Cette annexe pourra être complétée sur décision du ministère chargé de l'environnement.

Elles s'appliquent aussi bien aux installations dites collectives, qui recoivent les déchets de plusieurs producteurs de déchets qu'aux installations dites internes, exploitées par un producteur de déchets pour ses propres déchets, sur son site de production ou ailleurs.

Les déchets concernés par les présentes dispositions possèdent un comportement peu évolutif du point de vue physique, chimique et biologique.

Article 2 : Exclusions du champ d'application

Sont exclus du champ d'application de ce texte :
- les stockages de déchets miniers,
- l'assèchement, l'imperméabilisation, remblais de zones humides[1] ou de marais,
- les comblements de galeries ou de mines souterraines,
- les mouvements de terres et les réalisations de remblais destinés à des travaux du bâtiment et des travaux publics[2]
- les remblaiements de carrières.

Ces activités doivent faire l'objet de dispositions spécifiques. Les prescriptions associées devront ainsi être déterminées au cas par cas.

---

[1] on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire.

[2] ces mouvements de terres devront soient être réalisés dans l'emprise de l'ouvrage considéré, soit réutilisés hors de cette emprise à condition que cette réutilisation ait été autorisée préalablement, dans le cadre de l'enquête préalable aux travaux (ex : DUP).

Article 3 : Définition des différents types de stockages et des déchets admissibles

Les présentes dispositions s'appliquent à 3 types de stockage définis suivant la nature des déchets admis :

Type F : stockage de déchets qui, du fait de leur spécificité, doit être séparé physiquement des stockages de type G et H définis dans les paragraphes suivants.

Type G : stockage de déchets soumis à des contraintes modérées sur le choix et l'aménagement du site, autorisé à recevoir des déchets à faible potentiel polluant issus du secteur du bâtiment (chantiers de construction, de démolition et de réhabilitation) et des travaux publics et certains déchets industriels. Ces déchets correspondent à un retrait préalable des déchets dangereux et des déchets ménagers et assimilés (bois, plastiques...).

Type H : stockage de déchets soumis à des contraintes faibles sur le choix et l'aménagement du site et avec un contrôle strict de la nature des déchets admis, autorisé à recevoir des terres non polluées et les déchets à très faible potentiel polluant triés issus du secteur du bâtiment (chantiers de construction, de démolition et de réhabilitation) et des travaux publics ainsi que certains déchets industriels. Ces déchets triés correspondent à un retrait préalable des déchets dangereux, des déchets ménagers et assimilés (bois, plastiques...) et du plâtre techniquement séparable (on retirera au minimum les cloisons et plaques en plâtre).

Ces différents types de stockage pourront être présents sur une même installation de stockage de classe 3.

Article 4 : Déchets interdits

Sont interdits dans les installations de stockage visées dans le présent texte les terres polluées, les déchets dangereux, les déchets ménagers et assimilés, les déchets organiques fermentescibles, les déchets radioactifs, les déchets non refroidis, explosifs ou susceptibles de s'enflammer spontanément et les déchets non pelletables, dont les liquides.

TITRE II :
ADMISSION DES DECHETS

Article 5 : Procédure d'admission des déchets

Toute livraison de déchet doit faire l'objet de l'établissement préalable d'un document rempli par le producteur de déchets et tous les intermédiaires éventuels entre ce dernier et l'exploitant. Ce document sera remis à l'exploitant de l'installation de stockage. Ce document indiquera la provenance, la destination, les quantités et le type de déchets.

Toutefois, si les déchets sont apportés en faibles quantités ou de façon occasionnelle, le document pré-cité pourra être rempli à l'arrivée sur le site.

L'exploitant conserve ce document qui sera intégré dans un registre des admissions et des refus.

Une quantification des déchets admis sera effectuée à l'entrée de l'installation de stockage. L'exploitant devra au minimum évaluer les volumes de déchets admis.

Article 6 : Registre d'admissions et de refus

L'exploitant tient en permanence à jour un registre des admissions et un registre des refus. L'exploitant pourra choisir la forme du registre qui sera ou non informatisé.

Article 7 : Contrôles d'admission

Les dispositions de cet article ne s'appliquent pas aux installations de type F recevant des déchets d'amiante-ciment. Des dispositions spécifiques sont définies dans l'article 27.

7.1. Contrôles visuel et olfactif

Un contrôle visuel et olfactif des déchets est réalisé à l'entrée du site, puis lors du déchargement du camion et lors du regalage des déchets afin de vérifier l'absence de déchets interdits.

7.2. Tri sur l'installation de stockage

Un tri supplémentaire pourra être réalisé sur l'installation de stockage afin de retirer des déchets ménagers et assimilés qui seraient éventuellement présents en faibles quantités. A cet effet, l'exploitant peut prévoir une benne[3] qui accueillera ce type de déchets.

Les déchets recueillis sont ensuite dirigés vers des installations d'élimination adaptées.

7.3. Procédure d'acceptation préalable exceptionnelle

Une procédure d'acceptation préalable doit être systématiquement effectuée par le producteur de déchets pour :

- les terres polluées ayant fait l'objet d'un traitement préalable,
- les déchets provenant de chantiers de démolition et de terrassement de sites industriels ou agricoles[4] .

Cette procédure peut être également demandée par l'exploitant, s'il l'estime nécessaire, pour d'autres déchets présentant des caractéristiques spécifiques.

Le producteur de déchets doit fournir à cet effet à l'exploitant de l'installation de stockage les résultats du contrôle du potentiel polluant. Ce contrôle consiste à réaliser un test

[3] prévoir une quantité maximale de déchets à trier (une benne ou plusieurs ?)

[4] les sites industriels et les sites agricoles sont définis par opposition aux bâtiments à usage de logement, bureaux, écoles...

de percolation sur les déchets[5]. Le protocole du test de percolation à mettre en oeuvre est celui présenté dans l'annexe 2.

Les paramètres à analyser sur les percolats et les concentrations maximales admissibles sont définis dans l'annexe 3.

L'exploitant complètera le registre des admissions et le registre des refus par les résultats de la procédure d'acceptation préalable exceptionnelle.

TITRE III :
AMENAGEMENT DU SITE

Article 8 : Géologie et hydrogéologie du site

La hauteur miminale de la zone non saturée, naturelle ou rapportée, située entre les déchets et la nappe phréatique éventuellement présente est fixée à 1 mètre. Cette hauteur est déterminée en tenant compte des plus hautes eaux connues.

Article 9 : Limitation des entrées d'eaux

9.1. Eaux de pluie

L'exploitant doit évaluer, en fonction de la superficie totale de la zone d'exploitation et de la nature des déchets admis, et suivant les modalités définies à l'annexe 4, la nécessité de mise en place d'une couverture limitant les entrées d'eaux de pluie.

Cette mise en place d'une couverture limitant les entrées d'eaux de pluie n'est cependant pas obligatoire dans le cas d'un scénario de stockage très différent du scénario type « raisonnablement pessimiste » défini en annexe 4bis. Une étude spécifique devra alors être réalisée afin d'évaluer et de limiter les impacts potentiels du stockage des déchets sur l'environnement. Il s'agira notamment d'étudier les impacts potentiels sur les eaux superficielles.

La limitation des entrées d'eaux de pluie peut être qualifiée par le taux d'infiltration de la pluie, correspondant au pourcentage de la pluie totale qui percole effectivement à travers les déchets.

Les eaux de ruissellement internes au site seront évacuées vers le milieu naturel.

L'exploitant prévoit alors des solutions techniques adaptées.

9.2. Eaux périphériques superficielles ou souterraines

Selon la configuration du site, un dispositif adapté sera mis en place pendant la phase d'exploitation afin d'éviter le ruissellement des eaux extérieures au site sur le site lui-même.

---

[5] il faudrait également définir des seuils sur le contenu total (pour les organiques ?).

Article 10 : Principe d'exploitation

L'exploitation sera effectuée par tranches successives et leurs réaménagements seront coordonnés. Le stockage des déchets devra se faire de préférence en hauteur pour limiter la superficie soumise à la pluie en cours d'exploitation.

Article 11 : Clôture, voies d'accès et circulation

L'installation de stockage est clôturée et gardiennée pendant les heures d'ouverture. La propreté des voies publiques ne doit pas être pertubée par l'activité du site.

Article 12 : Préventions des nuisances sonores

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

TITRE IV :
EXPLOITATION DU SITE

Article 13 : Percolats

Dans le cas d'une production de percolats rejoignant les eaux superficielles, un réseau spécifique de collecte devra être mis en place.

Les rejets de percolats dans le milieu naturel devront alors vérifier les valeurs de l'annexe 5. La fréquence des analyses sera déterminée suivant la sensibilité du milieu récepteur.

Article 14 : Plan de surveillance des eaux souterraines et superficielles

La mise en place d'un réseau de surveillance des eaux superficielles ou souterraines devra être étudiée en fonction du site. Un état initial (point zéro) sera établi avant le début de l'exploitation. L'exploitant devra prévoir au minimum un piezomètre en amont et un en aval hydraulique dans le cas d'une présence d'eaux souterraines.

Article 15 : Plan d'exploitation

L'exploitant doit tenir à jour un plan d'exploitation de l'installation de stockage.

Article 16 : Limitation des émissions de poussières

Le mode de stockage doit permettre de limiter les émissions de poussières.

Article 17 : Prévention des risques d'incendie

Les abords de la zone d'exploitation doivent être débroussaillés de manière à éviter la diffusion éventuelle d'un incendie s'étant développé sur le site ou à l'inverse, les conséquences d'un incendie extérieur sur le stockage. Des moyens efficaces sont prévus pour lutter contre l'incendie.

TITRE V :
COUVERTURE ET FIN D'EXPLOITATION

Article 18 : Couverture finale

Une couverture finale doit être mise en place dès l'obtention de la côte finale d'une tranche suivant les modalités définies dans l'annexe 4.

Une couverture intermédiaire sera mise en place si l'exploitation d'une tranche cesse pendant plus de 6 mois.

Ces dispositions ne sont pas obligatoires dans le cas de la réalisation d'une étude spécifique, prévue à l'article 9.

Article 19 : Réaménagement du site

Au fur et à mesure de l'exploitation, l'installation de stockage est remise en état puis réaménagée en fonction de sa destination future.

Article 20 : Maîtrise ultérieure de l'usage du sol

Afin d'assurer une pérennité du dispositif limitant les infiltrations d'eau ou conserver une couverture équivalente voire plus étanche, des contraintes d'urbanisme après l'exploitation et le réaménagement du site pourront être instituées.

Cette maîtrise ultérieure de l'usage du sol devra être assurée dans le cas d'une mise en place de casiers spécifiques à des déchets particuliers tels que les déchets d'amiante-ciment.

Elles dépendront de l'usage ultérieur du site (agriculture, loisirs, construction...).

TITRE VI :
DISPOSITIONS SPECIFIQUES AUX STOCKAGES DE TYPE H

Article 21 : Géologie et hydrogéologie du site

La zone à exploiter doit être implantée et aménagée de telle sorte que son exploitation soit compatible avec les autres activités et occupation du sol environnantes.

Article 22 : Superficie de la zone d'exploitation et pourcentage de déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics admissibles

Le pourcentage annuel des déchets du bâtiment et des travaux publics (hors terres) triés doit être inférieur ou égal à 20 % en volume du total des déchets admis sur le site.

La superficie de la zone d'exploitation ne devra généralement pas excéder 30 hectares. Si cette valeur est dépassée, une étude spécifique devra être réalisée afin de démontrer que l'on obtient des valeurs dans la nappe éventuellement présente, à la limite aval de la zone d'exploitation (à la limite de propriété ?), ne dépassant pas les valeurs des eaux potabilisables définis dans le décret du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

TITRE VII :
DISPOSITIONS SPECIFIQUES AUX STOCKAGES DE TYPE G

Article 23 : Géologie et hydrogéologie du site

L'installation de stockage ne doit être implantée ni dans une zone humide, ni dans un des périmètres de protection des points d'eaux et des sources institués par l'article L-20 du Code de la Santé Publique.

