



Chapitre

# 3

## Travaux de terrassement

**1 - Introduction**

**2 - Cas de renforcement d'une voirie  
existante**

**3 - Cas de réfection d'une voirie existante**

**4 - Cas de construction d'une voirie neuve**

**5 - Conclusion**

# 1. Introduction

La réalisation des terrassements a pour but de donner à la route les caractéristiques géométriques stipulées dans le CCTP. Ces travaux consistent à modeler le terrain naturel en fonction des caractéristiques géométriques définies par les plans d'exécution (tracé en plan, profil en long et profil en travers).

D'ampleur très faible dans le cas des chantiers de renforcement de voiries existantes, les terrassements constituent des travaux à part entière dans le cas de la construction neuve des voiries et aménagements urbains.

Ils sont certes limités dans le cas des voiries à très faible trafic ( $t \leq t_5$ ), mais peuvent constituer des ouvrages importants dans le cas de voiries dont le trafic est compris entre  $t_5$  et  $t_3$  ( $t_5 < t \leq t_3$ ).

Les terrassements représentent une phase délicate d'un chantier, car ils impliquent en permanence une adaptation à la qualité des terrains rencontrés qui plus est, sont tributaires des conditions climatiques régnant au moment de l'exécution des travaux.

En fonction de la nature du chantier à réaliser, trois cas sont envisagés :

- cas de renforcement d'une voirie existante,
- cas de réfection d'une voirie existante,
- cas de construction d'une voirie neuve.

## 2. Cas de renforcement d'une voirie existante

Les travaux de terrassements sont, dans ce cas, réduits, mais dépendent de la structure de la voirie existante.

## 2.1 - Renforcement d'une structure souple

---

En règle générale, le revêtement en béton est réalisé directement sur la voirie existante, sans couche intermédiaire et sans aucune précaution préalable.

L'existence sur l'ancien revêtement de déformations importantes, pouvant par conséquent entraîner de fortes variations d'épaisseur du béton, conduit le plus souvent à envisager de réaliser au préalable les travaux suivants :

- rabotage du revêtement existant dans le cas de déformations transversales (ornières de 3 cm ou plus),



- reprofilage de l'ancienne chaussée dans le cas de déformations longitudinales (ondulations courtes).



## 2.2 - Renforcement d'une structure rigide

---

La technique de renforcement consiste à fragmenter l'ancienne chaussée en morceaux d'un mètre carré environ et à mettre en place entre l'ancien et le nouveau revêtement une couche d'interposition permettant le rattrapage éventuel des dénivellations de l'ancien revêtement.

## 2.3 - Le dimensionnement

---

Comme il ne s'agit pas d'un sol naturel, la détermination de la portance s'effectue par mesure de la déflexion de la voirie à renforcer. Elle permet de déterminer la classe « C » de la structure à renforcer. Exprimée en 1/100 mm, la déflexion correspond au déplacement vertical de la voirie, à un instant donné, sous le passage d'un jumelage chargé à 6,5 tonnes. On définit ainsi six classes de déflexion  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  et  $C_6$  telles qu'elles sont définies dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Classification de la déflexion**

Classes de déflexion	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Valeur de la déflexion en 1/100 mm	0-50	50-75	75-100	100-150	150-200	200-300

Connaissant la classe de déflexion de la structure à renforcer et le trafic, on peut déterminer l'épaisseur du renforcement en béton. Les tableaux 7 et 8 donnent respectivement le dimensionnement dans le cas d'un ancien revêtement souple et dans le cas d'un ancien revêtement béton.

**Tableau 7 : Renforcement en béton sur un ancien revêtement souple  
Epaisseur du béton pour une période de service de 20 ans.**

Classes de déflexion	Classes de trafic				
	$t_6$	$t_5$	$t_4$	$t_3$	$t_3^+$
C <sub>6</sub>	17	18,5	20	21,5	23
C <sub>5</sub>	16	17,5	19	20,5	22
C <sub>4</sub>	15	16,5	18	19,5	21
C <sub>3</sub>	14	15,5	17	18,5	20
C <sub>2</sub>	13	14,5	16	17,5	19
C <sub>1</sub>	12	13,5	15	16,5	18

**Tableau 8 : Renforcement en béton sur un ancien revêtement en béton  
Epaisseur du béton pour une période de service de 20 ans.**

Classes de déflexion	Classes de trafic				
	$t_6$	$t_5$	$t_4$	$t_3$	$t_3^+$
C <sub>6</sub>	16	17	18	19	20
C <sub>5</sub>	15	16	17	18	19
C <sub>4</sub>	14	15	16	17	18
C <sub>3</sub>	13	14	15	16	17
C <sub>2</sub>	12	14	14	15	16
C <sub>1</sub>	12	12	14	14	15

# 3. Cas de réfection d'une voirie existante

Les travaux de terrassements sont, dans ce cas, réduits. Leur exécution suit le processus suivant :

- décaissement et évacuation des matériaux de l'ancienne structure,
- réorganisation éventuelle des réseaux enterrés,
- travaux éventuels de purge et de comblement,
- compactage de la plate-forme.

