

# MATÉRIAUX GÉOLOGIQUES NATURELS EXCAVÉS EN TRAVAUX SOUTERRAINS

*Spécificités, scénarios de gestion et rôle des acteurs*



En collaboration avec le  Cerema

Mai 2016

Centre d'Études des Tunnels

[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)

## AVERTISSEMENT

Les documents d'information ont pour but de fournir une information sur une technique ou un problème nouveau ou insuffisamment traité par ailleurs. Le lecteur pourra y trouver des repères susceptibles de l'aider dans son activité. Le contenu et les éventuelles conclusions présentés ne doivent pas être considérés comme des recommandations du CETU. Bien que le maximum soit fait pour s'assurer de la fiabilité des sources utilisées, la responsabilité du CETU ou des auteurs du document ne saurait être engagée.

*Matériaux géologiques naturels excavés  
en travaux souterrains  
Spécificités, scénarios de gestion et rôle des acteurs*

**Mai 2016**

**Centre d'Études des Tunnels**

25, avenue François Mitterrand

Case n° 1

69674 BRON cedex - FRANCE

Tél. 33 (0)4 72 14 34 00

Fax. 33 (0)4 72 14 34 30

[cetu@developpement-durable.gouv.fr](mailto:cetu@developpement-durable.gouv.fr)

[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>6</b>
<b>2 SPÉCIFICITÉS DES MATÉRIAUX EXCAVÉS EN TRAVAUX SOUTERRAINS</b>	<b>7</b>
2.1 Influence du contexte géologique	7
2.2 Influence de la méthode de creusement	7
<b>3 SCÉNARIOS DE GESTION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS</b>	<b>10</b>
3.1 Définition des scénarios	10
3.1.1 Scénario 1 : le maître d'ouvrage utilise les matériaux excavés dans le cadre de son chantier	10
3.1.2 Scénario 2 : Le maître d'ouvrage utilise les matériaux excavés dans le cadre d'un chantier relevant de la même opération dont il assure la maîtrise d'ouvrage	12
3.1.3 Scénario 3 : Le maître d'ouvrage n'a pas l'utilité des matériaux excavés dans le cadre de son opération	14
3.2 Choix du (ou des) scénario(s)	15
<b>4 PRINCIPAUX USAGES DES MATÉRIAUX EXCAVÉS ET FILIÈRES</b>	<b>17</b>
4.1 Principaux usages	17
4.2 Filières de gestion des matériaux	19
<b>5 RÔLE DES ACTEURS</b>	<b>22</b>
5.1 Études de définition	22
5.2 Études de conception	24
5.3 Travaux	25
<b>6 SYNTHÈSE</b>	<b>27</b>

# PRÉAMBULE

Ce document d'information s'adresse aux maîtres d'ouvrage afin de les aider à mettre en place une démarche de gestion des MATériaux géologiques naturels EXcavés (MATEX) lors de travaux souterrains (par exemple lors du creusement d'un tunnel ou d'une galerie technique, de la construction d'une tranchée couverte, d'une gare souterraine), depuis les premières phases d'études (études de définition<sup>1</sup>) jusqu'à la phase de travaux. Ce document rappelle les responsabilités du maître d'ouvrage. Les scénarios de gestion des matériaux proposés dans ce document tiennent compte de la réglementation en vigueur, des orientations des différents documents de planification, ainsi que des engagements volontaires des professionnels.

Les objectifs visent à préserver les ressources naturelles, diminuer les impacts liés au transport par des utilisations de proximité et proposer des solutions en matière de réemploi et de valorisation des matériaux excavés<sup>2</sup>.

Ce document aborde les points suivants :

- les spécificités des matériaux excavés selon la nature géologique des terrains rencontrés et la méthode de creusement utilisée ;
- les scénarios de gestion des matériaux excavés, décrits et analysés en regard des responsabilités de chacun des acteurs et des procédures administratives ;
- les principaux usages et filières en fonction de la nature des matériaux excavés ;
- le rôle des acteurs tout au long des projets (qu'ils soient routiers ou ferroviaires).

Le présent document ne traite pas de l'impact des matériaux excavés sur les éventuels risques liés à la sécurité et à la protection de la santé des travailleurs. De même, les terres identifiées comme polluées ne rentrent pas dans les préconisations du présent document d'information.

1. Cf. chapitre 5.1.

2. Par souci de simplification, dans la suite du document, on appellera matériaux excavés (MATEX) les matériaux géologiques naturels excavés lors du creusement des ouvrages souterrains.

# INTRODUCTION

Les futurs grands projets d'infrastructures de transport présentent des linéaires importants d'ouvrages et d'aménagements souterrains comme les tunnels, les tranchées couvertes, les gares souterraines, les cavités et les réseaux techniques. Le passage en souterrain permet de s'affranchir de la topographie, de préserver le cadre de vie en surface, d'assurer la continuité des trames verte et bleue et, lorsque l'espace est contraint, notamment en milieu urbain, d'offrir une alternative et de restituer la surface à d'autres usages.

Ces projets d'ouvrages et d'aménagements présentent ainsi de forts enjeux de territoire et de mobilité. Ils génèrent aussi des volumes importants de matériaux excavés. Les estimations des volumes correspondants sur quelques grands projets actuellement à l'étude sont les suivantes :

- **le Grand Paris Express** : 205 km de ligne de métro et 69 gares dont la majorité est souterraine entraînant 20 millions de m<sup>3</sup> de matériaux excavés ;
- **la ligne ferroviaire Lyon-Turin** : 16 millions de m<sup>3</sup> générés par le creusement du tunnel de base (57 km de longueur) et 19 millions de m<sup>3</sup> pour les ouvrages souterrains de la partie française entre Lyon et Modane (86 km de longueur cumulée) ;
- **la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur** incluant le projet de gare souterraine à Marseille : certaines variantes présentent plus de 60 km de tunnels sur environ 180 km long, soit un tiers du linéaire enterré pour environ 15 millions de m<sup>3</sup> ;
- **la Gare souterraine de Lyon Part-Dieu** : 600 000 m<sup>3</sup> de déblais hors tunnels d'accès.

Les volumes de matériaux excavés sur ces projets n'ont plus rien de commun avec ceux que l'on a pu être amené à manipuler par le passé et ne permettent plus d'assurer l'équilibre entre déblais et remblais. De plus, le caractère urbain de certains projets restreint encore cette opportunité.

L'utilisation des matériaux excavés lors du creusement des ouvrages et des aménagements souterrains permet de préserver les ressources, de diminuer les impacts liés aux transports par des utilisations de proximité, et de proposer des solutions alternatives.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, qui complète notamment l'article L. 110-1-1 du code de l'environnement de la façon suivante : « La transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le réemploi des produits, et, suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une réutilisation, à un recyclage ou, à défaut, à une valorisation des déchets. »

Il est de la responsabilité des maîtres d'ouvrage de travaux souterrains de gérer les matériaux excavés, conformément à la réglementation, notamment le code de l'environnement [1] et ses parties relatives aux déchets, ICPE<sup>3</sup> et IOTA<sup>4</sup>, ainsi que le code de l'urbanisme [2]. Pour cela, il est dans l'intérêt et du ressort des maîtres d'ouvrage de définir une politique de gestion des matériaux excavés et de formaliser leurs exigences en termes de réemploi et de valorisation de ces matériaux.

Afin de les aider en ce sens, une démarche de gestion des matériaux excavés est proposée dans ce document, depuis les phases d'études de définition du projet jusqu'à la fin des travaux. Elle intègre la progressivité du niveau de connaissance sur la nature des matériaux pendant le déroulé des études [4], ainsi que les contraintes liées à l'organisation du chantier. Cette démarche considère également les données sur le tissu économique local à travers l'identification d'usages et la définition de filières appropriées pour les matériaux excavés.

Les maîtres d'ouvrage doivent aborder également la gestion des matériaux excavés sous l'angle économique, en prenant en compte le prix du marché local des granulats. Ainsi, le niveau de prix du marché local des granulats et les coûts de transport et de stockage définitif sont des éléments déterminants pour évaluer la pertinence des scénarios de gestion des matériaux excavés.

3. Installations classées pour la protection de l'environnement.

4. Installations, ouvrages, travaux et activités.

# SPÉCIFICITÉS DES MATÉRIAUX EXCAVÉS EN TRAVAUX SOUTERRAINS

La nature et les caractéristiques des matériaux excavés lors de travaux souterrains varient bien sûr en fonction du contexte géologique, mais aussi de la méthode d'excavation employée. Ces éléments ont une incidence directe sur les possibilités d'utilisation ultérieure des matériaux excavés.

Afin d'estimer les volumes de matériaux à gérer, d'identifier leur nature et d'évaluer leurs caractéristiques prévisionnelles lors du creusement, un diagnostic doit être réalisé par le maître d'ouvrage dès les études de définition du projet et approfondi ensuite au stade des études de conception (voir chapitre 5).

## 2.1 INFLUENCE DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La nature, les propriétés mécaniques et les caractéristiques physico-chimiques des horizons géologiques traversés constituent un paramètre de base pour la définition des scénarios de gestion des matériaux excavés.

Le diagnostic est établi à partir des données bibliographiques (par exemple : carte géologique, base de données InfoTerre<sup>5</sup>, sondages antérieurs relatifs à des ouvrages réalisés à proximité) et des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques réalisées dans le cadre du projet (levés géologiques de terrain, sondages, etc.).

Certains types de matériaux peuvent entraîner des difficultés (voire une impossibilité) d'utilisation sur chantier de travaux publics, notamment en présence d'amiante, de schiste carbonifère, de gypse ou d'anhydrite (sachant que gypse et anhydrite sont des minéraux industriels utilisables par ailleurs).

Des contaminations (sols pollués) liées à une activité anthropique peuvent également être rencontrées au sein des couches de surface. Les terres identifiées polluées suite à ces investigations, ne rentrent pas dans les préconisations du présent document d'information.

Dans le cas d'un site susceptible d'être pollué, une étude spécifique des sols sera réalisée conformément aux préconisations de la note ministérielle du 8 février 2007 et ses annexes<sup>6</sup> [5] [6]. Une étude historique et un diagnostic du site permettront d'identifier et localiser les pollutions, de connaître l'impact des polluants sur l'environnement et la santé humaine et de mettre en place un plan de gestion des matériaux pollués (proposition de mesures de prévention et/ou de gestion des sols, réalisation du bilan coûts/avantages et choix des mesures de gestion).

## 2.2 INFLUENCE DE LA MÉTHODE DE CREUSEMENT

La méthode de creusement peut également modifier le potentiel de valorisation des matériaux excavés. Elle peut conduire à conditionner l'utilisation de ces matériaux à un traitement susceptible d'en modifier le rapport coût/bénéfice, aussi bien sur le plan économique qu'environnemental.

