

Réemploi des matériaux extraits en tranchée

■ M. MONTAUT¹

Sommaire

1	Introduction
2	Gestion des déblais
2.1	Responsabilité des acteurs
2.2	Coût de mise en décharge et d'achat des matériaux valorisés
3	Nature des matériaux
3.1	Un préalable : l'étude géotechnique conforme au Fascicule 70 du CCTG
3.2	Matériaux rencontrés en chantiers de petite profondeur
3.3	Matériaux rencontrés en chantiers de grande profondeur
4	Conditions de réemploi en remblai de tranchée
4.1	Matériaux réutilisables en l'état
4.2	Matériaux non réutilisables en l'état
4.2.1	Les sols sableux et graveleux avec fines et les sols fins
4.2.1.1	Les installations de traitement
4.2.1.2	Les contrôles de compactage
4.2.2	Les matériaux rocheux
4.2.2.1	Études préalables
4.2.2.2	Exemple de réalisation sur un chantier en Haute-Marne
4.2.2.3	Contrôles de compactage
5	Conclusion
6	Annexes
	Liste des déchets et des lieux d'évacuation
	Difficultés de compactage

¹ LRPC - CETE Est (groupe de travail « Fiabilité des réseaux » de l'Astee).

1. Introduction

Le BTP génère chaque année en France 310 millions de tonnes de déchets (source Ademe – avril 2002). Les chantiers du bâtiment produisent plus de 30 Mt/an, les chantiers de travaux publics produisent 280 Mt/an dont 88 Mt/an sont valorisés sur site, 98 Mt/an sont valorisés hors site et plus de 90 Mt/an sont mis en décharge. Il s'agit essentiellement de déblais et des déchets inertes.

Une enquête nationale a été réalisée par l'Astee lors de la révision du Fascicule 70 sur le remblayage des tranchées des collecteurs d'assainissement. Elle a permis de montrer que dans la plupart des cas, des matériaux d'apport étaient utilisés sur toute la hauteur de la tranchée lorsque celle-ci se situait sous chaussée. En espace vert, des matériaux d'apport sont utilisés en enrobage et le sol en place en remblai.

Les déblais des chantiers d'assainissement et de VRD public ou privé qui ne sont pas réutilisés dans l'état sont presque systématiquement mis en décharge, sans surveillance ni contrôle.

Ce document traitera de la réutilisation des déblais sur site, en l'état ou après traitement. Le traitement en plate-forme de valorisation ne sera pas abordé.

2. Gestion des déblais

Depuis le 1^{er} juillet 2002, seuls les déchets ultimes peuvent être mis en décharge de classe III.

Ce sont des déchets résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par la réduction de son caractère polluant ou dangereux.

Les centres de stockage de déchets de classe III ne reçoivent que des déchets inertes.

Les déchets inertes sont des déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique, chimique ou biologique de nature à nuire à l'environnement (pavés, sables, gravats, tuiles, béton, ciment, carrelage...).

Ils proviennent :

- des chantiers du bâtiment,
- des chantiers des travaux publics,
- des mines et des carrières.

Les différentes classes de décharge sont décrites en annexe.

La circulaire MATE/METL du 15 février 2000 impose l'élaboration de plans départementaux de gestion des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics.

Ces plans doivent contenir :

- la quantification des déchets de chantiers et, si possible, les filières matériaux,
- le recensement des filières de traitement existantes et prévues ainsi que leurs capacités,
- la détermination des installations nouvelles nécessaires (nombre et capacité minimale), dans une logique de proximité : plates-formes de regroupement et de tri, installations de concassage/recyclage, décharges pour déchets inertes...,
- un bilan de la gestion des ressources en matériaux et du recours aux matériaux recyclés.

Les plans départementaux de gestion de déchets relèvent d'une décision préfectorale et d'une démarche volontaire, rien ne tend à terme à rendre leur application obligatoire, mais ils ont le mérite d'apporter des solutions concrètes et opérationnelles et de faire prendre conscience aux acteurs du BTP des enjeux liés aux déchets de chantier.

2.1. Responsabilité des acteurs

Le maître d'ouvrage doit prévoir de donner aux entreprises les moyens financiers et organisationnels leur permettant de gérer les déchets : établissement préalable d'un diagnostic déchet, prise en compte du coût de la gestion des déchets dans le marché.

