

Chapitre3 (suite)

CARACTERISTIQUES PHYSIQUE DU SOL

Partie 2

2.1INTRODUCTION :

Les caractéristiques données **dans la première partie** de ce chapitre sont les caractéristiques pondérales d'un sol, **il est nécessaire de préserver la structure du squelette ainsi que la teneur en eau** du sol tel qu'elles existent sur terrain (in-situ). Les échantillons présentant ces propriétés sont appelés échantillons non remaniés.

Pour les propriétés de la phase solide (particules solides) les essais sont réalisés sur des échantillons remaniés tels que ceux prélevés à la pioche et la pelle dans un puits et placés en vrac dans un sac hermétique. Les essais relativement simples pour caractériser ces sols sont appelés essais d'identification.

2.2ANALYSE GRANULOMETRIQUE

L'analyse granulométrique est un essai très utile pour la classification des sols. Elle présente les proportions relatives des différentes dimensions de particules et permet d'identifier quelle fraction de sol contrôle ses propriétés. Cet essai s'effectue sur **des échantillons de sol remaniés**

Au laboratoire l'analyse granulométrique est aussi appelée Distribution des Particules de Sol (*D.P.S*) ou analyse mécanique (*A.M*). Ce sont les tamis et les passoires qui sont utilisés pour effectuer cet essai

- **Définition du tamis :**

Un tamis comporte des mailles carrées constituées par des fils qui se croisent.

- **Définition du passoir :**

Une passoire comporte des trous ronds pratiqués dans une tôle

Il y a plusieurs séries de tamis et passoire à la disposition des laboratoires de géotechnique de nos jours :

1. La série française dite série AFNOR,
2. La série britannique dite Série BS (British Standard),
3. La série américaine dite série ASTM (American Society of Testing Material).

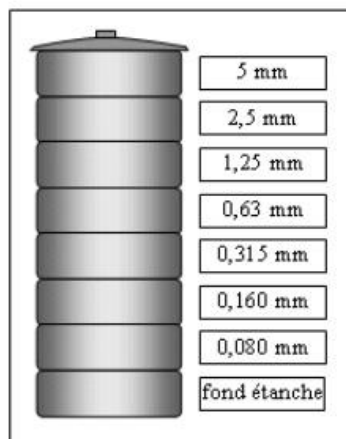
En général il y a trois types d'analyses granulométriques:

- ***Granulométrie par tamisage.***

Cette analyse est utilisée pour les sols dont les particules ont une dimension supérieure à 100µm comme les graviers et sables gros. L'opération consiste :

- Mettre l'échantillon dans une étuve à une température de 105°-110°
- Peser l'échantillon afin d'obtenir sa masse sèche.
- Faire passer Le sol à travers une série de tamis standards ayant successivement des mailles plus petites.
- La masse de sol retenue dans chaque tamis est déterminée et le pourcentage cumulé passant les tamis calculés.

Le tamisage à sec n'est précis que pour les matériaux dénués de cohésion c'est-à-dire les sables ou les graviers. Dans le cas d'un sol limoneux ou argileux le tamisage est effectué sous l'eau utilisant des agents chimiques pour dissocier les grains de sol.



Colonne de tamis



Tamiseuse électrique

Dans la pratique, la masse à utiliser sera telle que :
 $M = 0,2 D$ avec M, masse de l'échantillon en Kg et D diamètre du plus gros granulat exprimé en mm

Fig1 granulométrie par tamisage

- **Granulométrie par sédimentation.**

Cette analyse est utilisée pour les sols dont les particules ont une dimension inférieure à $100\mu\text{m}$ comme les argiles et les limons. Une pipette spéciale de 125 ml Fig.2. est utilisée pour obtenir des échantillons de sol à partir d'une suspension dans l'eau. Ces cultures sont prises à des intervalles de temps bien définies.

