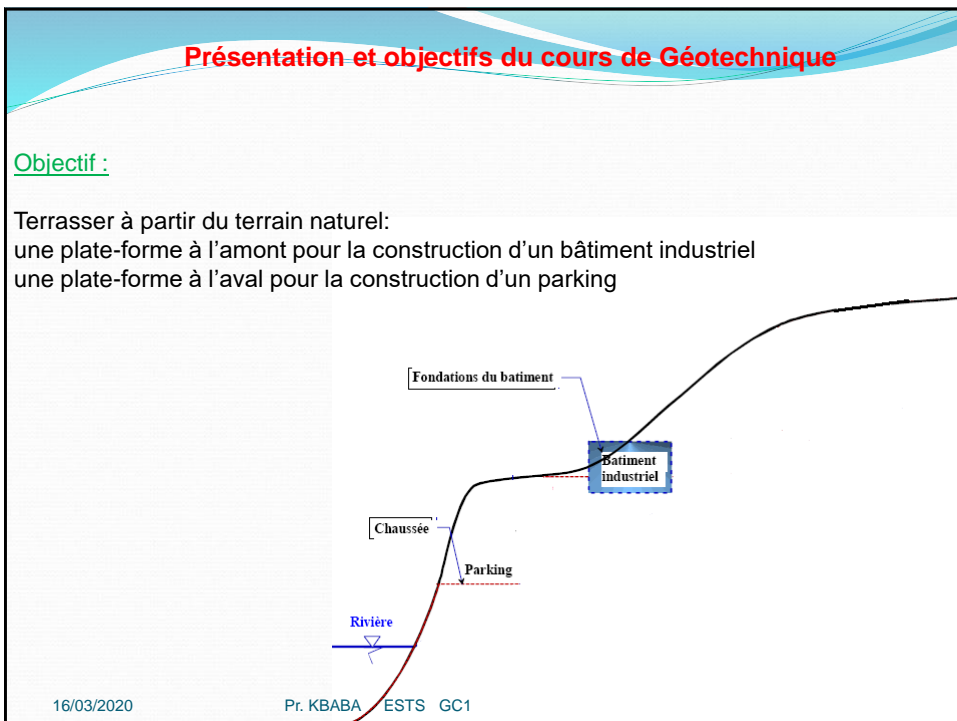
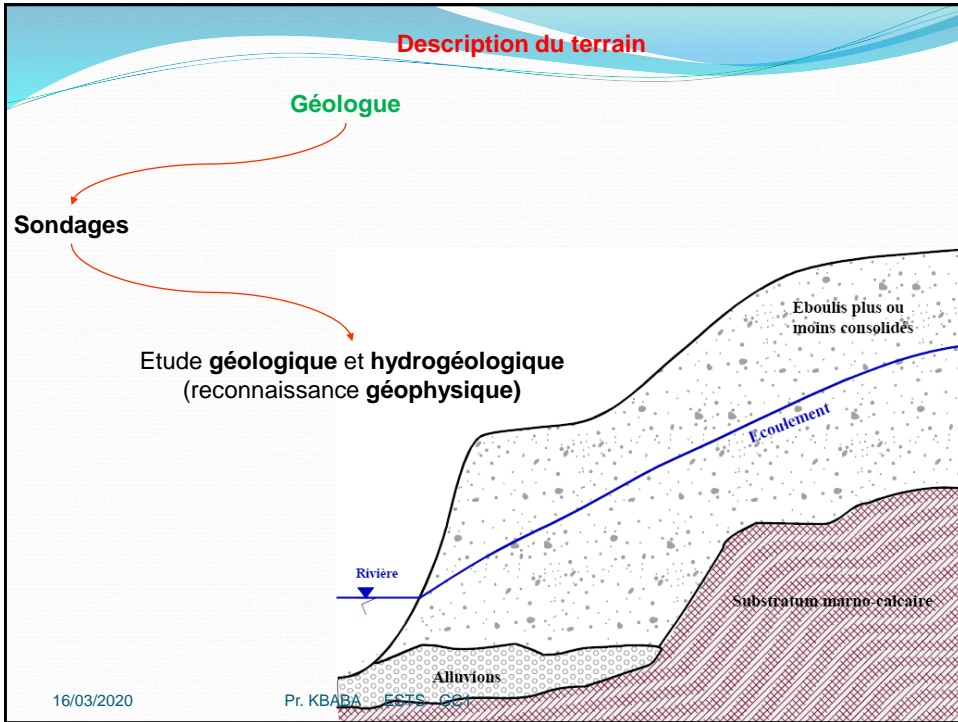


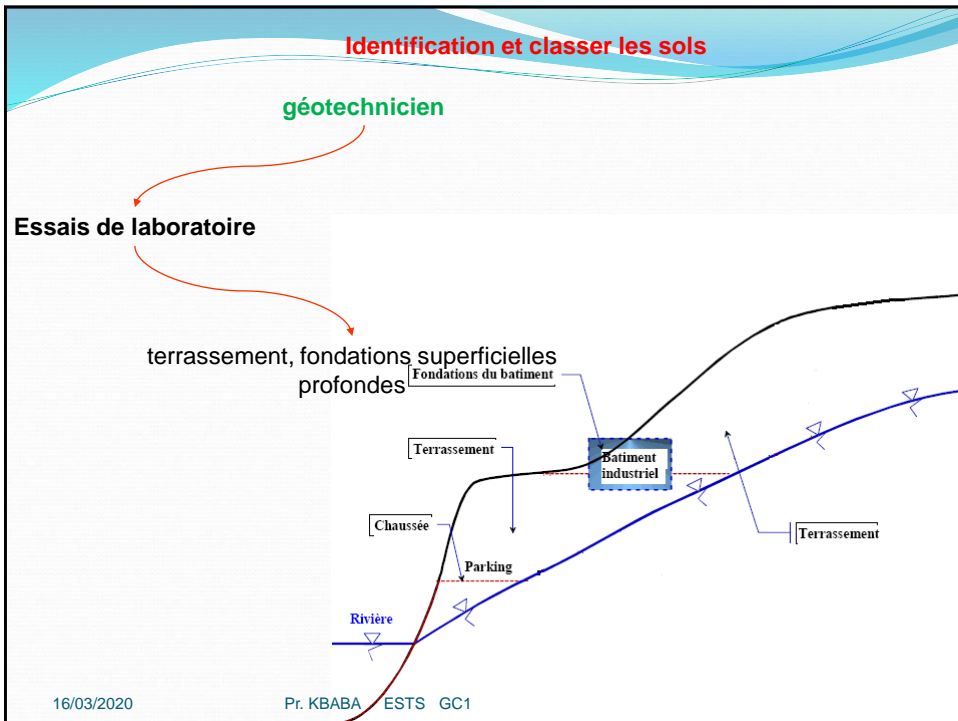
1



2



3



4

Choix la loi rhéologique du sol

Géotechnicien

Etudes

Interaction sol-structure
concevoir
dimensionner
vérifier

The diagram shows a cross-section of a slope with several key features and failure surfaces. On the left, a river (Rivière) flows. A road (Chaussée) and a parking area (Parking) are situated on the slope. A building (Bâtiment industriel) is located on a higher part of the slope, with its foundations (Fondations du bâtiment) shown. A retaining wall (paroi moulée) is positioned between the parking area and the building. To the right of the retaining wall, there is a slope stabilization system consisting of a clouage (nail) system for soil support and tirants d'ancrage (anchors) for further stabilization. A terraced area (Terrassement) is also shown. At the top right, an existing school (Ecole existante) is located. Two failure surfaces are indicated by dashed red lines, showing potential sliding planes through the slope.