Le maître d'œuvre doit intégrer les recommandations de la maîtrise d'ouvrage dans les documents contractuels de marché de travaux : il prépare et organise le chantier en liaison avec les entreprises (possibilité de faire un tri sur chantier, audit préalable à la déconstruction...).

L'entreprise, par le jeu des contrats, est en général responsable de l'élimination de ses déchets, elle doit identifier les coûts liés à ce poste, les intégrer dans l'offre et prévoir l'évacuation et le suivi des déchets.

Le programme, écrit par le maître d'ouvrage, doit préciser au maître d'œuvre sa politique concernant la gestion des déchets de chantier, en se référant à la

recommandation T2-2000 de la CCM ou à la norme NFP 03 001.

Pour les marchés publics, la recommandation T2-2000 préconise l'élaboration d'un document préalable rédigé par le maître d'œuvre qui doit présenter quels seront les déchets générés par le chantier, comment, où et à quels prix ils seront évacués,

Pour les marchés privés, la norme NF P 03-001 (décembre 2000) précise que le cahier des clauses administratives générales comporte des dispositions sur l'évacuation des déchets. L'entrepreneur procède au tri de ces déchets et se charge de l'enlèvement et du transport. L'évacuation fait l'objet d'une rémunération distincte, fixée dans le marché sur la base d'une estimation préalable.

Ces plans sont tous pratiquement en place dans les départements, ils ont un caractère volontaire et consensuel et ne peuvent avoir une quelconque valeur juridique.

Ils doivent inciter les différents acteurs à ne mettre en décharge que les déchets ultimes, à déposer dans les centres de recyclage des déchets triés et à utiliser les matériaux recyclés.

2.2. Coût de mise en décharge et d'achat des matériaux valorisés

Le coût moyen de mise en décharge de classe III peut être estimé à 8 €/t.

Pour les matériaux entrants sur une plate-forme de recyclage, une partie ne sera pas recyclable et sera mise en décharge. L'exploitant de la centrale fait donc payer un droit de mise en décharge de l'ordre de 1,50 à 2,50 €/t de déblai entrant et destiné à être recyclé. Cette fourchette de prix est modulable en fonction de la qualité du matériau entrant et de la quantité de matériau valorisé acheté.

Le prix des matériaux valorisés varie suivant la localisation des sites et est assez proche des matériaux classiques utilisés en remblaiement de tranchées.

3. Nature des matériaux

3.1. Un préalable : l'étude géotechnique conforme au Fascicule 70 du CcTg

Lors de l'élaboration d'un projet d'assainissement, l'étude géotechnique préalable est indispensable et

doit être de qualité. Le repérage des zones homogènes de matériaux avec le quantitatif, la classification ainsi que la sous-classe d'état hydrique pour les matériaux sensibles à l'eau, permettront d'appréhender leur réutilisation sur site en l'état, ou d'évaluer la possibilité d'un traitement, ou de préciser pour les matériaux non réutilisables dans l'état (nature, volume, qualité), les lieux de stockage provisoires par catégorie de matériaux, la destination finale en vue d'une valorisation.

Si il y a nécessité de recourir à des matériaux d'apport en remblai de tranchée, il faudra privilégier les matériaux alternatifs agréés tels les matériaux locaux, les MIOM et ceux issus de la valorisation en centrale, pour les remblais de tranchées d'assainissement et leurs conditions de réutilisation.

3.2. Matériaux rencontrés en chantiers de petite profondeur

Les matériaux qui constituent les tranchées de réseaux secs ou d'assainissement de profondeur comprise entre 1 m et 3 m sont généralement réutilisables en l'état s'ils sont hors nappe et d'une granulométrie compatible pour une mise en œuvre en tranchée. L'état hydrique se situe de moyen à humide, qui est une condition favorable pour une mise en œuvre de qualité. Leur extraction et réutilisation doivent généralement s'effectuer dans la même journée afin d'éviter un changement d'état hydrique.

Le niveau d'exigence des conditions de mise en œuvre des matériaux est à définir dans le CCTP. Des tranchées situées hors charges roulantes peuvent admettre des niveaux de mise en œuvre moins exigeants.

3.3. Matériaux rencontrés en chantiers de grande profondeur

Ces tranchées génèrent des volumes importants de déblais.

Si elles se situent dans un milieu alluvionnaire, les graves et sables sous nappe pourront être stockées en bordure de fouille ou sur une plate-forme à proximité pour que l'eau puisse s'évacuer. Le temps de séjour avant réutilisation sera fonction de la propreté de ces matériaux.

