

# Terrassement

## Construire un ouvrage en terre

par **Guy RAOUL**

*Ingénieur de l'École spéciale des travaux publics  
Ancien Directeur de GTM Construction*

<b>1. Le terrassement, une activité.....</b>	<b>C 5 350 – 2</b>
<b>2. Le terrassement, une technique .....</b>	<b>– 3</b>
2.1 Les paramètres intervenant dans le terrassement d'un ouvrage.....	– 3
2.2 Les nouveaux enjeux.....	– 4
<b>3. Le terrassement, un métier .....</b>	<b>– 5</b>
<b>4. Découpage de la rubrique Terrassement .....</b>	<b>– 6</b>

**L**e vocable **terrassement** est appréhendé encore parfois, d'une façon réductrice ; il est alors perçu uniquement comme une tâche réalisée avec des engins, incluse dans le processus de construction d'ouvrages de génie civil ou de bâtiments.

Il n'est donc pas inutile de clarifier ce que représente ce terme qui est un peu flou dans les esprits.

Le terrassement ne se limite pas à une simple phase d'exécution ; sa finalité, c'est **la construction d'ouvrages en terre**, réalisés suivant des prescriptions de qualité rigoureuses pour assurer les fonctions requises.

Il recouvre les concepts suivants :

- une activité importante de la construction, majeure en matière d'infrastructures de transport. Dans ce domaine, le terrassement met en jeu les éléments les plus déterminants de l'optimisation économique du projet, au stade de la conception et des études comme au stade de la réalisation ;
- une technique de réalisation d'opérations composites et interdépendantes qui est fondée sur une expérience approfondie acquise sur le terrain. Ces opérations nécessitent la mise en œuvre de méthodes spécifiques et des moyens adaptés, réclamant une approche scientifique et une technologie avancée ;
- un authentique métier requérant une haute technicité et une grande aptitude à gérer de nombreux aléas.

Le présent article introductif a pour objet de décrire dans les grandes lignes ces concepts du terrassement, auxquels se référeront les articles de cette rubrique.

## 1. Le terrassement, une activité

Les opérations de terrassement interviennent dans la construction de la plupart des ouvrages de génie civil ou de bâtiment. La gamme de la taille des chantiers est très étendue, depuis des chantiers élémentaires de fouilles de bâtiments jusqu'aux grands chantiers d'infrastructures et d'aménagement du territoire. Les exposés de la rubrique sont consacrés essentiellement ces derniers.

L'activité du terrassement considérée concerne les types d'ouvrages suivants :

■ **les ouvrages en terre** qui sont **incorporés dans le processus de construction** d'ouvrages de génie civil ou de grands bâtiments, plus particulièrement :

- les fouilles de grands bâtiments et de bâtiments industriels,
- les fouilles et les assises d'ouvrages de génie civil : barrages, centrales thermiques et nucléaires, stations d'épuration,
- les remblais techniques contigus aux ouvrages de génie civil et aux ouvrages d'art,
- les plate-formes logistiques et industrielles ;

■ **les ouvrages en terre** qui constituent l'activité prépondérante des ouvrages **construits** (figures 1 à 7) :

● **les ouvrages en terre de grandes dimensions :**

- *Aménagements hydrauliques et hydro-électriques*
  - Barrages en terre et en enrochements de grande hauteur
  - Canaux à grand gabarit
  - Dérivations de fleuves ou de grandes rivières
  - Digue en sites fluviaux.

□ *Aménagements portuaires*

- Digues de protection et d'enclosure
- Terre-pleins des aménagements

□ *Aménagements aéroportuaires*

- Pistes d'aérodromes
- Plate-formes logistiques

□ *Infrastructures de transport*

- Autoroutes
- Routes à fort trafic
- Lignes ferroviaires à grande vitesse ;

● **les ouvrages de dimensions moyennes :**

- Barrages BCR (Béton compacté au rouleau)
- Retenues collinaires
- Bassins d'orage, bassins de retenue
- Infrastructures et déviations routières
- Endiguements et dérivations de petites rivières
- Aménagements divers ;

● **les ouvrages liés à l'environnement :**

- Aménagements paysagers
- Remises en état environnementales de carrières
- Centres d'enfouissement technique.

