



Tunnels et matériaux d'extraction

GESTION DES MATÉRIAUX GÉOLOGIQUES NATURELS EXTRAITS EN TRAVAUX SOUTERRAINS

MANAGEMENT OF EXCAVATED MATERIALS IN UNDERGROUND WORKS

F. ROBERT¹, L. D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER¹, A. DENOT², L. EISENLOHR²

¹ CETU Centre d'Études des Tunnels / MEDDE

² Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement,
Direction territoriale Centre-Est

La parution de la note note d'information CETU-Cerema sur la “gestion des matériaux géologiques naturels extraits en travaux souterrains” présentée dans cet article est prévue courant 2015. Certains points pourront donc encore faire l'objet de modifications.

1. LES ENJEUX LIÉS À LA GESTION DES MATÉRIAUX EXTRAITS SUR LES PROJETS SOUTERRAINS

1.1. Le contexte actuel en France et à l'étranger

La préservation de la ressource en granulats alluvionnaires se traduit par l'exploitation de granulats de roches massives et la réutilisation des granulats issus du recyclage de matériaux du BTP et des industries. On notera que plus de 70 % des déchets (soit environ 260 millions de tonnes en

2010 [1]) proviennent du BTP. Bien que les matériaux géologiques naturels ne soient pas visés par les objectifs communautaires de valorisation « matière » de 70% des déchets non dangereux du BTP à l'horizon 2020, la prise de conscience qui s'opère amène à organiser le réemploi et la valorisation des matériaux géologiques naturels d'excavation issus du creusement des ouvrages souterrains. Cette prise de conscience vise ainsi, non seulement à préserver les ressources naturelles, mais également à prévenir la génération de déchets du BTP en diminuant la quantité de matériaux jugés trop rapidement comme « non valorisables ».

Hormis les recommandations du Groupe de Travail GT35 de l'AFTES¹ (actuellement en cours de révision) [2], aucun

¹ Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain.

des documents ou guides existants ne cible plus particulièrement les matériaux géologiques naturels extraits lors du creusement des tunnels.

En France, les pratiques se sont beaucoup concentrées jusqu'à présent sur le réemploi et la valorisation en technique routière ou en plateforme ferroviaire. De plus, les excédents de matériaux ont souvent trouvé un débouché dans l'équilibre entre déblais et remblais. Plusieurs raisons incitent cependant à identifier d'autres filières de réemploi et valorisation comme celle de la production de granulats à bétons. Les premières sont détaillées et illustrées dans le paragraphe suivant 1.2 (caractère urbain des projets, volumes conséquents, ...). Les suivantes résident dans le transfert de l'innovation vers le terrain, dans l'évolution des connaissances et des pratiques, dans la recherche de solutions plus optimisées et la formulation de produits à plus haute valeur ajoutée. Il s'agit alors de comparer des scénarios comprenant plusieurs filières.

Dans le cas de la production de granulats sur chantier à partir des matériaux extraits lors du creusement des tunnels, les impacts liés au transport (émissions de GES, traversée de zones urbanisées, etc.) sont limités, les ressources naturelles sont économisées et la mise en dépôt est limitée. Cette solution est peu exploitée en France, mais l'est largement depuis une quinzaine d'années en Suisse [3] où l'évolution de la réglementation a accompagné le développement des pratiques et des connaissances. De grands projets font néanmoins l'objet d'études approfondies comme c'est le cas sur le tunnel de Base de la liaison ferroviaire Lyon-Turin [4].

Cependant, dans le cas du creusement d'un tunnel, une analyse rapide des quantités de matériaux impliquées, montre que, dans le meilleur des cas, seulement 10 à 20% des matériaux extraits peuvent être réemployés pour la fabrication des bétons du tunnel. Ainsi, d'autres pistes de réemploi et de valorisation doivent être étudiées en fonction de l'activité industrielle et économique présente sur le territoire. Il est en effet possible d'imaginer que certains matériaux spécifiques que l'on orienterait a priori vers une mise en dépôt, puissent trouver une valorisation via l'approvisionnement de nouvelles filières. Cette orientation étant facilitée par le développement d'une caractérisation et/ou d'un prétraitement adéquat. Enfin, l'organisation des études, celle du chantier, ainsi que la contractualisation, doivent permettre de développer et de fiabiliser ces filières.