Les méthodes de creusement sont usuellement regroupées en deux catégories :

- le creusement dit «mécanisé» (tunnelier roche dure à gripeurs, tunnelier ouvert à voussoirs, tunnelier à pression de terre, tunnelier à pression de boue, etc.);
- la méthode conventionnelle (abattage à l'explosif et/ou à la machine à attaque ponctuelle).

Le choix de la méthode dépend de la nature géologique du terrain rencontré. Le tableau 1 illustre schématiquement le domaine d'application des différentes méthodes de creusement.

Ce choix dépend également de la longueur de l'ouvrage à construire. En effet, un tunnelier sera généralement justifié économiquement sur des ouvrages longs (plus de 3000 m) alors que la méthode conventionnelle restera généralement plus compétitive pour les ouvrages courts (moins de 1000 m), les deux solutions étant concurrentes dans l'intervalle de 1000 à 3000 m. Pour certains projets, plusieurs modes de creusement peuvent être mis en œuvre simultanément sur le linéaire.

5. <http://infoterre.brgm.fr/>

6. Des informations sont disponibles sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

	Terrains meubles				Terrains rocheux	
	Graves	Sables	Limons	Argiles	Tendres	Dures
Méthodes conventionnelles	Attaque ponctuelle avec traitements spéciaux				Attaque ponctuelle	
					Explosif	
Méthodes mécanisées					Tunnelier à grippeurs	
					Tunnelier ouvert à voussoirs	
	Tunnelier à pression boue		Tunnelier à pression terre			

Tableau 1 : Domaines d'application schématique des principales méthodes de creusement – source : CETU

Dans le cas d'un creusement mécanisé, selon le type de tunnelier employé et ses caractéristiques techniques (conception de la roue de coupe et disposition des mollettes), la forme et la taille des agrégats obtenus peuvent varier, mais ils présenteront une taille plus petite et une forme plus aplatie que ceux obtenus en creusement par méthode conventionnelle.

Le tunnelier à grippeurs (ou tunnelier « roche dure ») est utilisé dans les massifs rocheux présentant de bonnes caractéristiques mécaniques. La granulométrie obtenue est généralement inférieure à 150 mm. Aucun additif de forage n'est utilisé. La forme des granulats est plus aplatie que celle obtenue à l'explosif.

Les matériaux excavés dans le cadre du creusement au tunnelier à pression de terre sont principalement des argiles, des limons et des sables, avec éventuellement des blocs décimétriques. Ces matériaux sont secs à saturés en eau. Ils peuvent contenir des mousses et des polymères injectés dans la chambre d'abattage lors de l'excavation. La granulométrie obtenue en sortie de tunnelier est généralement inférieure à 40 mm.

Au tunnelier à pression de boue, les matériaux excavés sont principalement des limons, des sables et des graves. Ces matériaux peuvent contenir des traces de bentonite (argile) injectée au front de taille et récupérée dans la centrale de traitement des

boues (cf. figure 1). La teneur en eau des matériaux excavés est variable. La présence d'un concasseur dans la chambre d'abattage limite la granulométrie des matériaux excavés. Elle est généralement inférieure à 100 mm.

Les déblais issus d'un creusement à la machine à attaque ponctuelle sont de natures très diverses (sols fins, sols grenus et/ou blocs pluri-décimétriques). La taille des plus gros blocs sera conditionnée par l'outil d'excavation utilisé. Ces matériaux pourront être secs à saturés en eau. Ils ne contiendront pas d'additif.

Dans le cas d'un creusement à l'explosif, la granulométrie obtenue est en général inférieure à 600 mm et dépend du maillage du plan de tir. Des résidus d'imbrûlés et d'autres substances chimiques (notamment des nitrates) peuvent être présents dans les matériaux excavés [7]. Les granulats peuvent également présenter une importante microfissuration.

Selon les modalités de creusement retenues et la nature des additifs utilisés, il conviendra d'évaluer l'impact desdits additifs sur l'utilisation ultérieure des matériaux excavés. Il convient de souligner que des traitements permettent de faciliter cette utilisation ultérieure, comme la séparation de la boue bentonitique du matériau granulaire.



## SCÉNARIOS DE GESTION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS

Suite au diagnostic évoqué au chapitre 2, trois scénarios de gestion des matériaux peuvent être distingués :

1. le chantier est déficitaire en matériau, les matériaux excavés sont utilisés sur le site d'extraction si leurs caractéristiques le permettent ;
2. les matériaux excavés sont utilisés dans le cadre d'un chantier de la même opération<sup>7</sup>, cette opération relevant d'un seul maître d'ouvrage ;
3. le maître d'ouvrage n'a pas l'utilité des matériaux excavés.

Le maître d'ouvrage pourra avoir recours à une combinaison de ces scénarios en fonction des propriétés des matériaux,

des besoins et usages. Des traitements peuvent permettre de modifier les caractéristiques des matériaux pour répondre à des prescriptions d'usage (par exemple, la portance peut être améliorée par l'ajout de liant hydraulique).

Dans les paragraphes suivants, chaque scénario est détaillé, notamment au niveau :

- de la responsabilité du maître d'ouvrage pour la gestion des matériaux excavés ;
- des procédures administratives vis-à-vis des modes de traitement des matériaux ;
- des usages.

### 3.1 DÉFINITION DES SCÉNARIOS

#### 3.1.1 Scénario 1 : le maître d'ouvrage utilise les matériaux excavés dans le cadre de son chantier

La figure 2 détaille les mouvements des matériaux depuis leur extraction jusqu'à leur utilisation sur le chantier.

Pour réaliser l'aménagement souterrain et ses abords, le maître d'ouvrage a besoin de matériaux ayant des caractéristiques spécifiques pour un usage prédéfini. Une partie des matériaux excavés peut être utilisée à cette fin.

Dans ce cas, les matériaux excavés des travaux souterrains et utilisés sur l'emprise du chantier ne sont pas considérés comme des déchets<sup>8</sup>. En cas de changement de maîtrise d'ouvrage en cours d'opération, le nouveau maître d'ouvrage reprend à son compte l'ensemble des prérogatives et des responsabilités incombant au précédent maître d'ouvrage.

Les éventuels traitements des matériaux seront réalisés sur le site même de leur extraction ou sur un site dédié connexe ou non aux emprises du chantier. Ils pourront être précédés ou suivis d'un stockage temporaire.

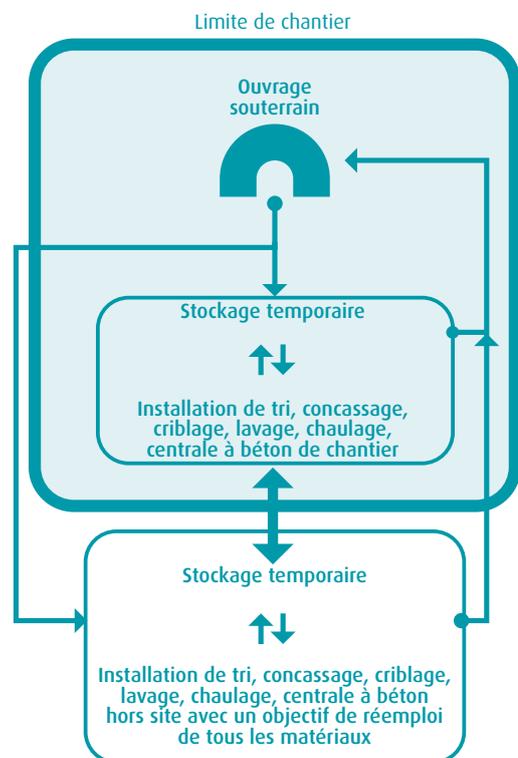


Figure 2 : Mouvements de matériaux pour une utilisation sur le même chantier

7. On entend par opération l'ensemble des travaux faisant l'objet même déclaration d'utilité publique.

8. L'article L.541-1-1 du code de l'environnement définit comme déchet « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ».

## Traitement sur le chantier

Dans ce cas, les matériaux sont traités et utilisés sur le chantier de leur extraction. Le maître d'ouvrage des travaux peut être l'exploitant des activités de traitement ou l'exploitation des dites activités pourra être confiée à un tiers.

L'exploitant devra déposer, auprès des services de la Préfecture, en fonction des seuils définis dans les rubriques ICPE ou IOTA, les dossiers administratifs liés aux activités. Le contenu des dossiers devra être conforme à la réglementation en vigueur au moment du dépôt. Suite à l'instruction des dossiers, un récépissé de déclaration ou un arrêté préfectoral indiquant les conditions d'admission des matériaux sera délivré par le Préfet. L'élaboration et le dépôt du dossier au titre des ICPE ou IOTA, doivent être anticipés en tenant compte du délai d'instruction selon qu'il relève du régime de l'autorisation, de l'enregistrement (dans le cas des ICPE uniquement) ou de la déclaration.

### Délais d'instruction des dossiers administratifs (ICPE et IOTA) :

- dossier d'autorisation au titre des ICPE : l'ensemble de la procédure d'instruction prend en moyenne 10 à 12 mois entre la date de dépôt d'un dossier jugé complet et régulier et la date de signature de l'arrêté préfectoral (articles R. 512-13 à R. 512-26 du code de l'environnement) ;
- dossier d'enregistrement au titre des ICPE : 5 mois maximum à compter de la réception du dossier complet et régulier. Le préfet peut prolonger ce délai de 2 mois, par arrêté motivé (article R. 512-46-18 du code de l'environnement) ;
- dossier de déclaration au titre des ICPE : 1 à 2 mois (articles R. 512-51 à R. 512-52 du code de l'environnement) ;
- dossier d'autorisation au titre des IOTA : de 12 mois (articles R. 214-9 à R. 214-9 du code de l'environnement) et jusqu'à 23 mois ;
- dossier de déclaration au titre des IOTA : délai de 2 mois maximum si le dossier est complet et régulier (articles R. 214-32 à R. 214-40 du code de l'environnement).

À noter que les lieux d'exploitation et de transit devront également être compatibles avec les documents d'urbanisme.

Pour les installations de transit dans lesquelles les matériaux sont en attente de traitement, une déclaration préalable ou un permis d'aménager sera déposé à la mairie en fonction de la surface et hauteur de dépôt définis aux articles R. 421-18 à 421-23 du code de l'urbanisme [2].

### Seuils régissant les exhaussements de sol selon le code de l'urbanisme :

- Les seuils pour réaliser un permis d'aménager pour des exhaussements de sol sont :
  - une superficie  $\geq 2$  hectares et une hauteur  $> 2$  mètres (article R. 421-19 k du code de l'urbanisme) ;
  - une surface  $\geq 100$  m<sup>2</sup> et une hauteur  $> 2$  mètres dans le cas d'installation mise en place dans un secteur sauvegardé, un site classé (ou en instance de classement) ou une réserve naturelle (article R. 421-20 a3 du code de l'urbanisme).
- Les seuils pour réaliser une déclaration préalable dans le cas d'exhaussement de sol sont :
  - $100 \text{ m}^2 \leq \text{surface} < 2$  hectares et hauteur  $> 2$  mètres (article R. 421-23 f du code de l'urbanisme).