L'aménagement du site doit être réalisé de façon à ce que le massif de déchets ne soit pas atteint par une remontée des eaux de nappe.

Article 24 : Superficie de l'installation de stockage

La superficie de la zone d'exploitation ne devra généralement pas excéder 5 hectares. Si cette valeur est dépassée, une étude spécifique devra être réalisée afin de démontrer que l'on obtient des valeurs dans la nappe éventuellement présente, à la limite aval de la zone d'exploitation (à la limite de propriété ?), ne dépassant pas les valeurs des eaux potabilisables définis dans le décret du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

TITRE VIII :
DISPOSITIONS SPECIFIQUES AUX STOCKAGES DE TYPE F

VIII.1. DECHETS DE PLATRE

Article 25 : Couverture intermédiaire

La lixiviation des sulfates sera limitée au maximum par la mise en place d'une couverture hebdomadaire de la zone d'exploitation des stockage de type F acceptant des déchets de plâtre. Cette couverture permet d'éviter une exposition prolongée à la pluie de ce type de déchets. La nature de la couverture sera déterminée en fonction de la pluviométrie et de la vitesse de remplissage des stockages de type F.

Article 26 : Superficie de l'installation de stockage de type F

La somme des superficies des zones d'exploitation des stockages de type F et G ne devra pas excéder 5 hectares.

VIII.2. DECHETS D'AMIANTE-CIMENT

Article 27 : Déchets admissibles et déchets interdits

Les déchets d'amiante-ciment admissibles dans les installations de stockage de classe 3 sont les déchets de matériaux tels que les plaques ondulées, les plaques support de tuiles, les ardoises en amiante-ciment, les produits plans, les tuyaux et canalisations.

Sont interdits les déchets de matériels et d'équipements (équipements de protection individuels jetables, filtres de dépoussiéreurs..) et les déchets issus du nettoyage (débris et poussières...).

Article 28 : Procédure d'admission des déchets

Toute livraison de déchets d'amiante-ciment doit être accompagnée d'un bordereau de suivi des déchets conforme à celui décrit en annexe 6. Ce bordereau correspond, pour le cas des déchets d'amiante-ciment, au document demandé dans l'article 5.

Ce bordereau sera remis à l'exploitant de l'installation de stockage qui l'intègre dans le registre des admissions et des refus.

Article 29 : Contrôles d'admission

Un contrôle visuel des déchets est réalisé à l'entrée du site et lors du déchargement du camion. L'exploitant vérifie notamment le type de conditionnement utilisé (palettes, racks, grand recipient pour vrac (GRV)...) et la présence de l'étiquetage "amiante" imposé par le décret n° 88-466 du 28 avril 1988, modifié, relatif aux produits contenant de l'amiante

Une quantification des déchets admis sera effectuée à l'entrée de l'installation de stockage.

Article 30 : Géologie et hydrogéologie du site

L'installation de stockage ne doit être implantée ni dans une zone humide, ni dans un des périmètres de protection des points d'eaux et des sources institués par l'article L-20 du Code de la Santé Publique.

L'aménagement du site doit être réalisé de façon à ce que le massif de déchets ne soit pas atteint par une remontée des eaux de nappe.

Article 31 : Principe d'exploitation

La mise en oeuvre de ce type de stockage doit s'effectuer de façon à atteindre une stabilité mécanique.

Le fond de forme de ce type de stockage sera en pente et drainé gravitairement vers le point de rejet.

Article 32 : Plan d'exploitation

Un plan du site, tenu à jour, doit permettre de localiser les stockages de type F acceptant des déchets d'amiante-ciment afin d'en conserver la mémoire. Ceux-ci seront également repérés topographiquement sur le site.

Ce plan du site doit indiquer pour chaque stockage de type F acceptant des déchets d'amiante-ciment, l'origine et le tonnage des déchets ainsi que les dimensions, la localisation et les dates d'exploitation de ces stockages spécifiques.

Article 33 : Limitation des émissions de poussières

Le déchargement, l'entreposage éventuel et le stockage des déchets seront effectués de manière à limiter les envols de poussières. A cet effet, les déchets sont, lors de leur déversement, aspergés avec un brouillard d'eau ou traités par une autre technique adaptée permettant d'éviter les envols.

Si le site dispose d'une aire d'entreposage de déchets en vrac, celle ci doit être aménagée de sorte que les envols et migrations de fibres et poussières soient évités. L'entreposage peut être envisagé pour accueillir les déchets en faible quantité ou les déchets des particuliers, mais la dépose directe en alvéole de stockage sera privilégiée chaque fois que cela est possible.

Les déchets conditionnés en palette, en racks ou en grand récipient pour vrac souple sont déchargés avec précaution avec des moyens adaptés.

Afin d'éviter les envols de fibres, les opérations de compactage ou de confinement nécessaires à la stabilité du site ne peuvent être effectuées directement sur les déchets déposés dans les alvéoles. Une couche de terre, de sable ou un moyen équivalent jouant le rôle de couche intermédiaire, présentant une épaisseur ou le cas échéant une résistance, suffisante, devra être mis en place sur chaque couche de déchet, avant d'effectuer les opérations de tassement ou de compactage.

Article 34 : Couverture intermédiaire

Les envols seront limités au maximum par couverture quotidienne de la zone d'exploitation des déchets d'amiante-ciment.

Article 35 : Couverture finale

Une couverture finale doit être mise en place dès l'obtention de la côte finale du stockage de type F acceptant des déchets d'amiante-ciment, selon les modalités définies dans l'annexe 4. Elle doit être réalisée de sorte à limiter à long terme le réenvol de poussières de déchets d'amiante-ciment. Différentes techniques utilisant des matériaux naturels ou artificiels peuvent être retenues.

Article 36 : Maîtrise ultérieure de l'usage du sol

La maîtrise ultérieure de l'usage du sol devra être assurée dans le cas d'une mise en place de stockage de type F acceptant des déchets d'amiante-ciment. Elle pourra être réalisée par l'inscription de servitude au bureau des hypothèques des terrains concernés.

TITRE IX : DECHARGES EXISTANTES

Les exploitants de décharges existantes devront appliquer, de façon progressive, les dispositions définies dans les articles précédents, à l'exception des dispositions relatives au choix du site (géologie et hydrogéologie du site).

ANNEXE 1 : DECHETS ADMISSIBLES DANS LES STOCKAGES DE TYPE F, G et H

Les déchets admissibles dans les différents types de stockages sont les suivants :

1. Stockage de type F

- *plâtre*
- *déchets de matériaux en amiante-ciment* : plaques ondulées, plaques support de tuiles, ardoises en amiante-ciment, produits plans, tuyaux et canalisations ...
- *laitiers cristallisés de hauts-fourneaux*

2. Stockage de type G

-déchets à faible potentiel polluant issus du secteur du bâtiment (chantiers de construction, de démolition et de réhabilitation) et des travaux publics. Ces déchets correspondent à un retrait préalable des déchets dangereux et des déchets ménagers et assimilés (bois, plastiques...).
-*laitiers cristallisés de hauts-fourneaux*

3. Stockage de type H

-déchets à très faible potentiel polluant triés issus du secteur du bâtiment (chantiers de construction, de démolition et de réhabilitation) et des travaux publics. Ces déchets triés correspondent à un retrait préalable des déchets dangereux, des déchets ménagers et assimilés (bois, plastiques...) et du plâtre techniquement séparable (on retirera au minimum les cloisons et plaques en plâtre).
-*laitiers granulés de hauts-fourneaux, laitiers d'aciéries à oxygène*

D'autres déchets seront admissibles dans les stockages de type F,G ou H : c'est le cas des déchets d'origine industrielle à faible potentiel polluant. La répartition (type F, G, H) est en cours.

ANNEXE 2 : PROTOCOLE RELATIF AU TEST DE PERCOLATION

projet de norme européenne CEN/TC292/WG6/N103

PROJET

Annexe 2 : Procédure d'acceptation préalable exceptionnelle - Protocole relatif au test de percolation

Contexte

La procédure d'acceptation préalable exceptionnelle relative aux installations de stockage de classe 3 consiste à évaluer le potentiel polluant de certains déchets. Celui-ci est évalué par la réalisation d'un test de percolation, en cours de normalisation par le CEN. La procédure de réalisation de ce test est définie dans les documents de travail N103 et N113, du groupe européen de normalisation CEN/TC292/WG6/N138

Les paragraphes suivants proposent des recommandations complémentaires aux documents pré-cités, pour le cas spécifique de l'admission de déchets dans des centres de classe 3. Elles ne préjugent en rien de l'évolution du projet de norme européenne.

Préparation de l'échantillon

La préparation du déchet et son conditionnement dans la colonne de percolation doivent être réalisés de manière à se rapprocher autant que possible des conditions de mise en oeuvre pratiquées sur le terrain. Toutefois, pour ne pas prolonger inutilement les étapes de saturation du déchet en eau et de dissolution des constituants des déchets dans l'eau interstitielle, les déchets formés de blocs de grande taille devront être fragmentés pour ne pas dépasser une granulométrie de 30 mm.

Dimensions de la colonne

Conformément aux recommandations du CEN dans son projet de norme de février 1998, le diamètre minimum de la colonne utilisée pour l'essai de percolation doit être dix fois supérieur à la taille de la plus grosse particule du déchet à tester. La hauteur minimale de la colonne doit être quatre fois supérieure à son diamètre.

Mise en équilibre

A la suite du conditionnement du déchet dans la colonne, celle-ci est alimentée en eau déminéralisée par le bas de manière à noyer le déchet avec un débit suffisamment faible pour remplir le maximum de vides à l'intérieur de la colonne et éviter la redistribution des plus fines particules.

Après saturation en eau de la colonne de déchet, l'alimentation est arrêtée durant au minimum trois jours afin que s'établissent des conditions stationnaires avant le démarrage de l'étape hydrodynamique.

Débit d'alimentation

Le débit d'alimentation en eau déminéralisée de la colonne de percolation doit s'approcher de :

- 1 ml/mn pour une colonne de 10 cm de diamètre,
- 7 ml/mn pour une colonne de 20 cm de diamètre,
- 20 ml/mn pour une colonne de 30 cm de diamètre.

ANNEXE 3 : CONCENTRATIONS MAXIMALES POUR LES PERCOLATS DES DECHETS, OBTENUS EN LABORATOIRE, NECESSITANT UNE PROCEDURE D'ACCEPTATION PREALABLE

Paramètre	Concentrations maximales admissibles dans les percolats (mg/l)	
	Stockage H	Stockage G et F
Liste principale		
Sulfates	500	1600
Ammonium	8	25
DCO	60	200
COT	20	70
Indice Phénol	0,2	0,5
Hydrocarbures totaux	2	5
Zinc	**10 ?**	**30 ?**
Arsenic	0,2	0,5
Cadmium	0,01	0,03
Cyanures totaux	0,1	0,3
Chrome total	0,1	0,3
Mercure	0,002	0,005
Plomb	0,1	0,3
Selenium	0,02	0,05
HAP (6)	**0,002**	**0,005**
Baryum	2	5
Chlorures	**400**	**1300**
Nitrates	100	300
Liste complémentaire		
Nickel	**0,1**	**0,3**
Cuivre	**0,1**	**0,3**
Molybdène	**0,1**	**0,3**
Cobalt	**0,1**	**0,3**
HAP (15)	**0,005**	**0,02**

ANNEXE 4 : LIMITATION DES ENTREES D'EAUX DE PLUIE PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA COUVERTURE FINALE

Les tableaux suivants précisent les situations pour lesquelles des contraintes techniques relatives à l'infiltration des eaux de pluie sont requises. Ces contraintes dépendent de la nature des déchets admis et de la superficie des zones d'exploitation.