## 3.1 - Décaissement de l'ancienne structure

---

Le décaissement se fera sur une épaisseur bien déterminée, fixée par le maître d'œuvre et correspondant au dimensionnement de la nouvelle structure.

Le décaissement doit être conduit de façon à préserver la plate-forme de toute venue d'eau naturelle en cours de travaux. Les matériaux de l'ancienne chaussée seront évacués et stockés en un lieu désigné par le maître d'œuvre.



## 3.2 - Réorganisation éventuelle des réseaux enterrés

---

Ces travaux doivent être conduits avec beaucoup de soin afin d'éviter le décompactage de la plate-forme. Les tranchées seront remblayées selon les règles définies par le Guide Technique « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées » - SETRA / LCPC - Mai 1994

De nouveaux matériaux autocompactants traités au ciment ont été développés ces dernières années dans le but d'optimiser les travaux de remblayage de tranchées. Différents produits sont actuellement distribués par les centrales de BPE. Ils se mettent en place dans la tranchée par déversement sans aucun compactage.

### **3.3 - Travaux éventuels de purge et de comblement**

---

L'homogénéité de la plate-forme est contrôlée visuellement. Il est recommandé de purger les zones ne remplissant pas les conditions de portance requises et de les combler avec des matériaux présentant des qualités similaires à celles de la plate-forme.

Le contrôle de la portance de la plate-forme peut être réalisé, à l'aide de l'essai CBR (cas des petits chantiers), soit à l'essai de plaque (cas de grands chantiers).

### **3.4 - Compactage de la plate-forme**

---

Le compactage est obligatoire et notamment pour les zones purgées et comblées par un matériau d'apport. Il sera réalisé conformément au Guide de « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées » - SETRA / LCPC - Mai 1994

## **4. Cas de construction d'une voirie neuve**

Les travaux de terrassements pour la construction d'une chaussée neuve comprennent :

- les travaux préparatoires,
- les terrassements.

### **4.1 - Les travaux préparatoires**

---

Ils sont de trois types :

### **4.1.1 - Tracé de la route**

Dans le cas de la voirie à faible trafic, un tracé qui suit au maximum le terrain naturel est recommandé. Mais pour des considérations liées à la sécurité et au confort de l'usager, ceci n'est malheureusement pas toujours possible. Des travaux de terrassements en déblai et en remblai sont donc nécessaires.

Pour permettre la réalisation des travaux de terrassements dans de bonnes conditions, il convient d'effectuer des travaux de piquetage permettant d'une part de matérialiser le tracé de la route et d'autre part de déterminer sur le terrain la hauteur ainsi que la limite des zones de déblai et de remblai.

### **4.1.2 - Dégagement de l'emprise de la route**

Ces travaux comprennent l'abattage des arbres, le dessouchage, les démolitions diverses, les déplacement des réseaux, etc.

### **4.1.3 - Décapage de la terre végétale**

Ces travaux consistent à enlever la couche superficielle du terrain naturel sur une épaisseur bien déterminée (de l'ordre de 15 à 20 cm), de façon que les débris d'arbres (racines, branches, feuilles) et la terre végétale, soient entièrement enlevés.

Des pentes transversales de 2 à 4 % seront prévues afin de permettre l'évacuation des eaux de pluie et de ruissellement. Ces travaux peuvent être réalisés à l'aide d'un buteur ou, en cas de défaut, à l'aide d'une pelle mécanique.

## **4.2 - Les terrassements**

---

L'objet des terrassements est double :

- modifier le terrain naturel pour l'amener au niveau prévu par le projet,
- préparer une plate-forme support de la chaussée répondant aux critères de qualité nécessaire d'ordres géométrique et mécanique.

Les travaux comprennent :

- l'exécution des déblais,
- l'exécution des remblais,
- l'exécution de la plate-forme support de la chaussée.