1.2. Les données relatives aux futurs projets en France

Les futurs grands projets d'infrastructures de transport, qui sont essentiellement en France des projets ferroviaires, présentent des linéaires importants d'ouvrages et d'aménagements souterrains comme les tunnels, les tranchées et les gares. Le contexte de ces projets est parfois urbain et donc dense et très contraint – ce qui pose la question de la faisabilité technique et celle de l'occupation spatiale – mais il peut être aussi non-urbain et techniquement contraint par le relief et les traversées de zones difficiles. Le passage en souterrain permet alors 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, d'offrir une alternative et de restituer la surface à d'autres usages.

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

- **Le Grand Paris** : 205 km de ligne de métro et 72 gares dont la majorité est souterraine entraînant 10 millions de m³ de matériaux géologiques naturels extraits ;
- **La ligne ferroviaire Lyon-Turin** : 16 millions de m³ générés par le creusement du tunnel de base (57 km de longueur) et 19 millions de m³ pour les ouvrages souterrains de la partie française entre Lyon et Modane (86 km de longueur cumulée) ;
- **La Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur (LN PCA)** 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, soit environ 15 millions de m³ ;
- **La Gare souterraine de Lyon Part Dieu** : 600 000 m³ de matériaux extraits pour la seule gare.

Les volumes des matériaux extraits sur ces projets atteignent des chiffres qui 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, comme c'était souvent le cas auparavant, l'équilibre entre déblais et remblais. Enfin, le caractère urbain de certains d'entre eux n'offre même pas cette opportunité.

1.3. Les obligations du Maître d'ouvrage et l'engagement des professionnels

Face à ces volumes importants de matériaux géologiques naturels extraits, les maîtres d'ouvrage doivent mettre en place une démarche de gestion de l'amont du projet jusqu'à la fin des travaux. Cette démarche doit prendre en compte les réglementations en vigueur (code de l'environnement et code de l'urbanisme), les documents de planification comme les schémas régionaux des carrières ou les plans de prévention et de gestion des déchets, ainsi que les engagements volontaires des professionnels.

Notamment, la convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace urbain, en date du 25 mars 2009, fixe, à l'horizon 2020, un objectif de réemploi ou valorisation des matériaux géologiques naturels extraits sur chantier à 100 %. Elle préconise d'éviter de recourir à des emprunts ou carrières extérieures au projet [5].

Le maître d'ouvrage est responsable de la gestion des matériaux extraits (article L.541-2 du code de l'environnement) [6]. Il prévoit les dossiers administratifs relatifs au transit ou à l'élaboration sur site des matériaux en vue d'une utilisation (installations classées pour la protection de l'environnement ou installations, ouvrages, travaux et



aménagements). En priorité, le maître d'ouvrage devra définir les mesures afin de réemployer et valoriser les matériaux extraits lors du creusement d'ouvrage souterrains (article L.541-2-1 du code de l'environnement) [6]. Outre ces mesures, il demeure responsable de la gestion de ces matériaux jusqu'aux filières finales.

2. PRÉSENTATION DE LA NOTE CETU - CEREMA SUR LA GESTION DES MATERIAUX EXTRAITS

Le CETU et le Cerema préparent actuellement une note d'information qui s'adresse aux maîtres d'ouvrage afin de les aider à mettre en place une démarche de gestion des matériaux géologiques naturels extraits lors de travaux souterrains (creusement d'un tunnel ou d'une galerie technique, construction d'une tranchée couverte, d'une gare souterraine, etc.), depuis les études de définition du projet jusqu'à la fin des travaux. La démarche propose des scénarios de gestion des matériaux tenant compte de la réglementation en vigueur, des orientations des différents documents de planification, ainsi que des engagements volontaires des professionnels.