L'hydromètre est aussi un moyen utilisé pour mesurer la densité de cette suspension de sol. A partir de ces mesures, la distribution des particules de limon

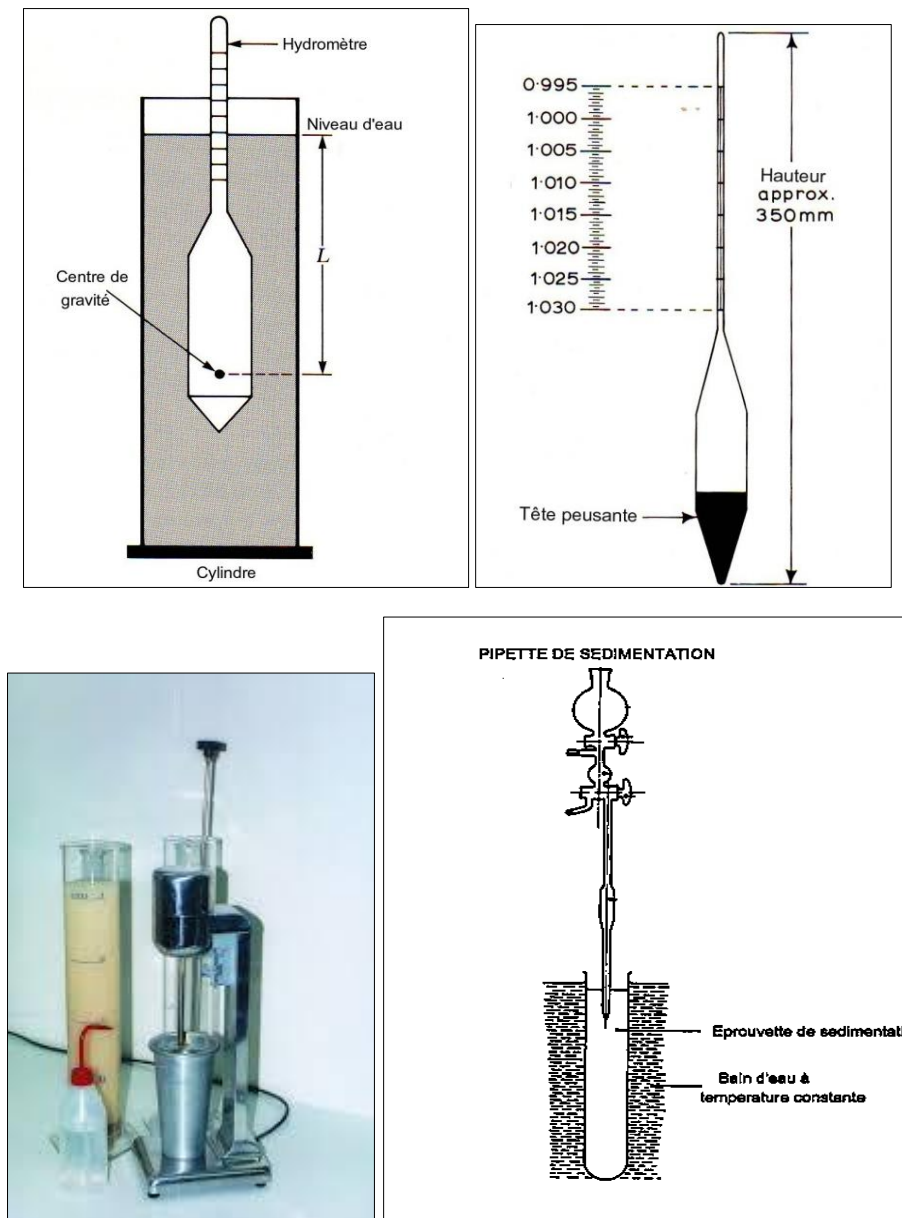


Fig2 Granulométrie par sédimentation

La théorie de sédimentation, dont le principe est illustré sur la figure, est basée sur le fait que dans un milieu liquide les particules les plus grosses ont une vitesse de décantation plus élevée.

- **Granulométrie composée**

Cette méthode est utilisée pour les sols contenant des particules grosses et fines. Les essais composés utilisent successivement les méthodes de tamisage et de sédimentation.