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

5

Etudes et Vérifications

Géotechnicien

- ✳ Stabilité du soutènement de la fouille par *clouage*
- ✳ Vérification que les déplacements du sol à l'amont sont compatibles avec la structure de l'école
- ✳ Stabilité de la *paroi moulée*
- ✳ dimensionnement des *tirants d'ancrage*.
- ✳ Terrassement à l'aval de la *paroi moulée*

The diagram is identical to the one on slide 5, showing a cross-section of a slope with a river, road, parking, industrial building, retaining wall, and slope stabilization system. It highlights the same failure surfaces and engineering features.

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

6

Définition officielle de la géotechnique

XP P 94-010

«Science qui étudie les sols sous tous les aspects qui intéressent l'ingénieur de génie civil»

mécanique des sols

mécanique des roches

géologie de l'ingénieur

technique de travaux

technique de construction

}

géotechnique

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

7

Domaines d'application

Les fondations d'ouvrages et de bâtiments

fondations superficielles, fondations profondes

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

8

Domaines d'application

Les ouvrages mixtes




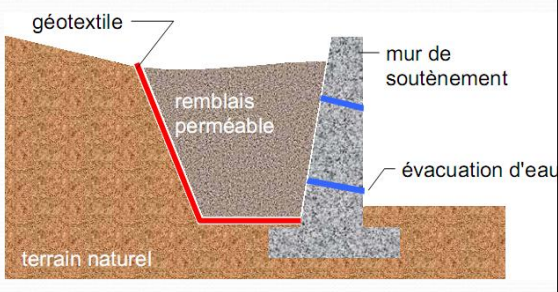
sont supportés par des ouvrages : murs de soutènement, rideaux de palplanches
supportent des ouvrages : fondations superficielles, fondations profondes

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

9

Domaines d'application

Les ouvrages en sol

remblais, digues, barrages

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

10

Géotechnique : Sciences annexes

La géotechnique s'appuie sur plusieurs sciences :

- ✦ La géologie, qui précise la nature du sol,
- ✦ La M.M.C.
- ✦ La mécanique des sols, qui étudie leur comportement par application des lois de la mécanique et de l'hydraulique mais adaptées au sol (pré-requis R.D.M., hydraulique).

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

11

Rapport Géotechnique



Une reconnaissance géologique

Une reconnaissance géotechnique et hydraulique

Une étude des sollicitations mécaniques des terrains

Une conclusion qui donnera parmi toutes les solutions possibles la plus économique mais totalement compatible avec la sécurité.

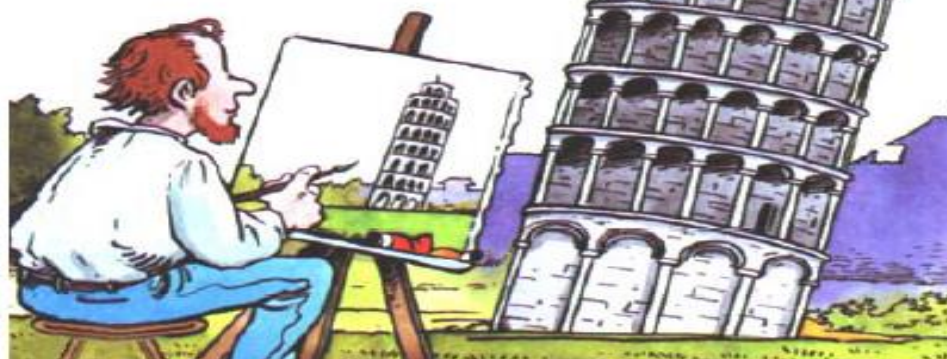
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

12

Paramètres physiques des sols

Pr K. BABA
Ingénieur Ph.D Génie Civil



13

Définition des roches et des sols

En géologie :

roche matériau de l'écorce terrestre quel que soit son état :
solide et *consolidé* (granite sain),
solide mais *meuble* (sable),
liquide (pétrole), gaz.

En géotechnique :

roche formation géologique dont les éléments sont fortement soudés entre eux (granite sain),

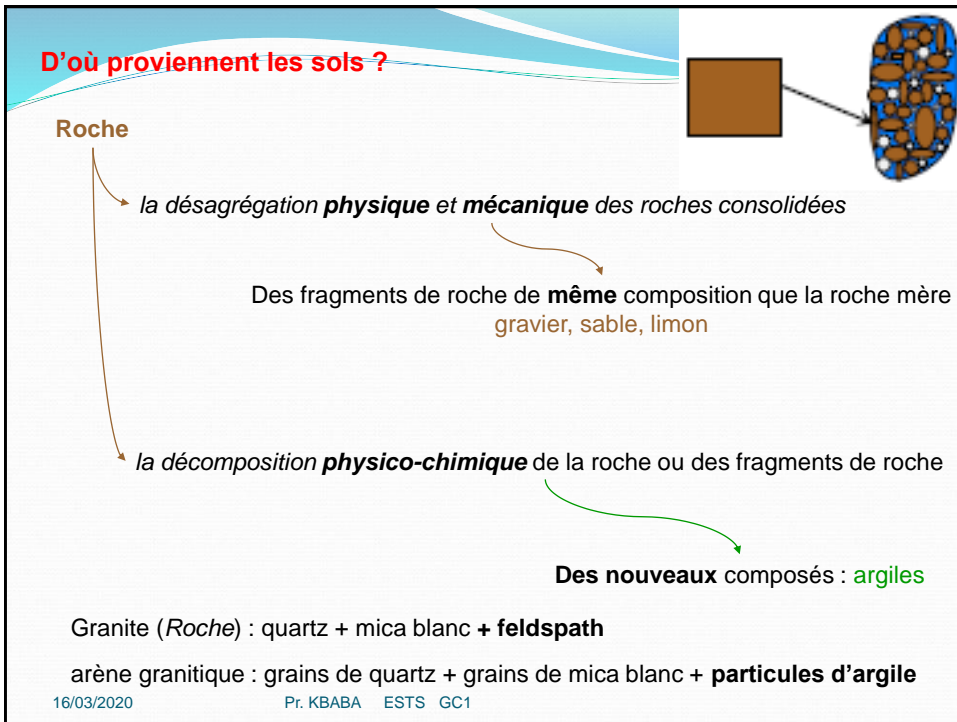
sol formation géologique dont les éléments ont entre eux des liaisons
● nulles (sable, gravier)
● ou faibles (limon, argile).

roches altérées pour géologue ↔ sols pour le géotechnicien

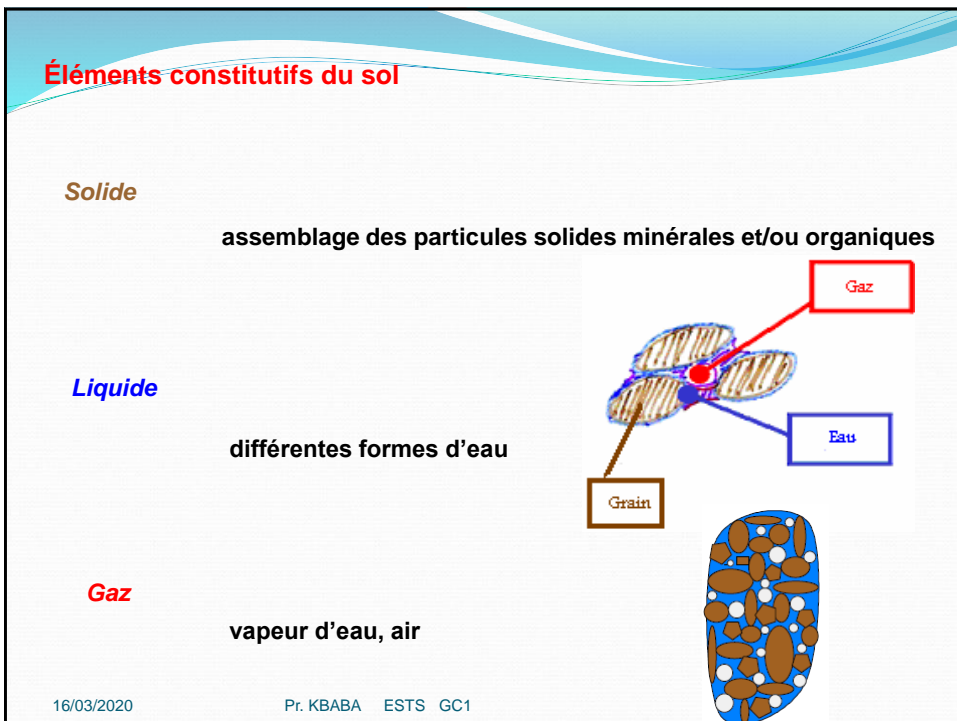
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

