

CHAPITRE IV : RECONNAISSANCE DES SOLS

I. INTRODUCTION

La reconnaissance des sols est définie comme l'identification et la caractérisation des couches constituant le dépôt de sol supportant la structure à construire. L'objectif de la reconnaissance des sols est de collecter l'information nécessaire qui va aider l'ingénieur géotechnicien dans :

- ✓ Sélection du type et de la profondeur de la fondation de la structure à construire;
- ✓ Évaluation de la capacité portante de la fondation;
- ✓ Estimation du tassement probable de la structure;
- ✓ Détermination des problèmes possibles (sols gonflants, sols collapsant, dépôts sanitaires etc...)
- ✓ Détermination de la position de la nappe d'eau (les conditions sont-elles hydrostatiques ou y a-t-il un écoulement dans le sol?)
- ✓ Détermination de la pression latérale pour les ouvrages de soutènements;
- ✓ Établissement d'une méthode de construction pour changer les conditions du sol.

Il y a sommairement, trois catégories de moyens de reconnaissances du sol qui sont :

I.1 RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE : C'est l'identification du sol par observation visuelle des différentes couches, confirmée par l'examen des cartes géologiques.

I.2 RECONNAISSANCE GEOPHYSIQUE : Les méthodes de reconnaissance géophysiques permettent de déterminer la nature des couches profondes en utilisant par exemple leurs caractéristiques: Magnétiques, Prospection électrique, Prospection sismique et Prospection gravimétrique.

I.3 RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE : C'est une étude "in situ" et en laboratoire qui permet de définir l'ensemble des caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des terrains en place. Son but est de donner les éléments nécessaires pour les études et les travaux de fondations.

II. LES PRINCIPAUX MOYENS DE RECONNAISSANCE

Il existe plusieurs techniques de prélèvement qui sont toutes normalisées. Le choix de l'une de ces techniques dépend du site d'implantation ainsi de la profondeur de chaque forage et échantillonnage, est fait par le géotechnicien.

On peut diviser les moyens de reconnaissance en deux catégories principales :

- **les méthodes d'observation du terrain**, soit en place, soit à l'aide d'échantillons, peuvent être considérées comme le prolongement en profondeur des données de surface et font appel à des techniques de relevé à peu près identiques;

- **les méthodes de mesure in situ** basées sur la mesure d'une propriété (physique, mécanique, électrique, hydraulique...) d'un terrain, observable ou non, complètent en général les précédentes. Ces mesures peuvent être directement utiles pour les calculs géotechniques ou donner.

A la première catégorie appartiennent les tranchées, puits, galeries et sondages de reconnaissance; à la seconde les essais géophysiques, mécaniques et hydrauliques. Par rapport aux essais de laboratoire, les mesures in situ présentent un certain nombre d'avantages (coût moins élevé, remaniement du terrain généralement moindre...).

II.1 LES TRANCHEES ET LES PUITES

Leurs objectifs sont généralement multiples:

- ✓ Recherche d'un substratum sous une couverture peu épaisse.
- ✓ Levé d'une coupe géologique détaillée et éventuellement d'une coupe géotechnique.
- ✓ Prélèvement d'échantillons pour identification et essais mécaniques.
- ✓ Réalisation d'essai in situ (S.P.T., scissomètre, densitomètre, essai de plaque, etc.).

Les avantages de ce type de reconnaissance sont nombreux :

- ✚ Elles conviennent à tous les cas et peuvent être réalisées n'importe où.
- ✚ Si la mécanisation est possible, la rapidité d'exécution est grande et le prix revient faible.
- ✚ La souplesse d'emploi est considérable.

Leurs inconvénients sont liés surtout:

- ✚ A la cohésion insuffisante du terrain qui peut imposer un soutènement (augmentation du délai d'exécution et du coût).
- ✚ A la présence à faible profondeur d'une nappe phréatique.

II.2 LES GALERIES

Il s'agit d'une technique beaucoup plus coûteuse qui n'est généralement mise en œuvre que pour des reconnaissances à gros budget (appuis de barrage, travaux souterrains).

Les buts poursuivis restent sensiblement les mêmes que dans le cas précédent (levé d'une coupe détaillée, échantillonnage).

II.3 LES SONDAGES

La gamme des moyens de sondage mécanique est très étendue, qu'il s'agisse de la puissance des appareils, du mode de perforation, des diamètres employés, des profondeurs atteintes. Les performances des machines utilisées en Génie civil sont plus modestes, puisque la quasi-totalité des reconnaissances géotechniques n'intéressent que les profondeurs comprises entre 0 et 100 m.