### 4.2.1 - Exécution des déblais

Les techniques requises dépendent des sols rencontrés :

- **les terrains « meubles »** : peuvent être extraits par tranches verticales au moyen de chargeuses ou de pelles, le transport est alors effectué par des camions.
- **les terrains défonçables** : ne peuvent être extraits tels quels par le matériel cité ci-dessus. Ils exigent d'être préalablement ameublés par le passage d'un engin équipé de dents « ripper ». Cet engin est une « défonceuse » (1 ou 2 dents) ou une « scarificatrice » (plus de 2 dents).
- **les terrains rocheux compacts** : exigent, en général, d'être fragmentés par l'usage de l'explosif. Ce travail est très délicat. Il doit être conduit par des spécialistes.

### 4.2.2 - Exécution des remblais

L'objectif principal est d'obtenir un remblai stable qui supporte la chaussée sans tassements qui seraient préjudiciables à sa bonne tenue.

Pour atteindre cet objectif, il convient de respecter les règles ou dispositions particulières de mise en œuvre et qui se résument comme suit :

- exécuter le remblai par couches successives au moyen de boteurs,
- densifier chaque couche par un compactage méthodique,
- apporter un soin particulier à l'exécution de sa partie supérieure qui recevra la chaussée.



Quant au choix des matériaux pour la construction d'un remblai, ceux qui sont insensibles à l'eau seront réservés en priorité pour réaliser la partie supérieure du remblai de manière à lui conférer une bonne portance. Les matériaux sensibles à l'eau seront utilisés en corps de remblai après traitement aux liants hydrauliques.



### **4.2.3 - Réalisation de la plate-forme support de la chaussée**

En déblai comme en remblai, la couche supérieure des terrassements doit posséder des qualités suffisantes pour recevoir la chaussée. Les matériaux qui la composent doivent être de bonne qualité et leur compactage particulièrement soigné pour leur conférer une portance satisfaisante.

Par ailleurs, un bon réglage de la surface et des pentes transversales de 2 à 4 % doit être obtenu afin de permettre l'évacuation des eaux de pluie et de ruissellement. Le réglage de la surface est réalisé par une niveleuse.



Mais il arrive souvent que le sol, mis à nu par les terrassements, soit dans un état tel qu'il n'autorise même pas la circulation des camions de chantier. Il doit donc être amélioré ou protégé de manière à constituer un support convenable permettant en premier lieu la construction de la chaussée et à plus long terme un bon fonctionnement de celle-ci.

Pour améliorer et/ou protéger le sol en place, plusieurs solutions existent et en particulier la technique de traitement des sols en place aux liants hydrauliques et/ou à la chaux qui constitue une solution largement répandue.

## **4.3 - Traitement des sols en place**

---

### **4.3.1 - Définition**

Traiter un sol avec un liant hydraulique, c'est le mélanger intimement avec cet élément d'apport pour lui conférer des propriétés nouvelles. Il s'agit d'un traitement qui utilise les affinités chimiques du sol et du liant hydraulique. Il est complété par un traitement mécanique « le compactage ».

Cette technique a connu un très fort développement, depuis une dizaine d'années, dû essentiellement à deux phénomènes :

- le premier phénomène est lié à des impératifs économiques associés à un souci écologique croissant. En effet, alors que les profils géométriques des projets routiers deviennent de plus en plus contraignants et demandent des mouvements de terre importants dans des sols parfois difficilement réutilisables, les gisements naturels de matériaux nobles, inégalement répartis, s'épuisent. Il convient donc d'épargner les ressources existantes, d'autant plus que le coût du transport est élevé. A ces impératifs économiques, il convient

- d'adjoindre un souci fort louable de préservation de l'environnement poussant à limiter la constitution de décharges de matériaux impropres à la réutilisation,
- le second phénomène auquel est lié le développement du traitement des sols en place repose sur les progrès technologiques réalisés ces dernières années en la matière. Nous sommes loin actuellement des conditions matérielles de la première expérience réalisée en France en 1962, les perfectionnements énormes apportés aux matériels d'épandage et de malaxage et l'augmentation du parc de matériel de traitement ainsi que sa diversification (150 machines et plusieurs ateliers compacts de traitement des sols existent actuellement en France) ont permis d'améliorer sensiblement les rendements et la qualité du travail réalisé.

Aujourd'hui, la technique du traitement aux liants hydrauliques s'étend à un nombre de plus en plus élevé de sols tels les limons, les argiles, les marnes, les matériaux sableux, sableux-graveleux et graveleux, les craies, les calcaires tendres, etc.