## 2. Le terrassement, une technique

L'opération de terrassement consiste à manipuler, avec des moyens appropriés, des matériaux selon une cinématique classique :

- l'excavation ou l'extraction des matériaux d'une fouille, d'un déblai, d'un emprunt ou carrière ;
- le transport des matériaux à pied d'œuvre ;



**Figure 1 – Barrage de Grand-Maison (en cours de construction)**  
(Photothèque GTM Construction/J.-P. Mirabel)



**Figure 2 – A43 Autoroute de la vallée de Maurienne** (Photothèque Razel)



**Figure 3 – RN106 2x2 voies Ales Boucoiran** (Photothèque Razel)



**Figure 4 – Ligne TGV Méditerranée dans la Drôme (en cours de construction)** (Photothèque GTM Construction)

— la mise en œuvre des matériaux, soit mis en dépôt, soit mis en remblai, le mouvement des terres économique étant recherché.

La simplicité de ces opérations n'est qu'apparente.

En effet, les déblais, les remblais, certains dépôts aménagés constituent autant d'ouvrages en terre unitaires formant l'ensemble de l'ouvrage. Leur réalisation nécessite le respect de prescriptions exigeantes notamment en matière de précision de dimensionnement, de stabilité, de portance et de pérennité.

De surcroît, de nombreux paramètres complexifient les conditions d'exécution de ces opérations ; leur prise en compte, et ce dès le stade des études, réclament une technicité élevée.

## 2.1 Les paramètres intervenant dans le terrassement d'un ouvrage

### ■ La diversité des ouvrages

Le terrassement participe à toutes natures d'ouvrages et constitue pour nombre d'entre elles l'activité prépondérante.

La fonction de l'ouvrage nécessitera, suivant le cas, des usages et des caractéristiques bien différentes des matériaux destinés à réaliser l'ouvrage en terre, selon qu'il s'agisse par exemple d'un endiguement (étanchéité de noyaux, caractère drainant de carapaces...) ou d'une route (portance pérenne des assises de chaussées).

L'adaptation au site de l'ouvrage exigera la résolution de différents sujets : stabilité, qualité de l'assise, maîtrise des écoulements superficiels (par exemple zones inondables).

La diversité des ouvrages se traduit aussi par des configurations très différentes du mouvement des terres :

- grande masse, grande hauteur (barrages...) ;
- linéarité (infrastructures de transport...).

### ■ Les matériaux rencontrés

La gamme des matériaux rencontrés sur le site du projet est très étendue et se caractérise par une forte variabilité dans leur nature et dans leur comportement qui est notamment fonction de leur teneur en eau.

La *sensibilité à l'eau* de la plupart des matériaux est l'une des contraintes fondamentales que le terrassier doit gérer.

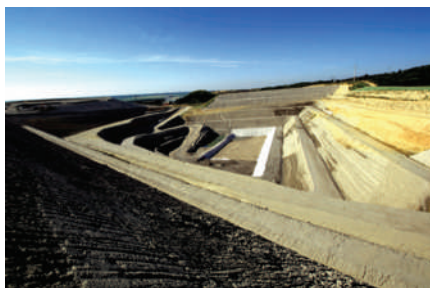
La gamme des matériaux comporte essentiellement les familles suivantes : les sols fins, les sols graveleux, les sols renfermant des matières organiques, les matériaux rocheux dont certains peuvent être évolutifs. Le projet peut également comporter l'utilisation de sous-produits industriels.



**Figure 5 – Port 2000 – Le Havre (en cours de construction)** (Photothèque GTM Construction/Patrice Lefebvre)



**Figure 6 – Aménagement écologique du canal à grand gabarit Rhin-Rhône, Bief de Niffer** (Photothèque GTM Construction)



**Figure 7 – Centre d'enfouissement technique de Bellegarde** (Photothèque GTM Construction/Philippe Giroud, Presse du Sud)

La présence de sols compressibles doit faire l'objet d'études particulières et de techniques appropriées de réalisation de remblais (par phases notamment) qui feront l'objet d'articles spécifiques dans cette rubrique *Terrassement*.

