

VII.1- Introduction

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé son axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, hydrogéologiques et hydrauliques de la région.

Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

L'étude géotechnique 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.

VII.2- objectifs principaux d'une étude géotechnique

- **Au stade des études :** de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- **Au stade de l'exécution :** de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des soles rencontrés, méthode d'exécution.

➤ Les différents essais en laboratoire

Les essais d'identification	
Essai	Normes
Teneur en eau naturel	NF P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	NF P 94-054
Masse volumique des sols fins	NF P 94-053
Limites d'Atterberg	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)	NF P 94-057
Teneur en carbonates	NF P 94-084
Equivalente de sable	NF P 18-598
Essai au bleu méthylène	NF P 94-068
Les essais mécaniques	
Essais	Normes

Essai PROCTOR normal et modifié	NF P 94-093
Portance CBR imbibé et immédiat	NF P 94-078
Essai los Angeles	NF P 18-573
Essai micro Deval	NF P 18-572
Essai œdométrique	XP P 94-090-1
Cisaillement direct	NF P 94-071-1

VII.3- différents essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai Proctor.
- Essai CBR.
- Essai los Angeles.
- Essai micro Deval.

VII.3.1- Analyse granulométrique

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

Ses résultats servent à la classification et l'identification des matériaux constituant le sol.

VII.3.2- équivalent de sable

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'élément fins et faiblement plastique. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm.

Ses résultats servent à déterminer la propreté des matériaux.

VII.3.3- limites d'Atterberg

Lorsqu'on fait croître progressivement la teneur en eau d'un sol préalablement séché et pulvérisé, il passe d'un état solide ou très consistant à rupture fragile à un état plastique (grandes déformations sans rupture) puis à l'état liquide.



Fig.11. schématisation de l'appareil de casagrande

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

VII.3.3.1- la limite de liquidité W_L

Qui marque le passage de l'état quasi liquide à l'état plastique. Elle est mesurée à l'aide de la coupelle de casagrande dans laquelle on place une certaine quantité de sol à une teneur en eau des terminer.

Une rainure est pratiquée sur toute l'épaisseur du sol. Par des chocs normalisés, on amène la rainure à sa refermer.

La limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à sa fermeture on 25 chocs.

VII.3.3.2- la limite de plasticité W_P

Qui est la teneur en eau a partir de laquelle le sol commence à s'émietter lorsqu'on le rôle en fils de faible diamètre (environ 3mm).

En définie alors l'indice de plasticité

$$I_p = W_L - W_P$$

Cette indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commune des termes comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$I_p < 12$	—————>	Faiblement Argileux
$12 \leq I_p < 25$	—————>	Moyennement argileux
$25 \leq I_p < 40$	—————>	Argileux
$I_p \geq 40$	—————>	Tris argileux

VII.3.4- Essai Proctor

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR».