Lorsque les matériaux sont constitués de plaquettes calcaires ou de roches massives, on peut avoir recours au concassage. Le matériel de concassage sera bien adapté pour que le matériau élaboré présente de bonnes caractéristiques de mise en œuvre.

Les matériaux situés en profondeur de matrice argileuse ou marneuse (marno-calcaire) se situent souvent à des états hydriques très humides, qui doivent

conduire à une mise en décharge justifiée pour des tranchées situées sous chaussée.

Ces matériaux sont systématiquement remis en remblai lorsque ceux-ci se situent en espace vert en zone non circulée.

Pour les matériaux sensibles à l'eau, une classification des matériaux est à réaliser ainsi qu'un essai Proctor Normal qui déterminera la sous-classe d'état hydrique.

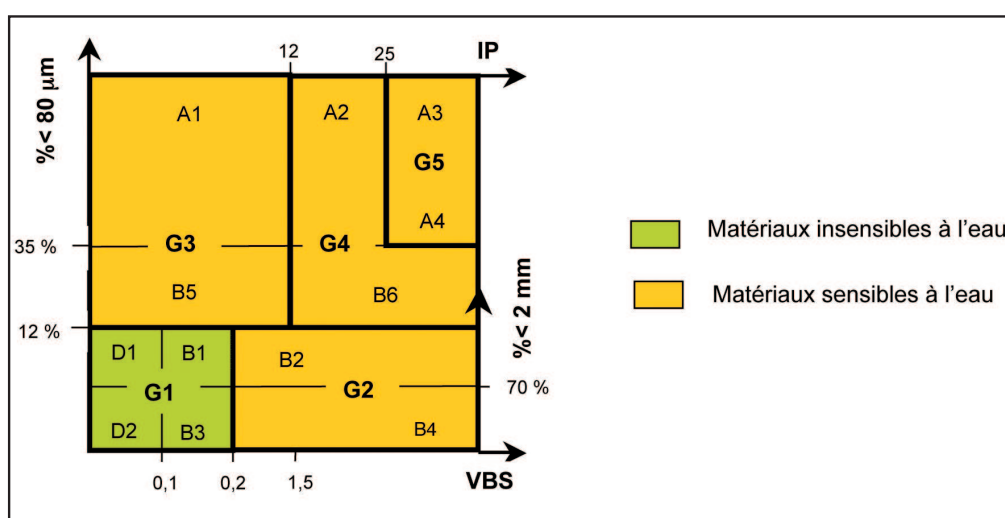


Figure 1

Selon la norme NF P 11-300, les sols sensibles à l'eau sont de classe B (B_2 , B_4 , B_5 , B_6), sols sableux et graveleux avec fines, et les sols de classe A (A_1 , A_2 , A_3 , A_4), sols fins.

Pour permettre le réemploi d'une plus grande variété de sols en enrobage de tuyaux, le Fascicule 70 du CCTG permet au groupe de sol G4 (sols A_2 et B_6) de sa classification simplifiée, d'être utilisé dans le calcul pour la justification de la tenue mécanique. Cette réutilisation est facilitée pour les objectifs q4 et q5 grâce à l'augmentation sensible des paramètres mécaniques des matériaux argileux peu plastiques (groupes G3 et G4).

4. Conditions de réemploi en remblai de tranchée

Les déblais présentent des natures et des états hydriques différents qui permettront dans certains cas d'être réutilisés dans l'état et dans d'autres cas, de subir un traitement pour pouvoir être compactés efficacement.

4.1. Matériaux réutilisables en l'état

Le Fascicule 70 permet, sous réserve de justification de la résistance mécanique des tuyaux, de réaliser le

remblaiement avec différents niveaux de performances :

- non contrôlé – compacté contrôlé non validé – compacté contrôlé validé.

Dans le cas d'un remblai contrôlé non validé, le contrôle porte sur les moyens de mise en œuvre du compactage¹ et non sur la validation de l'objectif de densification. Dans le cas d'un remblai compacté

¹ Cette notion implique la validation du choix du mode opératoire, incluant le choix du matériau, la définition du plan de compactage, le choix d'un objectif de densification, pouvant faire l'objet d'un contrôle interne, mais n'entraînant aucune obligation de validation par un organisme de contrôle tiers et indépendant.

contrôlé validé, après identification et vérification de la teneur en eau, une planche de référence déterminera les conditions de mise en œuvre. On se référera au guide technique « Remblayage des tranchées et réparation des chaussées » du LCPC – SETRA de mai 1994 qui définira les épaisseurs des couches et le nombre de passes des engins de compactages présents sur le chantier.