La nécessité d'une classification rigoureuse des matériaux s'est imposée. C'est l'un des objets du Guide technique *Réalisations des remblais et des couches de forme* (GTR) sur lequel nous reviendrons.

### ■ Les conditions climatiques

Les conditions climatiques ont une influence importante sur l'état des sols, particulièrement des sols fins. La pluviosité agit rapidement sur la traficabilité des matériaux (phénomènes de résistance au roulement, de diminution d'adhérence, glissements). Au-delà de certains seuils de pluviométrie, les matériaux ne sont plus traficables dans des conditions économiques acceptables voire en sécurité. Il devient impossible d'opérer le terrassement et la mise en œuvre des matériaux dans les normes requises, nécessitant alors l'arrêt du chantier.

Les événements météorologiques sont par nature aléatoires. Il convient pourtant de gérer au mieux ces aléas :

- au stade du projet et de la programmation des travaux, en établissant une prévision réaliste du potentiel de jours de travail ;
- au stade de la réalisation, en étant réactif pour pouvoir modifier ou adapter la programmation et les moyens mobilisés le cas échéant.

### ■ La présence de l'eau

Les matériaux sont sensibles aux pluies mais leur teneur en eau in situ peut également influencer sur les conditions d'exécution du terrassement. *L'hydrogéologie* fait partie de notre listing de paramètres.

La technique du terrassement peut impliquer parfois le rabattement de nappes par des techniques diverses (le plus couramment des tranchées drainantes).

*Le terrassement dans l'eau* fait également partie des possibilités de certains projets. Citons notamment :

- le terrassement en site fluvial dans le cadre de dérivations de fleuves ou de rivières ou de la réalisation ou du recalibrage de canaux avec une utilisation possible des matériaux en endiguement ;
- l'extraction des matériaux dans des gravières qui nécessite une gestion de stocks permettant l'essorage des matériaux ;
- le curage de matériaux fins ou organiques qui seront à mettre en dépôt dans des conditions difficiles spécifiques nécessitant souvent la confection de casiers pour déposer les matériaux.

Les terrassements sont réalisés au moyen de draglines ayant des portées variables ou de pelles hydrauliques. Ils se situent à la lisière de l'activité des dragages.

### ■ Les contraintes environnementales

Les contraintes environnementales sont fréquentes au stade de la réalisation. Citons notamment :

- les contraintes de nuisance au bruit, imposant la limitation du temps de travail ;
- la proximité de tirs à l'explosif vis-à-vis de riverains.

À noter en conclusion de cette analyse que ces éléments à prendre en compte ont généralement des influences différentes sur chaque opération élémentaire du cycle : excavation, transport, mise en œuvre. Ces influences peuvent parfois même se contrarier, ce qui ne facilite pas la tâche.

## 2.2 Les nouveaux enjeux

Les nouveaux enjeux répondent à un objectif économique majeur de l'activité du terrassement : optimiser l'utilisation des ressources en matériaux du site.

### ■ La qualité des ouvrages en remblais

Une tendance forte de l'évolution des projets consiste dans la réutilisation maximale des matériaux extraits sur le site pour satisfaire des besoins en remblais aux caractéristiques mécaniques de plus en plus élevées.

Cette évolution est favorisée par l'application de méthodes permettant – sur la base d'études géotechniques – d'évaluer les aptitudes des matériaux extraits et d'améliorer leurs performances en vue de leur mise en œuvre : tri et sélection, remaniement, élaboration, traitement.

Le domaine des infrastructures en est le meilleur exemple. L'utilisation des matériaux en remblais comporte :

- les corps de remblais ;
- les remblais de dispositions constructives : assises drainantes, massifs drainants, masques, substitutions de purges... ;
- les couronnements de remblais terminés par des parties supérieures des terrassements (PST) ;
- les couches de forme qui participent à la structure des chaussées.