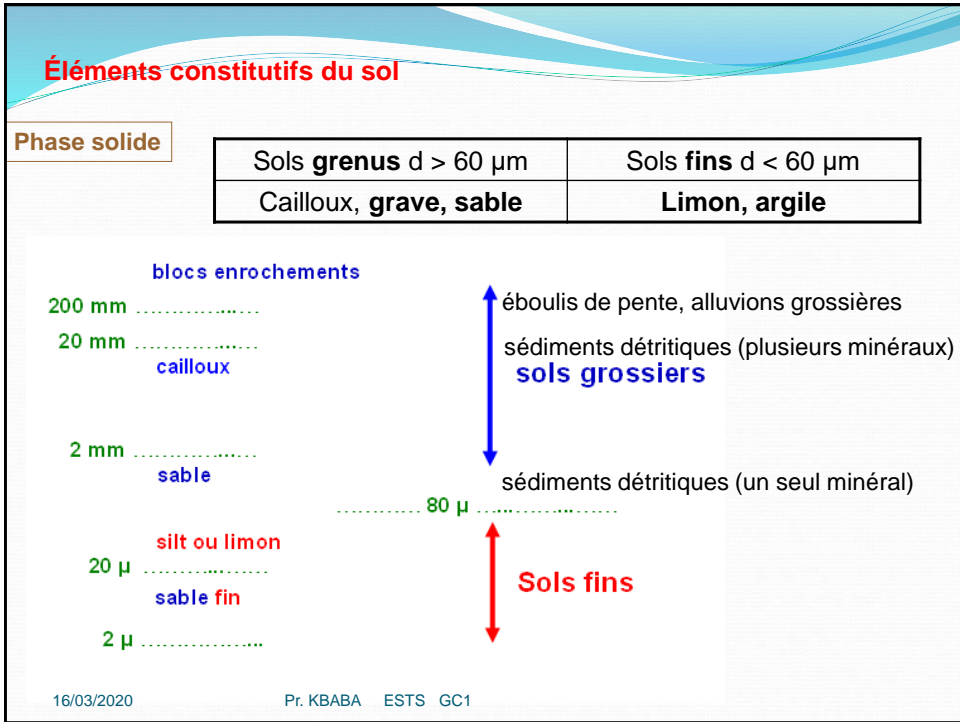
14



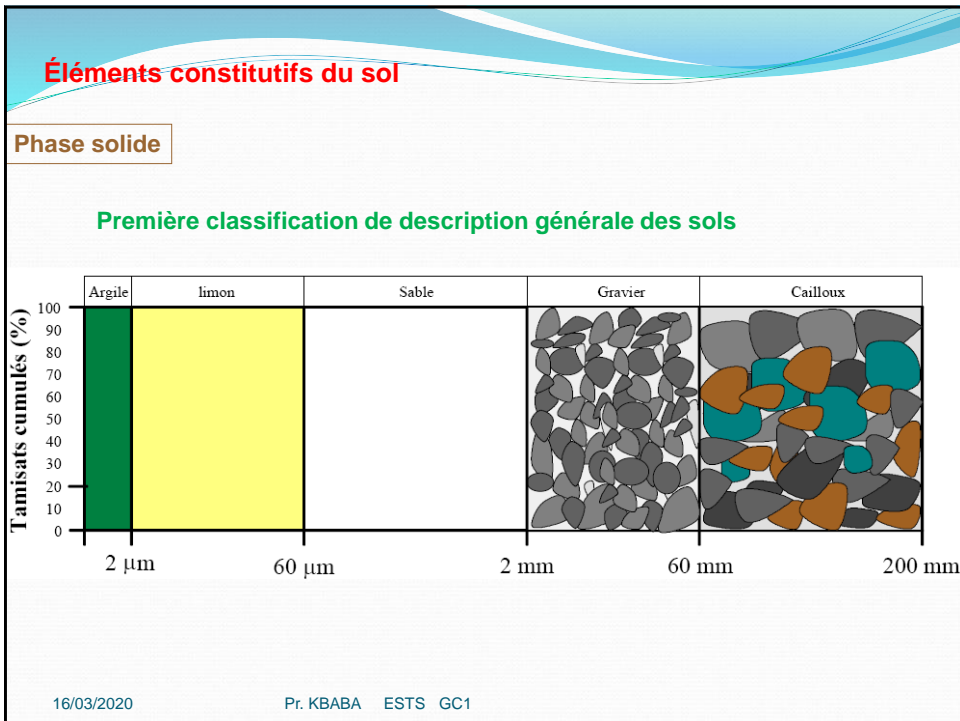
15



16



17



18

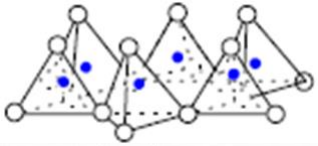
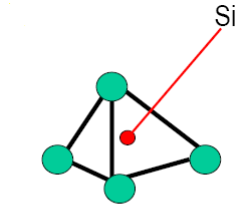
Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

argiles ↔ phyllo silicates d'aluminium hydratés

Couches d'éléments

Tétraèdre de silice

● Atome d'oxygène

Si

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

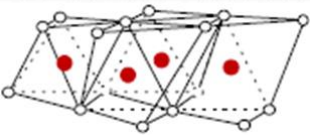
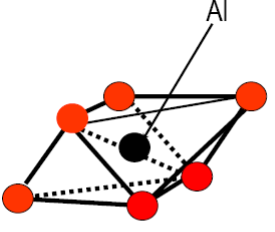
19

Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

Couches d'éléments

Octaèdre d'aluminium ou de fer (³⁺)