- **Courbe granulométrique**

En utilisant l'une ou les méthodes de laboratoire citées précédemment, une courbe représentant les résultats obtenus peut être dessinée Fig.3. Cette courbe granulométrique donne pour chaque diamètre, la masse des particules de cette taille ou de taille inférieure. La masse est indiquée en % de la masse totale de la matière sèche de l'échantillon. La courbe est dressée sur un repère en ordonné logarithmique. La forme générale et la pente de la courbe peuvent être décrites en fonction du coefficient d'uniformité (C_u) dit aussi coefficient de HAZEN (1930) ou bien le facteur de pente (coefficient de courbure) (C_z).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

D_{10} , D_{30} et D_{60} sont les diamètres correspondants à 10, 30 et 60% respectivement. Tirés à partir de la courbe granulométrique

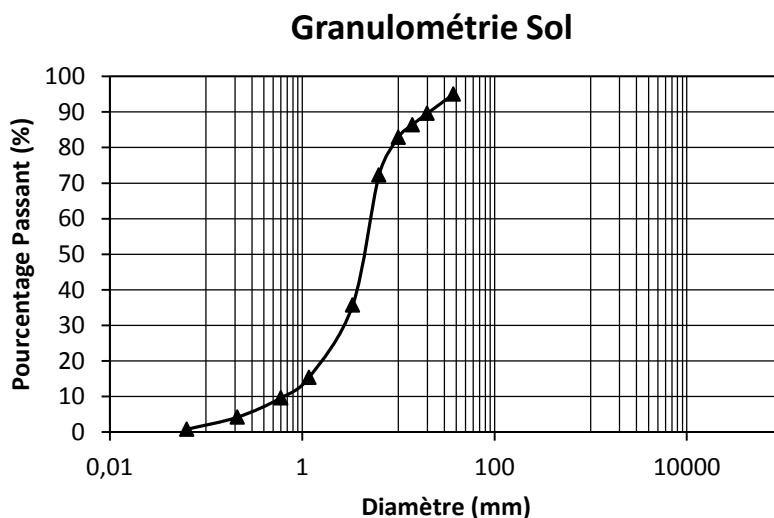


Fig3 :Exemple d'une Courbe granulométriques

D'après le coefficient d'uniformité C_u , les sols sont classés en cinq catégories:

Coefficient d'uniformité	Description du sol	
$C_u \leq 2$	Granulométrie très serrée	Très peu gradué
$2 < C_u \leq 5$	Granulométrie serrée	Peu gradué
$5 < C_u \leq 20$	Granulométrie semi-étalée	gradué
$20 < C_u \leq 200$	Granulométrie étalée	Bien gradué
$C_u > 200$	Granulométrie très étalée	Très bien gradué