À noter que les remblais de grande hauteur sont des ouvrages exceptionnels requérant une méthodologie particulière.

### ■ Les traitements aux liants hydrauliques

Afin de transformer le matériau du site pour lui donner des aptitudes qu'il n'a pas à l'état naturel (notamment des caractéristiques mécaniques plus élevées) se sont développées à l'échelle industrielle des techniques de traitements aux liants hydrauliques (chaux, ciments, liants routiers). Dans le domaine des infrastructures, ces techniques modernes permettent non seulement d'abaisser les teneurs en eau trop élevées mais surtout de produire à grande cadence des matériaux aptes à constituer des couches « nobles » supports de chaussées : des PST, des couches de forme, voire des couches de fondation.

L'étude préalable de traitement permettra d'utiliser une majorité des matériaux du site y compris des sols fins argileux, ce qui n'était pas imaginable il y a encore quelques années.

Ces techniques ont un impact économique important ; elles permettent de réduire l'épaisseur des couches de chaussées et par voie de conséquence les apports – onéreux et souvent préjudiciables à l'environnement – en matériaux de provenance extérieure au site dont elles sont constituées.

## 3. Le terrassement, un métier

Le terrassement fait partie des métiers principaux de la construction avec ceux du génie civil et du bâtiment.

Le métier du terrassement regroupe les savoir-faire et les compétences que requièrent le projet et la réalisation des ouvrages en terre dans des conditions optimisées.

La construction d'un ouvrage en terre est une opération composite qui réclame, nous l'avons vu, la gestion de nombreux paramètres et contraintes et nécessite l'application de méthodes et de techniques adaptées au projet et à toutes natures de matériaux rencontrés.

Le métier est caractérisé par :

- la gestion d'aléas et la maîtrise des risques : matériaux, climatiques, hydrogéologiques ;
- l'utilisation de matériels adaptés à la configuration du site et la faculté de réagir rapidement à des conditions nouvelles créées par les aléas rencontrés ;
- la recherche de nouvelles technologies : techniques, matériels ;
- l'inscription des ouvrages dans les sites et l'environnement ;
- l'optimisation de l'emploi, la valorisation des ressources en matériaux du site qui est un *enjeu majeur* pour l'économie du projet et le développement durable.

C'est une expérience de plusieurs années qui permet d'exercer ce métier avec un professionnalisme de bon niveau. Par essence, l'activité requiert également des capacités à piloter, à coordonner et à programmer de grands projets, plus particulièrement ceux qui concernent des infrastructures linéaires de transport.



### L'évolution des matériels

L'outil fondamental des terrassiers c'est, bien entendu, les matériels constitués en échelons regroupant les engins de production, de transport, de mise en œuvre et les engins d'accompagnement ; l'organisation et la performance des échelons de matériels ont une incidence prépondérante sur le coût global de réalisation.

Un coup de projecteur sur leur évolution avant d'y revenir plus en détail dans la sous-rubrique *Réalisation*.

#### Progrès notables enregistrés sur les matériels

D'une façon générale, des progrès constants sont réalisés sur les gammes d'engins de terrassement. Ils portent notamment sur l'introduction de l'électronique et la qualité des composants mécaniques. L'introduction de l'électronique sur la plupart des engins apporte des améliorations d'aide à la conduite, de maniabilité, d'adaptation de la puissance au travail requis (par exemple sur les pelles hydrauliques). Ces améliorations se traduisent par des gains de rendements, de confort et de conduite en sécurité du conducteur, ce qui est un progrès essentiel. Elles diminuent également sensiblement les coûts de maintenance (entretiens plus espacés, pannes moins fréquentes). Les progrès des matériels se mesurent aussi par l'adaptation des familles d'engins aux conditions d'exécution des chantiers. Le tombereau articulé en est une illustration pour les chantiers présentant des difficultés notables de circulation sur les pistes ou de fortes rampes.

L'ensemble des progrès réalisés sur les nouveaux matériels concourt à l'obtention d'une assurance dans la qualité des ouvrages construits.

