



# Elimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation

Edition avril 2015

# Sommaire

---

## Introduction

Bases légales	3
Buts	4
Diagramme représentant le principe des flux pour les procédés de traitement	5

## Recyclage dans la fabrication de béton/d'asphalte

Description du procédé	6
Polluants	6
Rendement de valorisation	6
Liste de contrôle	6

## Traitement par aspiration de l'air interstitiel

Description du procédé	7
Polluants	7
Rendement de valorisation	7
Liste de contrôle	8
Exemples	8

## Lavage des terres

Description du procédé	9
Polluants	9
Rendement de valorisation	9
Liste de contrôle	10
Exemples	10

## Assainissement des buttes de stands de tir par lavage

Etat de la technique	11
Tri de la fraction de sable	11
Tri des fractions de gravier	12
Taux de récupération du plomb/élimination du plomb	12
Détermination de la teneur en plomb/classification des matériaux	12

## Mise en décharge

Description du procédé	13
Polluants	13
Rendement de valorisation	13

## Immobilisation

Description du procédé	14
Polluants	14
Rendement de valorisation	14

## Usines métallurgiques

Description du procédé	15
Polluants	15
Rendement de valorisation	15
Liste de contrôle	15

## Dégradation microbiologique

Description du procédé	16
Polluants	16
Rendement de valorisation	16
Liste de contrôle	17
Exemples	17

## Incineration dans des installations d'incineration de déchets spéciaux

Description du procédé	18
Incineration de déchets spéciaux organiques	18
Polluants	18
Rendement de valorisation	18
Incineration de déchets spéciaux minéraux (dépollution thermique des terres)	18
Polluants	18
Rendement de valorisation	19
Liste de contrôle	19
Exemples	19

## Tamisaie à sec

Description du procédé	20
Polluants	20
Rendement de valorisation	20
Liste de contrôle	21
Exemples	21

## Décharge souterraine

Description du procédé	22
Polluants	22
Rendement de valorisation	22

## Incineration en cimenterie

Description du procédé	22
Polluants	22
Rendement de valorisation	22
Liste de contrôle	23
Exemples	23

---

### Elimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation

Edition avril 2015

# Introduction

---

## Bases légales

### Elimination: définition

Selon l'**art. 7, al. 6<sup>bis</sup>** de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE), l'élimination des déchets comprend leur valorisation ou leur stockage définitif ainsi que les étapes préalables que sont la collecte, le transport, le stockage provisoire et le traitement.

Par traitement, on entend toute modification physique, biologique ou chimique des déchets.

La valorisation, le stockage définitif et le traitement font donc partie intégrante de l'élimination des déchets selon la LPE.

### Obligation de valorisation: définition

Selon l'**art. 30, al.2** LPE, les déchets doivent être valorisés dans la mesure du possible. Par ailleurs, l'**art. 30d, let.a** LPE précise que le Conseil fédéral peut prescrire que certains déchets doivent être valorisés si cela est économiquement supportable et plus respectueux de l'environnement que ne le seraient un autre mode d'élimination et la production de produits nouveaux.

L'**art. 12, al. 1, let. a** de l'Ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) apporte des précisions concrètes à ce sujet en indiquant que l'autorité peut demander au détenteur d'une entreprise industrielle, artisanale ou de prestation de services de déterminer si des possibilités de valorisation existent ou pourraient être créées pour ses déchets. Selon l'**art. 12, al. 3, let. a et b**, l'autorité peut demander aux détenteurs de déchets qu'ils veillent à ce que certains de ces déchets soient valorisés si cette opération est techniquement possible et économiquement supportable, et est plus respectueuse de l'environnement que ne le seraient l'élimination desdits déchets et la production de produits nouveaux.

### Etat de la technique: définition

**Art. 32e, al. 4** LPE (Section 4: Assainissement de sites pollués par des déchets): Seules les mesures qui respectent l'environnement, sont économiques et tiennent compte de l'évolution technologique bénéficient du financement destiné à l'assainissement de sites pollués.

Selon l'**art. 19** (Section 5: Bases d'évaluation et coordination des procédures d'autorisation), **al. 3 OTD**, pour l'évaluation des installations de traitement que l'ordonnance ne soumet à aucune disposition particulière, l'autorité se fonde sur l'état de la technique. Cela concerne quelques-unes des installations mentionnées dans les procédés décrits ci-après.

Selon l'**annexe 1, art. 12** (Déchets de chantier), **al. 1, let. c OTD**, le stockage définitif de déchets de chantier en décharge contrôlée pour matériaux inertes n'est autorisé que si les métaux, les matières plastiques, le papier, le bois et les textiles en ont préalablement été retirés conformément à l'état de la technique.

## Buts

Le Service traitement des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL Zürich) a décidé d'introduire en janvier 2005 une nouvelle réglementation dans le domaine de la valorisation des déchets de chantier pollués («Réglementation sur la valorisation»). Celle-ci définit l'efficacité de la valorisation d'un matériau en fonction de son état de pollution. Le rendement de valorisation (en %) cible la part du flux de déchets de chantier pollués qui sont soumis, après traitement, à une valorisation matière. Cette réglementation a fait ses preuves. C'est pour cette raison qu'après une consultation à large échelle et une évaluation des expériences, une version révisée est venue remplacer la première édition en 2014.

Pour éliminer les déchets de chantiers pollués, il existe un grand nombre de procédés, présentant divers degrés d'efficacité en matière de valorisation. Afin de faciliter la mise en oeuvre de la Réglementation sur la valorisation, l'AWEL a mandaté l'ASR en 2005, en tant que service spécialisé indépendant, lui demandant de décrire les procédés utilisés de manière technique et d'analyser le rendement de valorisation atteignable dans la pratique.

Le présent catalogue définit les termes «valorisation» et «état de la technique» dans le cadre des procédés de traitement. Il présente un aperçu global des procédés actuellement utilisés pour l'élimination des déchets de chantier pollués. Il décrit brièvement chacun des procédés et énonce leur efficacité en ce qui concerne l'élimination des polluants et les limites de leur rendement en termes de valorisation. A l'aide d'un simple diagramme des flux, il est possible de vérifier la facilité de mise en oeuvre ainsi que le rendement de valorisation auquel on peut s'attendre.

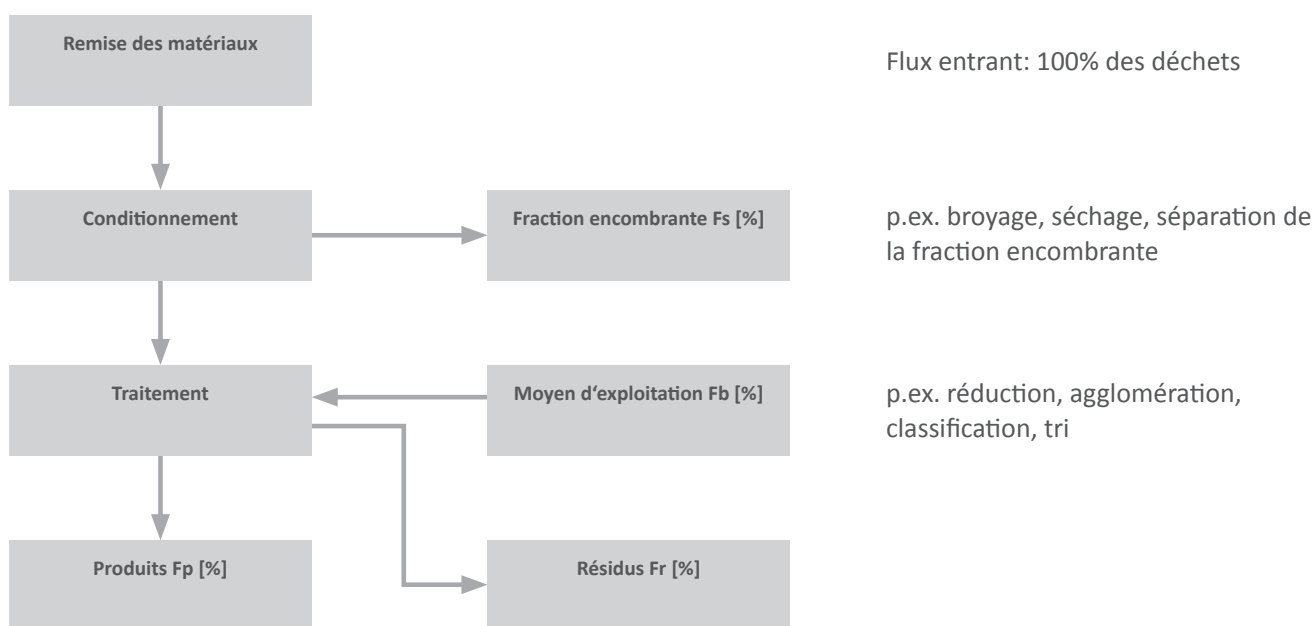
Le catalogue est régulièrement mis à jour par l'ASR et adapté à l'état de la technique. Ce dernier se définit comme l'état de l'évolution technologique de méthodes avancées. Sa détermination permet notamment d'aborder des procédés comparables ayant fait leurs preuves.

