

Chapitre II :

TERRASSEMENTS ROUTIERS

Les terrassements généraux dans une opération routière constituent une phase importante d'études et de travaux qui nécessitent beaucoup de compétences dans les domaines les plus divers, notamment ceux qui touchent à la **géotechnique**, mais aussi à l'**environnement** et au **développement durable**.

Les études géotechniques, indispensables à la réalisation des terrassements, doivent être précises et complètes pour éviter les aléas **techniques** et **financiers**.

Les travaux de terrassement regroupent l'ensemble des travaux de mouvements et de mise en forme de terre dans le cadre de la réalisation d'infrastructure, aussi bien pour les bâtiments que pour les routes. Les terrassements généraux ont pour but de créer des plateformes sur lesquelles seront réalisées des routes.

Les travaux de terrassement se décomposent en quatre phases :

- les travaux de préparation,
- l'extraction,
- le transport,
- et la mise en œuvre.

Il faut distinguer deux cas :

- ❖ **la création d'une route** : l'intervention est réalisée sur un sol naturel ;
- ❖ **la reconstruction d'une route** : il s'agit d'intervention sur des couches plus ou moins homogènes de matériaux à traiter, à conserver ou à mettre en décharge.

2.1. Travaux de terrassement :

2.1.1. Travaux de préparation :

Ces travaux consistent à préparer le terrain puis à implanter le terrassement. L'implantation est une phase à réaliser avec rigueur. Elle se fonde sur des plans précisant le contour de la fouille, les profondeurs du terrassement, etc.

2.1.2. Extraction :

Les méthodes d'extraction diffèrent selon la nature et les difficultés d'exécution de ces travaux d'extraction :

- Pour les sols meubles, l'engin le plus couramment utilisé est la pelle hydraulique ;
- Pour les sols très compacts ou rocheux, le recours à des matériels spéciaux (brise roche, etc. ...) est nécessaire car le matériau ne peut plus être extrait directement ;
- Sur des chaussées existantes, les différentes couches peuvent être rabotées.

Les matériaux extraits sont ensuite emportés :

- Soit en décharge ;
- Soit directement sur un autre chantier en tant que matériaux en remblai ;
- Pour recyclage après traitement mécanique ou tri.

2.1.3. Transport :

Le transport des matériaux est une nuisance et il doit être maîtrisé. Les véhicules utilisés seront différents, en termes de taille ou de charge utile si le chantier est en rase campagne ou s'il est en milieu urbain contraint.

Les distances de transport ont tendance à s'allonger en raison de trouver des emprunts (remblais) et des dépôts, d'autant que la réutilisation du matériau est privilégiée au détriment de la réduction du transport.

2.1.4. Mist en œuvre :

A l'issue d'une phase d'étude permettant de définir les conditions d'utilisation du matériau en remblai, celui-ci est mis en œuvre en trois étapes :

- Apport des terres de remblai au moyen d'une décapeuse, d'une chargeuse ou d'un engin de transport ;
- Réglage au moyen d'une niveleuse, en couche plus ou moins épaisses (de 0,2 à 0,50 m) selon la nature du matériau, son état et les conditions atmosphériques ;
- Compactage avec un compacteur dont les caractéristiques sont adaptées au type de remblai.

2.2. Études de terrassements et l'environnement :

Avant la réalisation des travaux trois grandes étapes sont généralement mises en œuvre, à savoir :

- 1) les Etudes Préliminaires (EP),
- 2) les études d'Avant-Projet Sommaire (APS),
- 3) les études de Projet (P).

1.1.1. Principes généraux des études de tracés :

A. Études préliminaires :

L'objectif de ces études consiste à :

- définir une bande d'étude de 1 000 mètres au minimum ;
- définir le parti d'aménagement et les fonctions que devra assurer l'infrastructure projetée ;
- s'assurer de la faisabilité technique, environnementale et financière du projet.