Cette note aborde les points suivants :

- **Les spécificités des matériaux extraits** à travers la prise en compte de la nature géologique des terrains rencontrés et de l'influence de la méthode de creusement ;
- **les scénarios de gestion** des matériaux extraits, décrits et analysés au regard des responsabilités de chacun des acteurs et des procédures administratives à suivre ;
- **Le rôle des différents acteurs** d'un projet routier ou ferroviaire en accord avec les différentes étapes, des études de définition jusqu'à la phase de réalisation des travaux ;
- Enfin, **les différentes filières possibles** en fonction de la nature des matériaux extraits.

2.1. Les spécificités des matériaux extraits

La nature des matériaux géologiques naturels extraits lors de travaux souterrains varie en fonction de la nature des couches géologiques rencontrées et de la méthode de creusement employée.

On peut rencontrer aussi bien des matériaux rocheux (massifs calcaires par exemple), que des matériaux meubles composés de sable et d'argile, ou des matériaux d'autre nature. Le mode de gestion des matériaux dépend, entre autres, des propriétés mécaniques des roches et des sols ainsi que de leurs caractéristiques physico-chimiques. Certains types de matériaux peuvent entraîner des difficultés (voire une impossibilité) d'utilisation, notamment la présence d'amiante, de schiste carbonifère, de gypse ou d'anhydrite. Des pollutions (sols pollués) liées à une activité anthropique peuvent également être rencontrées au sein des différentes couches de surface. Les terres identifiées polluées suite à ces investigations, relèvent de la

réglementation du 8 février 2007 et n'entrent pas dans les préconisations de la note d'information en préparation.

La méthode de creusement utilisée peut également influer sur la nature et donc sur le potentiel de valorisation des matériaux extraits. Elle peut impacter l'utilisation des matériaux extraits et impliquer un éventuel prétraitement susceptible d'en modifier le rapport coût/bénéfice, aussi bien sur le plan économique qu'environnemental. Les méthodes de creusement utilisées sont :

- le tunnelier (creusement dit « mécanisé »),
- l'abattage à l'explosif et/ou à la machine à attaque ponctuelle (creusement dit « en méthode conventionnelle »).

Le choix de la méthode dépend d'une part de la nature géologique du sol rencontré, et d'autre part de la longueur de l'ouvrage à construire. La figure 1 présente les choix possibles en fonction de la résistance des matériaux [7].

Un tunnelier sera justifié économiquement sur des ouvrages longs (plus de 3 000 m) alors que la méthode conventionnelle restera plus compétitive pour les ouvrages courts (moins de 1 000 m), les deux solutions étant concurrentes dans l'intervalle. Pour certains projets, plusieurs méthodes de creusement peuvent être mises en place sur le linéaire du projet.

2.2. Les scénarios de gestion

Suite au diagnostic quantitatif et qualitatif des matériaux géologiques naturels réalisé au niveau des études de définition du projet, trois scénarios de gestion sont possibles :

- **scénario 1** : le chantier est déficitaire en matériaux ; les matériaux géologiques naturels extraits sont utilisés sur le chantier ;
- **scénario 2** : les matériaux géologiques naturels sont utilisés dans le cadre d'un autre chantier du même maître d'ouvrage ;
- **scénario 3** : le maître d'ouvrage des travaux souterrains n'a pas l'utilité des matériaux extraits.

La figure 2 présente les 3 scénarios.

Le maître d'ouvrage pourra avoir recours à une combinaison de ces scénarios en fonction des propriétés des matériaux et des usages envisagés.