### **Valorisation: définition**

La valorisation de déchets de chantier pollués consiste à utiliser des produits issus du traitement de déchets de chantiers pollués, ou d'autres matières premières secondaires, en lieu et place de matières premières.

## Diagramme représentant le principe des flux pour les procédés de traitement

En principe, les procédés de traitement se déroulent selon les étapes suivantes:



En comparant la quantité évacuée avec la quantité de déchets remis (en tenant compte des moyens d'exploitation), on obtient le bilan matières de l'installation. Pour évaluer le taux de valorisation, on additionne résidus et produits valorisés, puis on les compare à la quantité de déchets remis. Pour ce faire, il faut que toutes les fractions soient pesées, aussi bien à l'entrée qu'à la sortie. Cela permet de déterminer les taux de perte et de récupération.

Pour effectuer le bilan des polluants, il faut, pour chaque fraction, déterminer la teneur en polluants et calculer la charge de chaque polluant. Ce bilan donne une indication quant à l'efficacité du procédé en matière de dépollution et permet de savoir quelle est la concentration de polluants atteinte dans les résidus.

# Recyclage dans la fabrication de béton/d'asphalte

## Description du procédé

Après traitement, les matériaux pollués en gros grains peuvent être utilisés comme adjuvants pour la fabrication de béton ou d'asphalte. Ces adjuvants doivent remplir les exigences de la norme Granulats pour béton (**SN 670 102b-NA**). Les grains doivent notamment présenter une composition normalisée comprise dans l'écart de valeurs limites fixé. Par ailleurs, les taux de substances étrangères autorisés par la norme sur le béton de recyclage (**SN 670 119-NA**) doivent être respectés. Les normes susmentionnées fixent des règles au sujet de la composition du béton aux caractéristiques bien définies en termes de résistance à la compression et de classe d'exposition, mais aussi pour le béton maigre sans caractéristiques particulières.

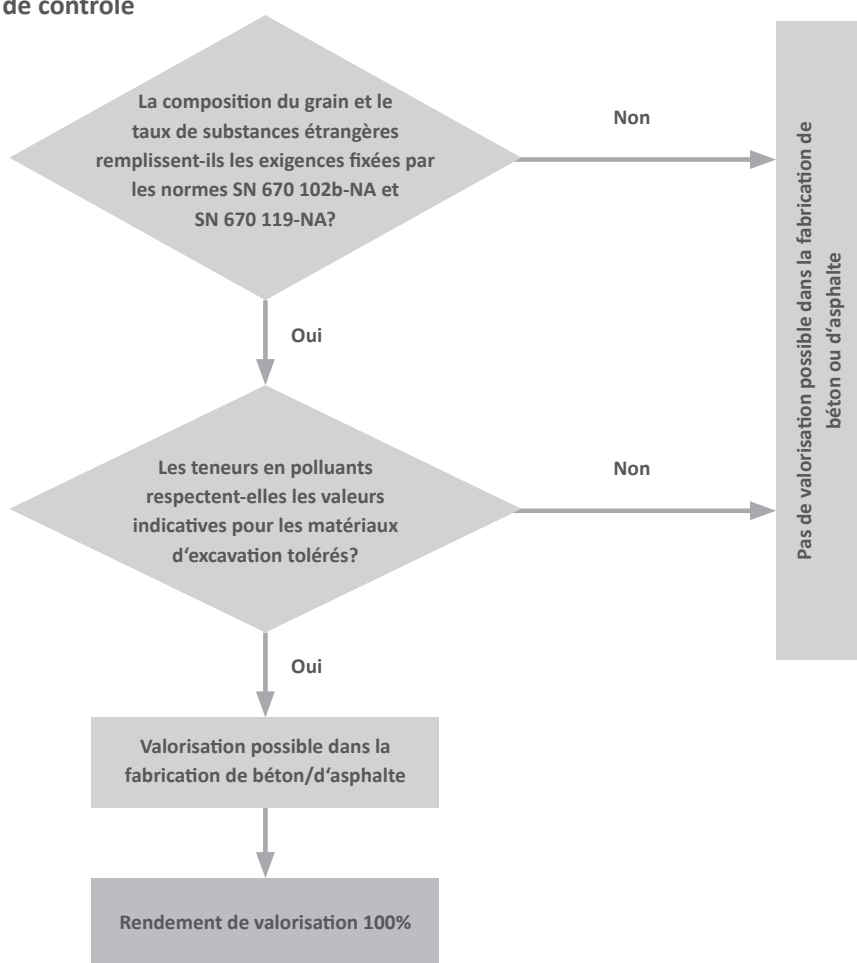
## Polluants

Les taux de polluants doivent correspondre aux valeurs indicatives fixées pour les matériaux d'excavation tolérés afin que ceux-ci puissent être utilisés en tant que matières premières de remplacement dans la fabrication de béton ou d'asphalte.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation s'élève à 100%.

### Liste de contrôle



### Elimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation  
Edition avril 2015

# Traitement par aspiration de l'air interstitiel

---

## Description du procédé

L'aspiration de l'air interstitiel est un procédé qui se déroule habituellement in situ. La perméabilité du matériau et sa saturation en eau sont les deux paramètres déterminants de la réussite d'un assainissement. Les matériaux décoffrés et les déchets de chantiers pollués peuvent être traités de la même manière selon un procédé ex situ.

Dans le cadre d'un procédé ex situ, le matériau contaminé est entassé sous forme de terril, dans lequel est installé un système d'aération du sol. Il faut s'assurer, par le biais d'un traitement mécanique préalable, que la terre est disposée en couches bien homogènes et de même densité, et qu'elle est perméable à l'air. Une dépression est créée à l'aide d'une pompe disposée à l'opposé de la conduite d'évacuation de l'air. L'air interstitiel pollué est aspiré par cette conduite, ce qui entraîne une perturbation de l'équilibre des phases conduisant la phase gazeuse à se renouveler en continu jusqu'à ce que la phase adsorbée soit épuisée. L'air est ensuite nettoyé par des installations adéquates (p.ex. filtres à charbons actifs, postcombustion thermique, oxydation catalytique, biofiltre).

Dans le cadre d'une aspiration de l'air interstitiel assistée par un procédé thermique (désorption thermique), il est possible de réchauffer le sol pollué, grâce à l'insertion de tubes chauffants ou à l'injection d'air chaud ou de vapeur dans le sol, ce qui permet d'accélérer le passage des polluants dans l'air interstitiel.

## Important

Lors de la création du terril, il faut empêcher, à l'aide de mesures adaptées (p.ex. construction dans une halle fermée, équipée d'un système de ventilation adéquat et avec filtre), que les substances organiques volatiles ne se dispersent dans l'air.