CAS 1 : SURFACE DU SOL VEGETALISEE (PRAIRIE)

Installations de type H

DECHETS ADMIS	Superficie totale de la zone d'exploitation			
	< 2 ha	2-10 ha	10-30 ha	> 30 ha
Terres non polluées + 5% maximum en volume de déchets du bâtiment et des travaux publics triés	*Prescriptions minimales**	*Prescriptions minimales**	*Prescriptions minimales**	étude spécifique
Terres non polluées + 20 % maximum en volume de déchets du bâtiment et des travaux publics triés	*Prescriptions minimales**	**épaisseur > 0.5 m** **K<10-7 m/s** **pente > 6 %** **ou** **épaisseur > 1 m** **K<10-6 m/s** **pente > 9 %**	**épaisseur>1 m** **K<10-7 m/s** **pente > 6 %**	étude spécifique

** $K \leq 10^{-6}$ m/s - épaisseur minimale de matériau : 50 cm - pente minimale : 3 %*

Installations de type G

DECHETS ADMIS	Superficie totale de la zone d'exploitation	
	< 5 ha	> 5 ha
Déchets du BTP en mélange	**épaisseur >1m** **K<10-8 m/s** **pente > 6 %**	étude spécifique

Installations de type F

Cas du plâtre
épaisseur >1m
K<10-8 m/s
pente > 6 %

Cas des déchets de matériaux en amiante-ciment :

prescriptions minimales pour la couverture :
K≤ 10^{-6} m/s - épaisseur minimale de matériau : 50 cm - pente minimale : 3 %

CAS 2 : ZONE INDUSTRIELLE

Installations de type H

DECHETS ADMIS	Superficie totale de la zone d'exploitation			
	< 2 ha	2-10 ha	10-30 ha	> 30 ha
Terres non polluées + 5% maximum en volume de déchets du bâtiment et des travaux publics triés	*Prescriptions minimales**	*Prescriptions minimales**	*Prescriptions minimales**	étude spécifique
Terres non polluées + 20 % maximum en volume de déchets du bâtiment et des travaux publics triés	*Prescriptions minimales**	**épaisseur >1 m** **K< m/s** 10^{-7} **pente > %** 6 **ou** **épaisseur > 0,5 m** **K< m/s** 10^{-7} **pente > %** 4	**épaisseur> m** 1 **K< m/s** 10^{-7} **pente > %** 4	étude spécifique

** K≤ 10^{-6} m/s - épaisseur minimale de matériau : 50 cm - pente minimale : 3 %*

Installations de type G

DECHETS ADMIS	Superficie totale de la zone d'exploitation	
	< 5 ha	> 5 ha

Déchets du BTP en mélange	**épaisseur >m** **K< m/s** **pente > %**	[redacted]

<u>Installations de type F</u>

<u>Cas du plâtre</u>
épaisseur >m
K< m/s
pente > %

<u>Cas des déchets de matériaux en amiante-ciment</u> :

prescriptions minimales pour la couverture :
$K \leq 10^{-6}$ m/s - épaisseur minimale de matériau : 50 cm - pente minimale : 3 %

ANNEXE 5 : REJET DES EAUX DANS LE MILIEU NATUREL

Critères minimaux applicables aux rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel

pH	5.5 -9
Température	≤ 30 ° C
Matières en suspension totale	**- pour les stockages de type F recevant des déchets d'amiante-ciment : ≤ 30 mg/l ?** - pour les autres cas: ≤ 100 mg/l si flux journalier max < 15 kg/j ≤ 35 mg/l au-delà
DCO	≤300 mg/l si flux journalier max < 100 kg/j ≤125 mg/l au delà
DBO5	≤100 mg/l si flux journalier max < 30 kg/j ≤30 mg/l au delà
COT	≤70 mg/l
Sulfates	≤250 mg/l
Métaux totaux	≤15 mg/l
Hydrocarbures totaux	≤10 mg/l

les métaux totaux sont la somme de la concentration en masse par litre des éléments suivants : Pb, Cu, Cr, NI, Zn, Mn, Sn, Cd, Hg, Fe, Al

ANNEXE 6 : BORDEREAU DE SUIVI DES DECHETS D'AMIANTE
(circulaire du 09.01.97)

1-MAITRE D'OUVRAGE ou PROPRIETAIRE ou DETENTEUR		N° SIRET :
Dénomination :		Responsable :
Adresse, Téléphone, Télex :		Adresse du chantier (s'il y a lieu) :
Désignation du déchet	Code nomenclature C ..... A.....	N° certificat d'acceptation préalable :
- Mode d'élimination final : - Installation : - Adresse - Téléphone :		Quantité estimée à éliminer :
Atteste l'exactitude des renseignements ci-dessus :		Signature

2 - ENTREPRISE DE TRAVAUX		N° SIRET
Dénomination :		Responsable :
Adresse, Téléphone, Télex :		Qualification (à préciser) :
Consistance du déchet : ☐ Boues ☐ Solide ☐ Pulvérulent ☐ Autre (préciser)		
Transport : ☐ Benne ☐ Camion-plateau ☐ Autre (préciser) :		
Conditionnement : ☐ Double-sacs mis en GRV ☐ Palettes filmées ☐ Palettes non filmées ☐ Racks ☐ Autre (préciser) :		
Date de remise au transport :		Quantité remise au transport :
S'il y a lieu : Déclaration au titre de la réglementation relative au transport de matières dangereuses (arrêté ADR) :		
Nom de la matière :	N°d'identification :	Classe, chiffre et lettre de l'énumération :
Atteste l'exactitude des renseignements ci-dessus : -les déchets sont admis au transport par route selon l'ADR. -leur état, leur conditionnement, les emballages, les GRV ainsi que leur étiquetage sont conformes aux prescriptions de l'ADR. -les prescriptions de l'article 5 de l'arrêté ADR du 05/12/96 me concernant ont été respectées.		Signature :

3 - COLLECTEUR - TRANSPORTEUR		N° SIRET :
Dénomination :		Responsable :
Adresse, Téléphone, Télex :		
Stockage : ☐ OUI Lieu de stockage ☐ NON	Ayant pris connaissances des informations ci-dessus, Signature	Date de remise à l'éliminateur : Quantité transportée : Tonne

4 - DESTINATAIRE		N° SIRET :
Dénomination		Responsable :
Adresse : Téléphone : Télex :		Code filière A.F.B.
Opération sur le déchet : ☐ Prétraitement ☐ Incinération ☐ Regroupement ☐ Détoxication ☐ Autre (à préciser) ☐ Stockage en centre de classe 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐		
En cas de regroupement indiquez le N° de cuve et la destination finale du déchet :		
En cas de prétraitement : - Description du prétraitement : - Destination finale du déchet :		
Refus de prise en charge le :	Signature :	Déchets pris en charge le :
Motifs		Quantité reçue : Tonne

Exemplaire 1 : A conserver par le maître d'ouvrage ou propriétaire ou détenteur - Exemplaire 2 : A conserver par le transporteur - Exemplaires 3 et 4 : A conserver par le destinataire -Exemplaire 5 : A retourner au maître d'ouvrage ou propriétaire ou détenteur - Exemplaire 6 : A retourner à l'entreprise de travaux

ANNEXE 4

Fiches signalétiques de déchets dits inertes

Groupe de travail du MATE sur les centres de stockage de classe III, version provisoire d'avril 1997

Rebuts de fabrication des produits en béton

Catégorie 10 13 03 01

1. Présentation générale

L'industrie du béton se caractérise par la multiplicité des produits et composants qu'elle propose dans les domaines du bâtiment, des travaux publics, de l'agriculture ou de l'industrie. Ces produits sont fabriqués dans des usines fixes selon des processus et des techniques variés, adaptés aux formes et dimensions des produits ainsi qu'aux capacités des marchés.

2. Génération du déchet

Les déchets inertes de l'industrie du béton sont composés de produits en béton défectueux ou cassés, ainsi que de déchets de béton ou granulats issus des opérations de manutention et de nettoyage.

3. Caractéristiques physico-chimiques

Le béton est classiquement préparé en constituant un mélange de ciment avec de l'eau et des granulats. Le contenu en éléments métalliques du ciment peut varier en fonction de l'origine des matières premières et de la nature des constituants de substitution éventuels (laitiers granulés de hauts-fourneaux, fumées de silice, pouzzolanes naturelles, cendres volantes siliceuses, cendres volantes calciques, schistes calcinés, fines calcaires ou autres fillers).

Le tableau ci-après[1] donne à titre d'exemple des teneurs en métaux de ciments Portland (CPA CEM I et CPJ CEM II de la norme NF P 15-301).

	Chrome	Manganèse	Fer	Nickel	Zinc	Arsenic	Cadmium	Plomb
Valeur minimale (mg/kg)	63	107	26 000	18	21	13	0	9
Valeur maximale (mg/kg)	154	922	35 000	49	290	117	2	171

[1] Données fournies par le CERIB.

Le document placé en annexe I présente les quantités de métal lixiviées à partir d'un mortier de CPA CEM I et les conditions de lixiviation.

Une autre étude[1] sur neuf ciments industriels donne les résultats d'analyse suivants :

	Chrome	Manganèse	Fer	Nickel	Zinc	Arsenic	Cadmium	Plomb	Mercure
Valeur minimale (mg/kg)	60	107	7 800	10	21	8	0,1	8	0,03
Valeur maximale (mg/kg)	154	2 212	24 200	60	290	117	4	171	0,10

Le document placé en annexe II de cette fiche présente les résultats de deux programmes expérimentaux d'étude du comportement à la lixiviation de mortiers de ciment.

4. Gestion des déchets

Actuellement, les solutions d'élimination de ces déchets inertes se limitent à leur évacuation à l'état brut dans des centres de stockage de classe III ou comme matériaux de remblaiement (en particulier lorsqu'ils sont issus de la fabrication de petits produits).

A ce jour, très rares sont les usines qui recyclent ces déchets (après concassage et éventuellement criblage) dans leurs fabrications courantes.

Le CERIB (Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton) et la FIB (Fédération de l'Industrie du Béton) se sont engagés dans le cadre d'un contrat de filière avec l'Ademe, à mener des actions en faveur du recyclage de ces déchets.

5. Gisement

Sur la base d'une enquête réalisée auprès d'usines représentatives des divers secteurs de l'industrie du béton, on peut évaluer les quantités produites à environ 400 000 tonnes par an (tableau 1 page suivante) et de 100 à 4 000 tonnes par an par usine (tableau 2 page suivante).

[1] Données fournies par le CERIB.

Tableau 1
Estimation des quantités de déchets inertes issus de l'industrie du béton

Produits	Production 10^6 t	Taux de rebuts moyens en %	Quantités de déchets inertes 10^3t
Blocs et entrevous	13,7	0,5	68,5
Poutrelles - Prédalles Dalle alvéolées	3,2	1,5	48
Eléments de construction Murs Ossatures	1,7	2,5	42,5
Assainissement Tuyaux - Regards Epuration	3,2	2,5	80
Voirie Bordures - Pavés - Dalles Mobilier urbain	4,1	3	123
Clôtures Produits divers	1,1	3	33
Total	**27**	-	**395**

Tableau 2
Estimation des quantités de déchets inertes par usine

Production réalisée (en tonnes par an)	**Quantités de déchets inertes issus de la production d'une usine** (en tonnes par an)		
	Taux de casse élevé 2 à 5 % (produits décoratifs avec traitements de surface)	**Taux de casse moyen 1 à 3 %** (produits performants avec tri élevé)	**Taux de casse faible 0,2 à 1 %** (produits faciles à fabriquer, faible tri)
Petites usines 10 000 à 20 000	200 à 600	100 à 200	< 100
Usines moyennes 30 000 à 70 000	-	300 à 2 000	100 à 700
Grosses usines 80 000 à 200 000	-	800 à 4 000	200 à 2 000

Les quantités lixiviées sont du même ordre pour les mortiers de ciment et pour certaines roches naturelles

Le tableau 4 donne, à titre d'exemple, des teneurs en métaux de roches naturelles et les compare aux valeurs trouvées dans les ciments Portland (y compris ceux pour lesquels la contribution, propre aux résidus, est sensible). Les gammes de variation sont semblables dans l'un et l'autre cas. Le tableau 5 compare les quantités de métal lixiviées à partir d'un granite, d'une part, et d'un mortier de CPA CEM I, d'autre part. Les teneurs constitutives en métaux de ces deux matériaux présentent quelques différences significatives, dans un sens ou dans un autre, suivant le métal considéré ; néanmoins, les quantités lixiviées sont du même ordre et toujours très faibles.