Le contrôle du compactage se référera à la fonction B de la norme XP P 94-063 ou XP P 94-105. En effet, ce sont généralement des matériaux centrés dans leur classe, les courbes de référence des catalogues des pénétromètres pourront être utilisées.

XP P 94-063 : Contrôle de la qualité du compactage – Méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante – Principe et méthode d'étalonnage des pénétrodentitographes – Exploitation des résultats – Interprétation. Cette norme est en cours de passage en norme « NF » (avis européen en cours d'enquête).

XP P 94-105 : Contrôle de la qualité du compactage – Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable – Principe et méthode d'étalonnage des pénétrodentitographes – Exploitation des résultats – Interprétation.

Les deux normes sont identiques sauf la méthode qui est adaptée pour chaque type de pénétromètre. Les matériaux centrés dans leurs classes sont des matériaux naturels ou concassés classés suivant la norme NF P 11-300 qui peuvent être comparés aux courbes de référence des catalogues pénétrométriques, de par leur nature et état similaires.

Des matériaux évolutifs ou ayant subi un traitement ou certains déchets, pouvant être considérés comme marginaux, ne pourront se référer à la fonction B mais à la fonction C qui après réalisation d'une planche de référence, établira des courbes de références spécifiques.

4.2. Matériaux non réutilisables en l'état

- Les sols sableux et graveleux avec fines ou les sols fins qui présentent des teneurs en eau très élevées (th) doivent subir un traitement à la chaux et/ou liant hydraulique afin d'obtenir un état de densification conforme aux objectifs requis.

- Les matériaux rocheux constitués de plaquettes ou de roches massives devront subir un concassage pour

les ramener à une granulométrie compatible avec une mise en œuvre classique.

Dans certains cas, les volumes récupérés sont trop faibles à l'échelle du chantier pour envisager un traitement au réemploi. Plutôt que de porter ces matériaux en décharge, en fonction de leurs caractéristiques géotechniques, il vaudra mieux les diriger dans un centre de recyclage s'il en existe à proximité.

4.2.1. Les sols sableux et graveleux avec fines et les sols fins

Le réactif le plus adapté pour ces matériaux de classe A et B est la chaux calcique conforme à la norme NF P 98-101.

L'action de la chaux produit sur les sols argileux une réduction instantanée importante de l'argilosité (par floculation et réduction concomitante de l'indice de plasticité²), ainsi qu'une modification de son état hydrique (réduction de la teneur en eau). Ces actions dites immédiates, sont mobilisées pour la réutilisation en remblai, le matériau change d'état hydrique, son aptitude au compactage est augmentée.

Le matériau traité à la chaux permet un stockage de longue durée et il est réexcavable pour une utilisation en tranchée.

Les études géotechniques comportent principalement deux volets (Guide technique - Traitement des sols à la chaux et/ou liants hydrauliques - LCPC - SETRA) :

- le premier volet concerne la qualification des sols à traiter (identification, localisation dans le gisement, aptitude au traitement et choix du produit de traitement le mieux adapté...),

² Indice de plasticité [IP] : définit l'étendue du domaine plastique du matériau.

$IP = WL - WP$, avec :

WL = teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquide et plastique,

WP = teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

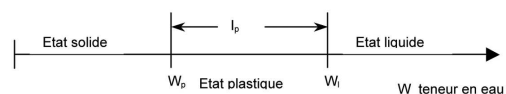


Figure 2

- le second volet est celui des études de formulation (détermination de la quantité de produit à introduire dans le sol, généralement comprise entre 1 % et 3 %).

4.2.1.1. Les installations de traitement

Les installations de recyclage dépendent des conditions locales d'exploitation (nature des matériaux entrants, importance du gisement potentiel).

Le processus de recyclage se divise en quatre phases :

- le tri du matériau s'effectue à deux niveaux : à l'excavation et lors du stockage avant scalpage. L'objectif est de s'assurer de la nature et de l'homogénéité des matériaux à traiter ;
- le scalpage, après le tri le matériau est scalpé à 100 mm pour séparer les parties les plus grossières ; ce refus pourra être concassé pour être introduit à nouveau dans le processus ou valorisé tel quel ;
- le passant à 100 mm subit un criblage dont l'objectif est d'atteindre une granularité 0/D de l'ordre de 31,5 mm ; cette opération permet également un émottage du matériau avant traitement ; le refus peut être valorisé ou concassé ;

- le traitement s'effectue par un malaxage durant lequel le réactif (généralement de la chaux) est mélangé au matériau.