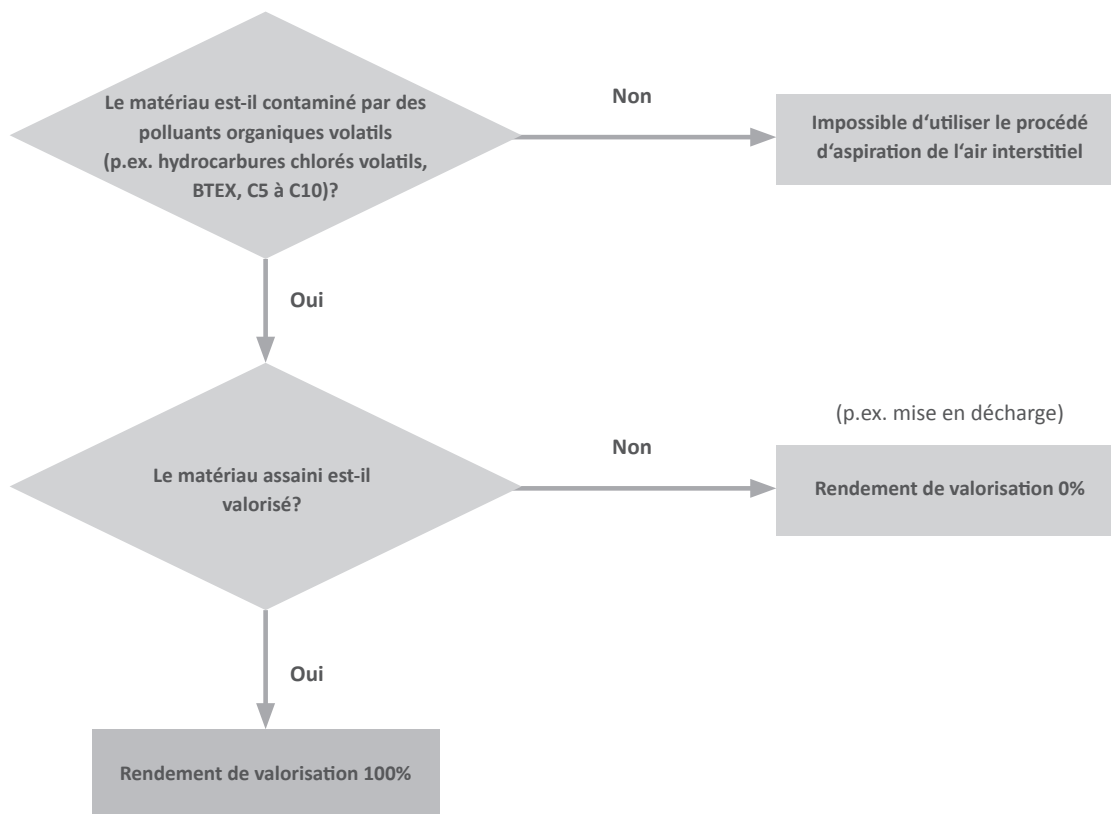
## Polluants

Ce procédé est adapté à tous les composés organiques volatils tels que les hydrocarbures chlorés volatils, les hydrocarbures aliphatiques à chaîne courte et les hydrocarbures aromatiques (BTEX).

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation peut atteindre jusqu'à 100% si le matériau assaini respecte les valeurs limites correspondantes. Si après le traitement de l'air interstitiel le matériau doit être mis en décharge, le rendement de valorisation équivaut à 0%.

## Liste de contrôle



## Exemples

Matériau	Flux entrant Aspiration de l'air interstitiel	Flux sortant Aspiration de l'air interstitiel	Valorisation
Résidus, graviers Hydrocarbures chlorés volatils = 10 ppm	100 t	100 t Hydrocarbures chlorés volatils = 10 ppm	Couche de fondation lors de la construction de routes → Rendement de valorisation 100%
Résidus, cohérents Hydrocarbures chlorés volatils = 10 ppm	100 t	100 t Hydrocarbures chlorés volatils = 0,3 ppm	Mise en décharge contrôlée pour matériaux inertes → Rendement de valorisation 0%



# Lavage des terres

---

## Description du procédé

La méthode de lavage des terres est un procédé physico-chimique. Il est possible d'utiliser de l'eau comme liquide de lavage, avec ou sans adjuvants. Ceux-ci peuvent être des agents tensio-actifs, des produits acides ou basiques. Le matériau à traiter est mélangé avec de l'eau dans une installation de lavage (tambour laveur, laveur à pales, etc.). Les polluants présents dans les particules du sol sont dispersés ou dissouts dans les eaux de lavage. Le matériau solide est ensuite criblé et divisé en diverses fractions granulométriques dans des dispositifs de séparation et de tri. Les polluants sont séparés du gravier et du sable. Au cours du lavage, les éléments ne contenant pas de polluants mais gênant la valorisation ultérieure, tels le métal, le bois, les plastiques, voire des mâchefers ou des fragments de revêtements routiers, sont séparés grâce à leur différence de densité. Une installation de lavage des terres répondant à l'état de la technique dispose généralement d'un système de tri par différence de densité permettant de séparer les fractions de gravier et de sable, ainsi que d'un broyeur à attrition (broyeur à billes) et d'un dispositif de flottation du sable. La recirculation des eaux de procédé ainsi que leur traitement font également partie d'une installation de lavage des terres.

Séparés des matériaux d'excavation nettoyés, les polluants sont concentrés puis évacués sous forme de boues de flottation ou de gâteau de filtre, ou encore de fractions fines moins volumineuses. Les gâteaux de filtre pollués peuvent être soumis à une valorisation thermique dans des installations adaptées (p.ex. transformés en substitut au cru en cimenterie) ou transportés dans une décharge appropriée. Pour les matériaux d'excavation de types gravier ou sable, le lavage s'avère être une méthode de dépollution très concluante et efficace.

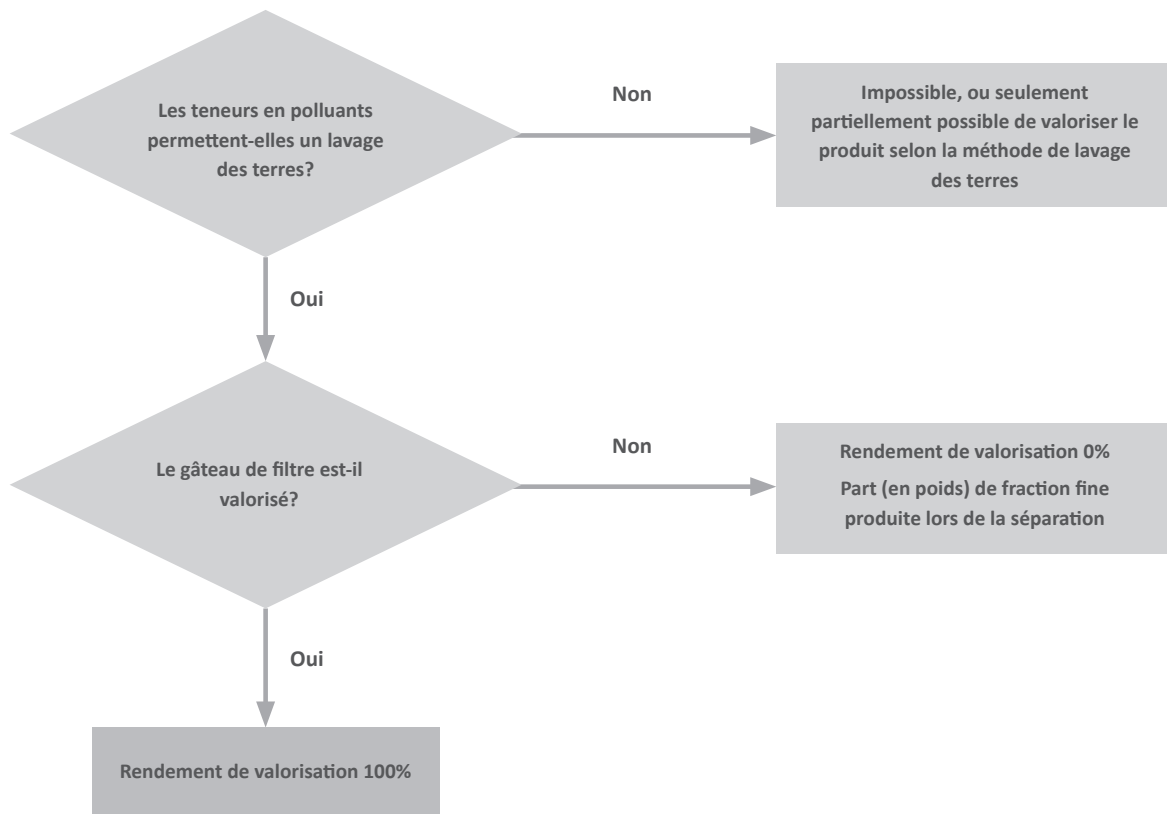
## Polluants

Le lavage des terres convient à l'élimination d'une grande variété de polluants, tels que les métaux lourds, les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques (huiles minérales, BTEX), HAP, PCB, les cyanures et les pesticides. Dans une installation de lavage correspondant à l'état de la technique, les polluants contenus dans les matériaux d'excavation peuvent généralement être extraits des produits (gravier ou sable) avec un facteur de réduction 10 à 40 (facteur d'appauvrissement: 10 pour les métaux lourds, 40 pour les composés organiques). S'il s'agit de béton ou de matériaux de démolition non triés, il faut compter sur un facteur d'appauvrissement beaucoup plus faible.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation dépend de la séparation effectuée par l'installation et de la méthode d'élimination des gâteaux de filtre. La séparation effectuée par l'installation détermine la granulométrie maximale de sable et de limon pouvant être séparés des eaux de lavage et ajoutés aux produits. Généralement, les installations de lavage des terres effectuent une séparation avec une granulométrie de 63  $\mu\text{m}$ , ce qui signifie que les composants limoneux ou argileux dont la granulométrie est inférieure à 63  $\mu\text{m}$  restent dans le gâteau de filtre. En fonction de sa teneur en polluants, ce dernier est soit valorisé (p.ex. dans une cimenterie adaptée) soit mis en décharge. En cas de valorisation du gâteau de filtre, le taux global de valorisation de l'installation de lavage avoisine les 100%. Si le gâteau de filtre ou toute autre fraction ne peuvent pas être valorisés (p.ex. s'ils sont mis en décharge), le rendement de valorisation se réduit en conséquence.