Conformément à l'article 2 de l'arrêté du 12 décembre 2014<sup>9</sup>, les stockages temporaires ne sont pas des installations de stockage définitif si la durée de stockage est inférieure à 3 ans avant valorisation des matériaux ou 1 an avant élimination finale. Les deux types de stockage (temporaire et définitif) relèvent de deux rubriques ICPE distinctes.

Si l'exploitant de l'installation de transit n'est pas le propriétaire du terrain, un document contractuel sera établi avec le propriétaire du site en précisant notamment la durée maximale de stockage, la destination ultérieure des matériaux et les conditions de réaménagement du site en fin de chantier.

### Traitement sur un site dédié

Dans ce cas, les matériaux excavés sont traités sur un site dédié connexe ou non aux emprises du chantier. Ils sont ensuite ramenés et utilisés sur le même chantier.

Un tiers (par exemple un exploitant de carrière située à proximité), peut réaliser les opérations de traitement (broyage, concassage, tri, etc.) pour le compte du maître d'ouvrage. Dans ce cas, il peut être considéré que le maître d'ouvrage n'a pas l'intention de se défaire des matériaux car il en récupère la totalité sur son chantier. Un document contractuel entre le maître d'ouvrage et le tiers sera établi afin que le maître d'ouvrage puisse s'assurer que :

- les matériaux entrants et sortants des installations de traitement respectent les conditions fixées par les arrêtés préfectoraux ;
- les matériaux restitués après traitement respecteront les exigences demandées pour les usages identifiés ;
- les matériaux issus des travaux souterrains ne seront pas mélangés avec d'autres matériaux des installations.

9. Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations du régime de l'enregistrement relevant de la rubrique n° 2760 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le tiers et le maître d'ouvrage élaboreront des procédures de traçabilité des matériaux avec un suivi et des contrôles. Dans ce cas, les matériaux excavés ne prennent pas le statut de déchet. Cependant, tout résidu éventuel du traitement ou

tout matériau qui ne retournerait pas sur le chantier prend le statut de déchet (cf. scénario 3).

#### Le cas particulier des terres amiantifères

Si les travaux génèrent des terres amiantifères, leur gestion doit être intégrée dès la phase de conception du projet. Le guide de l'INRS [8] recommande, si les caractéristiques mécaniques le permettent, d'utiliser les matériaux sur site dans les remblais; les matériaux sont recouverts avec un matériau terreux sur une épaisseur de 50 cm au minimum qui sera végétalisée. Un grillage avertisseur pourra être mis en place entre le matériau contenant de l'amiante et la terre végétale. La figure ci-dessous présente un exemple de mise en remblai de matériau amiantifère.

Si les matériaux ne répondent pas aux critères mécaniques demandés, ils pourront être dirigés vers une installation de stockage de déchets non dangereux.

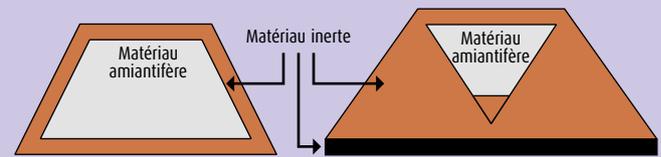


Figure 3 : Exemple de mise en remblai de matériaux amiantifères – source : guide INRS, 2013 [8]

### 3.1.2 Scénario 2 : Le maître d'ouvrage utilise les matériaux excavés dans le cadre d'un chantier relevant de la même opération dont il assure la maîtrise d'ouvrage

Dans ce cas, les matériaux sont utilisés sur un autre chantier de la même opération, déficitaire en matériaux. Les matériaux excavés sont traités sur une plateforme sur chantier ou hors chantier avant d'être utilisés.

La figure 4 détaille les mouvements de matériaux depuis leur extraction jusqu'à leur utilisation.

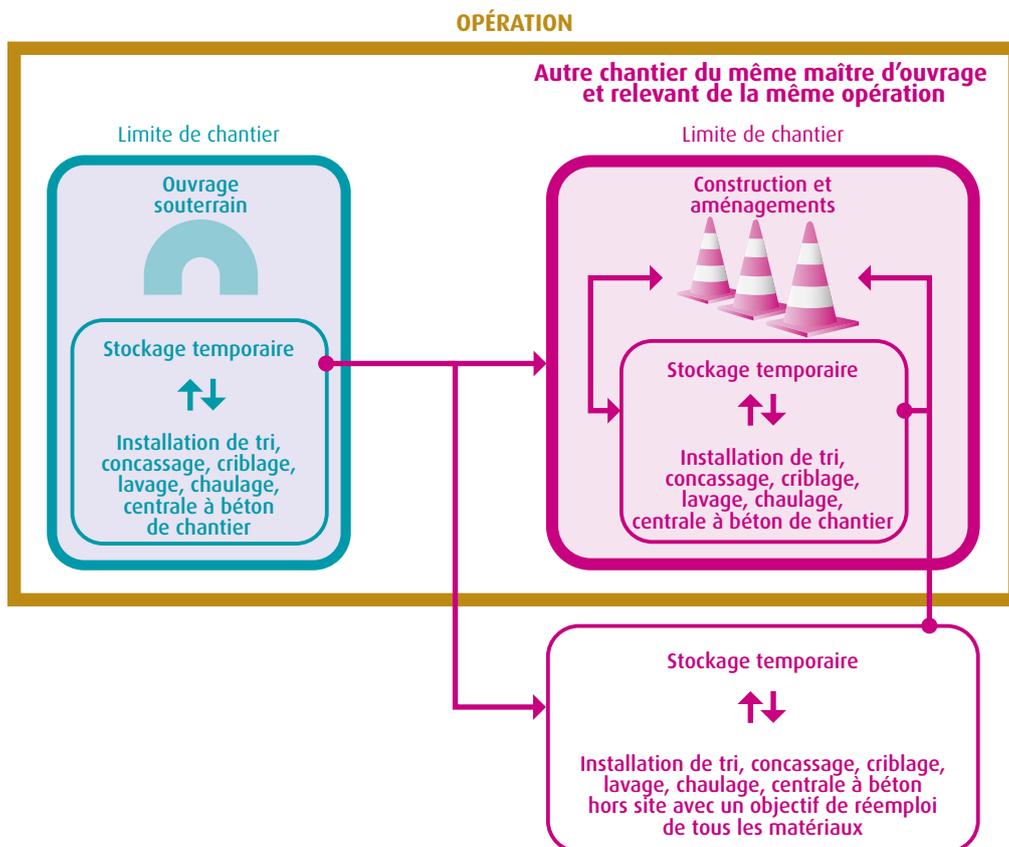


Figure 4 : Mouvements de matériaux pour une utilisation sur un chantier appartenant au même maître d'ouvrage des travaux souterrains, et relevant de la même opération

En cas de traitement sur un site dédié, un document contractuel sera établi entre le maître d'ouvrage et le tiers en charge du traitement du matériau, afin de s'assurer notamment de la traçabilité des matériaux.

Le maître d'ouvrage devra prendre les mêmes prescriptions que pour le scénario 1.

Il devra s'assurer que :

- les matériaux entrants et sortants des installations de traitement respectent les conditions fixées par les arrêtés préfectoraux ;
- les matériaux restitués après traitement respecteront les exigences demandées pour les usages identifiés ;
- les matériaux issus des travaux souterrains ne seront pas mélangés avec d'autres matériaux des installations.

Dans ce cas, les matériaux excavés ne prennent pas le statut de déchet.

#### **Notion de sous-produit**

L'article L. 541-4-2 du code de l'environnement définit la notion de sous-produit : « Une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet ne peut être considéré comme un sous-produit et non comme un déchet au sens de l'article L. 541-1-1 que si l'ensemble des conditions suivantes est rempli :

- l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ;
- la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ;
- la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ;
- la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé, prévues pour l'utilisation ultérieure ;
- la substance ou l'objet n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine.

Les opérations de traitement de déchets ne constituent pas un processus de production au sens du présent article. »

La notion de sous-produit est précisée dans la communication de la Commission européenne n° 2007/59 du 21 février 2007 relative à la communication interprétative sur la notion de déchet et de sous-produit [32].

### 3.1.3 Scénario 3 : Le maître d'ouvrage n'a pas l'utilité des matériaux excavés dans le cadre de son opération

La figure 5 détaille les mouvements de matériaux depuis leur extraction jusqu'à leur valorisation ou leur élimination.