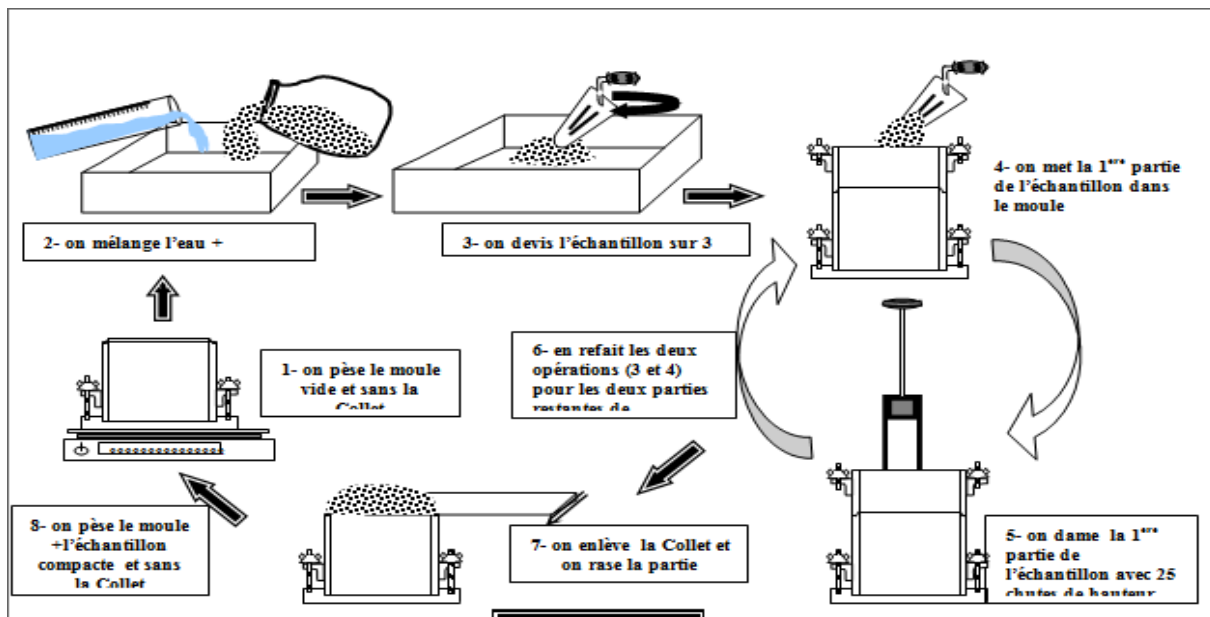


Fig.12. essai Proctor

L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10%,14%).

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées.

L'essai Proctor normal rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

Dans l'essai Proctor modifié, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

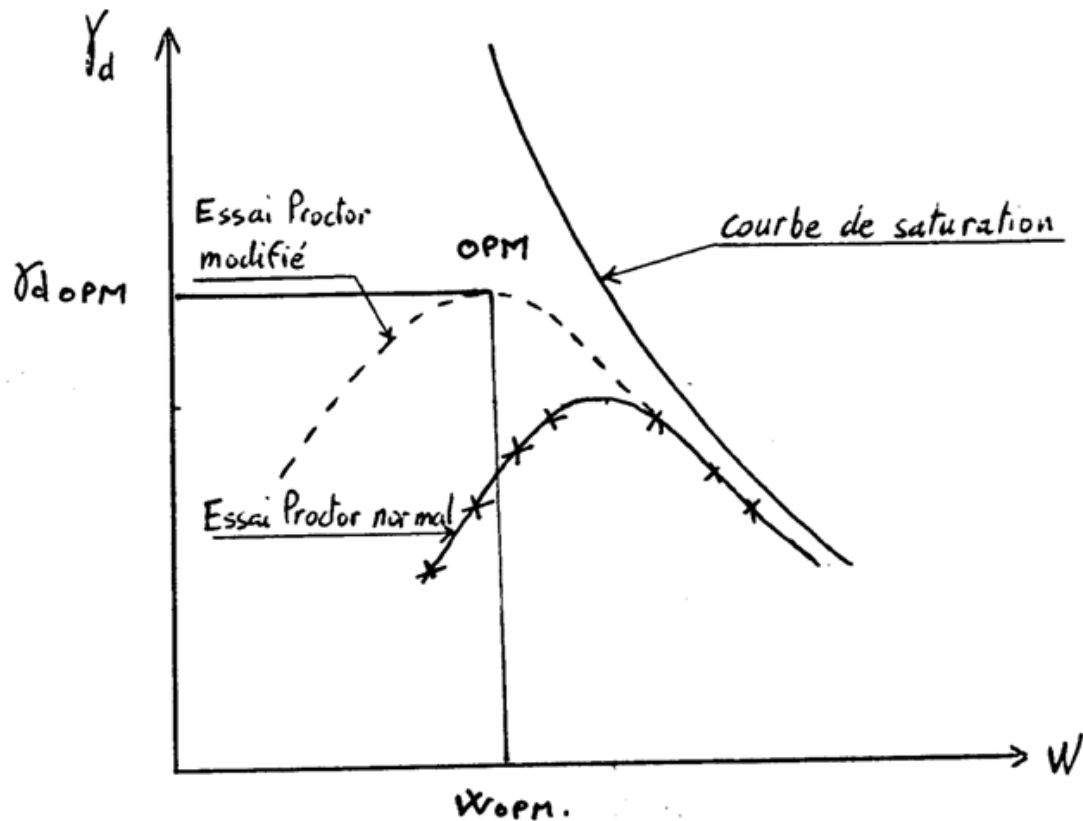


Fig.13. exemple de courbes Proctor normal et modifié

Ordre de grandeur : sur les chantiers de stabilisation, on exige en générale des densités sèches égales à 90% à 95% de la densité sèche maximum déterminé à l'essai Proctor.