## Liste de contrôle



## Exemples

Matériau	Flux entrant Lavage des terres	Flux sortant Lavage des terres	Valorisation
Matériau inerte Part de fraction fine 25% HAP = 20 ppm	100 t	75 t gravier/sable HAP = 1 ppm  25 t gâteaux de filtre HAP = 77 ppm	Gravier/sable utilisé pour la fabrication de béton  Gâteaux de filtre valorisés en cimenterie  → Rendement de valorisation 100%
Matériau inerte Part de fraction fine 10% Plomb = 500 ppm	100 t	90 t gravier/sable Plomb = 50 ppm  10 t gâteaux de filtre Plomb = 4600 ppm (0,9 mg/l de lixiviat selon OTD)	Gravier/sable utilisé pour la fabrication de béton  Gâteaux de filtre destinés au stockage définitif en décharge contrôlée pour résidus stabilisés  → Rendement de valorisation 90%

### Élimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation  
Edition avril 2015

# Assainissement des buttes de stands de tir par lavage

---

## Etat de la technique

L'état actuel de la technique pour séparer les projectiles des matériaux formant les buttes de tir consiste à traiter ces derniers dans une installation de lavage des terres, puis à trier les fractions de graviers nettoyées à l'aide d'un séparateur à courant de Foucault et/ou d'un tri par densité. Il est important d'utiliser une méthode de traitement des échantillons adaptée à la présence de polluants sous forme de particules lors de la mesure de la teneur en plomb. Une installation de traitement correspondant à l'état actuel de la technique dispose des appareils de séparation mécaniques cités ci-après. Ceux-ci permettent de trier avec grande précision les matériaux des buttes de tir selon la taille des fragments (classification), leur densité et leur susceptibilité magnétique.

- Mélangeur
- Tamis pour la séparation des fractions de gravier et de sable
- Hydrocyclone pour la séparation des fractions fines
- Séparateurs à cyclones pour le tri par densité des fractions de sable
- Crible pour le tri par densité des fractions de gravier
- Crible à tambour magnétique
- Séparateur à courant de Foucault pour le tri des fractions de gravier

La première étape du traitement consiste à fractionner le matériau des buttes de tir en le mélangeant avec de l'eau sous agitation mécanique, ce qui permet d'atteindre une dispersion la plus large possible de tous les agrégats contenus dans le sol. Le matériau est ensuite séparé en fractions granulométriques par les installations de tri. Les fractions de gravier et de sable ainsi récupérées sont conduites dans les installations de tri mentionnées afin d'en séparer les particules contenant des polluants. L'eau contenue dans la fraction fine contaminée (<63 µm) est récupérée à l'aide d'un filtre-pressé, les boues sont mises en décharge conformément à l'OTD. Une recirculation des eaux de procédé utilisées pour la mise en suspension est un élément essentiel d'une installation de lavage des terres répondant à l'état actuel de la technique. Les eaux de procédé sont traitées en continu par une installation de traitement des eaux usées.

## Tri de la fraction de sable

Le tri par densité de la fraction de sable (de 0,063 à 2 mm) est effectué dans des séparateurs à cyclones, en deux étapes selon l'état de la technique. Il n'est possible d'atteindre une précision de tri élevée qu'en sélectionnant de manière optimale la forme des rigoles, le nombre de tours et le pas d'hélice.

Les rigoles des hélices, ou la **spirale pour matériaux légers**, sont conçues pour séparer les particules légères dans le cadre de la première étape. Selon l'état actuel de la technique, il s'agit de privilégier la forme elliptique ainsi qu'un rapport axial de 2:1 pour le **profil des rigoles**. La séparation de particules de sable plus lourdes car contenant du plomb est réalisée lors de la seconde étape, à l'aide de la **spirale pour matériaux lourds** dont les rigoles ont un profil plus plat, avec des parois raides.

Pour que les grains puissent se positionner le long de la voie d'écoulement, à différentes distances par rapport à l'axe du cyclone en fonction de leur densité, il faut que le **nombre de pas** du séparateur soit suffisamment élevé. Selon l'état actuel de la technique, la fraction grossière doit s'écouler vers le bas dans cinq à six spirales, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint.

Un **pas d'hélice** plus élevé, c.-à-d. un angle d'inclinaison des rigoles plus élevé, permet un débit d'écoulement plus fort mais entraîne également un plus mauvais résultat au niveau du tri des fractions. Si les différences de densité sont minimales et les matériaux à traiter s'avèrent d'une plus grande finesse – comme c'est souvent le cas dans le cadre du lavage des terres –, le pas d'hélice doit mesurer entre 300 et 400 mm.

## Tri des fractions de gravier

La fraction de gravier (2 à 63 mm) est traitée par un crible, ce qui permet notamment de séparer les substances légères telles que le bois, les tuiles, les briques et d'autres composants anthropogènes. Les projectiles particulièrement lourds restent toutefois dans les fractions de graviers lors du tri effectué par le crible. Selon l'état actuel de la technique, après un premier processus de séparation adéquat, les fractions de graviers traitées, contenant des projectiles, doivent être triées dans un champ magnétique. Ce tri s'effectue à l'aide d'un crible à tambour magnétique. La séparation des particules de plomb pures, non magnétiques, est réalisée à l'aide d'un séparateur à courant de Foucault. Toutefois, selon l'état actuel de la technique, même pour des fragments mesurant jusqu'à 2 mm, il n'est possible d'atteindre un résultat de séparation satisfaisant que si la roue polaire utilisée par le séparateur pour produire le champ magnétique alternatif est munie d'aimants permanents Nd-Fe-B. Dans le cas d'un tri en plusieurs étapes avec le séparateur à courant de Foucault, il est possible d'obtenir des fractions de graviers dont la teneur en plomb se réduit jusqu'à des concentrations inférieures à 500 ppm. Les fractions magnétiques et non magnétiques récupérées sont suffisamment pures pour être soumises au recyclage des métaux.

## Taux de récupération du plomb/élimination du plomb

Selon l'état de la technique décrit ci-dessus, on peut atteindre un taux de récupération du plomb de plus de 90% (sur la base d'une récupération des fragments de plomb >2 mm).

## Détermination de la teneur en plomb/classification des matériaux

Dans le cadre de la détermination de la teneur en plomb, il faut tenir compte du fait que le matériau des buttes de tir contient également du plomb sous forme de particules. Il n'est pas possible d'homogénéiser le matériau des buttes de tir par le biais des méthodes de traitement utilisées d'ordinaire pour déterminer le taux de métaux lourds (concassage, broyage).

Afin de pouvoir évaluer la teneur en plomb de manière fiable, la méthode suivante est recommandée. Dans le cadre de la prise d'échantillons, il faut veiller à prélever au moins 10 kg MS (matière sèche) (env. 12 kg MH [matière humide]).