Pour les scénarios 1 et 2, les matériaux géologiques naturels extraits des travaux souterrains ne prennent pas le statut de déchet au sens de l'article L.541-1-1 du code de l'environnement [6]. Le maître d'ouvrage ne se défaît pas des matériaux ; pour autant, il est responsable de leur gestion.

Avec ces scénarios, les matériaux sont utilisés sur les chantiers du maître d'ouvrage, suite à un traitement sur site ou sur un site dédié. Dans ce dernier cas, un document contractuel sera établi entre le maître d'ouvrage et le prestataire afin de s'assurer que :

- Les matériaux entrants et sortants des installations respectent les conditions fixées par les arrêtés préfectoraux ;
- Les matériaux sortants respectent les qualités demandées par le maître d'ouvrage pour l'usage identifié ;
- Les procédures de traçabilité des matériaux sont mises en œuvre. En particulier, les matériaux issus des travaux



- A' : Tunnelier puissant
- A, B, C : Tunnelier
- B, C, D : Machine attaque ponctuelle
- A, A', B : Explosifs

▲ Fig. 4.8.2

Choix des méthodes d'abattage

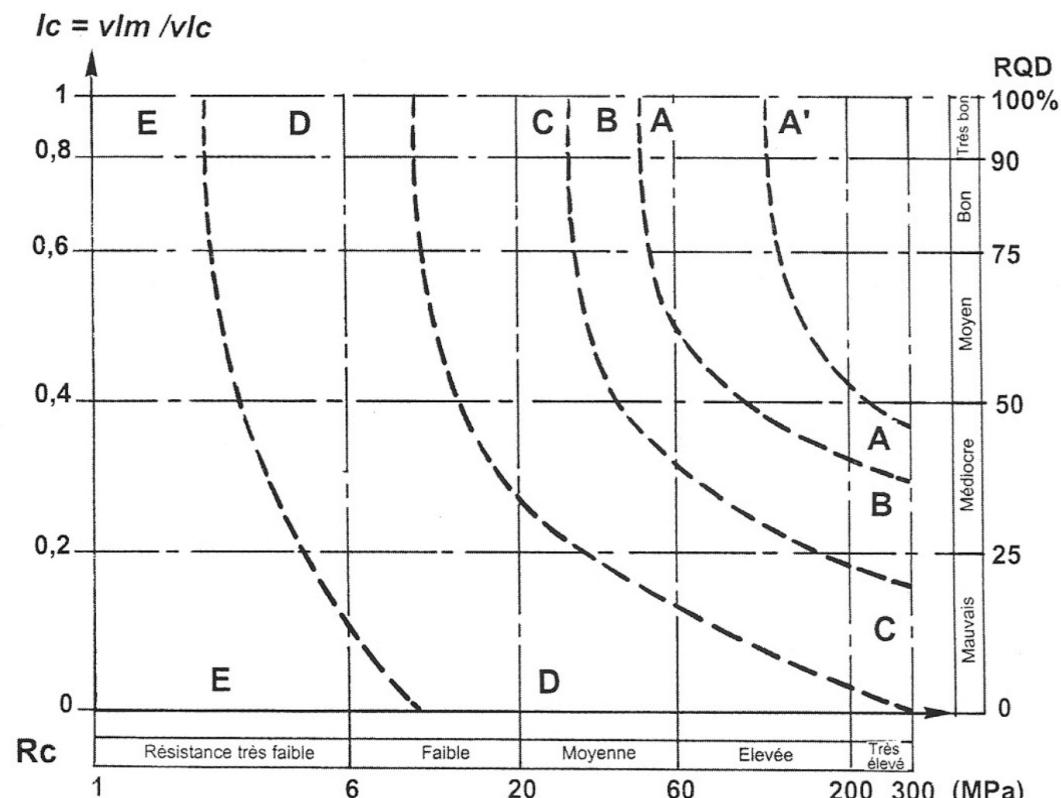
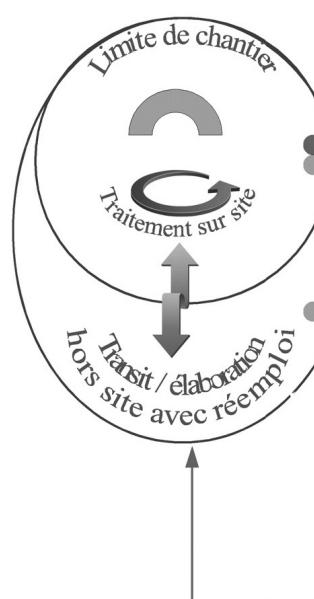
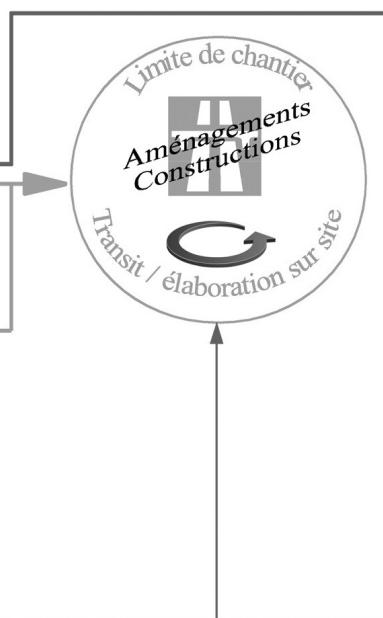