● Ion OH⁻

Al

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

20

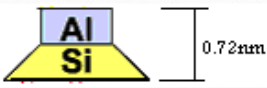
Éléments constitutifs du sol

Phase solide

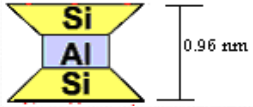
Structure des argiles

Feuillets élémentaires

Les feuillets 1/1



Les feuillets 2/1



16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

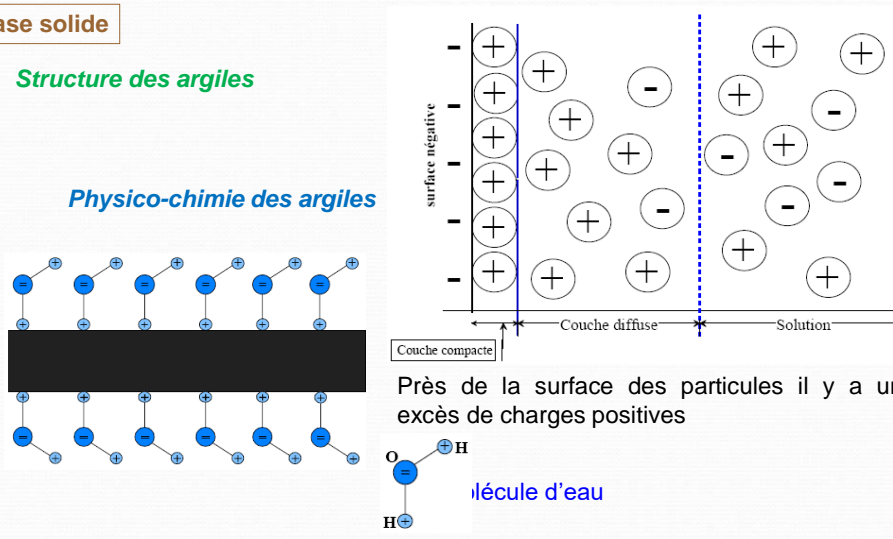
21

Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

Physico-chimie des argiles



Près de la surface des particules il y a un excès de charges positives

■ Particule d'eau chargée négativement

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

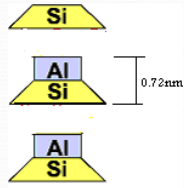
22

Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

Kaolinite $[AL_4(Si_4O_{10})(OH)_8]$



Les liens d'hydrogènes étant très forts

↓

l'eau ne peut s'infiltrer entre les unités de base

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

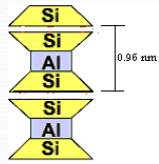
23

Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

Montmorillonite $[AL_2(Si_4O_{10})(OH)_2, nH_2O]$



Faible liaison entre les deux feuillets

↓

Intercalation des molécules d'eau

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

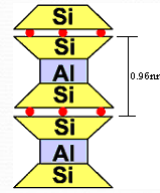
24

Éléments constitutifs du sol

Phase solide

Structure des argiles

L'ILLITE $[K_x AL_2(Si_{4-x} AL_x O_{10})(OH)_2]$



Ions K^+ sont intercalés entre les feuillets tétraédriques

↓

ce qui renforce les liaisons plus forte

↓

l'eau ne peut s'intercaler.

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

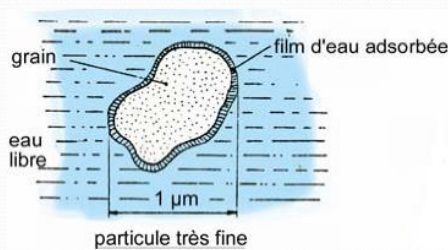
25

Éléments constitutifs du sol

Phase liquide

Les différents états de l'eau sont:

- L'eau de constitution des minéraux
- l'eau adsorbée : "eau de double couche" très visqueuse, elle n'est pas déplacée par les forces de pesanteur, elle fait partie de la phase solide du sol



grain

film d'eau adsorbée

eau libre

1 μm

particule très fine

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

26

Éléments constitutifs du sol

Phase liquide

A partir de la nappe on a successivement :

- l'eau libre : eau de la nappe qui circule dans les vides du sol sous l'effet de la gravité
- l'eau capillaire : retenue par les forces de capillarité, s'élève au-dessus de la surface piézométrique, on distingue :
 - ✓ *Eau capillaire continue, remplit la totalité des pores*
 - ✓ *Eau capillaire isolée, remplit une partie des pores qui contiennent de l'eau, de la vapeur d'eau, de l'air*

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

27

Éléments constitutifs du sol

Phase gazeuse

La phase gazeuse est composée :

- Air dans un sol "sec"
- Mélange d'air et de vapeur d'eau dans les sols partiellement saturés

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

28

IDENTIFICATION DES SOLS

Modèle élémentaire de sol

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

29

IDENTIFICATION DES SOLS

Volumes et masses du modèle élémentaire

	Sol		Solide		Vide	
					Eau	Air
Volume	V		V _s		V _w	V _a
masse	m		m _s		m _w	m _a
$\rho_w = 1 \text{ t/m}^3 \quad m_a \cong 0$						
	Totale humide	Sol sec	Sol déjaugé	Grains solide	Eau	
masse volumique	$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho_d = \frac{m_s}{V}$	$\rho' = \rho - \rho_w$	$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$	$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$	

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

30

Paramètres physiques

☞ e (indice des vides) = $\frac{V_v}{V_s}$

☞ n (porosité) = $\frac{V_v}{V}$

☞ w (teneur en eau massique) = $\frac{m_w}{m_s}$

☞ S_r (degré de saturation) = $\frac{V_w}{V_v}$

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

31

Relations entre les paramètres physiques

<p>[1] $n = \frac{V_v}{V} *$</p> <p>[2] $n = \frac{e}{1+e}$</p> <p>[3] $n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$</p> <p>[4] $n = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_s - \gamma_w}$</p>	<p>[5] $e = \frac{V_v}{V_s} *$</p> <p>[6] $e = \frac{n}{1-n}$</p> <p>[7] $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$</p> <p>[8] $e = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}$</p>	<p>[9] $w = \frac{W_w}{W_s} *$</p> <p>[10] $w = e \cdot S_r \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$</p> <p>[11] $w = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1$</p> <p>[12] $w = S_r \cdot \gamma_w \cdot \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right)$</p>
<p>[13] $S_r = \frac{V_w}{V_v} *$</p>	<p>[14] $S_r = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{w}{e}$</p>	<p>[15] $S_r = \frac{w}{w_{sat}}$ (γ_d constant)</p>
<p>[16] $\gamma = (1+w) \cdot \gamma_d$</p> <p>[19] $\gamma = \frac{1+w}{1+e} \cdot \gamma_s$</p>	<p>[17] $\gamma = \gamma_d + n \cdot S_r \cdot \gamma_w$</p> <p>[20] $\gamma = \frac{\gamma_s + e \cdot S_r \cdot \gamma_w}{1+e}$</p>	<p>[18] $\gamma = (1-n) \cdot \gamma_s + n \cdot S_r \cdot \gamma_w$</p>
<p>[21] $\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e}$</p>	<p>[22] $\gamma_d = (1-n) \cdot \gamma_s$</p>	<p>[23] $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w *$</p>
<p>[24] $\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$</p>	<p>[25] $\gamma' = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot (1-n)$</p>	<p>[26] $\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \cdot \gamma_d$</p>