### **4.3.2 - Objectif**

Le traitement des sols a pour objet de rendre utilisable un sol qui ne présente pas les caractéristiques requises pour servir sans préparation, à supporter une route, un parking ou une plate-forme industrielle. Le traitement aux liants hydrauliques des sols en place permet d'éviter l'apport de matériaux extérieurs au chantier. C'est donc une solution économique et écologique.

Il a deux raisons d'être :

- soit améliorer des sols trop humides, qu'il s'agisse du sol en place pour permettre la progression du chantier ou qu'il s'agisse de sols à réutiliser en remblai. Dans ce cas, on cherche un effet rapide pour obtenir un niveau de portance suffisant permettant la circulation des engins et la mise en œuvre possibles, mais sans chercher à obtenir des performances mécaniques forcément élevées par la suite,
- soit réaliser des plates-formes rigides et stables aux intempéries pour la circulation de chantier et la mise en œuvre de la fondation. Dans ce cas, on recherche une résistance mécanique pour la plate-forme.

### **4.3.3 - Les différents types de traitement**

Selon l'utilisation prévue (en couches de forme, en remblais ou en PST) et en fonction du type de sol à stabiliser, il existe plusieurs types de traitements des sols en place qui ne diffèrent que par la nature du liant utilisé. En France, on utilise presque exclusivement les traitements suivants :

- le traitement à la chaux,
- le traitement au ciment ou aux liants hydrauliques routiers,
- le traitement mixte à la chaux puis au ciment ou aux liants hydrauliques routiers.

### **4.3.4 - Exécution des travaux**

Elle suit le processus suivant :

- la préparation du sol à traiter,
- l'épandage du liant,
- le malaxage,
- le compactage,
- le réglage,
- la protection : le produit de cure.

Dans certains cas particuliers où le matériau à traiter est trop sec, il peut être nécessaire de procéder à un arrosage avec malaxage, avant épandage du liant, pour réhumidifier le sol. Inversement, on peut procéder à un malaxage sans liant pour profiter des conditions atmosphériques favorables à une évaporation lorsqu'on est en présence de sols humides ou très humides.

### **4.3.5 - Traitements - types**

La recherche de la meilleure adéquation (technique et économique) entre produits de traitements et matériaux à traiter pour une application donnée (remblai, PST, couche de forme) implique de reconnaître ces matériaux à partir des paramètres significatifs vis-à-vis des phénomènes intervenant dans la technique du traitement des sols, conformément à la GTR et à la norme NF P 11-300.

Le tableau 9 donne, en fonction de l'état hydrique du sol et de la nature du sol (argileux ou non), l'ordre et l'organisation de ces différentes phases élémentaires d'exécution.

**Tableau 9 : Traitements - types de sols**

Sol normal non argileux (1)		Traitements préalables dans le cas de	
Teneur en eau légèrement supérieure à l'optimum Proctor normal	Teneur en eau inférieure à l'optimum Proctor normal	Sol argileux (2)	Sol gorgé d'eau
1. Ouverture au scarificateur ou au ripper si le sol est très compact.	1. Ouverture au scarificateur ou au ripper si le sol est très compact.	1. Ouverture du sol au scarificateur ou au ripper	1. Ouverture du sol au scarificateur ou au ripper
2. Passage du malaxeur sur l'épaisseur de la couche à stabiliser.	2. Epandage du ciment. Poids au m2 indiqué par le laboratoire.	2. Epandage de chaux grasse. Poids au m2 indiqué par le laboratoire et répandage de l'eau si nécessaire.	2. Epandage de chaux vive. Poids au m2 indiqué par le laboratoire.
3. Laisser sécher le sol durant la journée.	3. Malaxage du ciment. Nombre de passages du malaxeur à déterminer sur chantier, réglage au grader et léger compactage	3. Malaxage de la chaux. Nombre de passages du malaxeur à déterminer sur chantier.	3. Malaxage de la chaux vive.
4. Refermer le sol en fin de journée.	4. Passage du malaxeur sur 0,10 m environ de profondeur..	4. Compactage.	4. Compactage.
5. Le lendemain, réouverture du sol au malaxeur. Après mesure de la teneur en eau, recommencer si besoin les opérations 2, 3 et 4.	5. Répandage de l'eau. Nombre de litres au m2 indiqué par le laboratoire chantier. Remalaxage.	5. Laisser agir la chaux pendant 24 à 48 heures	Poursuite avec un traitement type d'un sol non argileux (colonne 1 ou 2)
6. Épandage du ciment. Poids au mètre carré fourni par le laboratoire	6. Compactage. Nombre de passages à déterminer sur chantier pour atteindre 95% de l'Optimum Proctor	Poursuite avec un traitement type d'un sol non argileux (colonne 1 ou 2)	
7. Malaxage du ciment. Nombre de passages du malaxeur à déterminer sur chantier et réglage au grader.	7. Réglage au grader du sol malaxé et compacté.		
8. Compactage. Nombre de passages à déterminer sur chantier pour atteindre 95% de l'Optimum Proctor	8. Produit de cure dans les plus brefs délais.		
9. Réglage au grader du sol malaxé et compacté.			
10. Produit de cure dans les plus brefs délais.			