TABLEAU 4
TENEUR EN METAUX
(ppm ou 10^{-6})

COMPARAISON ENTRE QUELQUES ROCHES NATURELLES ET LES CIMENTS PORTLAND (*)

	Cr	Mn	Fe	Ni	Zn	As	Cd	Pb
Péridodite	729	793	60 300	2 281	171	0	3	49
Grès des Vosges	47	65	8 700	88	93	2	< 1	81
Schistes d'Angers	132	568	70 440	66	174	17	2	101
Granite	137	219	10 250	421	83	4	1	93
Quartzite	13	8	598	5	6	2	< 1	23
Ciments Portland(*)								
mini	63	107	26 000	18	21	13	0	9
maxi	154	922	35 000	49	290	117	2	171

(*) CPA CEM I et CPJ CEM II de la norme NF P 15-301

TABLEAU 5
LIXIVIATIONS COMPAREES D'UN GRANITE ET D'UN MORTIER DE CIMENT

		Cr		Mn		Ni		Zn		Pb	
		Ciment (*)	Granite	Ciment	Granite	Ciment	Granite	Ciment	Granite	Ciment	Granite
Teneurs constitutives (ppm)		125	137	107	219	25	421	290	83	171	93
		Mortier	Granite	Mortier	Granite	Mortier	Granite	Mortier	Granite	Mortier	Granite
Quantités lixiviées(**) (ppb ou 10^{-9})	1 j	16	16	<1	3	2	1	<2	<2	<1	2
	2 j	6	5	<1	1	<1	3	<2	2	<1	8
	3 j	2	3	<1	1	<1	2	<2	<2	<1	2
	4 j	5	5	<1	<1	<1	<1	<2	<2	<1	1
	5 j	<1	1	<1	<1	<1	<1	<2	<2	<1	2

(*) le ciment est un CPA CEM I
(**) séquences d'immersion statique d'un jour en eau déminéralisée : éprouvettes de mortier normal (P 15-471), volume d'eau de 1,44 litre pour une surface de contact de 288 cm².

MÂCHEFERS DE CHARBON

(10.01.01.00)

Présentation générale

La combustion de charbon, pour la production de chaleur ou d'électricité engendre la production de mâchefers, autrement appelés cendres de foyer.

Génération du déchet, risque de mélange

Les mâchefers constituent un résidu de la combustion du charbon ; ils sont recueillis à la base de la chaudière.

Dans le cas de la production d'électricité, 16 centrales thermiques de la SNET et d'EDF produisent des mâchefers ; quelques autres sites ont cessé leur activité mais comportent des stockages.

Caractéristiques physico-chimiques

Les mâchefers se présentent sous des formes très disparates, de granulométrie comprise entre quelques centaines de µm et quelques millimètres.

Leur composition chimique est très voisine de celle des cendres volantes, c'est-à-dire que la silice et l'alumine constituent les composés largement majoritaires.

Les mâchefers contiennent à l'état de traces des métaux provenant du charbon brûlé.

Gestion du déchet

Leurs propriétés drainantes et filtrantes, leur portance élevé et leur compactage facile, font des mâchefers des matériaux très employés en particulier dans la route.

De ce fait, actuellement, la quasi-totalité de ce produit est utilisé ; les quelques rares stockages qui subsistent seront vidés au cours des prochaines années.

Gisement

En centrales thermiques, la production de mâchefers dépend du degré de sollicitation des centrales ; la production varie de 10 à 45 kg par tonne de charbon brûlé suivant le contenu en cendres de ce charbon.
La production annuelle est actuellement de 190 ktonnes dont 150 pour la SNET et 40 pour EDF.

Il subsiste quelques stocks de mâchefers.

Mâchefers de charbon

Catégorie 10 01 01 00

Exemple d'analyse n° 2
(données POLDEN)

Paramètres analysés	Unité	Valeur
Imbrûlés (sur sec)	%	6,7 à 9,3
Fraction soluble (sur sec)	%	2,5 à 5,0
pH	-	8 à 10
Conductivité (1er lixiviat)	µS/cm	1300 à 1800
Métaux lixiviables (X 31-210 sur sec)		
Arsenic	mg/kg	0,3 à 1,1
Cadmium	mg/kg	< 0,8
Chrome total	mg/kg	< 4,0
Chrome VI	mg/kg	< 0,4
Magnésium	mg/kg	110 à 560
Nickel	mg/kg	< 6
Plomb	mg/kg	< 4
Zinc	mg/kg	1,4 à 9,7

CENDRES VOLANTES DE CHARBON

(10.01.02.00)

Présentation générale

La production d'électricité à partir de charbon engendre la production de cendres volantes. Les propriétés de ces cendres, notamment leur caractère pouzzolanique, en font des produits intéressants pour le BTP.

Génération du déchet, risque de mélange

Les cendres volantes résultent du dépoussiérage des fumées issues de la combustion en chaudière du charbon pulvérisé.
Ces cendres sont dites silico-alumineuses ; elles se distinguent des cendres sulfo-calciques (code 10.01.05.00) par leurs faibles teneurs en sulfate de calcium et en chaux libre.

Ces cendres sont actuellement produites par 16 centrales thermiques de la SNET et d'EDF ; quelques autres sites ont cessé leur activité mais comportent des stockages.

Les cendres volantes sont tout à fait distinctes des mâchefers de centrales thermiques (code 10.01.01.00).

Caractéristiques physico-chimiques

Les cendres volantes, constituées d'une partie vitreuse et d'une partie cristalline se présentent sous forme d'une poudre grise très fine (quelques dizaines de µm en moyenne) ; les grains sont souvent sphériques, poreux et ne présentent pas de plasticité.

Ces cendres sont composées très majoritairement de silice et d'alumine, ce qui leur confère des propriétés pouzzolaniques (elles font prises en présence de chaux) ; les autres constituants sont des oxydes, oxyde de fer notamment.

Les cendres volantes contiennent des métaux à l'état de traces.

Gestion du déchet

Les cendres volantes sont d'un usage varié et très important en génie civil : traitement des matériaux pour assises de chaussées, filler pour mélanges bitumineux, ciment, béton, fines de remblai....

La plupart de ces usages font l'objet de normes dont l'application peut conduire à la mise en place de procédure Qualité allant jusqu'à la certification (norme EN 450 pour l'addition de cendres dans le béton et Marque NF correspondante).

Actuellement la quasi-totalité des cendres produites sont utilisées et l'ambition de CdF et d'EDF est de vider progressivement les parcs de stockage. Cette opération a déjà débuté.

Gisement

La production annuelle de cendres volantes en France est d'environ 1360 ktonnes dont 860 pour la SNET et 500 ktonnes pour EDF ; cette production dépend du degré de sollicitation des centrales à charbon, elle-même fonction des besoins en électricité et du fonctionnement des autres moyens de production, en particulier nucléaires. On retiendra que la combustion d'une tonne de charbon engendre approximativement la production de 100 kg à 300 kg de cendres volantes.

La quantité de cendres stockées est d'environ 30 Mtonnes répartis sur une vingtaine de sites.

Analyses	Unités	L1	L2	L3	TOTAL
SO_4^{--}	mg/kg	6260	1770	550	8580
NO_2^-	µg/kg	10	30	< 10	40
F^-	µg/kg	4000	7400	4000	15400
pH		10.51	10.06	9.94	
Phénols	µg/kg	< 100	< 100	< 100	< 100
DCO	mg/kg	190	200	240	630
Cl^-	mg/kg	38	< 2	< 2	38
Hydrocarbures	mg/kg	< 1	< 1	< 1	< 1
S^{--}	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
Fe	µg/kg	< 10	120	230	350
Zn	µg/kg	5	37	9	51
Cu	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
Mn	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
Cd	µg/kg	< 1	14	28	42
Na	mg/kg	293	19.7	14.0	326.7
K	mg/kg	1216	91.8	22.7	1330.5
Ca	mg/kg	2331	833	306	3470
Mg	mg/kg	16.5	12.0	14.5	43
NTK	mg/kg	72.6	53.0	16.6	142.20
COT	mg/kg	67	65	74	206
CN^-	µg/kg	79	73	< 50	152
Co	µg/kg	< 10	17	24	41
Sb	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
V	µg/kg	30	20	< 10	50
Ti	µg/kg	40	< 10	< 10	40
As	µg/kg	110	180	70	360
Ba	µg/kg	50	90	30	170
Cr Total	µg/kg	3500	1170	530	5200
Cr Hexavalent	µg/kg	3200	940	430	4570
Hg	µg/kg	< 1	< 1	< 1	< 1
Ni	µg/kg	< 10	240	< 10	240
Pb	µg/kg	400	1200	120	1720
Ag	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
Se	µg/kg	< 10	19	< 10	19
Mo	µg/kg	< 10	< 10	< 10	< 10
Al	µg/kg	25700	17780	14600	58080

CENDRES SULFO-CALCIQUES

(10 01.05.01)

Présentation générale

La présence de produits désulfurants dans le charbon ou leur ajout en amont des dépoussiéreurs des centrales thermiques peuvent conduire à la production de cendres sulfo-calciques qui contiennent une proportion notable de sulfate de calcium et de chaux libre.

Génération du déchet, risque de mélange

Les cendres sulfo-calciques résultent d'une désulfuration significative des gaz de combustion, provoquée soit par la présence de chaux ou de calcaire dans le combustible soit par leur ajout dans le charbon, dans la chaudière ou dans le circuit des fumées avant le dépoussiéreur. Ce dernier piège les cendres avant le rejet des gaz à l'atmosphère.

Ces cendres sont actuellement produites à Gardanne dans deux installations : chaudière à charbon pulvérisé et chaudière à lit fluidisé circulant.
Dans l'avenir, certaines unités EDF pourraient produire ce type de cendres à la suite d'essais qui ont eu lieu ces dernières années.

Caractéristiques physico-chimiques

Les cendres sulfo-calciques différent des cendres volantes (code 10.01.02.00) par la présence en proportion notable d'une part de sulfates, résultat de la désulfuration des gaz de combustion, et d'autre part de chaux en excès.

Les teneurs en ces deux substances ainsi que les propriétés des cendres obtenues sont très variables et fonction des procédés de combustion (charbon pulvérisé ou lit fluidisé circulant) et de désulfuration (niveau d'injection du désulfurant) utilisés.
Ces cendres ont cependant toutes, peu ou prou des propriétés hydrauliques : comme le ciment, elles font prises au contact de l'eau.

Gestion du déchet

La gestion des cendres sulfo-calciques est liée aux caractéristiques de chacune de ces cendres.
Dans le cas de la chaudière à charbon pulvérisé de Gardanne, une partie de la production est valorisée soit après extinction de la chaux soit en tant que liant routier. Cette dernière voie constitue une valorisation intéressante de la plupart des cendres sulfo-calciques.

Dans le cas des cendres produites depuis 1995, par la chaudière à lit fluidisé circulant de Gardanne, des études permettant d'identifier les voies d'utilisation sont en cours.

Gisement

La production de cendres sulfo-calciques est actuellement localisée en Provence et s'élève à 540 ktonnes par an dont 390 ktonnes pour la chaudière à charbon pulvérisé de la SNET et 150 ktonnes pour la chaudière LFC de SOPROLIF.

Table 1: total concentration of major and trace elements in the fly ash samples used in this study.

Total concentration (mg/kg)

	Fly Ash	Alkaline Fly Ash		Fly Ash	Alkaline Fly Ash
Al	140000	115000	Ni	105	120
As	40	12	Pb	68	72
Ba	1000	1800	S	3900	8600
Be	16	14	Sb	5	1.0
Ca	127000	186000	Se	13	3.8
Cd	0.2	0.2	Si	233000	181000
Cr	133	135	Sr	1000	2300
Cu	130	54	Th	26	26
Fe	50300	30000	Ti	9000	6750
K	22600	3200	Tl	2.0	0.6
Mg	7100	9060	U	10	12
Mn	431	311	V	197	170
Na	3000	1700	Zn	65	80

Table 2: mineralogical composition of the fly ash samples used in this study. (N.D. = not detected).