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

32

Relations entre les principaux paramètres

Légende : indéterminé

Paramètres connus	Paramètres à déterminer									
	ρ	ρ_d	ρ_{sat}	ρ_s	w [%]	w _{sat} [%]	n [-]	e [-]	S _r [%]	
ρ, w	ρ	$\frac{100 \rho}{100 + w}$			w					
ρ_d, n		ρ_d	$\rho_d + n \rho_w$	$\frac{\rho_d}{1 - n}$		$\frac{100 \rho_w n}{\rho_d}$	n	$\frac{n}{1 - n}$		
ρ_d, e		ρ_d	$\rho_d + \frac{e}{1+e} \rho_w$	$\rho_d (1+e)$		$\frac{100 \rho_w e}{\rho_d (1+e)}$	$\frac{e}{1+e}$	e		
ρ_d, w	$\rho_d \left(\frac{100+w}{100} \right)$	ρ_d			w					
ρ_s, ρ_d		ρ_d	$\rho_s + \left(\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \right) \rho_w$	ρ_s		$\left(\frac{\rho_w}{\rho_d} \cdot \frac{\rho_w}{\rho_s} \right) 100$	$\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$	$\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$		
ρ_s, ρ_{sat}		$\frac{\rho_{sat} - \rho_w}{1 - \frac{\rho_w}{\rho_s}}$	ρ_{sat}	ρ_s		$\frac{100 (\rho_s - \rho_{sat})}{\rho_s \left(\frac{\rho_{sat}}{\rho_w} - 1 \right)}$	$\frac{\rho_s - \rho_{sat}}{\rho_s - \rho_w}$	$\frac{\rho_s - \rho_{sat}}{\rho_{sat} - \rho_w}$		
ρ_s, w_{sat}		$\frac{\rho_w}{\frac{\rho_w}{\rho_s} + w_{sat}}$	$\frac{\rho_s (100 + w_{sat})}{100 + \frac{\rho_s}{\rho_w} w_{sat}}$	ρ_s		w _{sat}	$\frac{1}{1 + \frac{100 \rho_w}{\rho_s w_{sat}}}$	$\frac{\rho_s w_{sat}}{\rho_w 100}$		
ρ_s, n		$\rho_s (1-n)$	$(1-n) \rho_s + n \rho_w$	ρ_s		$\frac{\rho_w}{\rho_s} \frac{n}{1-n} 100$	n	$\frac{n}{1-n}$		
ρ_d, w, S_r	$\rho_d \left(\frac{100+w}{100} \right)$	ρ_d	$\rho_d \left(1 + \frac{w}{S_r} \right)$	$\frac{S_r \rho_d}{S_r \rho_w - w \rho_d}$	w	$\frac{w}{S_r} 100$	$\frac{w \rho_d}{\rho_w S_r}$	$\frac{w \rho_d}{\rho_w S_r - w \rho_d}$	S _r	
ρ_s, e, w	$\rho \left(\frac{1}{1+e} \right) \left(\frac{100+w}{100} \right)$	$\rho_s \left(\frac{1}{1+e} \right)$	$\frac{\rho_s + e \rho_w}{1+e}$	ρ_s	w	$\frac{\rho_w e}{\rho_s} 100$	$\frac{e}{1+e}$	e	$\frac{w \rho_s}{e \rho_w}$	
ρ_s, ρ_d, w	$\rho_d \left(\frac{100+w}{100} \right)$	ρ_d	$\rho_s + \left(\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \right) \rho_w$	ρ_s	w	$\left(\frac{\rho_w}{\rho_d} \cdot \frac{\rho_w}{\rho_s} \right) 100$	$\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$	$\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	$\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s - \rho_d} \frac{w \rho_s \rho_d}{(\rho_s - \rho_d) \rho_w}$	
ρ_s, ρ, S_r	ρ	$\frac{\rho_s \left(\rho - \frac{\rho_w S_r}{100} \right)}{\rho_s - \frac{\rho_w S_r}{100}}$	$\frac{\rho_s \left(\rho - \frac{\rho_w S_r}{100} \right) + \rho_w \left(\rho_s - \rho \right)}{\rho_s - \frac{\rho_w S_r}{100}}$	ρ_s	$\frac{\rho_w S_r (\rho_s - \rho)}{\rho_s \left(\rho - \frac{\rho_w S_r}{100} \right)}$	$\frac{\rho_w (\rho_s - \rho) 100}{\rho_s \left(\rho - \frac{\rho_w S_r}{100} \right)}$	$\frac{\rho_s - \rho}{\rho_s - \frac{\rho_w S_r}{100}}$	$\frac{\rho_s - \rho}{\rho - \frac{\rho_w S_r}{100}}$	S _r	

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

33

Exercice n°1 :

Un échantillon de sol de volume $V_t = 1000 \text{ cm}^3$ pèse 1875 g, après séchage à l'étuve son poids devient 1677 g.

Sachant que la densité des grains solide est de 2.66, calculer la teneur en eau (w), la masse volumique sèche (ρ_d), la porosité (n), le degré de saturation (S_r) et la masse volumique du sol saturé (ρ_{sat}).

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

34

Exercice n°2 :

Un échantillon d'argile de volume $V_t = 105 \text{ cm}^3$ pèse 143 g, à l'état sec l'échantillon pèse 111.3 g. Calculer w et S_r avec $G_s = 2.7$ ($G_s = \gamma_s / \gamma_w$).

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

35

Exercice n°3 :

Un échantillon d'argile inorganique saturée de volume 21.4 cm^3 pèse 36.7 g, après le séchage le volume devient 13.7 cm^3 et la masse du sol est de 23.2 g.
On demande de calculer pour ce sol dans son état naturel w , G_s , e , ρ_{sat} et ρ_d .

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

36

Exercice n°5 :

Un échantillon de sable de porosité 50 %, on demande de calculer e , ρ_{sat} , ρ_d et ρ_h si $S_r = 30 \%$.