Les types d'installations sont adaptées aux volumes de matériaux à traiter :

- les installations fixes pour des tonnages produits au delà de 100 000 tonnes (figure 3).
- les installations semi-mobiles et stockages des déblais pour des tonnages de 20 à 50 000 tonnes (figure 4) ;
- les installations mobiles sur chantier pour des rendements plus faibles (figure 5).

L'activité du recyclage des matériaux est naissante dans beaucoup de régions et plus évoluée dans d'autres, comme en Île-de-France, en région lilloise ou dans les pays limitrophes comme l'Allemagne, la Belgique...)

Une possibilité de recyclage qui consiste à traiter les matériaux à proximité immédiate du lieu d'excavation est à développer en France, notamment pour le remblaiement des tranchées d'assainissement. Par exemple, un godet cribleur associé à un silo à vis de dosage peut être monté sur une pelle hydraulique.



Installation fixe de Gravi France à Bondy (93)

Figure 3



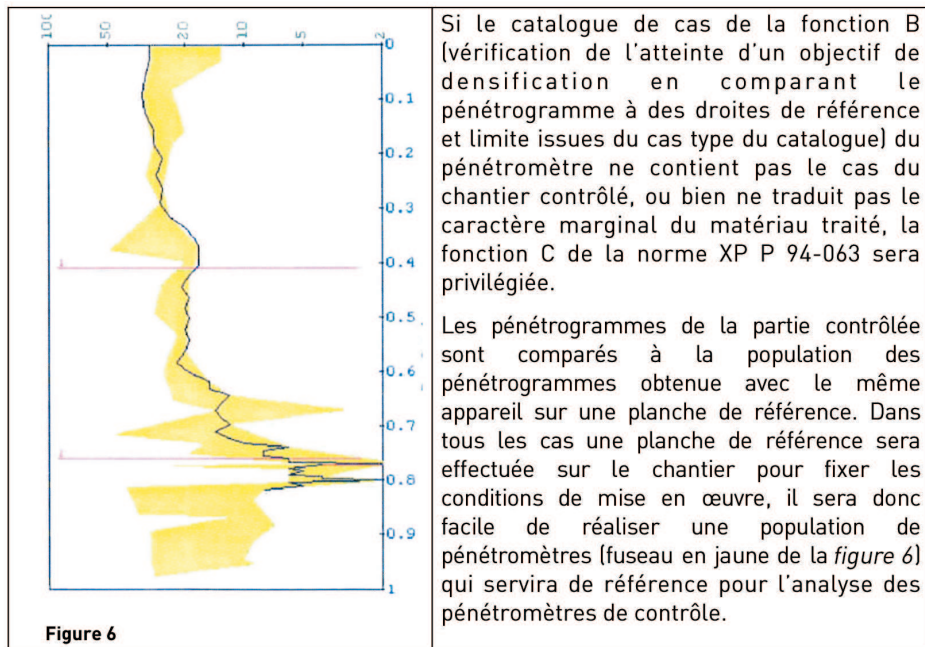
Installation semi-mobile SMS/MATRIF à Limeil Brevannes (94)

Figure 4



Figure 5. Chantier mobile utilisant un godet cribleur

4.2.1.2. Les contrôles de compactage



4.2.2. Les matériaux rocheux

Qu'il s'agisse de plaquettes ou de roche massive extraite au BRH, ou de matériau fluvio-glaciaire, la question de la réutilisation doit se poser. Il existe au-

jourd'hui des matériels de broyage et de concassage compatibles avec des chantiers de petits volumes extraits.



Figure 7. Broyeur de pierre mobile



Figure 8. Mini concasseur

4.2.2.1. Etudes préalables

L'étude géotechnique doit définir avec précision la nature des matériaux des zones homogènes (plaquettes, roche massive...), les volumes à traiter et la durée du chantier.

Pour les matériaux à traiter, certains essais de laboratoire sont à effectuer :

- mode d'extraction,
- nature des matériaux,

- dureté (Los Angeles, Micro-Deval),
- abrasivité (% silice libre),
- densité réelle et apparente,
- propreté (% terre, argile...),
- humidité,
- granularité du tout-venant (taille des plus gros blocs sur trois dimensions).

Une fois ces renseignements acquis, l'installation sera déterminée.