Exploitation des résultats :

- il est très important d'avoir au moment de compactage une teneur en eau voisine de la teneur optimum

- en période pluvieuse la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur en eau optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche.

- en période sèche les rapports d'eau sont importants (la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé).

VII.3.5- Essai C.B.R (California Bearing ratio)

But de l'essai: d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassement, et détermination de l'indice I_{CBR} .

Définition : L'indice CBR (I_{CBR}) exprime en % le rapport entre les pressions produit sant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part (grave concassée).

Principe de l'essai : l'indice CBR est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique.

Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- Immersion pendant 4 jours dans l'eau.
- Immersion pendant 2 jours dans l'eau.
- Pas d'immersion : essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston tout en mesurant les efforts et déplacements résultant.

Tab.14. Interprétation d'essai CBR

I_{CBR}	Portance du sol
<3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
>30	Très bonne

VII.3.6- Essai Los Angeles

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

L'essai consiste à mesurer la masse P2 d'éléments inférieurs à 1.6mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50mm) et que l'on soumet aux chocs de boulet normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

$$LA = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

P_1 : C'est la prise d'essai.

P_2 : Le refus sur le tamis 1.6mm.

Tab.15. Interprétation de LA

LA	Appréciation
≤ 15	Très bon à bon
15-20	Bon à moyen
20-30	Moyen faible
> 30	Médiocre

VII.3.7- Essai Micro-Deval

L'essai à pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottement réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

Il peut être exécuté à sec (c'est-à-dire le MDS) ou sur des matériau imbibés d'eau (c'est-à-dire MDE).

MDS : coefficient Micro-Deval sèche

MDE : coefficient Micro-Deval à la présence de l'eau.

Tab.16. Caractéristique des granulats par le MDE

Valeur MDE	Appréciation
≤ 13	Très bon à bon
13-20	Bon à moyen
20-25	Moyen faible
> 25	Médiocre

VII.4- les différents essais in-situ

- Les forages
- Les méthodes géophysiques
- la prospection sismique.

- ma prospection électrique.
- Les essais de pénétration.
- le pénétromètre dynamique.
- le standard pénétration statique (SPT).
- le pénétromètre statique.

VII.4.1- les forages

C'est seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches de sols en présence. On y prélève généralement des échantillon de sols remaniés ou intacts pour les besoin d'essai de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de tubes piézométriques.

VII.4.2- les essais de pénétration

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de pénétration.

Le pénétration statique : l'enfoncement est provoqué par une pression continue exerce sur tête du train de tige. On déterminer ainsi, en fonction de la profondeur, la résistance de pointe, l'effort latéral et l'effort total.

Le pénétromètre dynamique : l'enfoncement du train de tige est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisé. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10cm).

Le standard pénétration test ou SPT : le battage s'exerce sur un tube carottier l'essai est similaire à l'essai précédent (enfoncement de 15 puis 30cm).

VII.5- 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.
- Matériaux plastique IP 20% ou organique.

- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en eau 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.

VII.6- 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 remblai.

On rappelle que, dans notre projet :

- La hauteur des déblais ne dépasse pas 2 m de hauteur .
- La hauteur des remblais ne dépasse pas 2 m de hauteur.

❖ Déblais

Au PK 333+350 : 2.70 + 2 m

Au PK 345+600 : 3.06 + 2 m

On applique les essais de compactage

❖ Remblais

Au PK 341+900 : 2 m

Au PK 334+675 : 2 m

On applique les essais de tassements, oedomètres et cisaillements