Figure 1 : Choix de la méthode de creusement en fonction de la nature géologique des sols [7].

Scénario 1 : utilisation des matériaux sur le chantier d'extraction des matériaux



Scénario 2 : utilisation des matériaux sur un autre chantier du même maître d'ouvrage



Scénario 3 : le maître d'ouvrage se défaît des matériaux

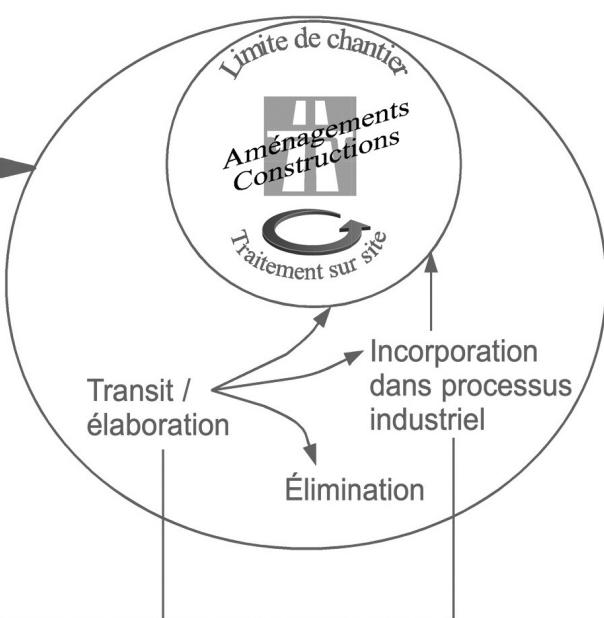


Figure 2 : scénarios de gestion des matériaux géologiques naturels extraits de travaux souterrains.

souterrains ne sont pas mélangés avec d'autres matériaux des installations et l'ensemble des matériaux est restitué au maître d'ouvrage après traitement.

Pour le scénario 3 le maître d'ouvrage se défaît des matériaux. Ainsi, il devient responsable de la gestion de ces

déchets jusqu'à la valorisation ou l'élimination finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers (article L.541-2 du code de l'environnement) [6]. Il doit s'assurer que la personne à qui il remet les déchets est autorisée à les prendre en charge.



Sa responsabilité peut s'arrêter dans le cas où le déchet entre dans une ICPE² ou IOTA³ ayant un arrêté de sortie de statut de déchets (article L.541-4-3 du code de l'environnement) [6].