Dans un premier temps, les échantillons sont passés au crible de 8 mm. Dans la part >8 mm, les débris de projectiles sont triés à la main et classés dans les catégories de plomb pur et plomb enrobé d'un manteau d'acier. La masse de la fraction de plomb pur ajoutée aux  $\frac{2}{3}$ \* de la masse de la fraction de plomb enrobé d'un manteau d'acier donne la teneur en plomb de la fraction >8 mm (**teneur en plomb des débris de plomb >8 mm**), calculée sur la base de la quantité prélevée initiale. De la fraction passée à travers le crible, on retire 2 kg, qui sont envoyés à un laboratoire en indiquant la teneur en plomb de la fraction >8 mm. Dans le laboratoire, le matériau est séché puis broyé dans un concasseur à mâchoires (évt. échantillon partiel pour mesurer préalablement le taux de polluants organiques et de mercure). Le matériau broyé est passé au crible de 2 mm. Dans la fraction >2 mm, la teneur en plomb sous forme de particules est déterminée comme précédemment (teneur en plomb dans les éclats de projectiles de 2 à 8 mm). De la fraction passée à travers le crible (<2 mm), on extrait un échantillon de 100 g, qui est ensuite broyé dans un broyeur à disques avec un tamis de 0,5 mm. Le résidu restant sur le tamis du broyeur à disques est composé principalement de plomb. Son poids est également rapporté à celui de l'échantillon initial (teneur en fragments de plomb de 2 à 0,5 mm). Sur la part <0,5 mm, on effectue une analyse du plomb (concentration de plomb dans la fraction fine <0,5 mm). En additionnant la teneur en plomb des débris de plomb, des éclats de projectiles, des fragments de plomb et la concentration de plomb dans la fraction fine, on obtient la teneur en plomb globale de l'échantillon d'origine.

\* Un projectile enrobé d'un manteau d'acier se compose habituellement d'env.  $\frac{2}{3}$  de plomb et  $\frac{1}{3}$  d'acier (rapport massique).

# Mise en décharge

---

## Description du procédé

L'Ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) définit trois types de décharges:

- Décharge contrôlée pour matériaux inertes
- Décharge contrôlée pour résidus stabilisés
- Décharge contrôlée bioactive

Une décharge contrôlée pour résidus stabilisés peut soit être exploitée en tant que décharge indépendante, soit faire partie, sous forme d'un espace à part délimité, d'une décharge contrôlée bioactive. De la même manière, des compartiments pour mâchefers sont installés dans les décharges contrôlées bioactives pour le stockage de mâchefers issus des installations d'incinération des déchets urbains. Cela pourrait pratiquement être considéré comme un quatrième type de décharge.

## Polluants

### Décharge contrôlée pour matériaux inertes

Seul est autorisé, en décharge contrôlée pour matériaux inertes, le stockage définitif de matériaux constitués de composés minéraux dont les teneurs en polluants et le lixiviat respectent les valeurs limites fixées par l'OTD ainsi que les conditions citées aux chiffres 1, 11, 12 et 13 de l'annexe 1 de l'OTD.

### Décharge contrôlée pour résidus stabilisés

Est autorisé en décharge contrôlée pour résidus stabilisés le stockage définitif de déchets conformes aux exigences de l'OTD, Annexe 1, chiffres 2 et 21.

### Décharge contrôlée bioactive

Est autorisé en décharge contrôlée bioactive le stockage définitif de déchets conformes aux exigences de l'OTD, Annexe 1, chiffres 3, 31 et 32.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation s'élève à 0%.

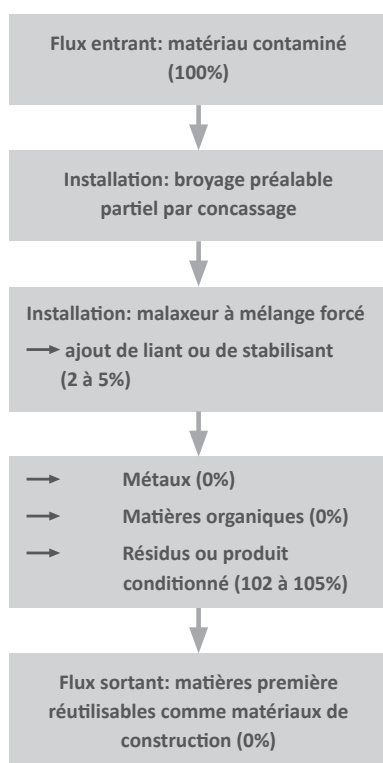
# Immobilisation

## Description du procédé

Le procédé d'immobilisation consiste à utiliser une réaction chimique ou la sorption pour transformer ou fixer les polluants en les rendant moins nocifs et/ou moins mobiles. A cet effet, le matériau contaminé est placé dans une mélangeuse avec des réactifs stabilisants/fixants, puis mis en décharge.

## Polluants

Seuls les métaux lourds sont adaptés au procédé de l'immobilisation.



$$\text{Rendement de valorisation} = \frac{\text{composants} + \text{métaux} + \text{matières organiques (si dans une UIOM)} + \text{résidus réintégrés}}{\text{flux entrant}}$$

Les flux de matières ci-dessus doivent être saisis en tonnes dans la formule.

Le taux de destruction des polluants doit également être déterminé à l'aide des flux de masses en tant que critère supplémentaire.

## Rendement de valorisation

Dans le cas de l'immobilisation, il n'y a pas d'élimination des polluants. Par conséquent, leur taux n'est pas réduit. Le matériau immobilisé doit donc être mis en décharge. Le rendement de valorisation s'élève à 0%.

# Usines métallurgiques

## Description du procédé

Les matériaux d'excavation à forte teneur en plomb, cuivre, zinc et aluminium peuvent être traités directement dans des usines métallurgiques. Dès que la teneur en métal dépasse 5%, la valorisation dans une usine métallurgique est possible. A titre de comparaison: un matériau doit contenir plus de 20% d'aluminium pour pouvoir être valorisé dans une usine d'aluminium. Toutefois, même les matériaux dont la teneur en métal est inférieure à 5% mais qui contiennent plus de 60% de SiO<sub>2</sub> peuvent être valorisés dans une usine métallurgique.

Les matériaux adaptés sont préalablement traités dans un four rotatif dans l'usine métallurgique. Ils sont ensuite placés dans un four à cuve, dans lequel ils sont fondus. Puis, ils sont récupérés en tant que métaux bruts. Les composants minéraux contenant du dioxyde de silicium (SiO<sub>2</sub>) agissent comme un agent de scorification et sont retirés du four sous forme de mâchefers.

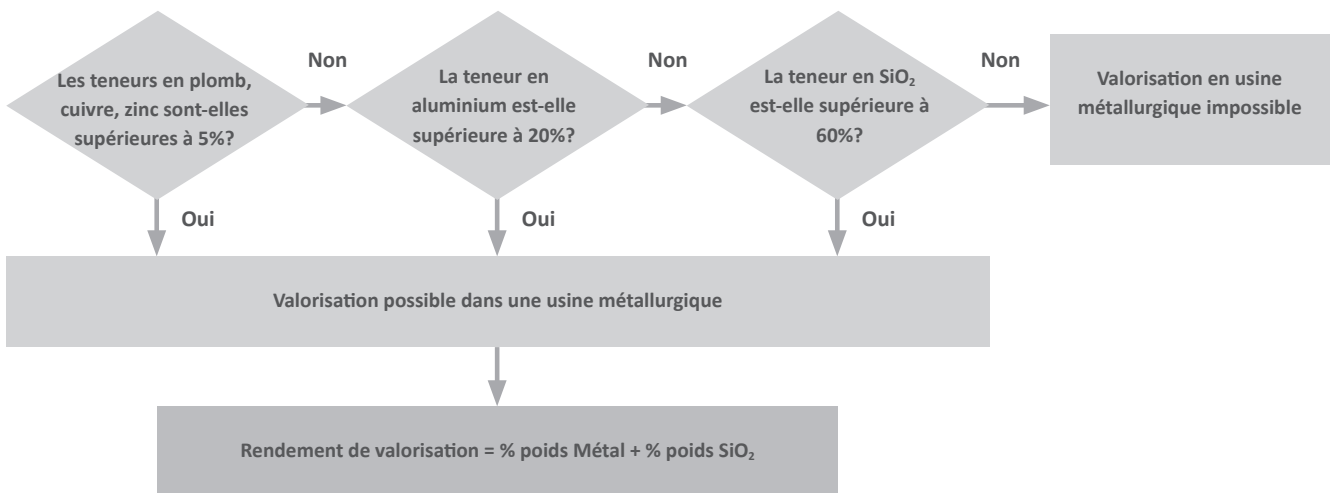
## Polluants

Il s'agit de respecter les exigences fixées par les usines métallurgiques.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation correspond à la somme de la teneur en métal et de la teneur en dioxyde de silicium du matériau.