(1) D'après la GTR et la norme NF P 11-300, les sols non argileux sont les sols de classes  $B_1$  ;  $B_2$  ;  $D_1$  ;  $C_1B_1$  ;  $C_1B_2$  ;  $B_3$  ;  $B_4$  ;  $D_2$  ;  $D_3$  ;  $C_1B_3$  ;  $C_1B_4$  ;  $C_2B_3$  ;  $C_2B_4$  et éventuellement les sols de classes  $B_5$  ;  $C_1A_1$  ;  $C_1B_5$  et  $C_2B_5$  si ces derniers sont très peu argileux ( $VB_s < 0,5$ ).

(2) D'après la GTR et la norme NF P 11-300, les sols argileux sont les sols de classes  $A_2$  ;  $B_6$  ;  $C_1A_2$  ;  $C_1B_6$  ;  $C_2A_2$  ;  $C_2B_6$  ;  $C_2A_1$  ;  $A_3$  ;  $C_1A_3$  ;  $C_2A_3$  ;  $A_1$  ;  $B_5$  ;  $C_1A_1$  ;  $C_1B_5$  et  $C_2B_5$ .

#### 4.3.6 - Conditions de mise en œuvre

Les conditions de mise en œuvre doivent être conformes aux recommandations du Guide Technique «Traitement des sols à la chaux, aux liants hydrauliques et pouzzolaniques» (SETRA / LCPC - 1997)

##### 4.3.6.1 - L'épandage du liant

Pour réduire et maîtriser la dispersion du liant hydraulique, il est préférable de retenir - dans le cas de chantiers importants - un épandeur à dosage pondéral, asservi à la vitesse d'avancement. Le contrôle de la régularité de l'épandage et de la quantité des liants est réalisé par la méthode dite « à la bêche ».



##### 4.3.6.2 - Le malaxage

Pour assurer une bonne homogénéité du matériau et une profondeur homogène du malaxage, il est judicieux de retenir un malaxeur à rotor horizontal ou un atelier compact de reconditionnement. D'autre part, le malaxage foisonnant énormément les matériaux, il faut veiller - lorsqu'on traite par bandes jointives - à mordre suffisamment (20 cm) dans la partie déjà foisonnée, pour ne pas laisser de matériau non malaxé en bordures de bandes.



##### 4.3.6.3 - Le compactage

L'atelier de compactage ainsi que le nombre de passes nécessaires seront définis sur une planche d'essais de compactage.

Le compactage doit suivre sans tarder la fin du malaxage



### 4.3.6.4 - Le réglage

Le réglage définitif doit se faire par rabotage sur toute la largeur à régler et en aucun cas par comblement des points bas par les matériaux provenant de l'écrêtage des bosses. Cette opération doit suivre immédiatement le compactage. Elle se fait le plus souvent à la niveleuse. Les matériaux provenant du rabotage doivent être évacués



### 4.3.6.5 - La couche de protection

Elle est destinée à protéger la couche traitée des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic. Elle doit être réalisée dans les plus brefs délais après la fin du réglage.



## 5. Conclusion

Les travaux de construction des chaussées et des couches de formes représentent une part importante du coût global de réalisation des projets routiers. Cette importance justifie une recherche d'optimisation globale, visant à minimiser les coûts.

L'optimisation des solutions techniques consiste d'abord en un choix judicieux de tracé en plan et de profil en long des terrassements pour limiter au maximum les mouvements de terre en fonction de la qualité des matériaux exigés.

Optimiser, c'est aussi déterminer le couple couche de forme/chaussée le mieux adapté. Sachant que la couche de forme peut jouer un rôle structural, on a donc intérêt à privilégier ses performances par les techniques de traitement aux liants hydrauliques.