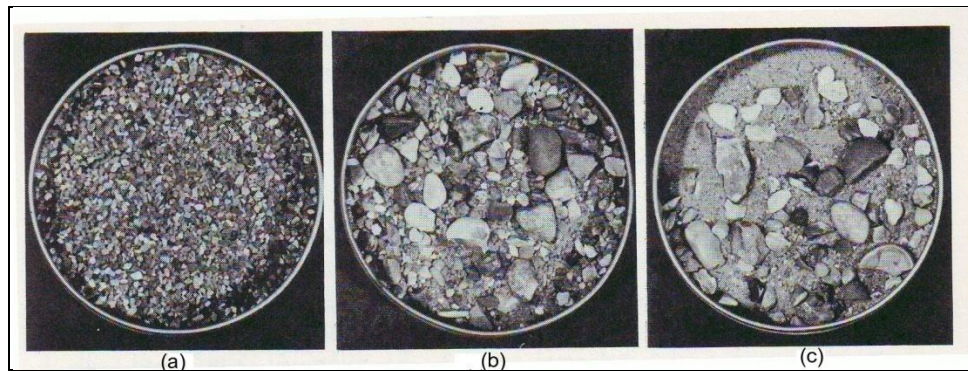
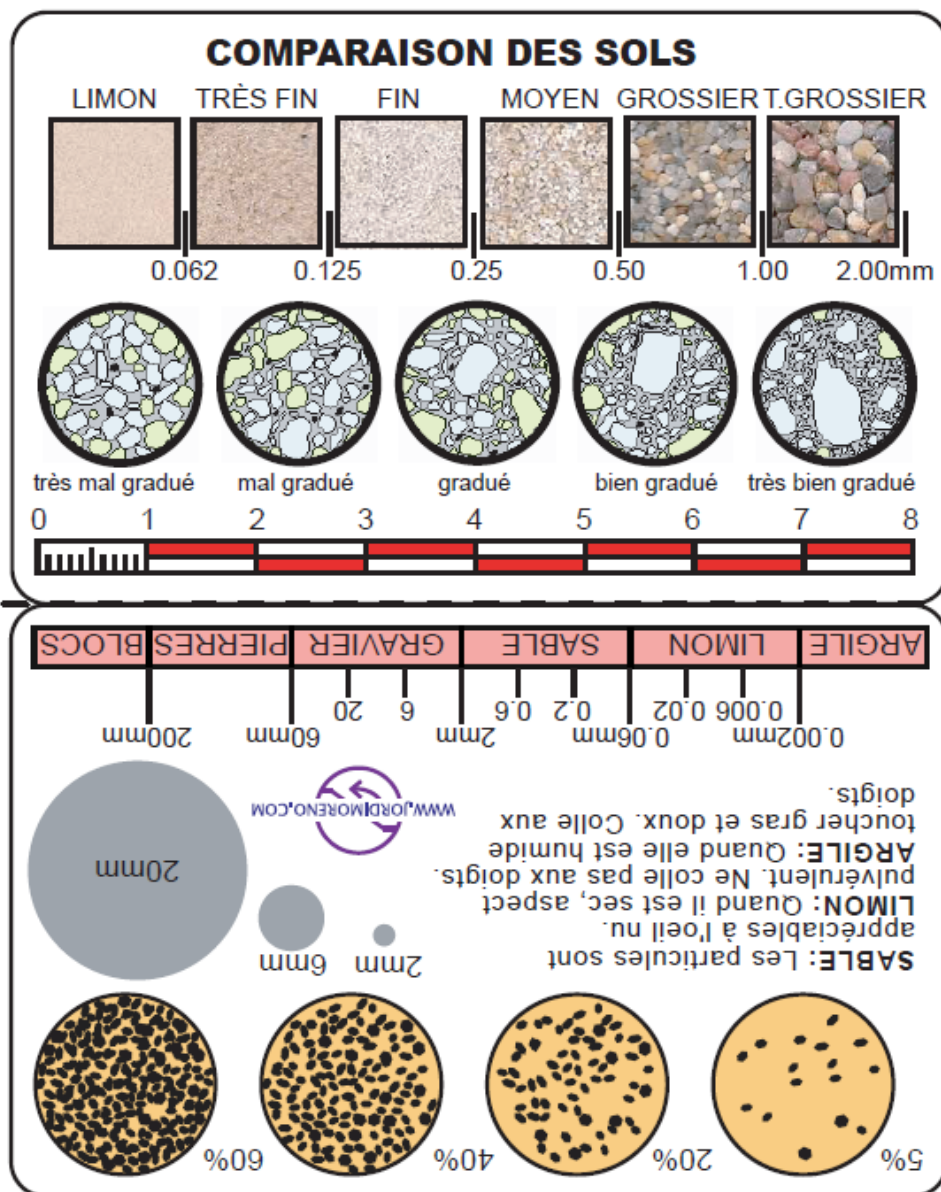


Fig4 :sol: (a) uniformément gradué, (b) bien gradué, (c) peu gradué



2.3 EQUIVALENT DE SABLE

Ce type d'essai est utilisé pour les sols pulvérulents (sables et graviers) ; les granulats sont, ou très propres, ou souillés de légères traces d'argile.

L'emploi de tels matériaux peut nuire à la qualité des constructions routières. Pour détecter les traces des particules fines l'essai d'équivalence de sable est alors utilisé. Son principe est le suivant.