### Liste de contrôle



# Dégradation microbiologique

---

## Description du procédé

Les procédés de traitements biologiques s'appuient sur les capacités de certains microorganismes (bactéries, champignons) à utiliser les polluants organiques comme source d'énergie et pour leur développement cellulaire. Ce processus peut être soit aérobie soit anaérobie. Il peut conduire soit à une dégradation complète (minéralisation) soit à une dégradation partielle au cours de laquelle apparaissent des composés organiques intermédiaires (métabolites). Dans le cas d'une dégradation complète, les polluants sont minéralisés, entraînant l'apparition de dioxyde de carbone et d'eau comme produits finaux.

L'objectif de ce procédé est d'optimiser la dégradation microbienne des polluants en termes d'approvisionnement en sels minéraux, de besoins en oxygène, d'acidité, d'humidité et de température, par le biais de mesures techniques. Cela doit permettre d'accélérer significativement le processus. Selon le procédé utilisé, le sol excavé est mélangé à un agent d'amélioration de la structure (écorce de paillage, copeaux de bois, compost, etc.), afin d'améliorer son approvisionnement en oxygène, ou à d'autres additifs. Après ces mesures préparatoires, le matériau est placé dans des installations adaptées, composées d'un fond étanche, d'équipements de mesure et de régulation et éventuellement d'une enceinte couverte. Dans les silos, les conditions de vie (p.ex. températures, taux d'oxygène, valeur pH, teneur en eau) des microorganismes servant à la décomposition des polluants sont contrôlées et ajustées si nécessaires.

## Polluants

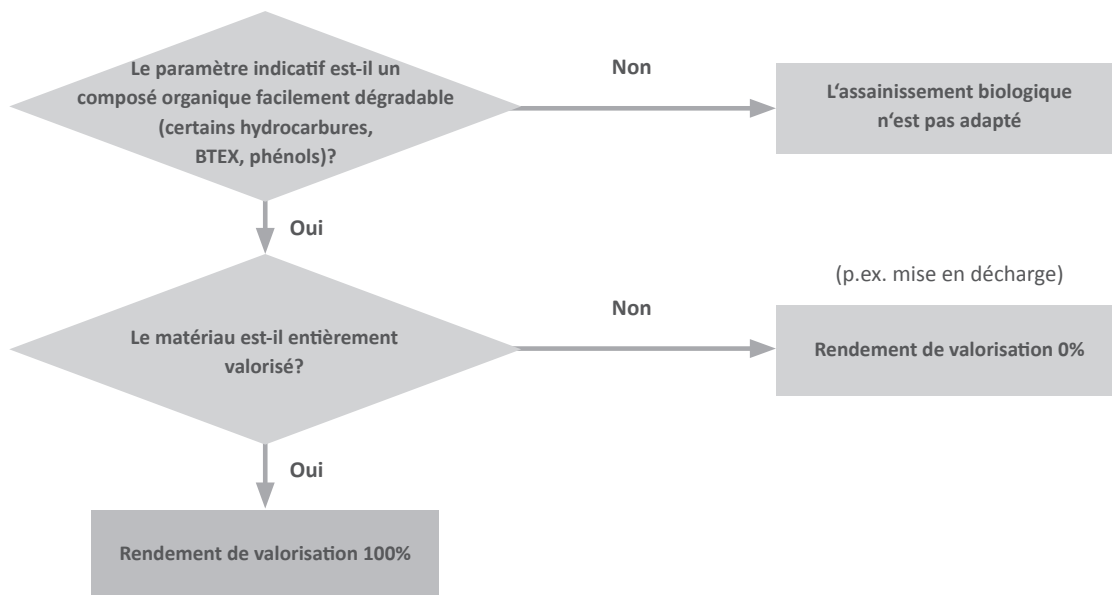
Les procédés biologiques sont adaptés aux polluants organiques facilement décomposables de manière biologique (p.ex. hydrocarbures à chaîne courte ou moyenne, BTEX, phénols et hydrocarbures halogénés volatils). Ils ne sont pas adaptés aux substances difficilement décomposables telles que les composés organochlorés peu volatils (PCB, dioxines/furanes) ou les HAP avec plus de trois cycles benzéniques, ainsi qu'aux substances non décomposables telles que les métaux lourds.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation est de 100% si le matériau assaini n'est pas mis en décharge. Si, après un traitement biologique, le matériau doit être mis en décharge, le rendement de valorisation équivaut à 0%.



## Liste de contrôle



## Exemples

Matériau	Flux entrant Assainissement biologique	Flux sortant Assainissement biologique	Valorisation
Résidus (matériaux d'excavation cohérents) BTEX = 100 ppm	100 t	100 t BTEX = 3 ppm	Mise en décharge contrôlée pour matériaux inertes → Rendement de valorisation 0%
Résidus (matériaux d'excavation graveleux) BTEX = 100 ppm	100 t sans additif de matériaux organiques structurants	100 t BTEX = 3 ppm	Adjuvant pour la fabrication de béton → Rendement de valorisation 100%

# Incinération dans des installations d'incinération de déchets spéciaux

---

## Description du procédé

En priorité, il faut différencier l'incinération des déchets spéciaux organiques de celle des déchets spéciaux minéraux. Dans les deux cas, le procédé consiste à exposer le matériau à des températures élevées. Cependant, les composés organiques sont incinérés, tandis que les métaux sont partiellement volatilisés. Une installation correspondant à l'état de la technique se compose généralement d'un four rotatif à brûleur, d'une chambre de postcombustion, d'une chaudière de récupération pour l'exploitation de la chaleur et d'un système d'épuration des fumées. Le traitement en four rotatif a l'avantage de permettre la prise en charge de déchets de différentes consistances (p.ex. solides, liquides ou pâteux) et de textures variables (p.ex. également des emballages). Grâce au mouvement rotatif et à l'inclinaison du four, le matériau se déplace lentement dans le four et est traité en fonction de la gamme de températures de consigne.

## Incinération de déchets spéciaux organiques

Dans le cadre de l'incinération de déchets spéciaux organiques, on traite des matériaux issus de l'industrie et de l'artisanat composés en majeure partie d'éléments organiques. Les substances organiques sont incinérées, en fonction de leur volatilité, soit dans la chambre de postcombustion soit directement dans le four rotatif. Les métaux sont en partie volatilisés et se concentrent dans les cendres volantes.

Température de combustion: >1000 °C / Température de la chambre de postcombustion: 1200 °C

## Polluants

L'incinération des déchets spéciaux permet de traiter toutes sortes de polluants organiques, de métaux volatils et de composés métalliques.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation s'élève à 0%.

## Incinération de déchets spéciaux minéraux (dépollution thermique des terres)

Dans le cadre de l'incinération de déchets spéciaux minéraux, on traite majoritairement des substances minérales (p.ex. matériaux d'excavation/terre) contenant des polluants organiques. Pour ce faire, les matériaux d'excavation pollués sont placés dans un four rotatif directement ou indirectement chauffé. En raison des températures élevées et des conditions réductrices dans le four, les polluants organiques s'évaporent. La température nécessaire pour que ce phénomène se produise dépend du point d'ébullition des polluants présents dans le matériau. Les substances organiques sont ensuite détruites dans une chambre de postcombustion en étant exposées à des températures >950°C. La dépollution thermique des terres demande un lourd investissement technique. Elle génère en effet la libération d'un grand nombre de polluants. L'installation d'un système d'épuration des fumées très performant est donc nécessaire.