Pour les matériaux constitués de plaquettes et de blocs de taille décimétrique, l'utilisation d'un broyeur de pierre mobile sera adaptée si on dispose d'une aire d'épandage à proximité du chantier.

Pour le concassage, il existe une gamme de concasseurs mobiles adaptés à la taille du chantier.

4.2.2.2. Exemple de réalisation sur un chantier en Haute-Marne

Les matériaux extraits sous chaussée à la pelle hydraulique étaient des plaquettes calcaires de $D = 150$ à 200 mm. Certaines zones étaient plus argileuses que d'autres et il a été fait une sélection des matériaux à broyer.

Ces plaquettes ont été épandues sur une zone à proximité du chantier, pour broyage.



Figure 9

Le chantier était situé dans un village, ce qui facilite la mise à disposition d'une zone d'épandage à proximité du chantier. Il faut que la surface soit adaptée au volume journalier à traiter, ainsi qu'à l'évolution de l'engin.



Figure 10. Zone d'épandage

En début de chantier une planche d'essai a permis d'adapter les conditions de broyage.

La figure 12 montre le broyeur mobile en action sur une épaisseur de plaquettes de $0,40$ m. Trois passes à vitesse constante ont été effectuées. Visuellement on a pu constater que le matériau contenait trop d'éléments fins. Une analyse granulométrique confirmera 15% de fines et un D de 40 mm

Matériau $0/40 - 15\% < 80 \mu\text{m} - V_{bs} 0,66 \rightarrow$ Classification G3 au sens du Fascicule 70



Figure 11. Matériaux entrant sur la zone

La planche d'essai est indispensable et doit être complétée par des analyses granulométriques qui ont montré que le matériau ainsi élaboré contenait trop de fines (passant à $0,08$ mm).

Il faut améliorer le matériau en faisant varier l'épaisseur des plaquettes et le nombre de passes de l'engin. Avec une épaisseur initiale de plaquettes de $0,40$ m et trois passes de broyeur, on a obtenu un matériau de granulométrie $0/40$ avec 15% de fines.



Figure 12. Broyeur mobile



Figure 13. Matériau broyé - 3 passes

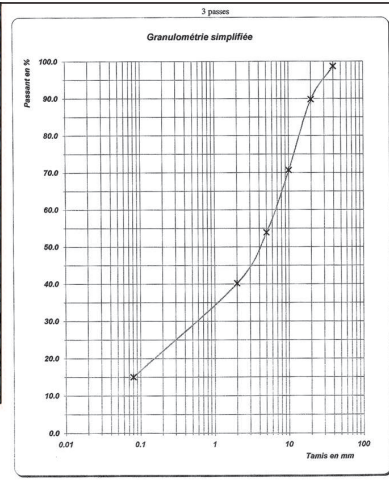


Figure 14. Courbe granulométrique - 3 passes



Figure 15. Matériau broyé - 2 passes

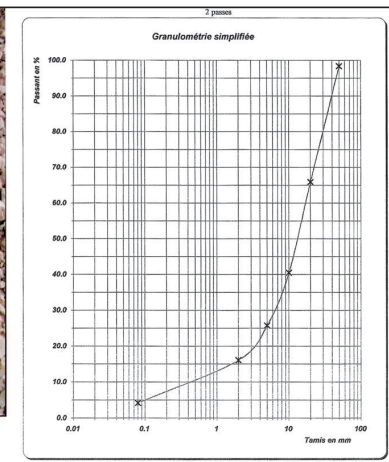


Figure 16. Courbe granulométrique - 2 passes

En réduisant l'épaisseur de plaquettes à 0,30 m et 2 passes de broyeur à vitesse constante, le matériau élaboré obtenu présentait une granulométrie 0/50 avec 4,2 % de fines.

Matériau 0/50 - 4,2 % < 80 μm - Vbs 0,04 $\rightarrow$ Classification G1 au sens du Fascicule 70.

Ce matériau présente de bonnes caractéristiques pour être mis en œuvre en partie inférieure et partie supérieure de remblai. Il ne pourra pas être utilisé en enrobage du tuyau de diamètre 200 mm, le Fascicule 70 fixe le D à 20 mm.

4.2.2.3. Contrôles de compactage

Les contrôles ont été effectués au pénétromètre à énergie constante en fonction B.