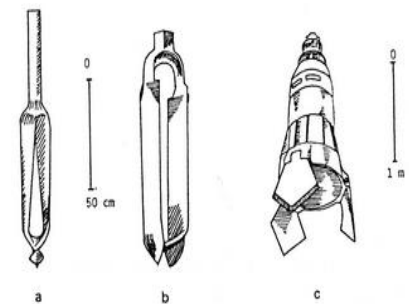
Par ailleurs les modes de forage, l'échantillonnage et les types d'essai diffèrent selon que l'on se trouve en terrain meuble peu cohérent ou dans le rocher.

II.3.1 Sondages en Terrain Meuble :

Les principales difficultés proviennent de la tenue des parois du sondage et de la remontée du terrain foré. Dans la plupart des cas, il faut opérer sous la protection d'un tubage continu ou employer une boue de forage qui, formant un cake sur la paroi du puits, retient celle-ci. Le remaniement de l'échantillon est souvent considérable.

Quelques procédés de sondage en terrain meuble

a) tarière type Hélix b) tarière type Ivan c) Hammergrab Benoto



❖ **Tarière à main :** Les modèles les plus courants comportent un outil d'un diamètre de 60 à 200 mm constitué par une trousse coupante dont la forme permet la remonté de 0,5 à 2 litres de sol à chaque manœuvre. La tarière à main est un instrument idéal pour les reconnaissances à faible profondeur (jusqu'à 2 m). Elle est inopérante sous la nappe, quel que soit le type de terrain.

❖ **Tarière à moteur :** Elle est montée sur camion, ces engins puissants sont extrêmement efficaces pour la reconnaissance rapide de volume importants de terrains meubles (terrassements, zones d'emprunt).



Tarière à moteur

❖ **Sondage par battage :** Cette méthode est la plus courante en terrain meuble, sec ou saturé. Un tubage métallique est enfoncé dans le sol par battage à l'aide d'un mouton, la colonne de sédiment ainsi isolée à l'intérieur du tube est extraite à l'aide d'un outil adapté.

II.3.2 Sondages en Terrain Rocheux

La reconnaissance géologique et géotechnique n'est pas le seul but assigné aux forages au rocher sur un chantier. Ils permettent également : La mise en place d'équipement destiné à

des mesures (piézomètres, perméabilités, pression interstitielle, etc.), Le traitement des terrains (injection, drainage), Le soutènement (ancrage) et La mise en place de charges d'explosifs (terrassment en grande masse). L'essentiel pour ces dernières applications est de perforer rapidement et économiquement d'où le recours à des méthodes destructives.

- ❖ **Les méthodes destructives :** Touts fragmentent la roche, et les débris doivent être remontés à la surface par un fluide de forage (air comprimé, eau, boue).
- ❖ **Les méthodes non destructives** (forages carottés) : Leur but est de découper en continuité sur toute une colonne de terrain puis de la remonter à la surface du sol pour examen géologique ou essais de laboratoire.

Carottage : opération qui consiste, au cours d'un forage, à prélever un échantillon cylindrique de terrain appelé "carotte" pour en étudier les caractéristiques.

Techniques de carottage : Le carottage est une technique de prélèvement de terrains par forage au moyen d'un carottier ; l'échantillon prélevé est une carotte, qui se présente généralement comme un cylindre de quelques centimètres de diamètre, et de longueur variable (parfois plusieurs mètres). On distingue le carottage par poinçonnement et le carottage par rotation

- **Carottage par poinçonnement :** Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour enfoncer le carottier dans le sol. Le battage qui est la technique la plus ancienne et la plus rudimentaire, consiste à battre un tube dans le sol à l'aide d'un mouton. Les risques de remaniement de l'échantillon sont élevés. L'emploi de cette technique est limité aux sols meubles.
- **Carottage par rotation :** Le carottage rotatif est pratiquement adapté à tous les types de sols présentant une certaine cohésion. Il nécessite l'utilisation d'un fluide d'injection (eau + Bentonite). Le couple de forces nécessaire au carottier pour découper le sol est transmis depuis la machine de forage par un train de tiges creuses dans lesquelles circule le fluide d'injection.
- ✓ **Le carottier simple :** Il est constitué d'un simple tube muni à sa base d'une couronne très résistante surmontée d'un extracteur, pièce permettant le maintien de l'échantillon de sol au sein du carottier pendant la remontée.
- ✓ **Le carottier double :** Ce type de carottier est constitué d'un double tube. Dont le tube intérieur est rendu indépendant du mouvement de rotation par un système de roulements de tube extérieur. La circulation du fluide s'effectue entre les deux tubes sans perturber le sol.