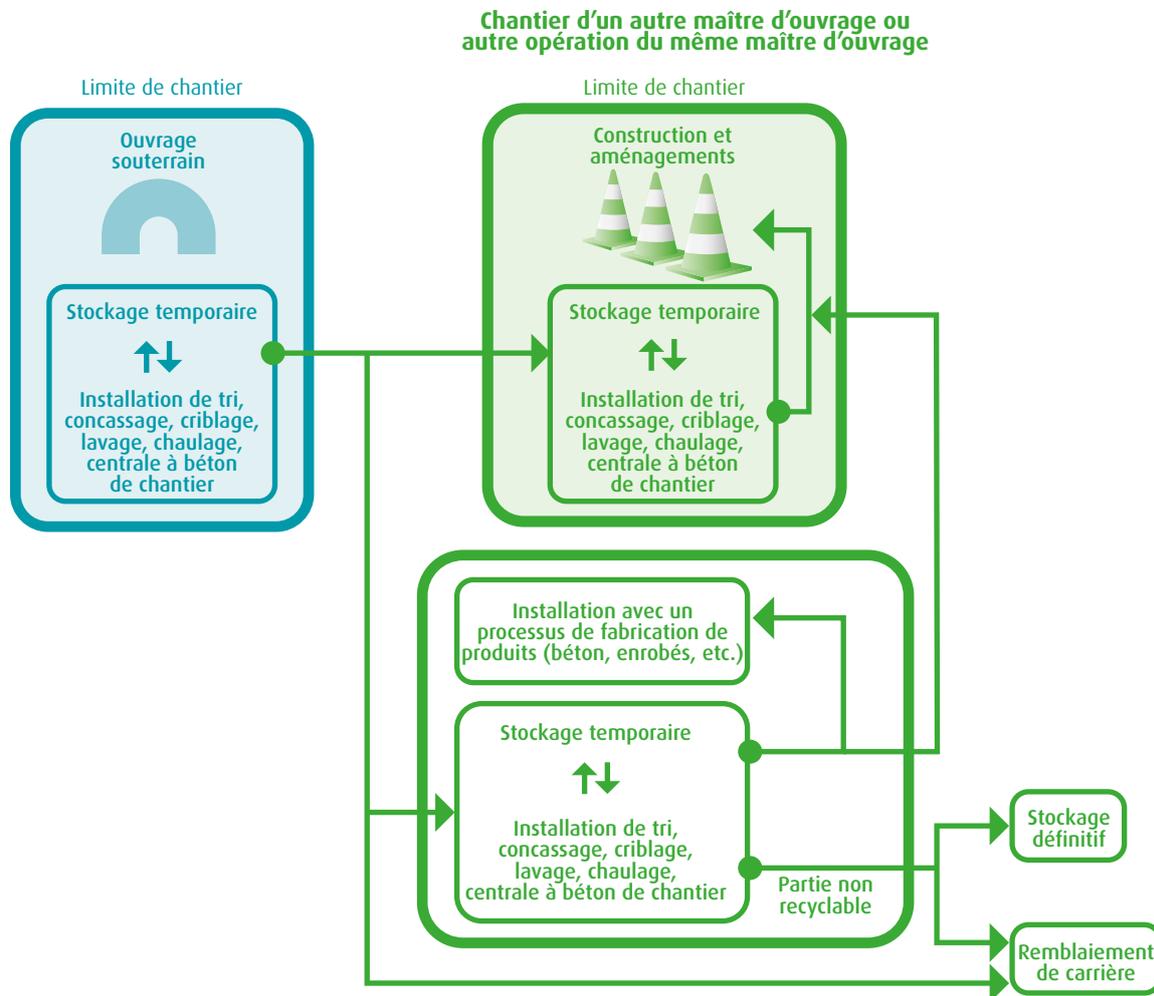


Figure 5 : Mouvements de matériaux dans le cas où le maître d'ouvrage des travaux souterrains se défait des matériaux

Le maître d'ouvrage des travaux souterrains se défait des matériaux, qui prennent ainsi le statut de déchets. Le maître d'ouvrage garde la responsabilité (art. L.541-2 du code de l'environnement) de ces matériaux jusqu'à leur élimination ou leur valorisation finale sauf si les matériaux sortent d'une ICPE ou d'une IOTA dans les conditions fixées par l'arrêté de sortie de statut de déchets (art. L.541-4.3 du code de l'environnement).

Le maître d'ouvrage doit s'assurer que le matériau est conforme aux conditions d'admission dans les installations de transit (stockage temporaire), de valorisation et d'élimination, et que la traçabilité est maintenue. Le maître d'ouvrage doit notamment remplir et récupérer les bordereaux de suivi des déchets.

## 3.2 CHOIX DU (OU DES) SCÉNARIO(S)

Le choix du (ou des) scénario(s) de gestion dépendra des caractéristiques et des possibilités de traitement des matériaux excavés. Il dépendra aussi des conditions d'admission dans les installations et des usages envisagés. Pour les ICPE et les IOTA, les conditions d'admission sont indiquées dans la réglementation et les arrêtés préfectoraux correspondants.

Afin de respecter la hiérarchisation des modes de traitement (article L. 541-1 du code de l'environnement), le maître d'ouvrage privilégiera les mesures de prévention en matière de production de déchets et l'utilisation des matériaux excavés sur ses chantiers (scénarios 1 et 2), puis la valorisation des déchets par d'autres usages, et enfin, si aucune solution de valorisation n'est possible, il s'orientera vers les filières d'élimination. Il s'appuiera également sur les orientations définies dans les documents de planification (par exemple, le schéma régional des carrières et le plan régional de prévention et de gestion des déchets).

Toujours conformément à l'article L. 541-1 du code de l'environnement, le maître d'ouvrage veillera à organiser le transport des déchets en le limitant en distance et en volume.

Le choix du (ou des) scénario(s) peut également être guidé par une analyse plus détaillée dont les principaux aspects sont déclinés dans les recommandations du groupe de travail n° 35 de l'Association française des tunnels et de l'espace souterrain (AFTES) [4], ainsi que par une analyse de cycle de vie (ACV) de l'ouvrage dont certains volets seront décrits dans les recommandations du groupe de travail n° 41 de l'AFTES [10] à paraître.

Les différents scénarios seront étudiés en prenant en compte :

- les traitements des matériaux (par exemple, concassage, chaulage) ;
- les études complémentaires à réaliser (par exemple, les analyses physico-chimiques sur les matériaux) ;
- les transports entre chaque installation de transit et traitement ;
- les acquisitions foncières (par exemple pour le stockage temporaire des matériaux) ;
- l'économie de ressources liée au réemploi des matériaux excavés et à leur valorisation.

La figure 6 synthétise les 3 scénarios de gestion des matériaux excavés lors du creusement des ouvrages souterrains.

**Scénario 1 :**  
utilisation des matériaux  
sur le même chantier

**Scénario 2 :**  
utilisation des matériaux  
sur un chantier du même  
maître d'ouvrage et relevant  
de la même opération

**Scénario 3 :**  
le maître d'ouvrage se défait  
des matériaux

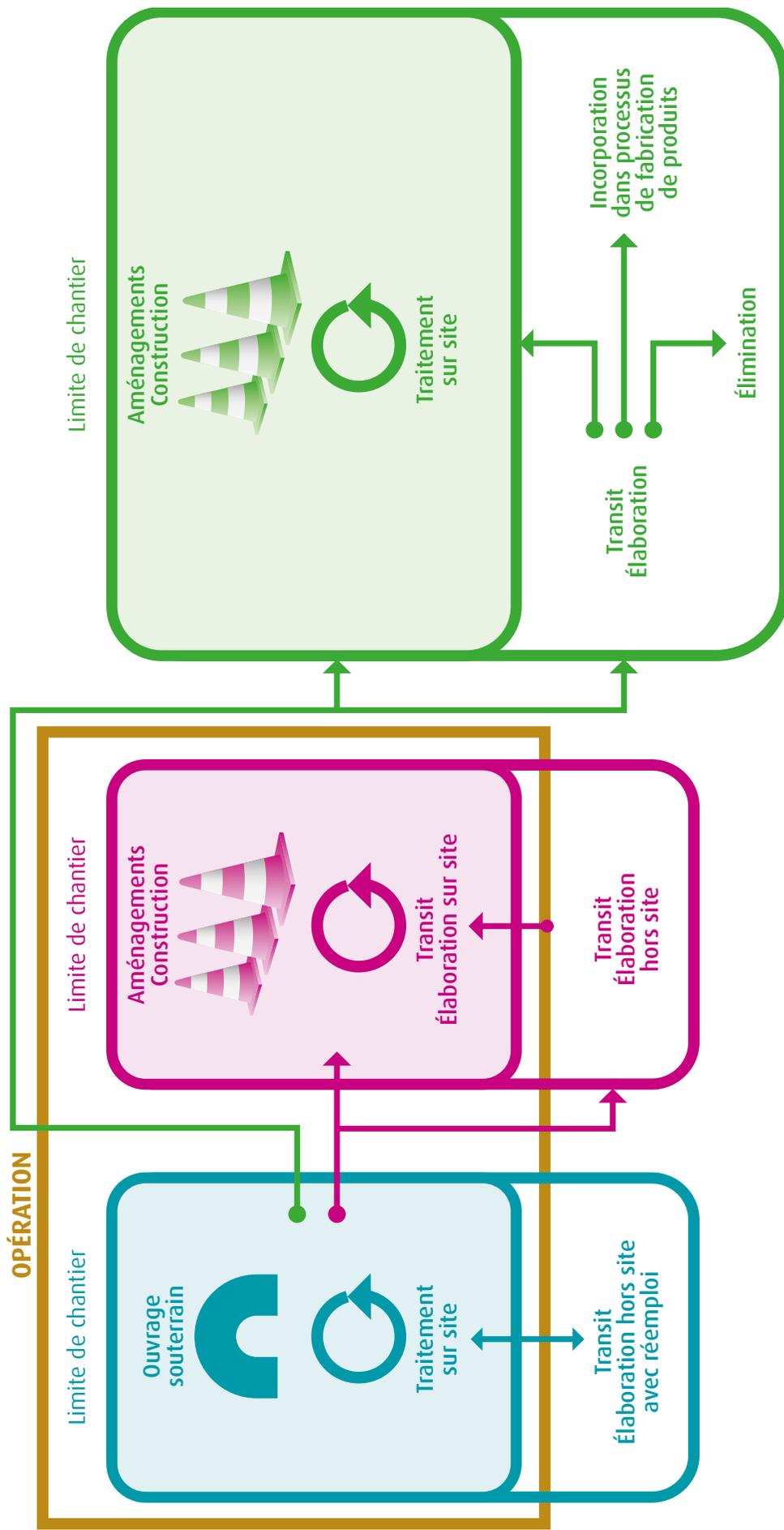


Figure 6 : Scénarios de gestion des matériaux excavés lors de travaux souterrains

# PRINCIPAUX USAGES DES MATÉRIAUX EXCAVÉS ET FILIÈRES

Comme pour toute autre ressource minérale naturelle, les usages des matériaux excavés sont nombreux. Cependant, l'organisation du chantier (zone de stockage temporaire, cadencement de l'extraction, etc.), le transport, les filières de traitements existantes, les aspects réglementaires et normatifs ainsi que les coûts associés conduisent à privilégier certains d'entre eux.

On rappellera que les matériaux excavés contenant des substances dangereuses pour l'environnement ou la santé

humaine devront être traités conformément à la réglementation en vigueur.

Dans la pratique, le maître d'ouvrage analysera les différents usages possibles pour les matériaux excavés, qui pourront impliquer le passage par des filières, ces différentes filières comprenant elles-mêmes des installations (ICPE, IOTA, etc.).

## 4.1 PRINCIPAUX USAGES

Les caractéristiques physiques, mécaniques et environnementales dépendent de la nature géologique du terrain ainsi que de la méthode de creusement adoptée. Elles permettent d'identifier les usages possibles ainsi que les traitements éventuellement nécessaires. Les paragraphes suivants récapitulent les principaux usages tout en sachant que plusieurs d'entre eux doivent être recherchés compte tenu de la faisabilité de leur mise en œuvre opérationnelle et de l'importance des volumes mis en jeu.

Parmi les usages possibles, on distinguera essentiellement ceux liés à la réalisation d'infrastructures linéaires, à la production de bétons et mortiers hydrauliques, à la réalisation d'aménagements et au remblaiement de carrières.

### Usages liés à la réalisation d'infrastructures linéaires

En fonction notamment de leurs propriétés mécaniques, les matériaux peuvent être utilisés en remblais, couches de forme, assises de chaussées, modelés paysagers ou merlons antibruits. Selon leur usage, les matériaux sont classés conformément aux normes de référence. Leur mise en œuvre est décrite dans des guides techniques et notes d'information.