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

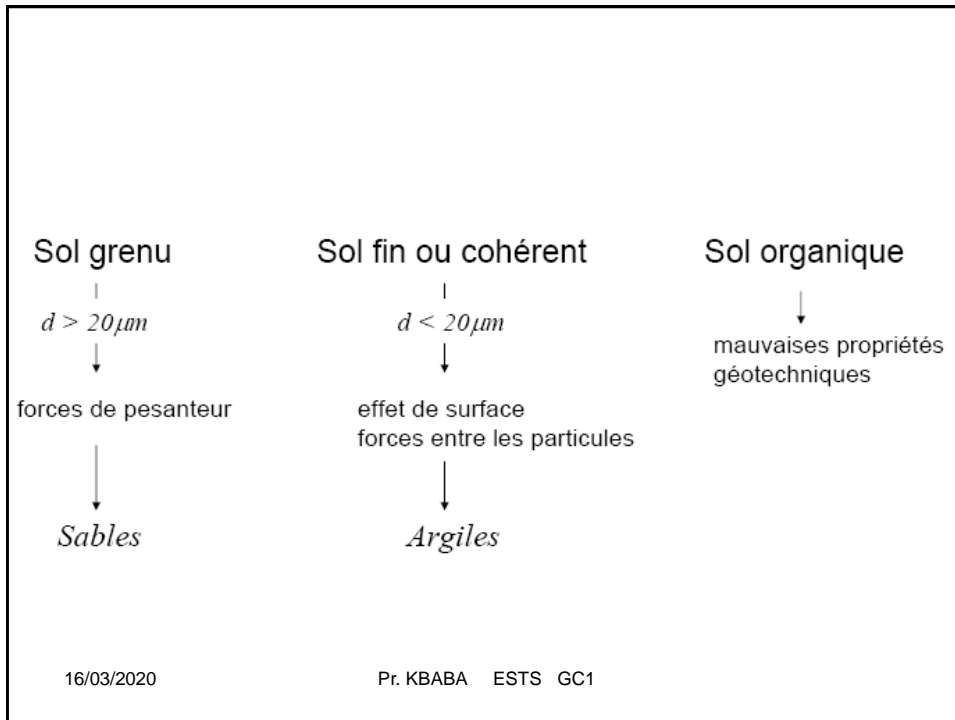
37

**STRUCTURE ET
IDENTIFICATION DES SOLS**

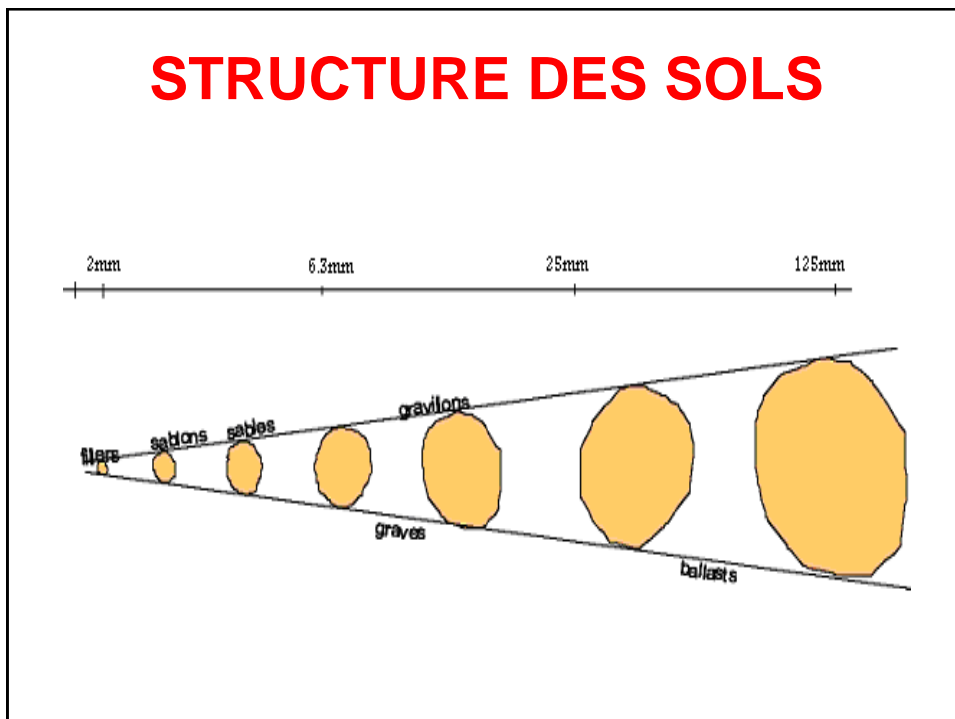
Pr K. BABA
Ingénieur Ph.D Génie Civil



38



39



40

Caractéristiques d'identification



Les propriétés des sols grenus dépendent de:

- la taille des grains solides et de leur formes,
- leur état de compactage (rigidité du squelette).

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

41

Prélèvement des échantillons

- **échantillon global** quantité totale de matériau prélevée au hasard dans le stock de granulats.

$$M \geq 9xD^{0.5}$$

- **prélèvement** une fraction de l'échantillon global.

$$M \geq 0.1xD$$

- **échantillon** quantité de matériau nécessaire pour essais.

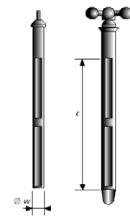
$$M \geq 2x \text{ masse pour essai}$$

$$M \geq 2D$$



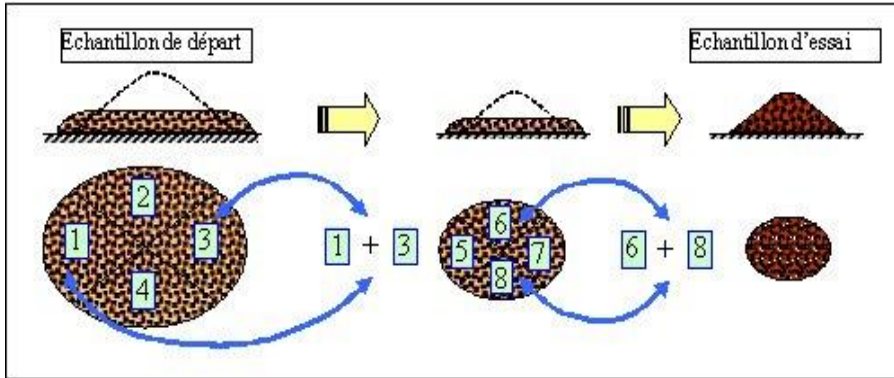
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1



42

Quartage

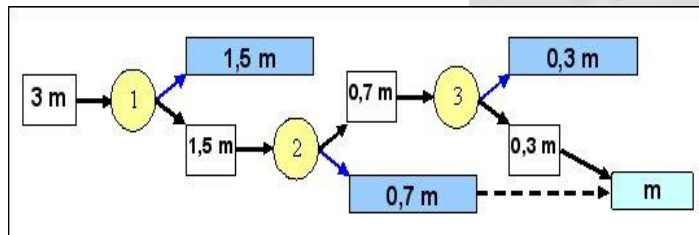
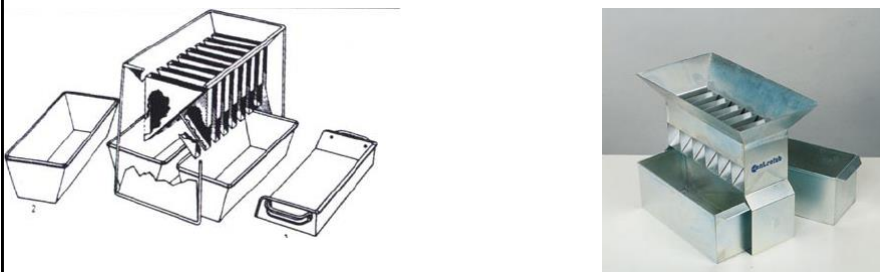


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

43

Echantillonneur



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

44

Teneur en eau

La teneur en eau se détermine par deux pesées.

- Première pesée à l'état initial
masse de l'échantillon humide m_h
- Deuxième pesée, après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures
masse sèche de l'échantillon m_s .

$$w\% = \frac{m_h - m_s}{m_s} \times 100$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

45

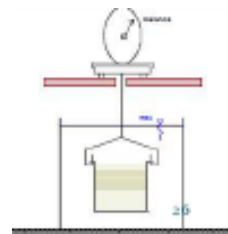
Masse volumique apparente γ

Méthode par immersion dans l'eau :

- Recouvrir un échantillon de masse m (0,1 et 0,5 kg) d'une couche de paraffine (0,88 g/cm³).
- m_p et v_p masse et volume de la couche de paraffine.
- m'_p masse de l'échantillon recouvert de paraffine (pesée hydrostatique)
- calculer le volume de l'échantillon recouvert de paraffine,
- Le volume de paraffine étant connu, on en déduit le volume V de l'échantillon



$$\rho = \frac{m}{V}$$

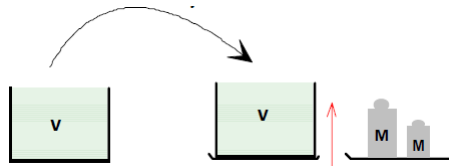


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

46

Masse volumique apparente γ en vrac



- Peser un récipient vide de masse M_1 et de volume connu (V_T),
- Verser à l'intérieur le matériau par couches successives, en le répartissant sur toute la surface et sans tassement,
- Araser avec soin à l'aide d'une règle plate,
- Peser le récipient rempli : M_2 ,
- Calculer :

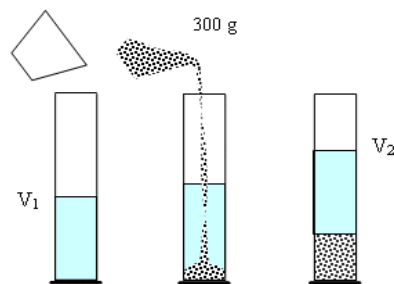
$$\rho = (M_2 - M_1) / V_T$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

47

Masse volumique des particules solides γ_s



$$\rho_s = \frac{M_s}{V_2 - V_1}$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

48

Masse volumique des particules solides γ_s



On mesure le volume des grains solides, V_s , à l'aide du pycnomètre.