Mineralogical composition (% w/w)

		Fly Ash	Alkaline Fly Ash
Quartz	SiO_2	8.4	5.0
Mullite	$2SiO_2 + 3Al_2O_3$	14.4	15.3
Anhydrite	$CaSO_4$	N.D.	2.4
Lime	CaO	N.D.	9.2
Calcite	$CaCO_3$	N.D.	2.3
Amorphous		77	65

Laitiers de hauts-fourneaux

Catégorie 10 02 01 01

1. Présentation générale

Les laitiers de hauts-fourneaux sont des sous-produits de fabrication de la fonte et font l'objet de nombreuses références en génie civil dans de nombreux pays. Leur utilisation est liée principalement à la forme sous laquelle ils se présentent à l'issue de leur refroidissement.

2. Génération du déchet - Risques de mélange

Selon le mode de refroidissement qu'ils subissent à la sortie du haut-fourneau, on distingue :

- le laitier cristallisé apte au concassage (refroidi à l'air libre) ;
- le laitier vitrifié granulé (refroidi brutalement par un courant d'eau) ;
- le laitier vitrifié bouleté (refroidi brutalement par un courant d'air) ;
- le laitier expansé (refroidi par l'eau dans des conditions favorables au dégagement de vapeur)

Il existe en France des stocks sous forme de crassiers de l'ordre de 100 millions de tonnes (surtout en laitier cristallisé).

3. Caractéristiques physico-chimiques

Les laitiers de hauts-fourneaux ont fait l'objet d'une étude allemande d'évaluation de l'impact environnemental ainsi que d'études d'impact de crassiers, qui pourront être utilisées dans le cadre de cette étude.

4. Gestion des déchets

Les laitiers de hauts-fourneaux sont valorisés en totalité dans les filières "travaux publics" et "cimenterie", mais le décalage entre leur production continue et leur utilisation irrégulière nécessite un stockage temporaire.

5. Gisement

La production française annuelle de ces déchets s'élève à 4 millions de tonnes.

Laitiers de hauts fourneaux - Exemple n°1 (suite) [30]

Table 1
Total composition of the slags and ashes used. The materials were digested in lithium metaborate melt for main components and with nitric acid in Teflon bomb for certain trace elements (¹). All elements were analysed on ICP-AES. ICP-MS was used for low concentrations. Results are means for duplicates.

Substance	Unit	BF Slag	Steel Slag	MSWI BA	Wood Ash
Al	%	6.48	2.19	5.69	4.86
Ca	%	22.4	22.1	8.79	8.25
Fe	%	0.17	24.2	10.8	2.83
K	%	0.49	0.046	1.43	4.03
Mg	%	11.8	4.52	1.13	1.09
Mn	%	0.41	3.93	0.136	0.48
Na	%	0.43	0.037	2.64	1.22
P	%	0.013	0.46	0.45	0.50
S	%	1.71	0.126	0.856	0.544
Si	%	14.6	5.77	20.88	22.2
Ti	%	1.57	0.28	0.62	0.29
As¹	ppm	<0.7	5.3	16.0	38.2
Ba	ppm	406	728	1660	1320
Be	ppm	7.0	<1.2	1.78	2.3
Cd¹	ppm	<0.40	0.45	5.8	4.50
Co¹	ppm	0.51	5.8	19.1	11.1
Cr	ppm	34.6	7760	274	94.5
Cu¹	ppm	5.7	166	3400	88.7
Hg¹	ppm	<0.40	<0.41	<0.39	<0.39
Mo	ppm	<6.0	20.6	16.0	<6.0
Nb	ppm	35.2	198	13.1	13.5
Ni¹	ppm	7.3	45.0	138	40.0
Pb¹	ppm	<0.40	21.5	737	253
Sn	ppm	14.5	17.5	130	64.7
Sr	ppm	324	178	285	407
V	ppm	353	1210	58.7	53.9
W	ppm	<13	410	33.9	<14
Zn¹	ppm	<6.0	244	3080	1840
Zr	ppm	177	55.2	200	168
LOI, 550°C	%	<0.1	<0.1	4.3	17

Blast furnace (BF) slag is one of the residues from ore based iron production and is mainly composed of silica and lime. Sulphur is the highest content among the four materials and comes mainly from the coke used in the process. From Table 1, it can be seen that the BF slag

Carbonate de calcium issu de la chaux éteinte solide

Catégorie 06 13 99 01

1. Présentation générale

Le déchet "carbonate de calcium issu de la chaux éteinte solide" désigne principalement des dépôts de chaux éteinte solide constitués en début du siècle et progressivement transformés en carbonate de calcium. Ils proviennent de la fabrication d'acétylène, ou éthyne, par hydrolyse de carbure de calcium. Ce procédé est encore le seul utilisé pour la production d'acétylène pour les industries du soudage et des techniques connexes.

Réaction chimique :

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Carbure de calcium + eau ---> acétylène + chaux éteinte

2. Génération du déchet

En sortie de production, la chaux éteinte est en suspension dans l'eau. On parle alors de "lait de chaux". Ce dernier a une teneur en $Ca(OH)_2$ comprise entre 10 et 25 %. A l'époque, celui-ci était, dans la plupart des cas, stocké et séchait à l'air libre pour donner de la chaux éteinte solide progressivement transformée en carbonate de calcium. Cette carbonatation s'effectue essentiellement à partir de la couche extérieure du dépôt de chaux éteinte. Le pourcentage de calcaire (carbonate de calcium) s'accroît avec l'âge du stock et varie suivant sa disposition (surface de contact avec l'air et les eaux de pluie).

3. Caractéristiques

Ces stocks, de couleur blanche, sont composés par une couche extérieure de calcaire de plusieurs centimètres ou décimètres en fonction de l'âge du stock. Sur cette couche, on peut citer le cas de la circulation de véhicules, pour les stocks les plus anciens, alors que le cœur du tas peut encore être pâteux. De même la surface peut être couverte de végétations diverses.

4. Gestion du déchet

Ces anciens stocks, probablement de l'ordre de la dizaine, peuvent représenter au total quelques centaines de milliers de tonnes, la plupart d'entre eux ont été constitués il y a des dizaines d'années. Actuellement, certains sont exploités et le mélange de carbonate de calcium, de chaux éteinte solide et d'eau, est vendu comme amendement calcaire en agriculture.

Ces stocks ont été constitués à une époque où il n'y avait pas de marché pour le lait de chaux, ce qui n'est plus le cas général de nos jours. Ainsi, le lait de chaux issu de la fabrication de l'acétylène est aujourd'hui, dans de nombreux cas, vendu pour les applications suivantes :

- Traitement des effluents chargés en acides et en métaux lourds,
- Traitement des boues de station d'épuration,
- Divers procédés chimiques...

Terres provenant du lavage et du nettoyage des betteraves destinées à la production de sucre

Catégorie 02 04 01 00

1. La fabrication du sucre à partir des betteraves

La fabrication de sucre consiste à extraire sans transformation chimique le sucre contenu dans les racines des betteraves et à le séparer des autres constituants dissous dans le jus intracellulaire, avant de le cristalliser. Les principales étapes de cette fabrication sont :

- L'arrachage et la récolte des betteraves.
- Le nettoyage et le lavage des betteraves.
- Le découpage/la diffusion : les betteraves "lavées" sont découpées en fines lamelles (les "cossettes") et introduites dans un courant d'eau chaude. Le sucre contenu dans les cossettes diffuse dans l'eau ; on obtient ainsi un jus sucré impur et des pulpes (cossettes épuisées).
- L'épuration du jus sucré.
- L'évaporation : cette étape consiste à concentrer le jus sucré de manière à obtenir un sirop.
- La cristallisation : évaporation "poussée" jusqu'à obtention de cristaux par diminution de solubilité.

2. Génération du déchet

L'arrachage et la récolte des betteraves s'accompagnent de l'entraînement involontaire de terre, d'herbe, de feuilles, de pierres et de sable. L'ensemble de ces impuretés constitue ce que l'on appelle la "tare". Celle-ci peut varier de 15 à 40 % du poids net de la betterave, selon la forme et la taille des racines, ainsi que les conditions météorologiques et la nature du sol.

La betterave arrive à maturité au début de l'automne, saison pluvieuse, et la tare augmente avec la pluviométrie observée. Le deuxième facteur très important est la nature du sol : on note généralement les tares les plus fortes dans les terrains marneux et souvent argileux du tertiaire, tels que ceux du bassin parisien. A l'inverse, les tares faibles se rencontrent en Champagne, dans le Calvados,...

La tare est retirée des racines par des opérations de lavage et les différents constituants sont séparés par densimétrie. Pour cela, les betteraves sont introduites dans un bassin au sein duquel est créé un courant d'eau ascendant. Les pierres et sables grossiers, ainsi que les feuilles et les herbes, sont ainsi séparés et l'eau boueuse (eau + terre) est prétraitée (dégrillage, tamisage...) avant épandage ou dirigée vers un bassin de stockage. Dans ce dernier cas, après décantation, on récupère de la terre et des eaux décantées. La terre extraite avec les récoltes représente 10 à 30 % du poids net de la betterave.

3. Caractéristiques physico-chimiques

En 1993, le Syndicat National des Fabricants de Sucre a fait analyser des terres de bassin. Les échantillons prélevés provenaient de quatre sites distincts situés dans les régions Nord Picardie et Champagne. Le test de lixiviation utilisé est celui de la norme AFNOR X 31-210. Les résultats de ces analyses sont présentés ci-après :

Paramètres	Terres de bassin	
	Terre	Lixiviat
Pesticides organo-chlorés (recherche de 20 composés)	< I	< I
Pesticides organo-phosphorés (recherche de 20 composés)	< I	< I
Herbicides azotés	< I à 0,31 mg/kg	< I
AOX (composés halogénés extractibles)	-	0,24 à 1,7 mg/kg
Cyanures	< I à 0,2 mg/kg	< I
< Indice de phénols	< I à 0,54 mg/kg	< I à 0,32 mg/kg
Hydrocarbures (indice CH_2)	0 à 38 mg/kg	
PCB	- < I	< I
Somme des hydrocarbures polyaromatiques	0,437 à 0,716 mg/kg	
Arsenic	2,73 à 4,00 mg/kg	< I à 0,16 mg/kg
Baryum	200 à 250 mg/kg	< I à 0,2 mg/kg
Cadmium	0,26 à 0,64 mg/kg	< I
Chrome total	32 à 63 mg/kg	< I
Cuivre	7 à 44 mg/kg	< I à 0,1 mg/kg
Mercure	0,06 à 0,19 mg/kg	< I
Nickel	7 à 29 mg/kg	< I
Plomb	16 à 57 mg/kg	< I
Antimoine	< I à 8 mg/kg	< I
Vanadium	26 à 57 mg/kg	< I à 0,2 mg/kg
Zinc	61 à 163 mg/kg	< I à 0,35 mg/kg
Sélénium	< I	< I

< I = Inférieures aux limites de détection

Source : Syndicat National des Fabricants de Sucre
Courrier JPL/mp n° 397

4. Gestion des eaux boueuses et des terres de bassin

Selon les caractéristiques de la région (nature des sols, accidents de terrain, densité de la population...), la sucrerie utilise deux types de procédés :

- le stockage en bassin,
- l'épandage.

4.1 Le stockage des eaux boueuses en bassin et la gestion des terres

Source : Syndicat National des Fabricants de Sucre
Courrier JPL/ld - n° 72/97

Les eaux boueuses issues du lavage et du nettoyage des betteraves sont dirigées vers des bassins de stockage où la terre décante. Selon les sites, les bassins sont vidés régulièrement ou à la demande et les terres sont utilisées en agriculture ou pour des réaménagements de sites. Les terres peuvent également être directement remises en culture sur place.