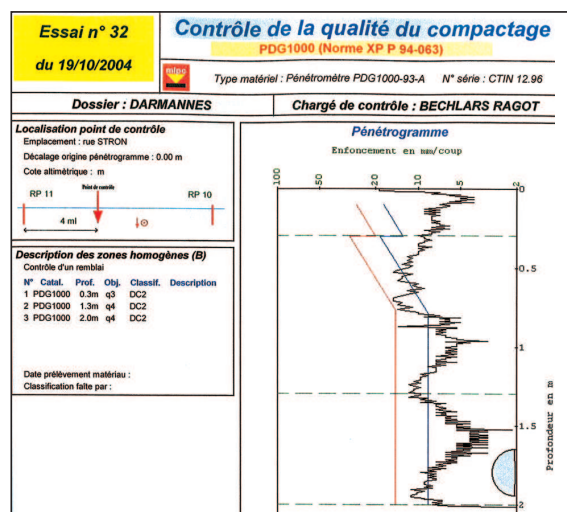


Figure 17. Pénétrogramme de contrôle

Le matériau élaboré a été classé en difficulté de compactage DC2³ pour les objectifs visés q3 en PSR et q4 en PIR.

Tous les tronçons de ce chantier ont été contrôlés avec arrêt du battage dans le sol naturel.

Au sens du Fascicule 70, tous les essais étaient acceptables.

- Objectifs de densification :

q5 : $\rho_{dm} \geq 90 \% \rho_{dOPN}$

q4 : $\rho_{dm} \geq 95 \% \rho_{dOPN}$

q3 : $\rho_{dm} \geq 98,5 \% \rho_{dOPN}$

5. Conclusion

Sauf exception, les sols naturels de déblai ou traités sont réutilisables en zone d'enrobage ou en remblai de tranchée si l'on prend les précautions nécessaires pour une bonne mise en œuvre.

Une enquête réalisée par l'Astee pour la révision du Fascicule 70 sur le remblayage des tranchées des collecteurs d'assainissement, a permis de montrer que dans la plupart des cas des matériaux d'apport étaient

utilisés sur toute la hauteur de la tranchée lorsque celle-ci se situait sous chaussée. Cette pratique n'est pas justifiée et le réemploi des déblais doit être privilégié.

L'étude géotechnique préalable doit prendre en compte le volet « réutilisation des matériaux extraits ».

L'intérêt est de pouvoir réutiliser ces déblais, soit directement, soit en les traitant avec un réactif, ou en les concassant.

Lorsque le traitement sur place n'est pas réalisable, les déblais seront dirigés dans un centre de valorisation s'il en existe à proximité, et des matériaux recyclés localement pourront être utilisés en remblai de tranchée.

La réutilisation des déblais de tranchées doit être privilégiée car elle permet de limiter le prélèvement de matériaux d'origine naturelle (sachant qu'à ce jour un certain nombre de régions importent des matériaux), de réduire le coût des travaux, de limiter les dépôts en décharge et les nuisances des transports.

³ Voir en annexe 2 les notions de difficultés de compactage.

Lexique des abréviations

Ademe	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
Astee	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement
BTP	Batiments et Travaux Publics
BRH	Brise Roche Hydraulique
CCM	Commission Centrale des Marchés
CCTG	Cahier des Clauses Techniques Générales
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (devenu MEDD, ministère de l'Écologie et du Développement durable à la date de la rédaction).
METL	Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
MIOM	Mâchefer d'Incinération des Ordures Ménagères
OPN	Optimum Proctor Normal
PIR	Partie Inférieure du Remblai
PSR	Partie Supérieure du Remblai
SETRA	Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
VRD	Voiries et Réseaux Divers

Bibliographie

- Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France (décembre 2003). Valorisation des excédents de déblais de travaux publics.
- Fascicule 70 du CCTG (Ouvrages d'assainissement, novembre 2003 - Fascicule spécial n° 2003-10).
- Guide Technique - Remblayage des tranchées et réfection des chaussées - Mai 1994 - LCPC-SETRA.
- Guide Technique - Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (Application à la réalisation des remblais et des couches de forme) - LCPC - SETRA.
- Norme NF P98-331 - Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection (février 2005) - AFNOR 2005.
- Norme XP P94-063 - Contrôle de la qualité de compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante (Août 1997) - AFNOR.
- Norme XP P94-105 - Contrôle de la qualité de compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable (Mai 2000) - AFNOR.