B. Avant-projet sommaire :

Les études d'APS consisteront à caler un ou plusieurs tracés correspondant à une bande de 300 mètres maximum (largeur qui sera mise à l'enquête publique) à l'intérieur du fuseau de passage (1 000 mètres maxi) qui aura été retenu lors des études préliminaires et de la concertation avec les élus, les citoyens et le milieu associatif.

C. Projet :

Les études de projet ont pour objet de dimensionner toutes les caractéristiques géométriques et techniques de tous les ouvrages.

1.1.2. Prise en compte de l'environnement dans les études de terrassement :

Dès les études préliminaires, il faut intégrer la dimension environnementale dans tous les domaines lors de la présentation des projets à chaque phase d'avancement des études, voire par le comité d'évaluation lorsque celui-ci a été mis en œuvre au sens du guide de suivi et d'évaluation environnementale.

Afin d'identifier autant que faire se peut les réponses probables en terme de terrassement à la problématique environnementale, des tableaux résumant pour chaque phase d'études (**EP, APS, Projet**) proposent en regard de :

- l'habitat ;
- l'agriculture ;
- la sylviculture ;
- les ressources souterraines ;
- les loisirs ;
- la faune (les animaux) ;
- la flore (les plantes) ;
- l'eau ;
- les sols ;
- le patrimoine ;
- le paysage ;
- les rétablissements de voiries.

2.3. Cubatures :

1.3.1. Définition :

L'axe en plan, le profil en long et les profils en travers étant établis, on dispose de tous les éléments nécessaires pour réaliser la cubature des terres.

La cubature des terres a pour objet l'évaluation du cube des terrassements compris entre les surfaces gauches qui limitent le terrain naturel et les surfaces réglées, gauches ou planes qui définissent le projet.

1.3.2. Éléments de base du calcul :

Une voie de circulation est définie par son tracé en plan, son profil en long et ses profils en travers.

- l'axe de la voie est une courbe gauche de l'espace, la projection de cette courbe sur un plan horizontal donne le tracé en plan dans lequel l'axe se présente sous la forme d'une suite de courbes et d'alignements droits ;
- le profil en long est la section du projet et du terrain par la surface verticale qui passe par le tracé en plan.

Sur ce profil en long apparaît la ligne du terrain naturel. Cette ligne est relevée soit sur un plan à courbes de niveau, soit sur le terrain, soit par un semis de points relevé par un géomètre et enregistré dans un fichier informatique. Cette ligne est définie par points et se présente sous la forme d'une ligne brisée.

1.3.3. Formule de base de calcul des cubatures :

(Couramment appelée méthode de l'aire moyenne)

On calcule les surfaces **S1** et **S2** des profils en travers entre deux profils **P1** et **P2** successifs pris sur le profil en long. On calcule la moyenne arithmétique de ces deux surfaces et on l'applique sur la longueur **d** entre les deux profils **P1** et **P2**.

$$V = \frac{d}{2}(S1 + S2)$$

La précision obtenue est de l'ordre de **1 à 2%**.

A. Méthode classique de calcul des surfaces :

On détermine les surfaces de déblai et de remblai en les décomposant en surfaces élémentaires simples (triangles, trapèzes, rectangles).

B. Méthode simplifiée de calcul de surfaces :

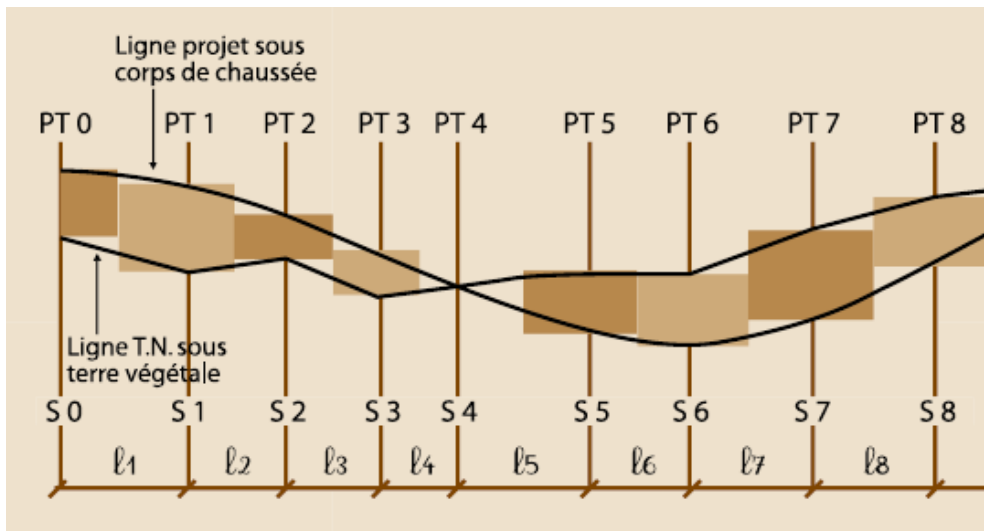
On détermine isolément les surfaces comprises entre le plan horizontal de côte nulle et :