- Un échantillon de sol de 88cm^3 de volume est versé dans une éprouvette de plexiglas de 32mm de diamètre et 430mm de hauteur contenant au préalable de l'eau et une solution flocculant à base de glycérine.
- Cette solution a pour but de mettre en suspension les éléments argileux que peut comporter le matériau dont seules les particules passant le tamis de 5mm ont été conservées.
- Après 10 minutes l'éprouvette est fermée par un bouchon et l'ensemble est agité horizontalement en effectuant 90 cycles de secouage pendant 30 secondes.
- Cette opération, qui peut être faite à la machine, a pour but de mettre en suspension les éléments argileux très fins que contient l'échantillon.
- Mettre l'éprouvette en position verticale assise sur un socle, le sable est lavé à l'aide d'un tube laveur pour chasser les éléments qui auraient pu rester.
- Après un repos de 20 minutes le sable propre est au fond sur une hauteur h_1 . L'argile flocule, en suspension, monte jusqu'à la hauteur h_2 . La séparation entre la zone de l'argile en suspension et le liquide clair est très nette.

Par définition, l'équivalent de sable ES est le ratio en pourcentage des deux hauteurs :

$$ES = \frac{h_1}{h_2} \times 100$$

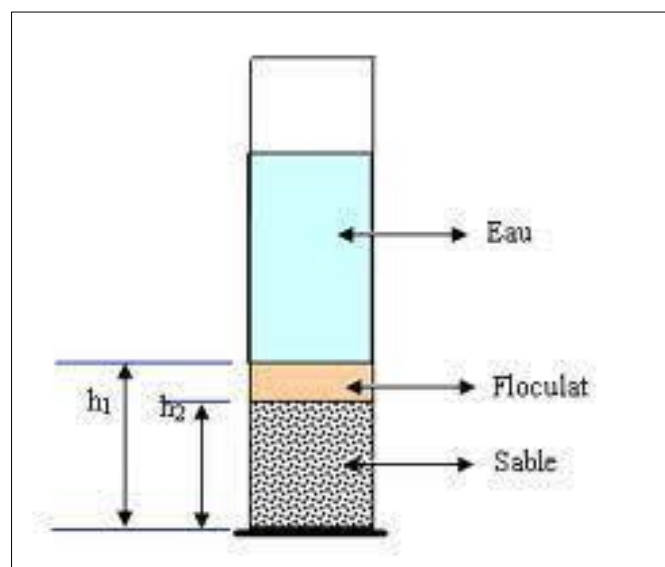




Fig5 : Essai Equivalent de sable

Ordre de grandeur :

<i>Nature de sol</i>	<i>Equivalent de sable</i>
Sable pur et propre	$ES = 100$
Sol non plastique	$ES = 40$
Sol plastique	$ES = 20$
Argile pure	$ES = 0$

Tab1 :Classification des sols selon leur équivalence de sable

2.4 TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE

La présence de matière organique en quantité importante modifie considérablement le comportement mécanique des sols dans le temps. Les sols organiques comprennent notamment les vases, tourbes, alluvions récentes et terres végétales.

La mesure du pourcentage des matières organiques se fait par analyse chimique ou par le passage d'une éprouvette de sol, séchée à 105°C, dans un four à haute température (550°C). Un sol est considéré comme organique lorsque **la matière organique est supérieure à 3%**. La teneur en matière organique est donnée par la relation suivante:

$$OM(\%) = \frac{M_o}{M_s} \times 100$$

Avec :

OM : Teneur en matière organique

M_o : Masse de la matière organique

M_s : Masse des particules solides

Ordre de grandeur :

<i>Teneur en matière organique (%)</i>	<i>Désignation géotechnique</i>		
0 – 3	Sol inorganique	—	—
3 – 10	Sol faiblement organique	<i>FO</i>	Vase
10 – 30	Sol moyen organique	<i>MO</i>	Sol tourbeux
> 30	Sol très organique	<i>TO</i>	Tourbe

Tab2 :Classification des sols organiques