#### Avancées technologiques innovantes

Le terrassement se dote dans les dernières années des technologies modernes (figures 8 et 9). L'outil informatique est bien sûr de plus en plus présent notamment dans les phases d'études, les opérations de topographie, l'équipement de nombre d'engins. L'utilisation du GPS (*Global Positioning System*) est un brillant exemple de l'adaptation du métier du terrassement aux avancées technologiques. L'association d'un matériel électronique embarqué à bord des engins et d'une liaison avec des satellites permet d'innover sur plusieurs axes, notamment :

- le guidage des engins, une technologie appliquée actuellement à :
  - des engins de réglage : les niveleuses, les rotogrades permettant d'améliorer les performances de rendement et de précision (précision remarquable du centimètre),
  - des engins de régalaie, comme les bouteurs,
  - des réglages de talus avec pelles hydrauliques : aide à la conduite permettant de visionner sur un écran dans la cabine la position relative du godet asservi par rapport au profil du projet, et de guider ainsi l'engin de façon précise ;
- le positionnement des engins : en effet, de nouvelles applications sont à l'étude sur d'autres types d'engins et notamment dans le but de positionner en temps réel les engins de transport effectuant leur cycle.

## 4. Découpage de la rubrique Terrassement

La mise en équation de la multiplicité de paramètres que nous avons décrits dans l'article introductif n'est pas tâche si aisée.

Nous avons choisi de traiter la problématique plus particulièrement sur les infrastructures de transports routiers (ou ferroviaires par similitude) car ils mettent en jeu la plupart des méthodes de ter-



**Figure 8 – Cabine d'un engin équipé d'un ordinateur embarqué et du guidage GPS** (Photothèque GTM Construction/Patrice Lefebvre)



**Figure 9 – Rotograde effectuant le réglage d'une couche de forme** (Photothèque GTM Construction)

rassement en matière de projet et de réalisation, en raison notamment de la linéarité de ces ouvrages. Cette activité bénéficie de ce fait de la recherche la plus approfondie dans le domaine des terrassements à travers des guides techniques comme celui des *Réalisations des remblais et des couches de formes* déjà citées et le Guide technique *Traitements des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques*, tous deux édités en 2000 par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA).

La rubrique est découpée en trois sous-rubriques :

- une **sous-rubrique Matériaux**, qui porte sur la connaissance des matériaux (propriétés naturelles, classification et traitements des sols), fondamentale pour l'établissement du projet et la réalisation du chantier dans des conditions optimales ;
- une **sous-rubrique Conception du projet** qui prend en compte les paramètres listés précédemment, ce qui implique notamment :
  - l'identification des matériaux (dossier géotechnique, études de prospection de sols) et les analyses ou essais visant à déterminer leurs aptitudes au réemploi en remblai et leur sélection suivant les qualités requises, plus particulièrement à destination de couches de structures ayant des caractéristiques mécaniques plus élevées,
  - le cas échéant, des études de traitement aux liants hydrauliques,
  - les études hydrogéologiques,
  - l'établissement d'un projet confronté à de nombreuses contraintes, administratives comme la Loi sur l'eau ou liées à l'acquisition des emprises, à l'environnement ou encore à l'écologie.

- l'ordonnancement, la planification des tâches – dont découlera le choix économique des moyens – prenant en compte la topographie du site, la climatologie, les contraintes spécifiques du projet comme les rétablissements des voies de communication, l'objectif étant de bâtir un projet d'ensemble optimisé sur la base du mouvement des terres économique.

Cette partie développera ces éléments en se plaçant successivement dans le rôle et les missions de la Maîtrise d'Ouvrage, de la Maîtrise d'œuvre et de l'Entreprise.

— une **sous-rubrique Réalisation**, pour laquelle les objectifs, en plus d'assurer la réalisation de l'ouvrage suivant le projet économique, sont multiples :

- optimiser les méthodes et les techniques à tous les stades des opérations de terrassement,
- utiliser les échelons d'engins les mieux adaptés,
- réagir et s'organiser économiquement si ce projet doit être modifié à la suite de la découverte des terrains rencontrés à l'exécution.