Le choix de gestion des matériaux extraits du creusement d'ouvrages souterrains dépendra de leurs caractéristiques (propriétés mécaniques, physico-chimiques et environnementales), des possibilités de traitement sur site (besoin du chantier, espace disponible, respect du code de l'urbanisme, dossiers administratifs anticipés, etc.) ou hors site (tissu économique local, etc.). Le maître d'ouvrage s'appuiera sur les orientations en matière de préservation des ressources et de gestion des déchets et devra définir sa stratégie d'intervention sur les matériaux en choisissant les filières de manière à privilégier la hiérarchie suivante :

- Réemploi⁴ ;
- Préparation en vue de la réutilisation⁵ ;
- Recyclage⁶ ;
- Autre mode de valorisation ;
- Élimination.

L'orientation vers les différentes filières sera également guidée par une analyse technico-économique dont les principaux aspects sont déclinés dans les recommandations du GT35 de l'AFTES en cours de réactualisation [2], ainsi que par une analyse de cycle de vie (ACV) dont les principes généraux sont décrits dans les recommandations en cours de rédaction du GT41 de l'AFTES⁷, un exemple étant notamment traité dans le projet National « Ville d'idées - Ville 10D »⁸.

2.3. Le rôle des acteurs

Le projet se déroule en 3 étapes :

- Études de définition ;
- Études de conception ;
- Travaux et mise en service.

À chaque étape du projet, la gestion des matériaux géologiques naturels sera prise en compte.

Au stade des études de définition, afin d'estimer les volumes de matériaux à gérer, d'identifier leur nature et de prendre en compte l'influence de la méthode de creuse-

ment, un pré-diagnostic doit être réalisé par le maître d'ouvrage des travaux. À cette fin, le maître d'ouvrage pourra s'appuyer sur un assistant à maîtrise d'ouvrage qui pourra établir ce premier diagnostic à partir du bilan des connaissances géologiques du site (par exemple à partir des documents géologiques de la base de données Infoterre⁹ ou bien des données relatives à des ouvrages existants réalisés à proximité), voire à partir de premiers sondages qui devront être complétés ultérieurement.

À l'étape de conception, après avoir recruté un maître d'œuvre, le maître d'ouvrage lui demandera d'étudier les solutions de substitution des matériaux naturels et les traitements à mettre en place pour obtenir les caractéristiques compatibles avec les usages fixés.

Le maître d'ouvrage devra choisir l'organisation du traitement à mettre en place (sur site ou hors site, exploiter les installations de traitement dans le cadre du chantier ou le faire faire par un prestataire). Le plan de gestion des matériaux extraits devra prendre en compte l'ensemble des documents de planification : SCOT, SDAGE, PLU, plan déchets du BTP, schémas des carrières, etc., et le cas échéant le maître d'ouvrage devra se rapprocher de la profession des carriers. Ces éléments seront déterminants pour l'enquête publique. Le traitement des dossiers administratifs doit être anticipé au maximum, notamment l'instruction des dossiers ICPE et IOTA. Il conviendra également de vérifier que la mise en place d'une activité est possible du point de vue des documents d'urbanisme : les installations de transit peuvent notamment faire l'objet d'une demande spécifique auprès de la mairie en fonction de la hauteur ou superficie du dépôt (déclaration préalable ou permis d'aménager).

Le maître d'ouvrage rédigera ensuite le marché de travaux qui comprendra notamment, les informations sur :

- la politique portée par le maître d'ouvrage en termes de gestion des matériaux géologiques naturels, notamment les exigences et l'organisation demandées ;
- la synthèse des études menées (diagnostics sur la qualité et les quantités de matériaux extraits, installations de transit et de traitement à réaliser ou existantes sur le territoire) ;
- le choix du ou des scénarios retenus ;

² Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

³ Installations, Ouvrages, Travaux et Aménagements

⁴ (Article L. 541-1-1 du code de l'environnement) désigne « 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 ». Le réemploi est une opération de prévention.