#### Références normatives et guides techniques pour les usages liés aux projets d'infrastructures linéaires

En fonction de leur origine et de leur mode d'élaboration pour un usage attendu, ces matériaux doivent répondre à des exigences normatives et leur mise en œuvre est décrite dans des guides techniques :

- Remblaiement de tranchée
  - Normes NF P 98-331 [N1], XP P 98-333 [N2], NF P 11-300 [N3]
  - Guides Sétra/LCPC [15] [16] [17] [18], Sétra [19], note d'information n° 22 de l'Idrriim [20]

- Remblais et couches de forme
  - Norme NF P 11-300 [N3], NF EN 14475 [N4]
  - Guides Sétra/LCPC [11] [15] [16], Setra [21] [22] [23], note d'information n° 22 de l'Idrriim [20]
- Couches de structure de chaussée
  - Normes NF EN 13285 [N5], NF EN 13242+A1 [N6], NF EN 14227-1 [N7], NF EN 14227-5 [N8], NF P 18-545 [N9]
  - Guide du Sétra [23], guide LCPC/CERTU [24], notes d'information n°s 22 et 24 de l'Idrriim [20] [25], Aide mémoire de l'UNPG [26]
- La réalisation de couches de surface (roulement et liaison)
  - Normes NF P 18-545 [N9], NF EN 13043 [N10], NF EN 13108-1 [N11], 13108-8 [N12], 13108-20 [N13]
  - Guide Sétra [23], note d'information n° 24 de l'Idrriim [25]
- Bétons routiers
  - NF P 18-545 [N9], NF EN 12620+A1 [N14], NF EN 206/CN [N15], NF EN 13877-1 [N16]
  - Note d'information n° 24 de l'Idrriim [25]
- Chaussées urbaines
  - NF P 98-335 [N17]
- Pistes cyclables
  - Guide recommandations pour les aménagements cyclables du Certu [27]

Ces documents décrivent notamment les essais à réaliser pour déterminer leurs caractéristiques intrinsèques, de fabrication, de comportement mécanique, de comportement physico-chimique, afin de définir leur classement géotechnique et leur domaine d'utilisation. Des traitements, spécifiques pourront être réalisés pour améliorer les performances de ces matériaux, notamment avec un apport d'un pourcentage de chaux et/ou d'un liant hydraulique [11] [12] [13] [14], et/ou d'un liant hydrocarboné.

L'ensemble de ces usages s'appuie donc sur des données géotechniques à préciser en même temps que s'élabore le profil géologique et géotechnique dans lequel s'inscrit l'ouvrage souterrain.

### Production de bétons et de mortiers hydrauliques

Le réemploi et la valorisation des matériaux excavés, dans les bétons et mortiers hydrauliques en tant que granulats, est possible moyennant certains essais de caractérisation et des traitements (concassage, criblage, lavage, etc.). Ils concernent essentiellement les matériaux rocheux et peuvent être facilités par l'adaptation des spécifications des bétons (définition plus fine des classes d'exposition par exemple). Par ailleurs, la mise en œuvre de la norme NF EN 206/CN [N15] et notamment de l'approche performantielle devraient permettre de faciliter une utilisation plus large des matériaux excavés comme granulats à bétons.

Une des étapes clefs réside dans l'identification de la nature minéralogique des matériaux excavés et dans l'évaluation de leur éventuelle incompatibilité avec un usage dans des matériaux à matrice cimentaire. Les matériaux excavés doivent alors être caractérisés sur le plan physico-chimique conformément aux normes NF EN 12620+A1 [N14], NF EN 13139 [N18] et NF P 18-545 [N9], de manière à pouvoir les situer par rapport aux matériaux conventionnels.

#### Caractérisation des matériaux extraits pour un usage en bétons hydrauliques

Conformément aux normes NF EN 12620+A1 [N14], NF EN 13139 [N18] et NF P 18-545 [N9], les principaux essais de caractérisation à réaliser sur les matériaux extraits sont les suivants :

- sur les roches brutes :
  - teneur en éléments radioactifs (pour la sécurité)
  - teneur en chlorures (risque de corrosion des armatures)
  - teneur en alcalins (paramètre intervenant dans plusieurs pathologies)
  - teneur en sulfates (risque d'attaques sulfatiques internes)
  - teneur en soufre total (risque d'attaques sulfatiques internes)
  - réactivité vis-à-vis de l'alcali-réaction (risque de réaction alcali-granulat)
  - masse volumique (usage à examiner si valeur non courante cf. NF EN 13055 [N19])
  - analyse pétrographique
- après préparation (concassage, criblage, lavage éventuel) :
  - coefficient d'absorption d'eau (impact sur la formulation du béton)
  - essai Los Angeles (résistance du granulat)
  - teneur en fines (impact sur la formulation du béton)
  - analyse granulométriques (impact sur la formulation du béton)
  - propreté (impact sur la formulation du béton)
  - gélivité (le cas échéant)

Dans le contexte spécifique du creusement des ouvrages souterrains, il convient de porter une attention particulière aux matériaux susceptibles de contenir du soufre (sulfates, anhydrite, sulfures, pyrite, etc.) et aux matériaux potentiellement réactifs vis-à-vis de l'alcali-réaction. Il est donc primordial d'avoir une bonne reconnaissance géologique des gisements et de s'assurer que les prélèvements effectués sont représentatifs de la qualité des matériaux excavés. L'attention est attirée sur le fait que la mise en place d'un suivi qualité efficace, permettant l'identification des stocks, leur caractérisation et la traçabilité des différentes opérations, est primordiale pour une bonne utilisation des matériaux excavés.

En France, dans le domaine du génie civil, la production de béton passe généralement par la prescription de bétons à propriétés spécifiées au sens de la norme NF EN 206/CN [N15]. Dans ce cas, le prescripteur est responsable de la définition des classes d'exposition auxquelles sera soumis le béton et des performances à atteindre, le producteur étant responsable de la formulation et de l'obtention de ces performances.

La conformité des bétons à la norme NF EN 206/CN [N15] passe, entre autre, par la conformité des constituants aux normes en vigueur. Lorsque les matériaux excavés ne permettent pas d'obtenir des granulats conformes au cadre réglementaire et normatif, il convient de définir la nature du risque encouru en fonction du ou des paramètre(s) dérogatoire(s) identifié(s). Une étude spécifique, comprenant notamment une évaluation de ce risque, doit alors être entreprise par le maître d'ouvrage suffisamment en amont du projet. Elle doit intégrer la variabilité du ou des paramètres dérogatoires à travers la définition de limites et permettre de s'assurer du respect des prescriptions spécifiques, le cas échéant par une approche performantielle. Le maître d'ouvrage pourra alors spécifier les bétons selon une approche performantielle et/ou proposer une composition de béton dans son marché de manière analogue à un béton à composition prescrite. On s'attachera à conserver le cadre réglementaire et normatif prévu habituellement (NF EN-206/CN [N15], Fascicule 65 du CCTG Travaux [33]) pour les autres constituants, les autocontrôles, et les bons de livraison notamment. Un plan de contrôle adapté devra être mis en place pour la ou les propriété(s) dérogatoire(s), sachant qu'une autre solution devra être envisagée et prévue au marché si les propriétés des matériaux ne permettent pas de rester dans les limites définies et étudiées en amont.

#### Réalisation d'aménagements

Sous certaines conditions, les matériaux pourront être utilisés dans le cadre d'un aménagement. Pour cela, il faudra que l'utilité de l'aménagement ainsi que la fonction utile des matériaux dans le cadre de cet aménagement soient démontrées.

Ainsi, l'article L. 541-32 du code de l'environnement précise que « toute personne valorisant des déchets pour la réalisation de travaux d'aménagement, de réhabilitation ou de construction doit être en mesure de justifier auprès des autorités compétentes de la nature des déchets utilisés et de l'utilisation de ces déchets dans un but de valorisation et non pas d'élimination. Dans le cadre de ces travaux, l'enfouissement et le dépôt de déchets sont interdits sur les terres agricoles, à l'exception de la valorisation de déchets à des fins de travaux d'aménagement ou de la valorisation de déchets autorisés à être utilisés comme matières fertilisantes ou supports de culture. »

### Remblaiement de carrières

Le remblaiement de carrière est une opération de valorisation de déchets (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

En fonction des conditions d'admission indiquées dans les arrêtés préfectoraux des carrières en activité, les matériaux excavés pourront être acceptés de manière partielle ou totale dans ces installations.

## 4.2 FILIÈRES DE GESTION DES MATÉRIAUX

Les principales filières acceptant les matériaux excavés en accord avec les usages identifiés au chapitre 4.1, sont les suivantes :

- la production de matériaux granulaires pour les usages en génie civil ;
- la fabrication de produits de construction ;
- le remblaiement de carrières en activité.

À ces filières s'ajoute l'élimination en installation de stockage de déchets.

Ces filières peuvent impliquer la mise en place d'installations qui peuvent être soumises aux réglementations ICPE, IOTA ou au code de l'urbanisme. Ces installations nécessitent des démarches administratives qui devront être anticipées et prises en charge par le maître d'ouvrage. Ces démarches peuvent être confiées à un tiers par contrat sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

L'exploitant des installations peut être le maître d'ouvrage ou un tiers. Dans le cas où le maître d'ouvrage cède les matériaux à un tiers, il devra s'assurer que les matériaux respectent les conditions d'admission dans les installations.

Les principales installations sont regroupées dans les tableaux 2 à 6, sans toutefois que ces derniers ne revêtent un caractère exhaustif.

### Note préalable sur le stockage temporaire

La gestion des matériaux peut amener le maître d'ouvrage à stocker temporairement les matériaux excavés. Les démarches administratives relatives au code de l'environnement sont déclinaées dans le tableau 2. Le stockage temporaire concerne la plupart des filières développées ci-après.

	Intitulé	Références réglementaires	Conditions d'admission
Stockage temporaire	Station de transit de produits minéraux ou de déchets non dangereux inertes	Rubrique 2517 des ICPE	Les matériaux géologiques naturels ne contenant pas de substance dangereuse (à l'exclusion de la terre végétale, de la tourbe, des terres et cailloux provenant de sites contaminés, ainsi que de ceux dont la siccité est inférieure à 30 %) peuvent entrer dans l'installation sans procédure d'acceptation préalable et sans analyses chimiques <sup>10</sup>
	Installations de transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux non inertes	Rubrique 2716 des ICPE	Un arrêté préfectoral des installations définit les conditions d'admission

Tableau 2 : Nature des installations pour le stockage temporaire des matériaux excavés et rubriques ICPE pouvant être associées

10. Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées.

## Production de matériaux granulaires pour des usages en génie civil

Le tableau 3 présente les rubriques réglementaires des installations pouvant être rencontrées dans le cadre de la filière de production de matériaux granulaires.