- d'une part la ligne projet sous le corps de chaussée ;
- d'autre part la ligne terrain naturel sous terre végétale.

Puis on soustrait les surfaces trouvées pour déterminer la surface recherchée.

C. Calcul des volumes en remblai et en déblai :

Le schéma ci-dessous explicite le processus de détermination des cubes de terrassement à partir des surfaces trouvées précédemment dans chaque profil.



$$\begin{aligned}
 V_{\text{remblais}} &= S_0 \frac{l_1}{2} + S_1 \frac{l_1 + l_2}{2} + S_2 \frac{l_2 + l_3}{2} \\
 &\quad + S_3 \frac{l_3 + l_4}{2} + S_4 \frac{l_4 + l_5}{2} \\
 V_{\text{déblais}} &= S_5 \frac{l_5 + l_6}{2} + S_6 \frac{l_6 + l_7}{2} \\
 &\quad + S_7 \frac{l_7 + l_8}{2} + \text{etc...}
 \end{aligned}$$

1.3.4. Les méthodes approchées :

Nous citerons deux des formules basées sur ce principe : la précision obtenue avec ces 2 formules est de l'ordre de **10%**.

A. La formule de M. DIHN MANE TOAN :

$$V = b.S + a.k S^2/L$$

B. La formule de M. ROBIN :

$$V = S (b + 2 k \pi) \quad \text{avec} \quad \pi = 0,4 h_M$$

dans lesquelles :

- b : représente la largeur de la plate-forme en remblai et en déblai,
- S : est la surface (en m^2) comprise entre la ligne du terrain naturel et la ligne du projet en profil en long,
- a : est un coefficient compris entre 5/4 (S de forme triangulaire) et 7/6 (S de forme allongée). En général on prend $a = 7/6$.
- k : est défini en fonction de la pente des talus,
- L : est la longueur du tronçon dont on calcule le volume (mêmes limites que la surface S),
- h_M : est la plus grande hauteur de terrassements dans le tronçon considéré.

1.3.5. Méthodes informatiques :

La quasi-totalité des calculs de cubature sont maintenant effectués par ordinateur. De nombreuses sociétés proposent des logiciels adaptés :

Logiciel
COVADIS
MACAO
MENSURA
MX ROAD (EX MOSS)
PISTE +

1.3.6. Méthode de calcul des logiciels :

- A. La première étape de conception est la modélisation du terrain généralement issue d'une triangulation de points et de lignes. Cette étape est primordiale : elle aboutit à la constitution d'un MNT (modèle numérique de terrain) qui servira de base au calcul des cubatures.
- B. La deuxième étape est la fabrication des lignes du projet : en priorité, la constitution de l'axe en plan et du profil en long projet. Cette méthode est commune à tous les logiciels. Deux types de modélisation se dégagent alors :
 - la construction de profils en travers projet s'appuyant sur une tabulation (Piste, Autopiste...) ;
 - la construction de lignes, déduites de la ligne rouge, décrivant les éléments de la plate-forme, des talus et des structures de chaussée (Macao, Mxroad...).
- C. La troisième étape est le calcul des cubatures proprement dit et l'édition des résultats.