4.1.1 Vidange annuelle des bassins

- Réutilisation agricole

  L'exportation de terre adhérente aux betteraves correspond essentiellement à la rhizosphère. Bien que sa granulométrie soit quelque peu modifiée du fait de son stockage en bassin (séparation densimétrique des éléments lourds et des éléments fins), la terre exportée conserve ses propriétés et peut être réutilisée en agriculture.

  Les terres sont déposées en couches minces et incorporées aux terres en place. Le mode d'étalement et la reprise par les labours permettent de limiter la déstructuration des sols évoquée ci-dessus. Lorsque les terres sont encore humides, les eaux qu'elles contiennent peuvent être riches en éléments fertilisants solubles : si c'est le cas, les pratiques culturales qui suivent doivent être adaptées pour absorber rapidement cette fourniture éventuelle de fertilisants.

- Réaménagements de sites :

  - Couverture de décharge de classe II.

  - Remise en état de carrières, en particulier les gravières des vallées de la Seine, de la Marne ou de l'Oise. On peut citer également l'expérience pilotée par la DRIRE d'Amiens : remplissage de carrière par dépôt direct à partir des eaux boueuses, avec contrôle des équilibres piézométiques pour éviter toute infiltration et pollution de nappe. L'opération était conduite en partenariat avec le BRGM.

  - Remise en culture d'aires de pompage de pétrole du Bassin Parisien (environ 4000 tonnes en 1991 et 1992).

- Autres utilisations

  Elles dépendront des situations locales. En proximité des agglomérations urbaines, il y a souvent une demande de terre arable pour constituer des jardins privés ou publics et certaines sucreries ont un débouché important vers la ceinture pavillonnaire de la région parisienne.

  Des chantiers provoquent des demandes ponctuelles (par exemple : fourniture de 12 500 tonnes en 1991-92 pour la constitution d'un golf ou encore de 36 400 tonnes en 1993 pour l'aménagement d'un hippodrome).

4.1.2 Bassins vidés à la demande

Outre les débouchés évoqués ci-dessus, on peut noter des utilisations plus spécifiques, telles que le rebouchage de zones d'effondrement très fréquentes dans la région minière du Nord ou dans la ceinture crayeuse du bassin parisien, et les utilisations pour de grands chantiers : TGV, routes, terrassements industriels, etc...

D'une manière générale, les bassins restent une source intéressante pour fournir de la terre végétale destinée à la couverture des talus avant leur engazonement. Il est impossible d'en chiffrer la demande annuelle, qui est extrêmement variable.

4.1.3 Les terres restent sur place

C'était le cas le plus généralement rencontré dans le passé. On peut le voir dans de nombreux établissements fermés (sucreries ou anciennes râperies).

Suivant la nature des terres, en particulier leur richesse en éléments fins, la remise en culture est ou n'est pas toujours possible. Suivant l'état ou la configuration des bassins, les terrains sont utilisés sans modification après arrêt d'exploitation ou "étalés" au bulldozer.

Lorsque la remise en culture n'est pas possible, on procède au boisement des anciens bassins. Le saule est une espèce qui apparaît spontanément, mais certains sites ont fait l'objet de boisements plus étudiés : frênes dans les parties les plus humides, autres essences feuillues en périphérie.

4.2 L'épandage des eaux boueuses

L'épandage concerne environ un tiers des sites. Cette technique permet le recyclage immédiat en agriculture des terres provenant du lavage et du nettoyage des betteraves. Les eaux boueuses sont épandues après des opérations de dégrillage, tamisage,... destinées à séparer les végétaux, les pierres et le sable, et assurer l'épandage dans de bonnes conditions.

5. Gisement

Selon "L'Economie Betteravière" (édition 1995), la quantité de betteraves livrées à l'industrie en 1994/1995 est de 25 283 555 tonnes, dont 23 566 950 tonnes destinées à la fabrication de sucre. Lors de l'arrachage des betteraves, l'exportation de terre représente 10 à 30 % du poids net de la betterave. Si on considère que 30 % des terres exportées sont valorisées avec l'épandage des eaux boueuses, l'industrie sucrière produit entre 1 700 000 et 5 000 000 tonnes par an de terre séparée en bassin "provenant du lavage et du nettoyage des betteraves".

6. La position de l'industrie sucrière

L'industrie sucrière considère qu'il faut limiter l'apport de tare avec les betteraves. Il s'agit d'orienter les recherches sur la mise au point d'un appareil qui permettrait à la fois de séparer la terre adhérente et la terre libre, tout en limitant les blessures superficielles des racines. Il existe actuellement des nettoyeurs de silos permettant de retirer 50 % de la tare, mais il s'agit d'un matériel lourd et volumineux qui abîme les betteraves.

ANNEXE 5

Proposition de critères d'admission des matériaux dépollués ou faiblement pollués pour une éventuelle utilisation en remblais dans les anciennes gravières ou carrières

Lorsque sont proposés, pour le remblaiement, des matériaux provenant de chantiers de démolition et de terrassement d'une installation industrielle (ICPE), ou agricoles potentiellement polluées, ou ayant subi un éventuel traitement préalable, il faut s'assurer qu'ils n'ont qu'un très faible potentiel polluant.

En attente des valeurs franco-françaises relatives à la réutilisation des "terres traitées ou faiblement polluées", non encore publiées, on peut se caler sur celles en cours d'étude par le groupe de travail français animé par le ministère chargé de l'Environnement. Ces valeurs résultent des réflexions en cours, menées à partir de politiques étrangères sur ce même thème, aux Pays-Bas, en Allemagne (Bade-Wurtemberg), au Québec, en Suisse et aux Etats-Unis. Les valeurs franco-françaises prévoient plusieurs seuils différents en fonction du type de réutilisation envisagée.

Compte tenu du fait que les remblais peuvent être utilisés dans des formations aquifères, alluviales ou non, pouvant être exploitées pour l'alimentation en eau potable, il est préférable d'utiliser les valeurs seuil de banalisation, lesquelles requièrent les conditions les plus rigoureuses pour qu'un matériau ne soit assujetti à aucune contrainte particulière d'utilisation.

Ces valeurs-seuil (cf.. tableau ci-après), susceptibles de réajustement en fonction des études en cours, et de rajout d'autres substances à rechercher, concernent deux types d'analyses, l'une sur matériaux bruts et l'autre sur les percolats obtenus après un test de percolation tel qu'il est défini dans le projet de norme européenne CEN/TC292/WG6/N103. Selon les réflexions en cours, les matériaux livrés pourraient devoir satisfaire aux deux conditions.

Le laboratoire sollicité pour déterminer l'aptitude d'un matériau à servir de remblai dans les sites à remblayer devra s'y référer.

Teneurs sur matériaux bruts (exprimé en mg/kg de Matière Sèche)	**Valeurs de banalisation**
Organo-chlorés	En cours d'étude
BETX	0,2
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP : 3 molécules : BaP, Fluo, naph.)	1
Huiles minérales (Norme X31-410)	100
PCB	0,3
As	30
Ba	200
Cd	0,8
CN(totaux libres)	1
Cr(total)	100
Cu	36
Hg	0,2
Mo	1
Ni	35
Pb	50
Zn	140

Concentration dans les percolats (mg/l)	**Test de percolation : projet norme européenne CEN/TC292/WG6/N103**
As	0,01
Ba	0,5
Cd	0,01
CN(totaux libres)	0,1
Cr(total)	0,1
Cu	0,05
Hg	0,002
Mo	0,025
Ni	0,1
Pb	0,1
Zn	0,05

Tableau des valeurs-seuil (en cours d'étude) qu'un matériau pourrait devoir respecter pour être réutilisé sans contrainte particulière

ANNEXE 6

Tests de lixiviation réalisés sur 15 matériaux de construction

Résultats obtenus après lixiviation ou lessivage
(par application du protocole provisoire de lixiviation des déchets massifs et solidifiés : Protocole SRETIE - Novembre 1991)

ADEME

CARACTERISATION DE MATERIAUX CONSIDERES COMME INERTES

Paramètres Mesurés	Unité (1)	MATERIAUX															Limite de Détection
		Carreau de plâtre	Plâtre	Plaque plâtre	Bitume du démolition	Enrobé à froid	Enrobé à chaud	Béton de démolition	Béton CPA	Béton CHF	Brique perforée	Brique pleine	Tuile	Moellon "vingt creux"	Moellon stocké	Moellon bloc	
Conductivité	µ S/cm	1980	1 565	1 563	166	27	60	183	452	125	132	16,7	13	1123	960	1937	
Humidité	% Brut	13	15,3	15	0,1	3,7	0,02	3,2	5,2	5,45	0,2	1,3	0,04	2	2,5	3,2	
F. soluble	% MS	7,4	7,8	8,3	0,97	0,14	0,06	0,34	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1	0,12	1,14	0,7	2,01	
COT	mg/kg de MS	< 69	24-71	1 070	109	135	20-60	< 60	53-74	113	30-70	< 61	60-100	182	78-98	93	2 m g/l
DCO	mg/kg de MS	< 345	496-614	3 152	< 300	< 311	< 300	< 300	179-390	< 317	< 300	< 305	370-570	766-868	< 310	124-330	10 m g/l
As	mg/kg de MS	< 0,17	< 0,18	< 0,176	< 0,15	< 0,156	< 0,15	< 0,15	< 0,16	< 0,16	0,18-0,23	< 0,15	< 0,15	< 0,153	< 0,15	< 0,155	5 µ g/l
Cd	mg/kg de MS	< 0,035	< 0,035	0,098-0,121	< 0,03	0,028-0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,032	< 0,032	< 0,03	< 0,034	0,017-0,037	0,083-0,104	< 0,03	< 0,031	1 µ g/l
Cr	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,32 0,42	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Cr6	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,46	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Cu	mg/kg de MS	< 0,35	0,41	0,66	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Hg	mg/kg de MS	< 0,0035	< 0,018	< 0,176	< 0,006	< 0,0156	< 0,015	< 0,006	< 0,016	< 0,016	< 0,015	< 0,003	< 0,015	< 0,015	0,006	< 0,0155	0,5 µ g/l
Ni	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	0,14-0,38	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Pb	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Sn	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
V	mg/kg de MS	< 0,35	4,02	3,67	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,16-0,37	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Zn	mg/kg de MS	1	0,94	0,82-1,06	< 0,6	< 0,62	< 0,6	< 0,6	< 0,63	< 0,63	0,5-0,7	0,91	< 0,6	< 0,61	1,1	< 0,62	20 µ g/l
Fluoranthène	mg/kg de MS					ll	< 0,0003										10 µ g/l
Benzo b Fluoranthène	mg/kg de MS					< 0,00031	< 0,0003										10 µ g/l
Benzo k Fluoranthène	mg/kg de MS					< 0,00031	< 0,0003										10 µ g/l
Benzo a Pyrène	mg/kg de MS					< 0,00031	< 0,0003										10 µ g/l
Benzo ghi Pérylène	mg/kg de MS					< 0,00062	< 0,0006										20 µ g/l
Indéno 1,2,3,c,d Pyrène	mg/kg de MS					< 0,00062	< 0,0006										20 µ g/l
Phénols	mg/kg de MS	< 1,72	< 1,77	< 1,76		< 1,56	< 1,5										50 µ g/l
Ca	mg/kg de MS	22 496	23 722	23 609				556	1 381	526		< 30		4010		8 440	1 m g/l
Al	mg/kg de MS							11,7	47,8	44,5	0,42	0,3	0,21	69	52,3	37	3 µ g/l
Fe	mg/kg de MS		< 3,5	< 3,5		< 3,1	< 3		< 3,2	< 3,2	< 3	< 3	< 3	< 3,1		< 3,1	0,05 m g/l
Ti	mg/kg de MS					< 1,56	< 1,5				< 1,5		< 1,5				50 µ g/l
Hydrocarbures totaux	mg/kg de MS				< 6	23-25	31-37										0,1 m g/l
Sulfates	mg/kg de MS	50 374	51 953	52 632													1 m g/l
Sulfures	mg/kg de MS	11	< 0,35	< 0,35													0,5 m g/l
Mn											0,12		0,015-0,02				0,5 µ g/l

(1) L'unité retenue est le mg/kg de déchets, à l'exception des fractions solubles exprimées en %

ANNEXE 7

Données sur les mâchefers

EXEMPLES DE COMPOSITIONS CHIMIQUES DE MACHEFERS
(en % sur sec)

ELEMENTS	INSA LYON Exemple d'analyse	D'APRES O.C.D.E. (1)	D'APRES P. et C. (1)
Silice	53,61	42 - 58	30 - 52
Alumine	6,14	6 - 18	8 - 10
Oxyde ferrique	9,76	8 - 18	6 - 11
Chaux	11,23	9 - 12	12 - 15
Magnésie	1,97	1 - 2	1,5 - 2
Oxyde de sodium	7,88	3 - 8	2 - 7
Oxyde de potassium	0,91	1,1 - 1,6	0,9 - 1,2
Chlorures	0,01	0,1 - 0,4	
Sulfates	0,83	0,7 - 6,4	0,9 - 1,3
Carbonates	1,85		
Anhydride phosphorique	0,75		
Plomb	0,17		
Zinc	0,21		
Chrome	0,02		
Cuivre	0,20		
Manganèse	0,17		
Nickel	0,02		
Etain	0,06		
Titane	0,12		

(1) Dans "Mâchefers des usines d'incinération d'ordures ménagères" - Annales de la voirie et de l'environnement, n° 10-1460, octobre 1987, p. 281.