⁵ (Article L. 541-1-1 du code de l'environnement) désigne « toute opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation en vue de la valorisation, par laquelle des produits ou des composants qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de pré-traitement. ».

⁶ (Article L. 541-1-1 du code de l'environnement) désigne « 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'opération de recyclage. ».

⁷ Groupe de travail dédié aux travaux souterrains et développement durable.

⁸ Ce projet de 4 ans démarré fin 2012 et regroupant différents acteurs et organismes, porte sur la conception et l'aménagement du sous-sol pour une ville durable.

⁹ <http://infoterre.brgm.fr/>



- les documents de référence relatifs à la gestion des matériaux (notamment le schéma régional des carrières et le (ou les) plan(s) de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers du bâtiment et des travaux publics) ;
- le bordereau des prix unitaires spécifiant les plus values ou moins values sur le prix d'un matériau qui proviendrait de l'extérieur du chantier.

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

- d'organisation et de suivi de la gestion des matériaux extraits, depuis l'extraction jusqu'au réemploi, à la valorisation ou l'élimination ;
- de bilan de l'opération (quantités et qualité des matériaux extraits, usages, coûts, dysfonctionnements éventuels et solutions mises en place pour palier les dysfonctionnements).

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

Pendant les travaux, des contrôles de qualité des matériaux extraits doivent être mis en œuvre en continu afin de s'assurer de la conformité des matériaux pour un usage donné. A l'issue des travaux, un bilan général de l'emploi des matériaux géologiques naturels extraits doit être établi et comparé au schéma prévisionnel d'emploi de ces matériaux. La réalisation du bilan permet au maître d'ouvrage, responsable de la gestion des matériaux extraits et des déchets, de s'assurer de leur bonne gestion. De plus, il permet un retour d'expérience qui apportera une meilleure connaissance technique et économique pour les futurs chantiers.

2.4. Les différentes filières

Les principales filières pouvant constituer des solutions pour un usage des matériaux géologiques naturels extraits sont :

- Le stockage temporaire « transit » en vue d'une utilisation ultérieure ou d'une élimination ;
- La production de matériaux minéraux ;
- Le remblayage de carrières en activité ;
- La fourniture en matériaux minéraux d'autres filières industrielles,
- L'élimination en installation de stockage.

Comme déjà mentionné précédemment, ces différentes filières impliquent la mise en place où le recours à des installations qui peuvent être soumises à différentes réglementations (ICPE, IOTA). Ces installations peuvent donc nécessiter des démarches administratives qui devront être anticipées et prises en charge par le maître d'ouvrage. Ces démarches peuvent également être confiées à un tiers et contractualisées.

Quelques usages possibles peuvent être mentionnés à titre d'illustration :

- Ballast et sous-couche ferroviaire ;
- Granulats pour bétons et chaussées (béton hydraulique et bitumineux) ;
- Protections hydrauliques : enrochements, riprap, gabions ;

- Remblai, couche de forme et assises de chaussées routières et ferroviaires ;
- Plates-formes industrielles et commerciales ;
- Remblais, digues ;
- Étanchement de zones de stockage ;
- Modelés paysagers ;
- Dispositifs anti-bruit, merlons de protection ;
- Comblement de cavités, etc.

