

CHAPITRE VIII

ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1. Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite, donc, une bonne connaissance des terrains traversés.

VIII.2. Objectifs visés dans une étude APS

Au stade d'une étude APS, l'objectif de l'étude géotechnique est de proposer une campagne de reconnaissance sur les couches des terrains traversés par le tracé projeté. Ainsi, on veut savoir, principalement :

Si les déblais envisagés peuvent être réutilisés dans des remblais et déterminer leurs propriétés, la capacité du terrain destinés à supportés des remblais projetés.

VIII.3. Moyens de la reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais « in-situ ».
- Les essais de laboratoire.

VIII.3.1. Étude des archives et documents existants

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VIII.3.2. Visites sur site et les essais « in-situ »

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VIII.3.2.1. Reconnaissance « in-situ »

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

VIII.3.2.1.1. Forages

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique. Ils peuvent être réalisés :

Manuellement : ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

A la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié. La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

A la sondeuse : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées. Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

VIII.3.2.1.2. Méthodes géophysique

Prospection sismique : le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

Tableau -1- Valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol.

Nature du sol	Vitesse V_p (m/s)
Argiles et limons	400-1500
Sables et gravies	300-1200
Roches altérés	800-2500
Roches massives	200-6000

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau.

La prospection électrique : Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains. Cette méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau.

VIII.3.3. Différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

VIII.3.3.1. Essais d'identification:

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'atterberg.
- Equivalent de sable
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).

VIII.3.3.2. Essais mécaniques :

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Assai Micro Deval.

VIII.3.3.3. Essais d'identification

VIII.3.3.3.1. Teneur en eau et masse volumique

Elle exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit

$$\omega = W_w/W_s.$$

On calcul aussi la masse volumique sèche :

$$\gamma_d = W_s/V.$$

Cet essai est utilisé pour la classification des sols.

VIII.3.3.3.2. Analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage. Elle est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

VIII.3.3.3.3. Limites d'Atterberg

Limite de plasticité (W_p) : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (W_L), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide :

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N: nombre de coups

L'indice de plasticité (I_p) $I_p = W_L - W_P$

Cet essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

VIII.3.3.3.4. Equivalent de sable

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « équivalent de sable ».

Cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

- Classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des soles utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

VIII.3.3.3.5. Essai au bleu de méthylène (ou à la tache)

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100 g de sol s'appelle « Valeur Au Bleu » et reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

VIII.3.3.3. Essais mécaniques

VIII.3.3.3.1. Essai PROCTOR

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations de la route et piste d'aéroports.

VIII.3.3.3.2. Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

On réalise en général trois essais : « CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ». Ces essais sont utilisés pour le dimensionnement des structures des chaussées et orientation des travaux de terrassements.

VIII.3.3.3. 3. Essai Los Angeles

Cet est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau. Il s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle.

VIII.3.3.3. 4. Essai Micro Deval

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide). On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée. Cet essai est intéressant pour le choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

VIII.4. Condition d'utilisation des sols en remblais

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension $> 80\text{mm}$.
- Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés. Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

VIII.5. Application au projet

Dans le cadre d'une étude APS, on est amené à proposer un programme géotechnique ayant pour objectif d'évaluer :

- ✓ La qualité des matériaux extraits des déblais et pouvant être utilisés dans les remblais.
- ✓ La portance du sol vis-à-vis du chargement du au remblai.

On rappelle que, dans notre projet :

- ✓ La hauteur des déblais ne dépassent pas les 3m de hauteur.
- ✓ La hauteur des remblais ne dépassent pas les 3m de hauteur.

Ainsi, quelques forages manuelles sont suffisants afin d'évaluer l'état du terrain. des échantillons remaniés seront, aussi, ramenés au laboratoire pour analyse .ils seront creusés aux endroits et à la profondeur :

- ✓ Au PK 12+75 : 2 m de profondeur
- ✓ Au PK 21+700 : 2 m de profondeur
- ✓ Au PK 11+775 : 5,70 m de profondeur
- ✓ Au PK 28+100 : 8.40 m de profondeur

L'implantation des forages est indiquée sur un plan (joint en annexe) à l'échelle 1/5000^{ème}, par exemple.

Des coupes lithologiques seront soigneusement établies par le laboratoire, en indiquant la nature et l'épaisseur des couches géologiques traversées pour chaque sondage.

Des échantillons, en quantités suffisantes, seront prélevés pour effectuer les essais au laboratoire. Sur ces derniers, des essais de laboratoire devant servir à l'identification des sols et leur classification, suivant :

- ✓ Granulométrie,
- ✓ Teneur en eau,
- ✓ Densité humide et sèche,
- ✓ Limites d'Atterberg,
- ✓ Essai Proctor modifié,
- ✓ Essai CBR à différents énergies de compactage,
- ✓ Analyses chimiques éventuellement.