## Polluants

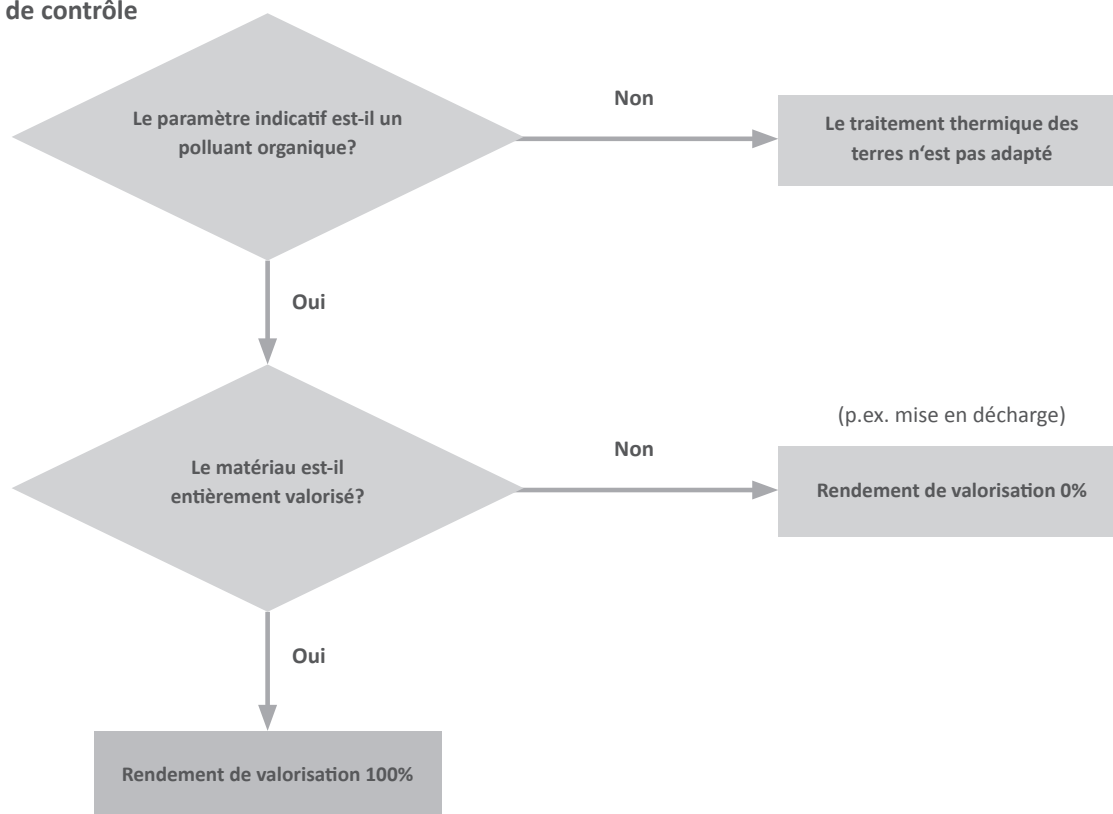
La dépollution thermique des terres permet généralement de séparer et de détruire presque complètement les polluants organiques. Ce procédé thermique s'applique aussi bien pour des substances organiques volatiles (p.ex. solvants, essence et BTEX) que pour des composés organiques non volatils (p.ex. huiles minérales, HAP, PCB,

dibenzodioxine et dibenzofurane). Les métaux lourds ne peuvent pas être détruits par un procédé thermique. Cependant, selon les températures de consignes choisies, certains métaux ou composés métalliques (p.ex. le mercure) peuvent être aspirés et séparés par le système d'épuration des fumées.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation dépend de la manière dont sont utilisés les matériaux après leur traitement thermique. Si leur teneur en métaux lourds est faible, ils peuvent être réutilisés. Le rendement de valorisation s'élève alors à 100%. Si la teneur en métaux lourds est trop élevée et qu'il est nécessaire de mettre le matériau traité en décharge, le rendement de valorisation est de 0%.

### Liste de contrôle



### Exemples

Matériau	Flux entrant Dépollution therm. des terres	Flux sortant Dépollution therm. des terres	Valorisation
Résidus Hydrocarbures = 30 000 ppm Cuivre = 100 ppm	100 t	100 t Hydrocarbures = 10 ppm Cuivre = 100 ppm	Couche de fondation lors de la construction de routes → Rendement de valorisation 100%
Résidus PCB = 250 ppm Chrome = 600 ppm	100 t	100 t PCB = 0,1 ppm Chrome = 600 ppm	Le matériau est mis en décharge → Rendement de valorisation 0%

#### Elimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation  
Edition avril 2015

# Tamisage à sec

## Description du procédé

La séparation à sec consiste à faire passer les matériaux sur un crible et à les diviser en deux ou en plusieurs fractions. Après la séparation au crible, les fractions grossières, contenant généralement moins de polluants que les fractions fines, peuvent être recyclées en tant que matériau de construction secondaire. Les fractions fines sont valorisées dans une cimenterie, mises en décharge ou soumises à d'autres traitements.

L'efficacité du tamisage à sec dépend en premier lieu de la teneur en eau du matériau à traiter. Le procédé est efficace seulement si le matériau est sec, composé de gros grains et capable de s'écouler. Lorsque la teneur en eau du matériau dépasse 5%, il n'est généralement plus possible d'effectuer une séparation satisfaisante en raison du risque de colmatage et de blocage de l'installation.

## Polluants

Le procédé convient à la fois aux polluants organiques (huiles minérales, HAP) et inorganiques (métaux lourds). Toutefois, les facteurs d'appauvrissement étant relativement faibles, seuls les matériaux contenant peu de polluants peuvent être traités selon ce procédé. Afin d'obtenir des produits répondant aux normes de qualité tolérée, il n'est possible de traiter que les matériaux dont la contamination correspond au maximum à trois fois la valeur tolérée.

Le tableau ci-après indique les taux de contamination de certains polluants pouvant être traités selon la méthode de tamisage à sec.

Paramètres	Valeur tolérée [mg/kg]	Contamination maximale pour un facteur d'appauvrissement de 3 [mg/kg]
Plomb, chrome, cuivre, nickel	250	750
Zinc	500	1500
Hydrocarbures	250	750
HAP	15	45
PCB	0,1	0,3

La séparation à sec est surtout indiquée pour les matériaux graveleux ayant une faible proportion de limon. La plus petite taille de grains restant après la séparation permet de définir la taille des fractions qu'une installation de tamisage à sec peut produire. Lorsque la teneur en eau est proche de 5% du poids du matériau, la plus petite fraction obtenue est de l'ordre de 32 mm. Si la teneur en eau est inférieure à 5%, il est possible de diviser le matériau jusqu'à obtenir une fraction de 16 mm. En général, il n'est pas possible d'utiliser des mailles plus petites.

## Rendement de valorisation

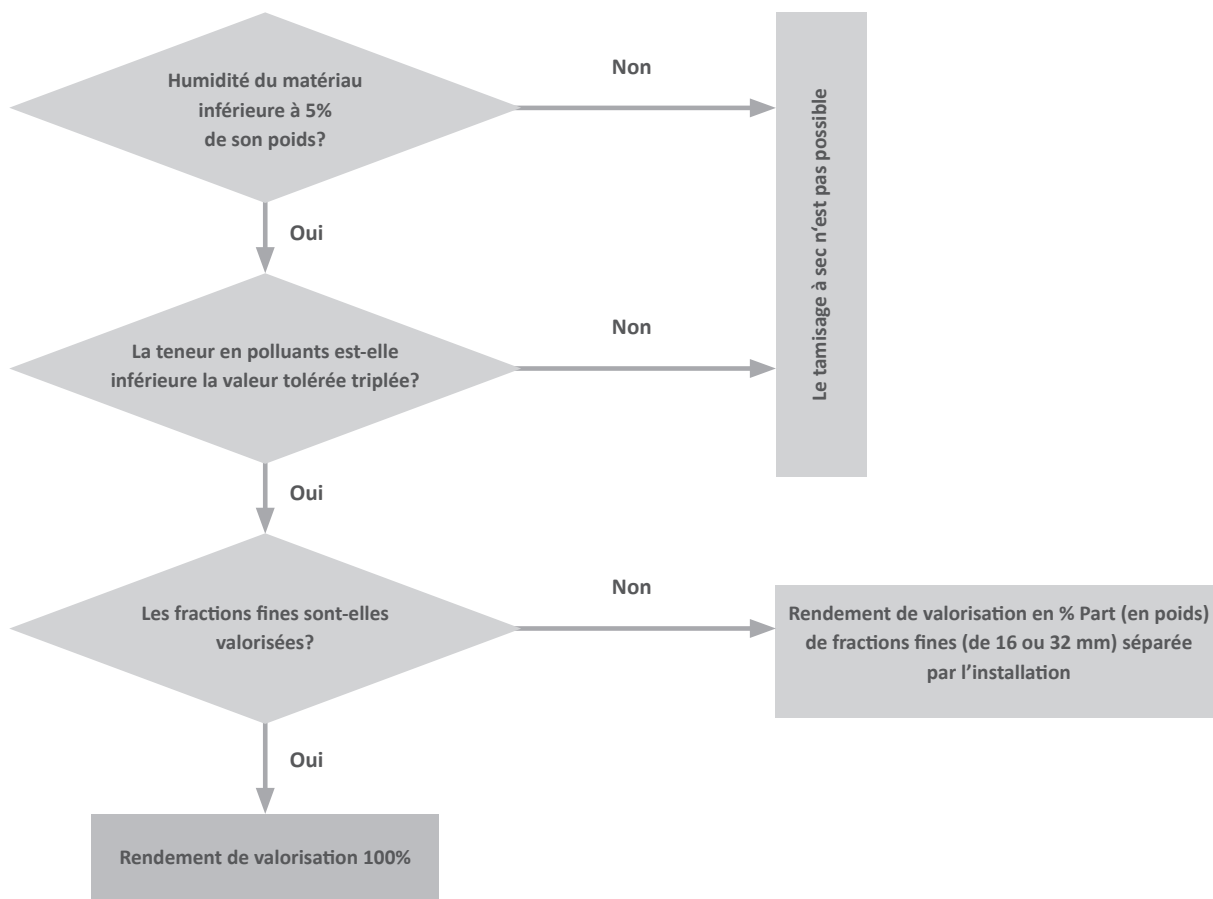
Si les fractions fines sont valorisées dans une cimenterie, par exemple, le rendement de valorisation s'élève à 100%. Si elles doivent être mises en décharge, l'efficacité se réduit proportionnellement à la part (en poids) de fractions concernée.

### Élimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation

Edition avril 2015

## Liste de contrôle



## Exemple

Matériau	Flux entrant Tamisage à sec	Flux sortant Tamisage à sec	Valorisation
Matériau toléré 60% <16 mm Teneur en eau 3% Zinc = 500 ppm	100 t	40 t >16 mm Zinc = 200 ppm 60 t <16 mm Zinc = 700 ppm	40 t pour la fabrication de béton 60 t mises en décharge contrôlée pour matériaux inertes → Rendement de valorisation 40%
Matériau toléré 80% <32 mm Teneur en eau 6% Zinc = 500 ppm	100 t	20 t >32 mm Zinc = 200 ppm 80 t <32 mm Zinc = 575 ppm	20 t pour la fabrication de béton 80 t mises en décharge contrôlée pour matériaux inertes → Rendement de valorisation 20%
Matériau toléré 3 (3x la valeur tolérée) Teneur en eau 10%	→ la teneur en eau est trop élevée pour réaliser un tamisage à sec.		

# Décharge souterraine

---

## Description du procédé

Les décharges souterraines sont généralement des espaces structurés situés dans d'anciennes mines de sel et servant à l'entreposage de déchets. Une mise en décharge contrôlée comprend un système de rapport détaillé, contenant une documentation complète du déchet à entreposer, sa composition et le lieu précis de stockage afin de permettre une éventuelle récupération si nécessaire. Les déchets doivent être entreposés dans des containers ou des big bags.

## Polluants

Il s'agit de respecter les exigences fixées pour chaque décharge souterraine, compétente en matière de gestion des déchets. Il est interdit d'y stocker des déchets pouvant potentiellement relâcher des gaz.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation s'élève à 0%. Les polluants ne sont ni retirés ni éliminés des déchets de chantier pollués.

# Incinération en cimenterie

---

## Description du procédé

Pour avoir recours à cette méthode, la cimenterie doit disposer d'un système d'épuration des fumées adapté à l'incinération de substances organiques.

Après avoir été préparé de manière adéquate (concassage, broyage), le matériau d'excavation est placé dans le four rotatif de la cimenterie et est cuit à une température de 1500°C pour former du clinker. Les polluants organiques s'oxydent entièrement au cours du processus d'incinération. Les polluants inorganiques peu volatiles (métaux lourds) sont piégés de manière insoluble dans le clinker.

## Polluants

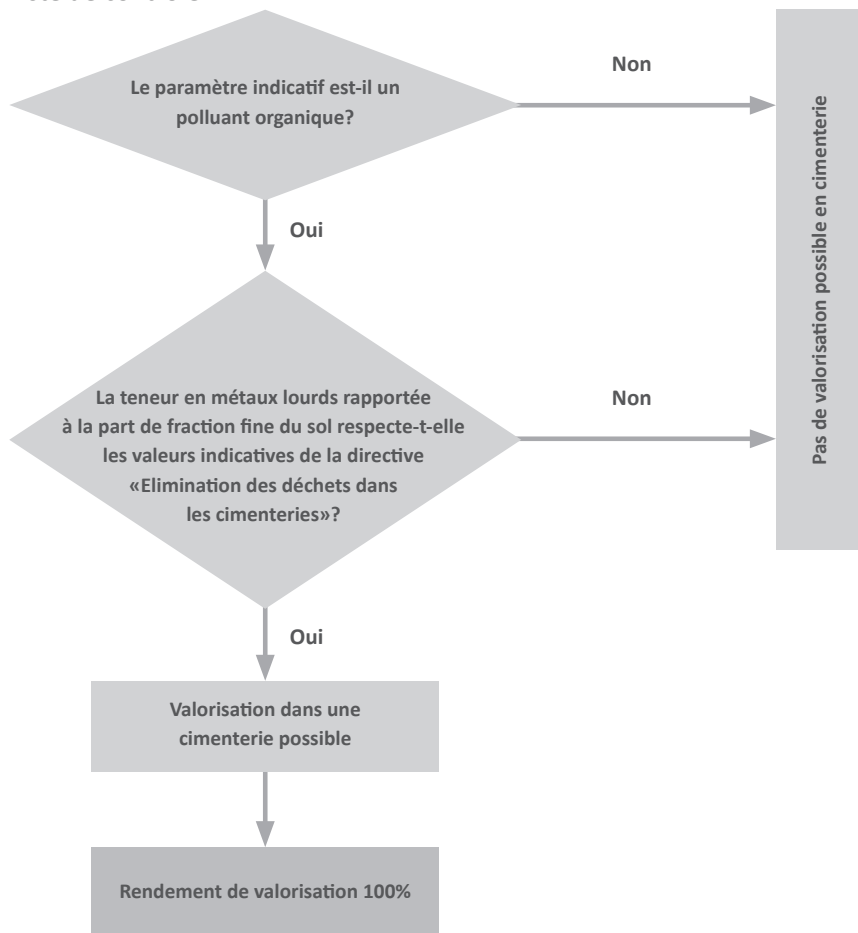
Seuls des polluants organiques peuvent être détruits dans le four rotatif d'une cimenterie. C'est pourquoi seuls les matériaux contaminés par un polluant organique peuvent être valorisés en tant que substitut au cru dans les cimenteries.

Les métaux lourds extraits des déchets sont piégés dans le clinker dans le four de la cimenterie. Afin que la transformation en clinker ne provoque aucun enrichissement des métaux lourds, les valeurs indicatives de la liste positive B de la directive OFEFP «Élimination des déchets dans les cimenteries» doivent être respectées. Ce faisant, la teneur en métaux lourds doit être rapportée à la fraction fine du matériau.

## Rendement de valorisation

Le rendement de valorisation atteignable s'élève à 100% pour les matériaux admis.

## Liste de contrôle



## Exemple

Matériel	Paramètre indicatif	Teneur en métaux lourds rapp. à la quantité de fraction fine	Valorisation autorisée en cimenterie?
Matériau toléré HAP = 10 ppm Fraction fine = 30%	HAP		Oui → Rendement de valorisation 100%
Matériau toléré HC = 200 ppm Chrome = 200 ppm Fraction fine = 50%	Hydrocarbures	Teneur significative en chrome: 200/0,5 = 400 ppm Valeur indicative Directive OFEFP: 500 ppm Cr	Oui → Rendement de valorisation 100%
Matériaux inertes PCB = 0,8 ppm Plomb = 200 ppm Fraction fine = 40%	PCB	Teneur significative en plomb: 200/0,4 = 500 ppm Valeur indicative Directive OFEFP: 500 ppm Pb	Oui → Rendement de valorisation 100%
Matériau toléré Plomb = 200 ppm Fraction fine = 40%	Plomb	Teneur significative en plomb: 200/0,4 = 500 ppm Valeur indicative Directive OFEFP: 500 ppm Pb	Non, étant donné que le paramètre indicatif n'est pas organique.

### Elimination des déchets de chantier pollués dans des installations (ex situ)

Descriptif des procédés de traitement et de leur efficacité en matière de valorisation  
Edition avril 2015