γ_s sable et argile : 26 à 28 kN/m³

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

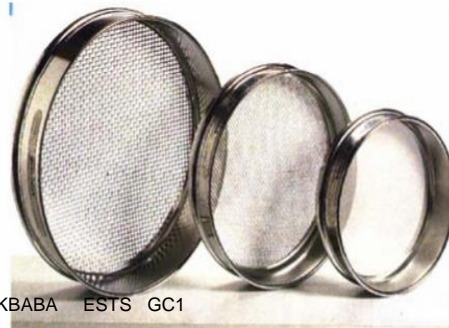
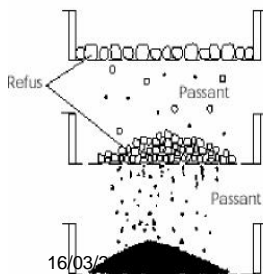
49

Granulométrie

tamisat (ou passant) la partie de matériau qui passe au travers du tamis

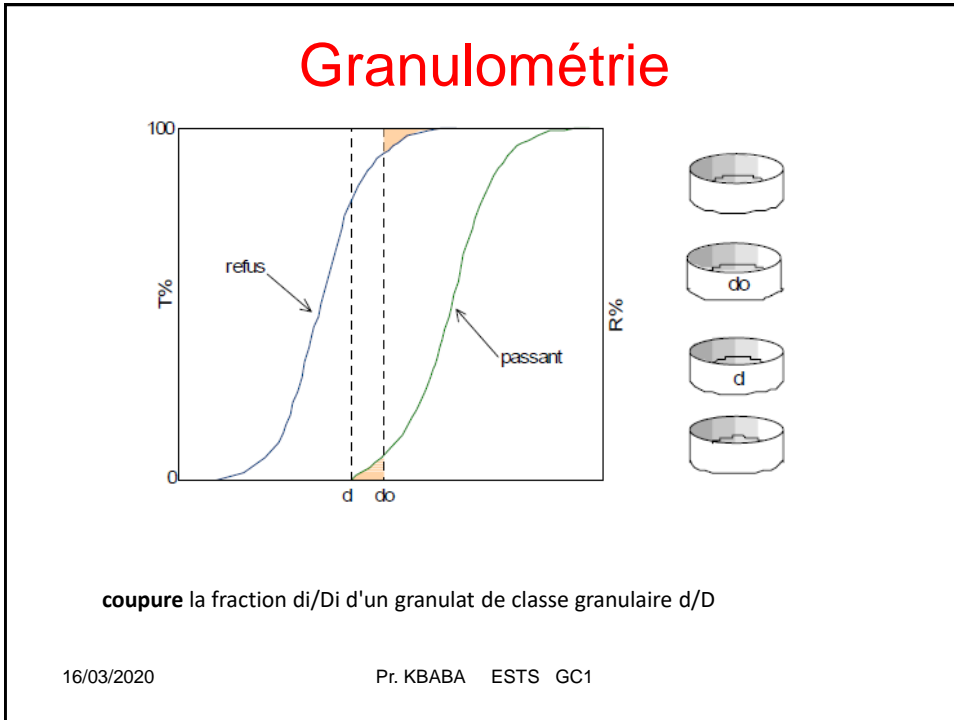
refus la partie de matériau qui y est retenue

5 mm
2,5 mm
1,25 mm
0,63 mm
0,315 mm
0,160 mm
0,080 mm
Fond étanche

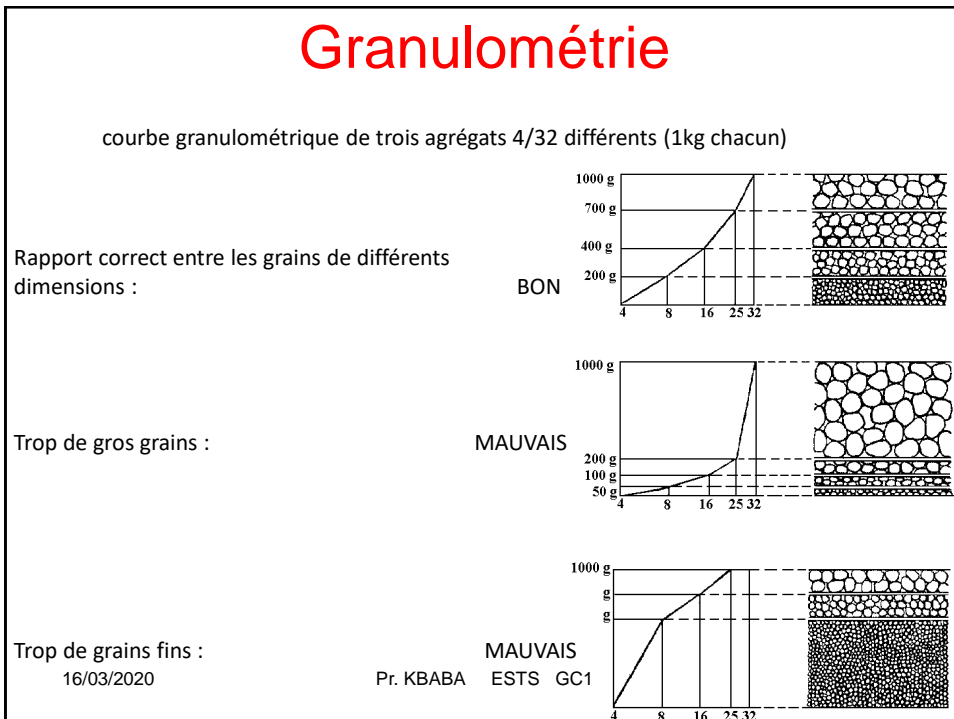


Pr. KBABA ESTS GC1

50



51



52

Courbe granulométrique

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)
5	39
2.5	215
1.25	650
0.63	1380
0.315	1800
0.160	1910
0.080	1980
fillers	1990

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

53

Courbe granulométrique

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)
5	39	1.95
2.5	215	10.75
1.25	650	32.50
0.63	1380	69
0.315	1800	90
0.160	1910	95.50
0.080	1980	99.25
fillers	1990	100

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

54

Courbe granulométrique

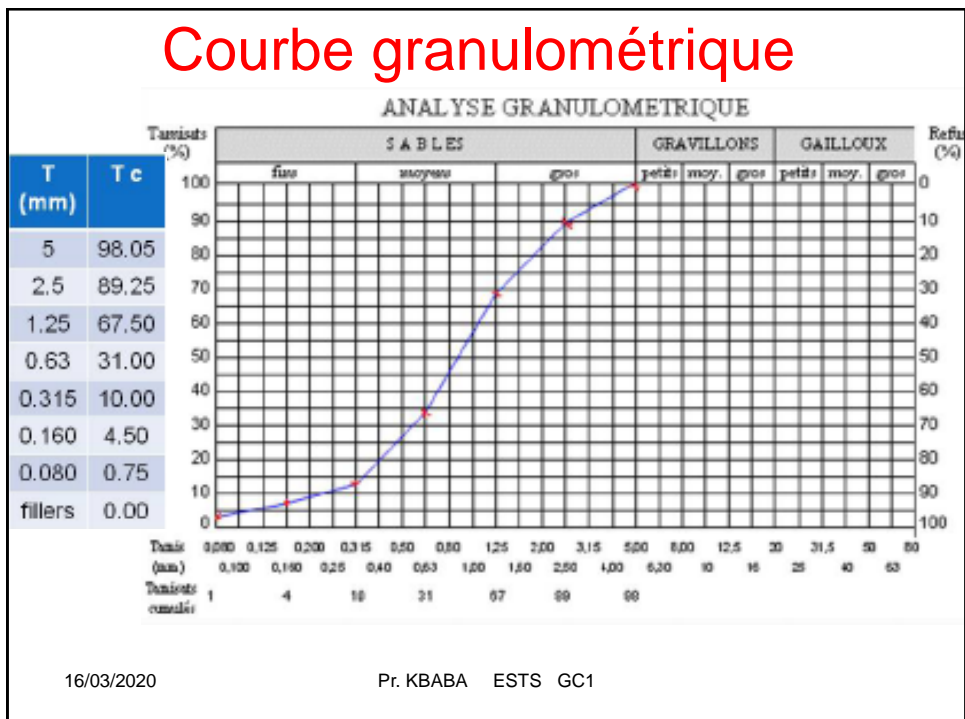
Tamis (mm)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	Tamisé cumulé
5	39	1.95	98.05
2.5	215	10.75	89.25
1.25	650	32.50	67.50
0.63	1380	69	31.00
0.315	1800	90	10.00
0.160	1910	95.50	4.50
0.080	1980	99.25	0.75
fillers	1990	100	0.00