Filière	Intitulé	Références réglementaires	Conditions d'admission
Production de matériaux granulaires	Installations de broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes	Rubrique 2515 des ICPE	Les matériaux géologiques naturels ne contenant pas de substance dangereuse (à l'exclusion de la terre végétale, de la tourbe, des terres et cailloux provenant de sites contaminés, ainsi que de ceux dont la siccité est inférieure à 30 %) peuvent entrer dans l'installation sans procédure d'acceptation préalable et sans analyses chimiques
	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé	Rubrique 1.1.2.0 des IOTA	
	À l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe	Rubrique 1.2.1.0 des IOTA	
	Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux	Rubrique 2.2.1.0 des IOTA	

Tableau 3 : Nature des installations de traitements des matériaux excavés pour la filière production de granulats et rubriques ICPE/IOTA pouvant être associées

## Fabrication de matériaux de construction

Le tableau 4 présente les installations pouvant réaliser des produits de construction. En général, l'exploitation de ces installations est confiée à un tiers.

Filière	Intitulé	Références réglementaires	Conditions d'admission
Fabrication de produits de construction	Installation de fabrication de produits en béton par procédé mécanique	Rubrique 2522 des ICPE	Les matériaux devront respecter les normes granulats (NF P 18-545 [N9], NF EN 12-620+A1 [N14]), NF EN 13139 [N18])
	Installations de production de béton prêt à l'emploi, équipées d'un dispositif d'alimentation en liants hydrauliques mécanisé, à l'exclusion des installations visées par la rubrique 2522	Rubrique 2518 des ICPE	Les matériaux devront respecter les spécifications et performances pour un usage en granulat pour béton selon la norme NF EN 206/CN [N15]) ou une formulation spécifique et des essais seront réalisés en fonction de l'usage
	Fabrication de ciments, chaux, plâtres	Rubrique 2520 des ICPE	
	Fabrication de produits céramiques et réfractaires	Rubrique 2523 des ICPE	
	Installation d'enrobage au bitume de produits routiers	Rubrique 2521 des ICPE	

Tableau 4 : Nature des installations de traitements des matériaux excavés pour la filière fabrication de produits de construction et rubriques ICPE pouvant être associées

## Remblaiement de carrière

Le tableau 5 présente l'installation pouvant réaliser un remblaiement de carrière. En général, l'exploitation de ce type d'installation est confiée à un producteur de granulats.

Filière	Intitulé	Références réglementaires	Conditions d'admission
Valorisation matière	Remblaiement de carrière	Arrêté préfectoral de l'installation	Demander l'arrêté préfectoral des installations pour vérifier les conditions d'admission

Tableau 5 : Nature de l'installation acceptant des matériaux excavés d'ouvrages souterrains

## Élimination en installation de stockage de déchets

Le tableau 6 présente les installations de stockage de déchets. Les matériaux géologiques naturels, codifiés dans la rubrique

n° 17 05 04 des déchets (terres et cailloux ne contenant pas de substance dangereuse), sont admis dans les installations de stockage de déchets inertes sans analyses chimiques (cf. arrêté du 12 décembre 2014<sup>11</sup>).

Filière	Intitulé	Références réglementaires	Conditions d'admission
Élimination	Installations de stockage de déchets inertes	Rubrique 2760-3 des ICPE	Les matériaux géologiques naturels ne contenant pas de substance dangereuse (et dont la siccité est supérieure à 30 %) peuvent entrer dans l'installation sans procédure d'acceptation préalable et sans analyses chimiques
	Installations de stockage de déchets non dangereux	Rubrique 2760-2 des ICPE	Demander l'arrêté préfectoral des installations pour vérifier les conditions d'admission

Tableau 6 : Nature des installations de stockage des matériaux excavés pour la filière élimination et rubriques ICPE pouvant être associées

11. Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées

## RÔLE DES ACTEURS

À chaque étape du projet, la gestion des matériaux excavés sera prise en compte. La politique de gestion de ces matériaux doit être portée par le maître d'ouvrage. À cette fin, il peut se faire aider par un assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) pendant

les études de définition, et recruter un maître d'œuvre pour des études de conception et les travaux.

La figure 7 reprend les étapes classiques pour la réalisation de travaux souterrains.

### 5.1 ÉTUDES DE DÉFINITION

Les études de définition sont réalisées avant l'enquête publique et comportent les études d'opportunité ou pré-études fonctionnelles et les études préliminaires ou préalables à l'enquête publique.

À partir des reconnaissances géologiques et des documents existants sur le linéaire du projet (par exemple, par la consultation de base de données, des documents de planification relatifs à la prévention et gestion des déchets ou au schéma régional des carrières), le maître d'ouvrage établira, soit lui-même, soit en recourant aux services d'un assistant au maître d'ouvrage, un bilan des connaissances des matériaux excavés et des usages possibles.

Il s'agira notamment d'apprécier la nature, la qualité et la quantité des matériaux, au regard :

- des coupes géologiques et géotechniques prévisionnelles décrivant les propriétés intrinsèques des matériaux ;
- de l'interaction entre le mode de creusement envisagé et son incidence sur la qualité des matériaux excavés (forme des matériaux, granulométrie, caractéristiques physicochimiques et caractéristiques mécaniques, ainsi que leur teneur en eau) ;
- pour identifier les usages possibles, un bilan des utilisations opérées dans la région du projet avec des matériaux de même nature, sera dressé.

Le groupe de travail n° 35 de l'AFTES [4] précise en détail la démarche technique à mettre en œuvre pour appréhender la caractérisation et les essais à réaliser sur les matériaux.

Le maître d'ouvrage identifiera également les quantités et qualités de matériaux générés au cours de la préparation du chantier (par exemple, terrassement des pistes d'accès et de la plateforme de chantier).

Le maître d'ouvrage localisera les sols susceptibles d'être pollués qui relèveront d'une démarche de caractérisation conformément à la politique nationale de gestion des sites et sols pollués (cf. chapitre 2.1).

Il déterminera également les besoins en matériaux issus du chantier en fonction des usages.

Une analyse critique de la fiabilité des données (qualitatives et quantitatives) sera faite afin d'aboutir à une synthèse et une interprétation desdites données, avec des marges d'incertitude explicitées. La synthèse prendra en compte le phasage temporel du projet. Les documents de planification, notamment les schémas régionaux des carrières et les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets, devront prendre compte les données issues de cette analyse.

Outre les quantités et qualités des matériaux excavés, il conviendra de disposer des éléments suivants afin d'étudier les scénarios de gestion :

- les usages envisagés en fonction des caractéristiques intrinsèques des matériaux ;
- les traitements susceptibles d'améliorer les caractéristiques des matériaux géologiques excavés, notamment le tri, le lavage, le concassage, le traitement à la chaux et/ou aux liants hydrauliques ;
- les cadences d'extraction projetées ;
- les modes de transport de matériaux ;
- les filières existantes sur le territoire du projet. Pour cela, le maître d'ouvrage se rapprochera des fédérations et des syndicats tels que l'UNICEM<sup>12</sup>, l'UNPG<sup>13</sup>, l'AIMCC<sup>14</sup>, les fédérations du bâtiment ou des travaux publics ;
- les orientations des documents de planification (plan régional de prévention et de gestion des déchets, schéma régional des carrières).

Les réflexions sur la gestion, l'approvisionnement et l'évacuation des matériaux doivent être initiées dès les études de définition afin de faciliter le réemploi et la valorisation des matériaux excavés.

Le diagnostic sera actualisé en fonction de l'avancement du projet et l'acquisition de nouvelles données.

Cette démarche, décrite dans la recommandation du groupe de travail n° 35 de l'AFTES [4] s'inscrit dans un processus itératif de management du risque, homologué à celui décrit dans la recommandation du groupe de travail n° 32 de l'AFTES sur la caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques [30], qui permettra de réduire les incertitudes au fur et à mesure de l'avancement des études.

12. UNICEM : Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction. — 13. UNPG : Union nationale des producteurs de granulats. — 14. AIMCC : Association des industries de produits de construction.

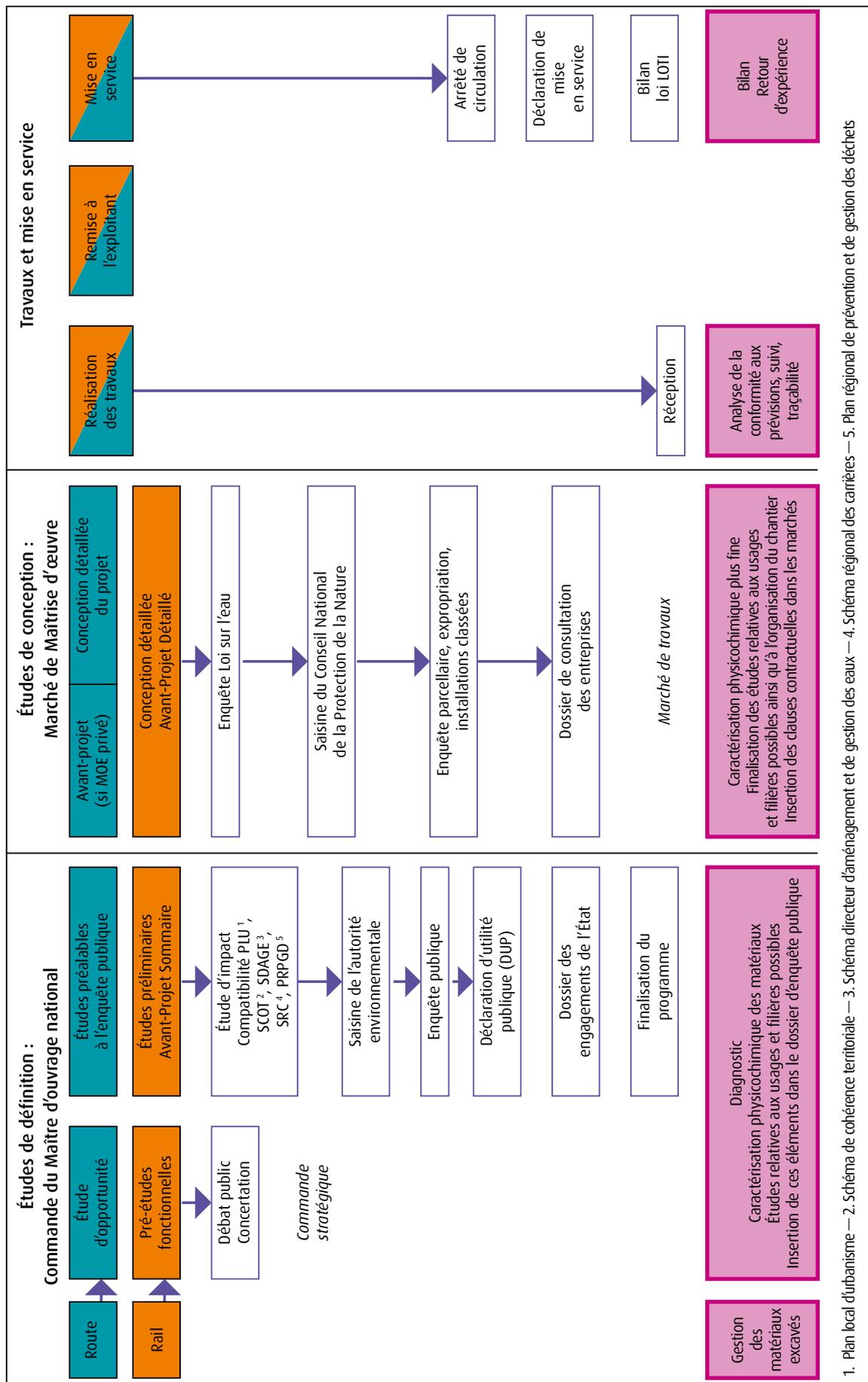


Figure 7 : Étapes administratives d'un projet de travaux souterrains selon l'instruction du Gouvernement du 29 avril 2014 [28] et la circulaire n°2000-98 [29]