Le cas particulier de la production de granulats pour béton

Si l'on s'intéresse plus particulièrement à la filière « production de matériaux minéraux » et notamment à l'application « béton hydraulique », dans les cas les plus favorables du point de vue géologique, on pourra produire sur site, à l'aide des installations adéquates, des granulats pour bétons conformes aux normes produits. Ce qui permettra de produire des bétons conformes à la norme « Bétons » NF EN 206/CN et donc d'apporter toutes les garanties nécessaires au maître d'ouvrage. Certaines dérogations pourront toutefois être retenues à travers la mise en œuvre de l'approche « performante » en matière de formulation de bétons (NF EN 206/CN) [8]. Cette approche permet, dans une certaine limite, de déroger à l'approche prescriptive tout en garantissant la durabilité du béton formulé et l'atteinte des autres spécifications du cahier des charges. On notera cependant, que certaines natures de roche posent problème en vue d'un réemploi ou d'une valorisation dans les bétons et conduisent à des études amont plus pointues et plus poussées. La possibilité de recourir à des bétons à composition prescrite (BCP selon la norme NF EN 206/CN par opposition aux BPS : bétons à propriétés spécifiées), permet dans ce cas, d'imposer au marché une formule de béton ayant fait ses preuves lors d'études amont. Les risques sont alors mieux encadrés. On citera par exemple les études engagées par LTF dans le cadre du tunnel transfrontalier du projet Lyon-Turin, où la présence de sulfates pénalise fortement la production de bétons à partir des matériaux extraits lors du creusement. Des solutions innovantes ont cependant pu être développées [4]. Enfin, des questions d'ordres technique, économique et méthodologique, liées à l'élaboration de granulats sur site se posent également (matériel, tri et stockage des matériaux extraits et des granulats produits, traitements éventuels des matériaux extraits, procédures de contrôle des granulats élaborés, analyse financière et risques associés, etc.). De telles productions sur site doivent alors s'organiser avec les acteurs locaux, dont les producteurs de granulats, et en cohérence avec les outils de planification. L'objectif étant de maîtriser les impacts économiques sur la filière « habituelle » de production de granulats et de gérer l'aspect temporel de la disponibilité des matériaux.

3. CONCLUSION

Les préoccupations liées à la gestion des matériaux géologiques naturels extraits lors du creusement des tunnels ont conduit le CETU et le Cerema à rédiger une note d'information¹⁰ à l'attention des maîtres d'ouvrage afin d'aider ces derniers à définir et mettre en place leur démarche pour



la gestion des matériaux géologiques extraits, des stades les plus amont jusqu'aux travaux.

En effet, les futurs grands projets laissent présager des volumes excédentaires conséquents dont la mise en dépôt ne peut être acceptable. Les impacts sociaux, économiques et environnementaux majeurs doivent donc conduire à rechercher d'autres solutions afin de limiter cette mise en dépôt. Cela passe par l'identification et le développement de nouvelles filières de réemploi et de valorisation à l'échelle du territoire dans lequel s'inscrit le projet. Cette approche doit s'appuyer sur l'analyse du tissu économique local ainsi que sur la connaissance des acteurs. Enfin, les nouveaux montages juridiques doivent permettre de fiabiliser ces filières.

4. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Chiffres & Statistiques, 355 millions de tonnes de déchets produits en France en 2010, Commissariat Général du Développement Durable, n°385, janvier 2013, 5p.
- [2] AFTES GT35 Recommandation sur la Gestion et valorisation des matériaux d'excavation, 2007.
- [3] Burdin J., Thalmann C., Caron C., Brino L. Gestion et Valorisation des Matériaux d'Excavation de Tunnels - Analyse comparative de 3 grands projets. AFTES, Journées techniques, Chambéry, 2005.
- [4] Thèse Jérémie Colas. Etude de la valorisation des déblais de chantier de tunnel riches en sulfates en granulats pour béton. Thèse IFSTTAR/LTF, décembre 2012.
- [5] Convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain ; ministère de l'Ecologie, USIRF, SYNTÉC-INGENIERIE, FNTP, Terrassiers de France, ADF ; mars 2009, 13p.
- [6] Code de l'environnement, Livre V, Titre IV – chapitre 1^{er} : Élimination des déchets et récupération des matériaux, Section 1 : Disposition générale.
- [7] Dossier pilote des tunnels – section 4 - procédés de creusement et de soutènement- CETU.
- [8] Maîtrise de la durabilité des ouvrages d'art en béton – Application de l'approche performantie – Recommandations provisoires. Techniques et méthodes des LPC. Mars 2010, 59p.

¹⁰ À paraître au premier semestre 2015.