TEST DE LIXIVIATION SUR ECHANTILLONS DE MACHEFERS PRELEVES SUR DEUX USINES D'INCINERATION D'O.M. (Annales de la Voirie et de l'Environnement n° 10 - 1460, octobre 1987, page 281)

Lixiviation réalisée suivant le protocole recommandé par le Ministère de l'Environnement
Résultats exprimés en mg/kg de mâchefer

Tableau 2

	1re USINE : FOUR A GRILLE			2e USINE : FOUR TOURNANT			
	1re extraction	*2e extraction*	*Total*	*1re extraction*	*2e extraction*	*3e extraction*	*Total*
Conductivité us/cm	6 710	2 690		10 055	278	1 005	
pH	11,6	11,3		12,6	12,3	11,9	
DCO mg/l	104	67		< 250	< 250	< 250	< 250
DBO5				< 30	< 30	< 30	< 30
Phénol mg/kg				< 1	< 1	< 1	< 1
Chlorures				14 360	880	180	15 400
Pb	10	3	13	—	—	—	—
Zn	8,7	1,8	10,5	1,4	0,1	< 0,03	1,5
Cd	< 0,3	< 0,3	< 0,6	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,24
Ni	—	—	—	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,5
Cu	2,6	< 0,5	2,6-3,1	—	—	—	3,4
Cr	< 1	< 1	< 2	1,6	0,7	1,1	—
Hg	—	—	—	< 0,005	< 0,005	< 0,04	< 0,005
Fe	—	—	—	< 0,04	0,7	< 0,005	< 0,78

REMARQUES

- Les mâchefers fondent entre 1 000 et 1 100°C. Ils contiennent :

  . de 1 à 5% d'"imbrûlés" organiques,
  . de 10 à 15% de métaux libres,
  . de 80 à 90% de scories proprement dites.

- Un mâchefer d'ordures ménagères préalablement refroidi, mis en décharge et soumis à l'action des eaux de pluie engendre des lixiviats présentant les caractéristiques suivantes :

  . pH variant de 9 à 11,5,
  . prédominance d'espèces salines (chlorure, sodium, calcium...),
  . présence de cyanures, mais l'étude cinétique de leur dégradation montre qu'ils disparaissent rapidement,
  . détection de formes azotées (nitrates, nitrites, ammonium) en très faibles concentrations.

  L'apport polluant se situe donc principalement au niveau des sels alcalins et alcalino-terreux.

Grille d'évaluation d'un site, à remplir pour chaque projet de chantier routier

1- PRESENTATION DE LA GRILLE / NIVEAUX D'APTITUDE A L'UTILISATION DES MACHEFERS

Cette grille d'évaluation d'un site de chantier s'adresse aux maîtres d'ouvrage ; elle reprend tous les paramètres de sensibilité et indique pour chacun la possibilité d'un classement en trois niveaux d'aptitude à l'utilisation des mâchefers en technique routière :

- 1er niveau d'aptitude → utilisation exclue ou déconseillée : cette colonne comporte deux types de cases susceptibles d'être cochées.
    - case circulaire (O): lorsque ce type de case se trouve coché, c'est l'indication d'une exclusion impérative des mâchefers dans la mise en oeuvre des sous-couches routières. Au cours de l'examen d'un site, si une seule de ces cases circulaires se trouve cochée, il faut bannir toute utilisation de mâchefers sur le chantier projeté ou sur la portion de chantier concernée.

    - case carrée (❑) : lorsque ce type de case se trouve coché, c'est l'indication d'une utilisation des mâchefers fortement déconseillée. La sélection d'une ou plusieurs de ces cases n'entraine pas nécessairement l'exclusion des mâchefers sur le site. L'exclusion dépend alors des autres paramètres et de leur niveau d'aptitude.

- 2 ème niveau d'aptitude → utilisation tolérée, réfléchie et précautionneuse :
  Pour ce niveau d'aptitude, aucun paramètre ne condamne l'utilisation des mâchefers en technique routière ; cependant, il est prudent de considérer que 5 cases sélectionnées dans ce niveau valent une exclusion ferme.

- 3 ème niveau d'aptitude → utilisation convenable, ne présentant pas, a priori, de risques particuliers :
  Le site sera d'autant plus apte qu'il comportera de nombreuses sélections dans ce niveau d'aptitude.

-2 - MISE EN OEUVRE PRATIQUE DE L'EVALUATION D'UN SITE

Lorsqu'un chantier est projeté, le tracé routier doit subir une évaluation à l'aide de la grille. Chacun des paramètres de sensibilité est examiné, et tous les caractères du site pressenti sont passés en revue. Ceci conduit, pour chaque caractère, à cocher l'une des cases de l'un des trois niveaux d'aptitude à l'utilisation des mâchefers.
L'évaluation doit être menée pour des tronçons de tracé routier qui se montrent homogènes en ce qui concerne les paramètres géologiques (substratum, formations superficielles) ; un même chantier pourra ainsi donner lieu à plusieurs grilles d'évaluation successives
Lorsque tous les paramètres ont été examinés, un certain nombre de cases (O ou ❑) se trouvent cochées ; le bilan du site peut alors être effectué selon les critères suivants déjà évoqués au paragraphe précédent :

- si au moins une case de type O a été sélectionnée, le site correspondant doit être exclu : il est considéré comme étant inapte à l'utilisation des mâchefers. A fortiori, la sélection de plusieurs cases de type O entraine la même conséquence.

- les cases de type ❑ qui sont cochées renseignent sur les caractéristiques du site et sur son aptitude à l'emploi des mâchefers. Cela n'exclut pas le site, sauf dans un seul cas : si globalement 5 cases ou plus sont cochées dans le niveau d'aptitude "déconseillé" et (ou) "toléré", le site doit être considéré comme inapte à l'utilisation de mâchefers, et exclu du projet.

La grille d'évaluation d'un site est insérée dans ce document, en page suivante, mais elle est également jointe au rapport sur feuillet libre, afin de faciliter la duplication.

Chaque projet de chantier devra être soumis à la grille de sélection ; il sera souvent nécessaire de découper le tracé routier en autant de portions que de changements de conditions géologiques (changement de substratum, de formations superficielles).

IDENTIFICATION DU SITE

GRILLE D'EVALUTION D'UN SITE

EXAMEN PRELIMINAIRE DES PARAMETRES DE SENSIBILITE A CARACTERE NATUREL OU ANTHROPIQUE

DOMAINE D'ETUDE *Paramètres de sensibilité*	CARACTERE DU SITE PRESSENTI	APTITUDE A L'EMPLOI DES MACHEFERS Exclus * ou déconseillé	Toléré / Précautions	Convenable favorable
HYDROGEOLOGIE ***Existence ou non d'un aquifère / nappe perchée***	- Présence d'un karst - Présence d'un aquifère - Pas d'aquifère connu	O	□	□
Epaisseur de la Zone Non Saturée (profondeur du toit de la nappe)	- Zone Non Saturée < 8 m - 8 m < Zone Non Saturée < 15 m - Zone Non Saturée > 15 m	O	□	□
Proximité d'un cours d'eau	- présence cours d'eau à d < 50 m - présence cours d'eau à d >50 m - pas de cours d'eau visible	□	□	□
GEOLOGIE ***Nature du substratum***	- calcaires, craie, sables et graviers - grès, arkoses, poudingues, schistes, granite - marnes, argiles, argiles de décalcification		□ □	□
Formations superficielles (non aquifères) ** FOSUP perméables (sur aquifère)*	- épaisseur < 5 m - 5 m < épaisseur <10 m - épaisseur > 10 m	O	□	□
** FOSUP imperméables (sur aquifère)*	- épaisseur < 3 m - épaisseur > 3 m		□	□
TYPE DE MILIEU ***Degré d'humidité du milieu***	- marécage - zone inondable - terrain hydromorphe : prof. horizon imperméable * niveau imperméable < 3 m * 3 m <niveau imperméable < 5 m - terrains non humides	O O O	□	□
FORAGES, CAPTAGES ***Ouvrage AEP public avec ou sans PP (PP=périmètre de protection)*** ***Ouvrage privé domestique (usage humain ou animal)***	- site dans un PP rapprochée - site dans un PP éloignée à d <300m - site dans PP éloignée (à d > 300 m du Forage) - site à d < 300 m d'un forage AEP (si pas de PP) - site hors de tout PP à d > 300 m d'un Forage - site à d < 300 m de l'ouvrage - site à d > 300 m de l'ouvrage	O □ O □	□ □	□ □

* Une seule exclusion relevée (O) pour un seul des paramètres, vaut EXCLUSION DEFINITIVE du site testé.

1 - Réglementations et généralités concernant les mâchefers

1-1- REGLEMENTATION EN MATIERE DE GESTION DES MACHEFERS

La réglementation en matière de gestion des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, repose essentiellement sur trois textes :

- la loi du 15 juillet 1975,
- l'arrêté du 25 janvier 1991,
- la circulaire du 9 mai 1994.

Nous indiquerons uniquement les points principaux qui permettent de mesurer l'importance de chacun de ces textes.

- loi du 15 juillet 1975

La loi du 15 juillet 1975, modifiée par les lois des 13 juillet 1992 et 2 février 1995, donne la définition du déchet et fixe le cadre général de l'élimination de tous les déchets.Elle aborde le principe de responsabilité du producteur de déchets et offre les outils de contrôle des circuits d'élimination des déchets.

- arrêté du 25 janvier 1991

L'arrêté du 25 janvier 1991 définit les règles d'exploitation des usines d'incinération d'ordures ménagères, nouvelles ou existantes.

Il impose entre autres la séparation des cendres, des refiom et des mâchefers, qui est la première condition pour pouvoir envisager une valorisation des mâchefers.

Il fixe aussi les teneurs maximales en imbrûlés qui conditionnent la valorisation des mâchefers.

- circulaire du 9 mai 1994

La circulaire du 9 mai 1994 classe les mâchefers en 3 catégories selon leur réponse au test de lixiviation normé NF X 31210 (mâchefers "V", "M" ou "S").

La circulaire établit les conditions de valorisation des mâchefers V tant sur le plan des procédures de caractérisation (échantillonnage et analyses), que sur les conditions de mise en oeuvre.

Les normes fixées pour chacun des 3 types de mâchefers font l'objet du paragraphe 3.

1-2- QUELQUES GENERALITES SUR LES MACHEFERS

Les produits solides de la combustion des ordures ménagères représentent entre 25 et 30 % du poids initial des déchets. Ils sont composés de matériaux inertes, essentiellement des métaux, des verres, des cendres issues des produits combustibles. Après brûlage des ordures ménagères, les résidus sont composés d'environ 90% de mâchefers et 10 % de cendres volantes récupérées sur les trémies des chaudières et dans le système de dépoussièrage des installations. Les mâchefers proprement dits sont eux-même constitués de :

- 10 à 15% de métaux libres (dont environ 90% de métaux magnétiques),
- 80 à 90% de scories proprement dites,

- 1 à 5% d'imbrûlés.