Pour l'enquête publique, les éléments suivants devront être produits :

- la politique menée par le maître d'ouvrage en matière de gestion des matériaux excavés, notamment ses exigences en termes de réemploi et de valorisation, avec la définition d'objectifs d'utilisation des matériaux issus du gisement géologique du tunnel, à partir de l'option d'excavation choisie pour le creusement, et l'intégration de ces objectifs dans le projet ainsi que sur des opérations déjà programmées ;
- une analyse comparative de la méthodologie d'extraction par rapport aux usages des matériaux faisant apparaître les avantages et les inconvénients en tenant compte des coûts et des enjeux environnementaux ;
- une première localisation des zones de traitement (par exemple le concassage et lavage) et de transit des matériaux excavés ;
- la justification des scénarios retenus.

Le tableau 7 synthétise les actions à mener par le maître d'ouvrage ou son assistant lors des études de définition.

Quoi ?	Qui ?	Comment ?
Connaissance des matériaux excavés du creusement (nature, caractéristiques, volume, classification)	Maître d'ouvrage	Étude documentaire (infoterre), sondages géotechniques, profils en long et en travers, maquette géotechnique, essais de caractérisation
Présence de sols pollués ?	Maître d'ouvrage	Étude historique de site (existence d'activités anthropiques, diagnostic des sols)
Possibilité de réemploi ou utilisation sur site des matériaux	Maître d'ouvrage	Définition des usages possibles en fonction des caractéristiques mécaniques des matériaux rencontrés Estimation des traitements à mettre en place pour obtenir les performances requises en fonction des usages (éventuellement étudier les possibilités de mélange de différents types de matériaux rencontrés ou d'utilisation d'une partie des classes granulométriques) Essais préalables Identification des installations (ICPE, IOTA) sur site à mettre en place Étude de l'adéquation des installations avec les documents d'urbanisme
Connaissance des filières locales de gestion des déchets	Maître d'ouvrage	Prise en compte des engagements volontaires des acteurs de la profession, des schémas et documents de planification (plan régional de gestion des déchets, schéma régional des carrières, SDAGE, SCOT, PLU) Connaissance des filières locales

Tableau 7 : Rôle des acteurs au stade des études de définition

## 5.2 ÉTUDES DE CONCEPTION

Les études de conception sont réalisées par le maître d'œuvre recruté par le maître d'ouvrage. À cette étape, des campagnes de reconnaissances géologiques supplémentaires devront être menées pour préciser les données qualitatives et quantitatives relatives aux matériaux et ainsi préciser les scénarios de gestion. Le cas échéant, des analyses chimiques seront également menées pour confirmer ou infirmer la présence de substances pouvant influencer les modes de gestion.

L'organisation du chantier permettant la mise en œuvre des scénarios de gestion retenue, sera développée, avec :

- la prise en compte des cadences d'extraction des matériaux qui conditionne aussi bien les surfaces de stockage des matériaux que les quantités pouvant être traitées sur le site en fonction des besoins. Le phasage des travaux devra mettre en adéquation la production de matériaux issus du creusement avec les usages sur le chantier ;
- la stratégie de stockage et de déplacement de ces matériaux ; l'organisation du chantier doit minimiser les impacts sur l'environnement.

De façon itérative, l'ensemble des éléments établis lors des études de définition est mis à jour en fonction de l'avancement des études.

Le maître d'ouvrage pourra procéder aux demandes réglementaires préalables aux travaux comme l'enquête parcellaire, les procédures d'expropriation et réaliser les dossiers de demande d'autorisation au titre des ICPE et IOTA. Il devra s'assurer que les installations utiles à la gestion des matériaux excavés sont autorisées à fonctionner.

À la fin de cette étape, le marché de travaux sera rédigé et comprendra notamment les informations sur :

- la politique portée par le maître d'ouvrage en termes de gestion des matériaux excavés ;
- la synthèse des études menées (diagnostics sur la qualité et quantité des matériaux excavés, localisation des installations de transit et de traitement à réaliser ou existantes sur le territoire) ;
- le (ou les) scénario(s) retenu(s) ;
- les documents pris en compte pour l'élaboration des scénarios de gestion (notamment le schéma régional des carrières et le(s) plan(s) de prévention et de gestion des déchets issus de chantier du bâtiment et des travaux publics) ;
- le bordereau des prix unitaires spécifiant les prix selon les scénarios de gestion des matériaux excavés.

Le marché de travaux intégrera des demandes spécifiques relatives à la gestion des matériaux excavés, notamment en termes :

- d'organisation et de suivi de la gestion des matériaux excavés, depuis l'extraction jusqu'au réemploi, valorisation ou élimination ;
- de bilan de l'opération (quantité et qualité des matériaux excavés, usages, coûts, dysfonctionnements

éventuels et solutions mises en place pour pallier les dysfonctionnements).

Dans sa réponse, l'entreprise devra en particulier détailler l'organisation du chantier avec les moyens de contrôle et de traçabilité des matériaux mis en place.

Le tableau 8 synthétise les actions à mener par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre lors des études de conception.

Quoi ?	Qui ?	Comment ?
Connaissance plus fine de la nature et du volume des matériaux excavés du creusement	Maître d'œuvre	Sondages supplémentaires, essais géotechniques et/ou environnementaux, maquette géotechnique affinée
Étude des paramètres influençant la qualité des matériaux	Maître d'œuvre	Études sur les moyens de creusement et traitement sur site à mettre en place pour améliorer la qualité
Usages possibles	Maître d'œuvre	Essais de convenance, de formulation, essais pour valider les caractéristiques mécaniques Analyses chimiques du relargage pour valider les aspects environnementaux
Choix de l'organisation du traitement à mettre en place (sur site, hors site, exploitant)	Maître d'ouvrage ou maître d'œuvre	Identification des surfaces nécessaires sur le site pour le traitement en fonction des cadences de sortie des ouvrages souterrains et de l'installation de traitement mise en place Définition des analyses à faire et la fréquence pour s'assurer de la qualité pour l'usage selon les normes « produits » en vigueur (NF EN 13139 [N18] pour les mortiers et NF EN 12620+A1 [N14] pour le béton) Vérification des autorisations des exploitants hors site pour leur activité
Anticipation de l'instruction des dossiers administratifs	Maître d'ouvrage	Établissement d'un marché spécifique pour les dossiers ICPE / IOTA
Intégration de la gestion des matériaux excavés dans les pièces de marché	Maître d'ouvrage	Indication de la politique de gestion des déchets retenue par le maître d'ouvrage avec les objectifs de réemploi et valorisation à atteindre - mettre à disposition les études réalisées (diagnostics, essais pour définir les usages des matériaux excavés)

Tableau 8 : Rôle des acteurs au stade des études de conception

## 5.3 TRAVAUX

Lors des travaux, des contrôles de qualité des matériaux excavés en continu doivent être mis en œuvre afin de s'assurer de la conformité des matériaux pour un usage donné.

Les entreprises du chantier doivent s'assurer que les matériaux sortant du site respectent les conditions d'admission dans les installations ou les caractéristiques demandées pour l'usage fixé. Les entreprises mettront en place, avec le maître d'œuvre, des documents de traçabilité des matériaux indiquant les quantités, qualités des différents types de matériaux ainsi que leurs filières de gestion. Les entreprises informeront le maître d'œuvre tout au long du chantier du suivi réalisé sur les matériaux excavés.

À noter, qu'en présence de terres amiantifères sortant du chantier, un bordereau des déchets d'amiante (BSDA) est émis. Il permet un suivi du déchet, depuis sa production jusqu'à l'élimination finale. Le bordereau est accessible sur le site de l'administration française<sup>15</sup>.

En cas d'écart par rapport aux prévisions, le maître d'œuvre doit en informer le maître d'ouvrage et lui proposer les solutions de gestion qui auront été anticipées dans l'analyse de risques.

À l'issue des travaux, un bilan général de l'utilisation des matériaux excavés doit être établi et comparé au scénario prévisionnel. La réalisation du bilan permet au maître d'ouvrage, responsable des matériaux excavés, de s'assurer de leur bonne gestion. De plus, il permet un retour d'expérience qui apportera une meilleure connaissance technique et économique des futurs chantiers. Ce bilan présente les qualités et quantités de matériaux excavés et les différents usages. Il compare ce qui avait été envisagé et ce qui est réellement fait en matière de gestion des matériaux. Il indique les problèmes liés à la gestion des matériaux, et les actions correctives mises en place.

Devront être intégrées dans ce bilan les installations de transit pour valorisation ou élimination, ainsi que les coûts.

15. <http://vosdroits.service-public.fr/professionnels-entreprises/R14335.xhtml>

Le tableau 9 synthétise les actions à mener par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les entreprises lors de la phase travaux.

Quand ?	Quoi ?	Qui ?	Comment ?
Période de préparation	Changement de porteur des dossiers administratifs	Entreprises	Dépôt des dossiers administratifs par l'entreprise
Travaux et mise en service	Organisation de la phase chantier	Maître d'œuvre	Vérification de l'adéquation de la surface utile pour le stockage temporaire des matériaux (en fonction du cadencement d'extraction, des matériaux rencontrés et usages)
	Mise en place des moyens de traçabilité	Maître d'œuvre / entreprises	Mise en place : <ul style="list-style-type: none"> <li>• du suivi qualitatif et quantitatif des matériaux sur site et hors site</li> <li>• de procédures de validation du traitement des matériaux pour l'usage retenu</li> <li>• de procédures de gestion des écarts</li> </ul>
	Bilan de l'opération	Maître d'œuvre / entreprises	Récupération de l'ensemble des informations relatives à la qualité et quantité de matériaux excavés du creusement, les usages, les écarts et imprévus relatifs aux matériaux ou à l'organisation mise en place et les coûts

Tableau 9 : Rôle des acteurs pendant les travaux

## SYNTHÈSE

À l'aune des grands projets de travaux souterrains, la gestion et l'emploi des matériaux excavés prend de plus en plus d'importance compte tenu d'une part de l'ampleur des volumes mis en jeu, et d'autre part des attentes sociétales de plus en plus exigeantes en matière de respect de l'environnement.