Annexe 1

Liste des déchets et des lieux d'évacuation

Nature du déchet de chantier à évacuer			
Pavés propres Sable et gravillons propres Sablon Limon Argiles à silex et à meulière Marno-calcaires Calcaires, craie, grès Par extension : Les sols non salins, à l'état solide Mélange de ces sols	Pavés/dalles souillés Béton de ciment armé ou non Graves traitées Béton maigre Limon traité Limon et argile très humide Boues non organiques Terre végétale, vase et tourbe contenant moins de 10 % de matière organique. Bétons concassés F71 et F72	Bétons bitumineux Asphaltes Enduits à émulsion de bitume Grave bitume Câbles, ferrailles, tuyaux et tampons de fonte et plomb Tuyaux plastiques et fibrociment Mâchefer d'origine inconnue Produits de démolition F73 Ordures ménagères ou assimilables Encombrants (à traiter en fonction de la nature) Déchets putrescibles (matière organiques, déchets verts,...)	Enduits avec bitume goudron ou goudron pur Sols mélangés à des goudrons Produits métalliques revêtus de goudron Transformateurs et tableaux électriques Amiantes Tout produit contenant de l'amiante Boues de curage - avec matières organiques - avec hydrocarbures - avec métaux lourds - avec mélange des trois Résidus de peinture : - routière ou résines ou bandes collées - autres peintures sur supports divers Bois traités
Type de déchets	Inerte		Industriel banal (DIB)
Type de décharge	Classe III sous réserve d'acceptation pour les produits contenant des sulfates		Classe II
Voie d'élimination privilégiée	Réemploi en place ou différé	Recyclage en place ou en installation adaptée	
			Traitement en installation spécifique après identification

Annexe 2

Difficultés de compactage

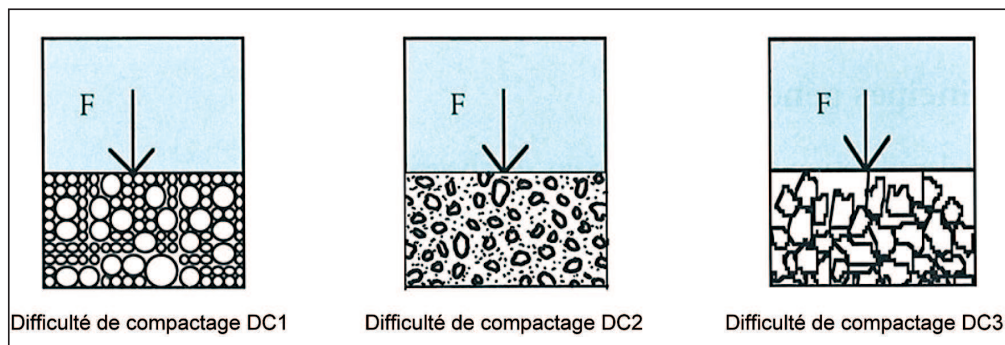


Figure 18

Les matériaux DC1 ont un faible indice de concassage. Les grains se mettent facilement en place pour un niveau d'énergie donnée. Les matériaux DC2 ont un indice de concassage moyen : pour un même niveau d'énergie, la mise en place des grains est plus difficile. Les matériaux DC3 ont un indice de concassage élevé : pour un même niveau d'énergie la mise en place des grains devient encore plus difficile.

Remarque :

Il faut différencier les notions de difficulté de compactage et les notions de stabilité ou de résistance mécanique pour un matériau donné. En effet un matériau entièrement concassé sera plus difficile à compacter mais permettra d'obtenir de meilleures résistances mécaniques.

MATERIAUX	DC1	DC2	DC3
Graves non traitées sableuses peu concassées ou graves grenues entièrement roulées	IC < 60 %		
Graves non traitées grenues		IC < 80 %	IC > 80 %
Grave laitier	IC < 60 %	60 < IC < 100	IC = 100 %
Sable laitier	Autres cas	Si % de sable concassé élevé	
Sable ciment	Autres cas	Si % de sable concassé élevé	
Grave ciment	IC < 80 %	IC > 80 %	
Grave cendres volantes	IC < 80 %	IC > 80 %	
Béton bitumineux	IC < 60 %	60 < IC < 100	IC = 100 %
Graves bitumes	Autres cas	60 < IC < 100	IC = 100 %
Sable bitume	Autres cas	60 < IC < 100	IC = 100 %
Grave émulsion		IC < 80 %	IC > 80 %
Béton maigre	Sauf si W est faible		

IC : Indice de concassage

Tableau II. Difficulté de compactage des matériaux de chaussée