Dans le détail et avec plus de précisions, ces constituants se subdivisent comme suit

- les constituants métalliques (exprimés en % du matériau sec) sont :
- 10 à 15 % de métaux ferromagnétiques,
- 0,5 à 1,5 % de métaux et alliages légers (Al essentiellement),
- 0,5 % de métaux et alliages denses (Cu, Zn, Pb, Sn ...).

- les constituants minéraux, inférieurs à 2 mm (exprimés en % du matériau sec) sont :
- 75 à 80 % de scories contenant du carbone,
- 5 à 10 % de scories ferromagnétiques, contenant du fer et des oxydes ferreux et ferriques.

- niveaux de qualité des mâchefers
Les mâchefers sont débarrassés des métaux magnétiques par déferraillage, après quoi ils sont utilisés, traités ou stockés en fonction de leurs caractéristiques physiques et chimiques et de leur potentiel polluant. Ils sont alors classés en 3 catégories :
- mâchefers à faible fraction lixiviable, directement destinés à la valorisation (dénommés "V")
- mâchefers intermédiaires, devant subir une maturation avant utilisation (dénommés "M")
- mâchefers à forte fraction lixiviable, inutilisables, voués au stockage (dénommés "S")
  - ✓ Les mâchefers de qualité "V" peuvent être directement utilisés en techniques routières, avec les précautions qui seront évoquées par la suite.
  - ✓ Les mâchefers de qualité "M" devront faire l'objet d'une maturation en vue de leur valorisation. On observe en effet , avec le temps, une carbonisation naturelle qui conduit à une stabilisation du potentiel polluant des mâchefers ; ce processus demande en général de 2 à 4 mois. L'humidité de ces produits en stock est d'environ 15 %. Les installations de maturation qui traiteront les mâchefers intermédiaires sont des installations classées pour la protection de l'environnement, soumises à autorisation dans le cadre de la rubrique 322 A de la nomenclature des Installations Classées.

Il existe des traitements complémentaires à la simple maturation, et en particulier l'adjonction de liants hydrauliques qui visent à réduire le potentiel polluant. Les mâchefers ainsi traités sont dits stabilisés ; pour être utilisables, les mâchefers intermédiaires maturés et les mâchefers stabilisés doivent répondre aux critères et conditions de valorisation des mâchefers à faible fraction lixiviable dits "V".
- Les mâchefers de qualité "S", à forte fraction lixiviable ne sont pas valorisables et doivent être dirigés vers des installations de stockage permanent autorisées.

2 - CARACTERISTIQUES ET GESTION DES MACHEFERS DE QUALITE "V", "M" OU "S"

2-1- Caractéristiques chimiques : Normes de la circulaire du 09 mai 1994

L'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains et les conditions de leur valorisation en techniques routières, sont réglées par la circulaire DPPR/SEI/BPSIID/FC/FC n° 94-IV-1, en date du 09 mai 1994. Cette circulaire est accompagnée de 6 annexes.
L'annexe III concerne les caractéristiques des différentes catégories de mâchefers.

L'appartenance d'un lot de mâchefer à l'une des catégories "V", "M" ou "S" est fixé sur la base d'un test de potentiel polluant défini dans l'annexe II de la circulaire.
Les caractéristiques des différents mâchefers sont les suivantes :

- mâchefers à faible fraction lixiviable dits "V" :

- taux d'imbrûlés < 5%
- fraction soluble < 5%
- potentiel polluant pour chaque paramètre :

Hg < 0,2 mg/kg
Pb < 10 mg/kg
Cd < 1 mg/kg
As < 2 mg/kg
Cr^{6+} < 1,5 mg/kg
SO_4^{--} < 10 000 mg/kg
COT < 1 500 mg/kg

- mâchefers intermédiaires dits "M" :

- taux d'imbrûlés < 5%
- fraction soluble < 10%
- potentiel polluant pour chaque paramètre :

Hg < 0,4 mg/kg
Pb < 50 mg/kg
Cd < 2 mg/kg
As < 4 mg/kg
Cr^{6+} < 3 mg/kg
SO_4^{--} < 15 000 mg/kg
COT < 2 000 mg/kg

- mâchefers à forte fraction lixiviable dits "S" :

Ils présentent au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- taux d'imbrûlés > 5%
- fraction soluble > 10%
- potentiel polluant pour chaque paramètre :

Hg > 0,4 mg/kg
Pb > 50 mg/kg
Cd > 2 mg/kg
As > 4 mg/kg
Cr^{6+} > 3 mg/kg
SO_4^{--} > 15 000 mg/kg
COT > 2 000 mg/kg

2-2 - CONTROLES PREVUS EN SORTIE DES UIOM.

Les arrêtés d'autorisation d'exploitation des usines d'incinération de résidus urbains ne comportent généralement pas de normes chimiques applicables à la composition des mâchefers produits par combustion.

Des directives sont données pour la collecte et le stockage des déchets puis leur élimination. A ce titre, il est précisé, par exemple, dans l'arrêté préfectoral du 28 mai 1997 autorisant la poursuite de l'exploitation de l'usine d'incinération de Colombelles par la SIRAC :

- "les déchets et résidus produits doivent être stockés, avant leur valorisation ou leur élimination, dans des conditions ne présentant pas de risques de pollution (prévention d'un lessivage par les eaux météoriques, d'une pollution des eaux superficielles et souterraines...), pour les populations avoisinantes et l'environnement"

- "les stockages temporaires, avant recyclage ou élimination des déchets spéciaux, doivent être réalisés sur des cuvettes de rétention étanches et si possible être protégés des eaux météoriques"

- "les mâchefers et les cendres seront déposés après extinction dans un réceptacle étanche permettant une collecte de l'eau d'égouttage."

2-3- CONTROLES SUR LES PLATES-FORMES DE MATURATION

Les arrêtés d'autorisation d'exploitation des installations de traitement de mâchefers ne précisent généralement pas les normes de composition chimique des produits issus de la maturation. Ce sont en fait les dispositions de la circulaire du 09 mai 1994 qui font référence dans ce domaine.
En revanche, l'arrêté préfectoral fait part de règles précises concernant le rejet des eaux résiduaires et le sort des déchets issus des installations de traitement. Des dispositions sont stipulées pour éviter tout risque de pollution des eaux souterraines ou superficielles.

2-4- LES POLLUANTS POTENTIELS

Les études réalisées sur la composition chimique des mâchefers donnent une idée précise des éléments polluants qui risquent de se retrouver relargués dans les sols par action des eaux de percolation.

- composition chimique globale :

Les pourcentages des différents minéraux constituant les mâchefers sont variables selon l'origine des matériaux et les différentes études dans ce domaine ; c'est pourquoi nous ne donnerons pas ici de valeurs chiffrées. Les minéraux identifiés sont les suivants : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O, SO_3, K_2O, Cl.

- polluants potentiels :

Les principaux polluants potentiels sont identifiés dans les normes de la circulaire du 09 mai 1994 ; il s'agit essentiellement de métaux lourds (Hg, Pb, Cd, Cr), de produits toxiques (composés d'arsenic, sulfates), de carbone organique.
Cependant, les mâchefers sont également susceptibles de contenir Ni, Mn, Co, Ti, Zn, V, Rb, Mo, Ba, Sn, Cu, B, Sr, Zr, N...

2-5- LA MATURATION

La maturation s'opère sur une plate-forme où le mâchefer reste stocké pendant en moyenne, 2 à 4 mois, parfois jusqu'à un an. La maturation se développe en présence d'oxygène de dioxyde de carbone, à température et humidité suffisantes. La maturation améliore sensiblement les caractéristiques des mâchefers, à l'exception de leur teneur en sulfates. L'objectif de cette opération est de faire passer les mâchefers de qualité "M" à la qualité "V". Les principales transformations observées au cours de la maturation sont les suivantes :

- une baisse importante du COT
- une baisse légère de la fraction soluble (par recombinaison de certaines espèces solubles), voire une baisse importante due à une lixiviation par les eaux de pluie.
- une baisse de la teneur en plomb qui évolue parallèlement à la baisse du pH.
- une augmentation des sulfates (mais les teneurs de départ sont généralement faibles)
- les chlorures (composants essentiels de la fraction soluble) évoluent très peu, sauf s'ils sont soumis au lessivage.
- les propriétés mécaniques des mâchefers ne sont généralement pas modifiées par la maturation.

Les phénomènes de maturation peuvent se résumer comme étant l'ensemble des réactions chimiques suivantes :

- apports extérieurs : O_2 et CO_2 ; production de H_2O
- oxydation des métaux ferreux :
  $2\ Fe + 3/2\ O_2 \text{ ---> } Fe_2O_3$ + chaleur
- hydroxydation des métaux lourds :
  $\text{Métal} + H_2O \text{ ---> } \text{Métal}(OH)_x + H^+$
- dissolution du sulfate de calcium (conduisant à l'accumulation des sulfates):
  $CaSO_4 \text{ ---> } Ca^{2+} + SO_4^{2-}$
- carbonatation :
  $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \text{ ---> } CaCO_3$
- dissolution de la chaux :
  $Ca(OH)_2 \text{ ---> } Ca^{2+} + 2\ OH$

2-6- LE STOCKAGE TEMPORAIRE SUR PLATE-FORME DE MATURATION

Les conditions de stockage sont définies de manière à conduire à l'amélioration des caractéristiques des mâchefers. Des dispositifs d'étanchéité doivent être mis en place pour récupérer les eaux de lixiviation qui sont contrôlées et traitées si nécessaire.

2-7- CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES MACHEFERS

l'utilisation des mâchefers en génie civil impose également des caractéristiques mécaniques précises. Sans entrer dans le détail, nous donnerons ici les valeurs courantes pour quelques paramètres importants.

CARACTERISTIQUES MECANIQUES	Proctor normal	Proctor modifié
Teneur H2O optimale (%)	15 - 21	9 - 17
Poids volumique apparent sec optimal (kN/m3)	14,1 - 17,1	16,9 - 19,0
Indice portant immédiat à l'optimum	19 - 30	30 - 120
Indice portant immédiat à W optimale + 2 %	10 - 18	10 - 28
Indice C.B.R. à l'optimum	22 - 30	30 - 110

3 - Règles d'utilisation en techniques routières Précautions générales

La circulaire du 09 mai 1994 définit dans son annexe V, les utilisations admissibles des mâchefers à faible fraction lixiviable en techniques routières et assimilées. Ces utilisations ne visent que les mâchefers de qualité "V", mais les plus gros tonnages produits concernent la qualité "M" augmentée des mâchefers stabilisés. Il convient donc d'élargir les utilisations en techniques routières à ces catégories de résidus qui doivent in fine accéder à la catégorie "V", après maturation ou (et) traitements. L'annexe VI de la circulaire du 09 mai 1994 précise d'ailleurs que chaque lot de mâchefer déposé sur une plate-forme de maturation ***"fera l'objet d'une appréciation de sa qualité par un échantillonnage adéquat ou une analyse statistique de sa composition moyenne. Si les résultats obtenus ne sont pas conformes aux caractéristiques des mâchefers à faible fraction lixiviable ("V"), le lot sera maintenu sur le site ou expédié ... vers une installation de stockage permanent..."***

Au regard des utilisations envisagées, et en fonction des différentes expériences menées, il a été établi que les trois paramètres essentiels régissant le comportement d'un ouvrage routier comportant des mâchefers d'UIOM, sont :

- l'évolution en fonction du temps,
- la percolation lente au travers de l'ouvrage,
- les conditions de pH du milieu, le plus souvent tamponné (pH de 7 - 8)

BRGM
SERVICE DES ACTIONS REGIONALES
Service Géologique Régional Nord - Pas-de-Calais
Fort de Lézennes - 59260 LEZENNES - France - Tél. : (33) 03.20.19.15.40