Les échantillons recueillis par le carottier prennent place dans une caisse à carotte dès leur remontée à leur surface. Les échantillons intacts destinés aux essais en laboratoire seront enveloppés pour éviter une altération pendant le transport.

Echantillonneur de laboratoire - Diviseurs –

Ils permettent d'obtenir un échantillon réduit et représentatif d'un matériau granulaire. Ils sont constitués :

- D'une trémie recevant le matériau brut, D'un ensemble de canaux de largeur constante permettant de retenir les éléments les plus gros et de séparer en deux fractions équivalentes le matériau passant, De 2 bacs réceptacles (au minimum) recevant la moitié écrêtée du matériau initial.

**Echantillonneur****III. ESSAIS GEOTECHNIQUES****III.1 ESSAIS EN LABORATOIRE**

La réalisation d'essais géotechniques en laboratoire de mécanique des sols est complémentaire et nécessaire aux essais in situ pour établir un rapport géotechnique complet.

- 1- Les Essais d'Identification :** Ces essais permettent de classer les sols et de calculer divers paramètres tels que des indices des vides, des degrés de saturation, des densités, des porosités. L'ensemble des essais géotechnique d'identification peut être réalisé dans les laboratoires, et en particulier : Teneur en eau, Masses volumiques des sols fins et des particules solides, Analyses granulométriques et sédimentométrique, Essai au Bleu de Méthylène et Limites d'Atterberg (à la coupelle et au cône).
- 2- Les Essais de Compressibilité :** Ces essais permettent de simuler le tassement d'un sol saturé soumis à une charge déterminée, on en détermine les paramètres suivants : la contrainte effective de préconsolidation, l'indice de compression, l'indice de gonflement et la contrainte de gonflement
- 3- Les Essais de Perméabilité :** Ces essais sont limités à des matériaux présentant des perméabilités inférieures à 10^{-05} m/s (perméabilité des pierres poreuses). Pour des matériaux plus perméables, il est possible de réaliser l'essai avec un perméamètre à charge variable avec un moule CBR.
- 4- Les Essais de Compactage et de traitement :** Ces essais permettent de déterminer les références de compactage d'un matériau ainsi que ses indices de poinçonnement IPI et CBR. Une compacteuse automatique permet une qualité répétitive de l'énergie de compactage.
- 5- Les Essais de Cisaillement :** Les essais de cisaillement permettent de déterminer la cohésion et l'angle de frottement interne d'un sol, ils sont déterminés par l'essai de cisaillement rectiligne ou par un essai à l'appareil de révolution triaxial.

III.2 ESSAIS IN SITU :

Les essais in situ testent directement le sol, de plus, ils sont moins chers que les essais de laboratoire. Le but de ces essais est de compléter ou même de remplacer les essais sur échantillons intacts en laboratoire pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols. On peut subdiviser les essais en place en deux grandes familles : les essais qui donnent une caractéristique de sol à la rupture et les essais qui donnent en plus une relation contraintes - déformations.

1- Les Pénétromètres : Ces appareils sont constitués d'une tige métallique enfoncée dans le sol par battage ou vérin pour mesurer la résistance à l'enfoncement en fonction de la profondeur. Il existe deux sortes de pénétromètres:

A / Le pénétromètre dynamique : L'essai de pénétration dynamique des sols a pour but la mesure de la résistance des couches traversées au battage d'une pointe. La profondeur de pénétration peut atteindre les **10 mètres** selon, bien entendu, la nature du sol.

B / Le pénétromètre statique : Il mesure au cours de la pénétration en profondeur d'une barre terminée par un cône l'effort de pointe correspondant à la résistance du sol au poinçonnement et l'effort de frottement latéral.

2- Les Pressiomètres L'essai permet d'obtenir une courbe de variation des informations volumétriques du sol en fonction de la contrainte appliquée, et de définir une relation contrainte-déformation du sol en place dans l'hypothèse d'une déformation plane.

3- Rhéotest : C'est un essai permettant de déterminer les caractéristiques mécaniques du sol en place. Pendant le cisaillement du sol par torsion, on mesure la contrainte tangente et la contrainte normale ce qui permet de tracer la courbe intrinsèque par une série de mesures.



Le pénétromètre dynamique



Le pénétromètre statique



Le Pressiomètre