Le porteur du projet doit se saisir dès la phase de définition du projet de cette problématique afin de la gérer de façon optimale et anticipée.

Le contexte réglementaire, ainsi que les innovations techniques exigent de la part des acteurs du projet des compétences spécifiques. Des synergies sont à créer avec le tissu économique local, afin d'identifier des filières de réemploi et/ou de valorisation des matériaux excavés, optimisant ainsi leur transport et minimisant la mise en stockage définitif.

Les matériaux géologiques naturels excavés constituent un gisement qui peut permettre une économie substantielle sur le prélèvement des ressources naturelles.

# DÉFINITIONS

**Collecte** : toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Déchet** : toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Détenteur de déchets** : producteur des déchets ou toute autre personne qui se trouve en possession des déchets (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Élimination** : toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque la dite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances, matières ou produits ou d'énergie (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Filière** : ensemble d'activités et d'acteurs allant de la mobilisation des gisements de déchets<sup>16</sup> à l'utilisation de matières premières de recyclage ou d'énergie. Le concept de filière fait référence à l'idée qu'un produit, bien ou service, est mis à la disposition de son utilisateur final par une succession d'opérations effectuées par des unités ayant des activités diverses. Chaque filière constitue une chaîne d'activités qui se complètent, liées entre elles par des opérations d'achats et de ventes.

**Gestion des déchets** : collecte, transport, valorisation et élimination des déchets et, plus largement, toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce ou de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Préparation en vue de la réutilisation** : toute opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation en vue de la valorisation par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de traitement (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Prévention (article L541-1-1 du code de l'environnement)** : toutes mesures prises avant qu'une substance, une matière ou un produit ne devienne un déchet, lorsque ces mesures concourent à la réduction d'au moins un des items suivants :

- la quantité de déchets générés, y compris par l'intermédiaire du réemploi ou de la prolongation de la durée d'usage des substances, matières ou produits ;
- les effets nocifs des déchets produits sur l'environnement et la santé humaine ;
- la teneur en substances nocives pour l'environnement et la santé humaine dans les substances, matières ou produits.

**Producteur de déchets** : toute personne dont l'activité produit des déchets (producteur initial de déchets) ou toute personne qui effectue des opérations de traitement des déchets conduisant à un changement de la nature ou de la composition de ces déchets (producteur subséquent de déchets) (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Recyclage** : toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Réemploi** : toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus (article L. 541-1-1 du code de l'environnement). Exemple : lorsque sur un même site (chantier de BTP), les déblais sont utilisés pour des opérations de remblaiement, il s'agit d'une opération de réemploi [31].

**Remblaiement** : opération de valorisation par laquelle des déchets appropriés sont utilisés, en remplacement de matières qui ne sont pas des déchets, à des fins de remise en état pour combler des trous d'excavation ou pour des travaux d'aménagement paysager (décision de la commission du 18 novembre 2011).

**Réutilisation** : toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Traitement** : toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

**Valorisation** : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets (article L. 541-1-1 du code de l'environnement).

16. le terme filière dont la définition reprise ici est donnée par l'ADEME (« Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets - Feuille de route stratégique », mai 2011), est utilisé dans le présent document pour le réemploi, dans la mesure où les mêmes activités et installations peuvent être concernées sans que, toutefois, les matériaux ne prennent le statut de déchets.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Code de l'environnement.
- [2] Code de l'urbanisme.
- [3] Convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain – 25 mars 2009.
- [4] «La gestion et la valorisation des matériaux d'excavation», recommandation de l'AFTES, GT 35, AFTES, 2007, 32 p. - (en cours de révision).
- [5] Site du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Sites-et-sols-pollues-.htm>.
- [6] Circulaire du 8 février 2007 relative aux installations classées – Prévention de la pollution des sols – Gestion des sols pollués.
- [7] «Dossier pilote des tunnels, document n° 5 : environnement», CETU, juillet 2011, 120 p.
- [8] «Travaux en terrain amiantifère, Opérations de génie civil de bâtiment et de travaux publics»; guide de prévention; INRS, 2013, 121 p.
- [10] «Travaux souterrains et développement durable» – GT 41, AFTES, à paraître.
- [11] «Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - application à la réalisation des remblais et des couches de forme», guide technique, LCPC/SETRA, janvier 2000.
- [12] «Acceptabilité de matériaux en technique routière, évaluation environnementale», SETRA, mars 2011.
- [13] «Graves de valorisation - Graves chaulées», Guide Rhône-Alpes d'utilisation en Travaux Public, CETE de Lyon, mars 2013.
- [14] «Réutilisation des terres traitées à la chaux issues des plateformes de recyclage des déchets du BTP», guide SR BTP (en cours de rédaction).
- [15] «Réalisation de remblais et des couches de formes», fascicules I : principes généraux, guide technique, Setra/LCPC, 2000, 98 p.
- [16] «Réalisation de remblais et des couches de formes», fascicules II : annexes techniques, guide technique, Setra/LCPC, 2000, 102 p.
- [17] «Remblayage et réfections des tranchées», guide technique, Setra/LCPC, 1994 (mises à jour en 1998), 80 p.
- [18] «Remblayage des tranchées et réfections des chaussées», complément au guide technique Setra/LCPC de mai 1994, Setra, 2007.
- [19] «Études et réalisations de tranchées», guide technique, Setra, novembre 2001.
- [20] «Classification et aide au choix des matériaux granulaires recyclés pour leurs usages routiers hors agrégats d'enrobés», note d'information n° 22, Idrrim, 2011.
- [21] «Conception et réalisation des terrassements», fascicule I : études et exécution des travaux, guide technique, Sétra, 2007.
- [22] «Drainage routier», guide technique, Sétra, 2006.
- [23] «Utilisation des normes enrobés à chaud», guide technique, Sétra, 2008.
- [24] «Chaussées urbaines en béton», Guide technique, LCPC/CERTU, 1996, 104 p.
- [25] «Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes», note d'information n° 24, Idrrim, 2013.
- [26] «Codes et spécifications des granulats pour chaussées et bétons hydrauliques», Aide-mémoire NF P 18-545, UNPG, janvier 2012.
- [27] «Recommandation pour les aménagements cyclables», guide technique, Certu, 2008.
- [28] Instruction du Gouvernement du 29 avril 2014 fixant les modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national, complétés par deux instructions techniques.
- [29] Circulaire n° 2000-98 du 28 décembre 2000 relative aux modalités d'élaboration des grands projets d'infrastructure ferroviaire et ses annexes.
- [30] Recommandation du GT 32 de l'AFTES «Caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques», GT32R2F1, AFTES, 2012, 46 p.
- [31] Lexique à l'usage des acteurs de la gestion des déchets, Commissariat général au développement durable, Direction générale de la prévention des risques, Collection «RéférenceS», CGEDD-DGPR, mai 2012, 46 p.
- [32] Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen relative à la communication interprétative sur la notion de déchet et de sous-produit, n° 2007/59 du 21 février 2007.
- [33] Fascicule 65 du CCTG applicable aux marchés publics de travaux. Exécution des ouvrages de Génie Civil en béton armé et béton précontraint, OEAP-GEM, 2012, 289 p.

# NORMES

- [N1] NF EN 98-331 – Chaussées et dépendances – Tranchées : ouverture, remblayage, réfection, AFNOR.
- [N2] XP P 98-333 – Chaussées et dépendances – Tranchées de faibles dimensions, AFNOR.
- [N3] NF P 11-300 : Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières, AFNOR.
- [N4] NF EN 14475 – Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Remblais renforcés, AFNOR.
- [N5] NF EN 13285 - Graves non traitées – Spécifications, AFNOR.
- [N6] NF EN 13242+A1 - Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées, AFNOR.
- [N7] NF EN 14227-1 - Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 1 : mélanges granulaires traités au ciment, AFNOR.
- [N8] NF EN 14227-5 - Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 5 : mélanges granulaires traités aux liants hydrauliques routiers, AFNOR.
- [N9] NF P 18-545 - Granulats - Éléments de définition, conformité et codification, AFNOR.
- [N10] NF EN 13043 - Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation, AFNOR.
- [N11] NF EN 13108-1 – Mélanges bitumineux – Spéciations des matériaux – Partie 1 : enrobés bitumineux, AFNOR.
- [N12] NF EN 13108-8 – Mélanges bitumineux – Spéciations des matériaux – Partie 8 : agrégats d'enrobés, AFNOR.
- [N13] NF EN 13108-20 – Mélanges bitumineux – Spéciations des matériaux – Partie 20 : épreuve de formulation, AFNOR.
- [N14] NF EN 12620+A1 - Granulats pour béton, AFNOR.
- [N15] NF EN 206/CN - Béton - Spécification, performance, production et conformité – Complément national à la norme NF EN 206, AFNOR.
- [N16] NF EN 13877-1 – Chaussées en béton – Partie 1 : matériaux, AFNOR.
- [N17] NF P 98-335 – Chaussées urbaines – mises en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle, AFNOR.
- [N18] NF EN 13139 – Granulats pour mortiers, AFNOR.
- [N19] NF EN 13055 – Granulats légers pour bétons, mortiers, mélanges hydrocarbonés, enduits superficiels et pour utilisation de couches traitées et non traitées, AFNOR.

### **Contributeurs**

Ont participé à la rédaction du présent document :

Nicolas BERTHOZ, CETU

Jacques BLACHE, Cerema

Lætitia D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER, CETU

Agathe DENOT, Cerema

Mickaël DIERKENS, Cerema

Laurent EISENLOHR, Cerema

Florent ROBERT, CETU, coordonnateur

**Sont remerciés pour leur relecture :**

Jacques BURDIN, Jacques BURDIN Ingénieur Conseil

Michel DEFFAYET, CETU

Julie DUCROS, MEEM - DGPR

Marie-Thérèse GOUX, MEEM - DGITM

Julien MOLAS, Cabinet MOLAS et associés

Thibaut NOVARESE, MEEM - DGPR

Éric PREMAT, CETU

Arnaud RIOU, Cerema

Patrick VAILLANT, Cerema



Centre d'Études des Tunnels  
25 avenue François Mitterrand  
Case n°1  
69674 BRON - FRANCE  
Tél. 33 (0)4 72 14 34 00  
Fax. 33 (0)4 72 14 34 30  
[cetu@developpement-durable.gouv.fr](mailto:cetu@developpement-durable.gouv.fr)