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

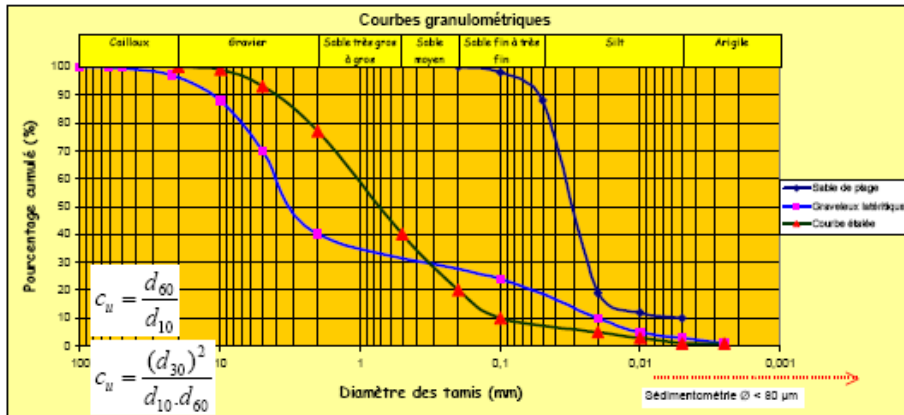
55

Courbe granulométrique



56

Courbe granulométrique



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

57

Courbe granulométrique

- Le diamètre efficace :

$$d_{10}$$

- Le coefficient de conformité (coefficient de Hazen):

$$C_u = d_{60} / d_{10}$$

- Le coefficient de courbure :

$$C_c = (d_{30})^2 / (d_{60} \cdot d_{10})$$

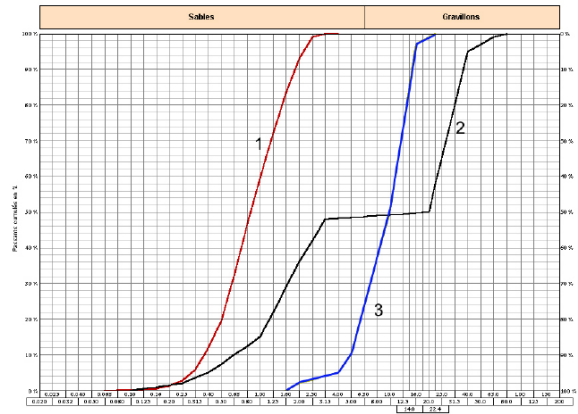
- $100M_f = \sum$ Refus cumulés en % des tamis 0,16 - 0,315 –
0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

58

Tracé de courbes granulométriques

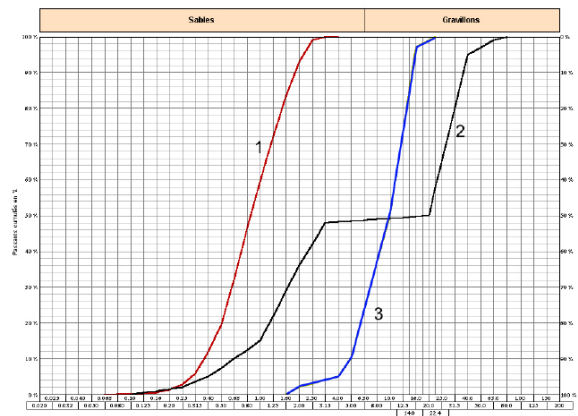


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

59

Tracé de courbes granulométriques



➤ Courbe n°1 : distribution dimensionnelle continue

granularité étalée $Cu > 2$

➤ Courbe n°2 : absence de grains de 3.15 à 25 mm

granularité discontinue,

➤ Courbe n°3 la majorité des grains sont compris entre 4 et 16 mm

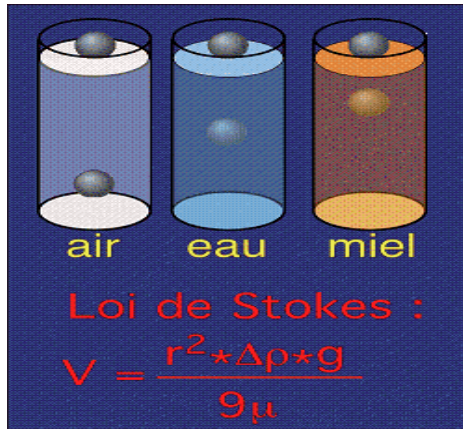
granularité serrée $Cu < 2$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

60

Granularite

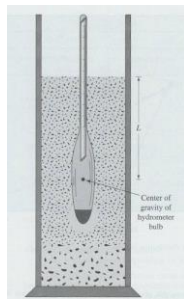


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

61

Sedimentometrie

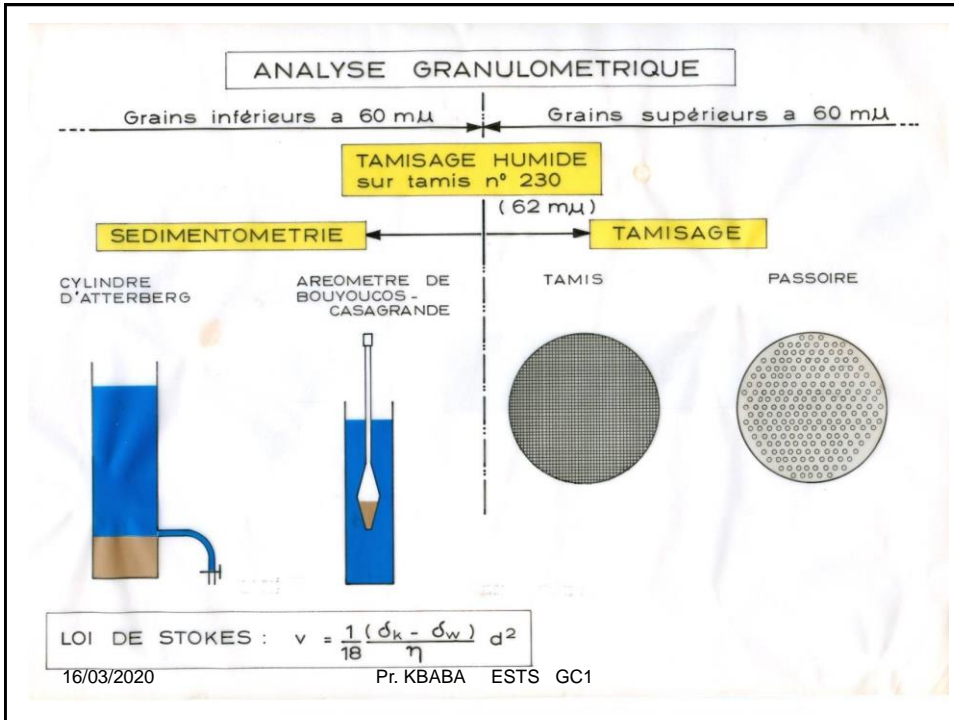


$$\left. \begin{aligned} r &= M/V = (M_w + M_y)/V \\ M_y &= \gamma \cdot P \\ M_w &= \gamma_w \cdot (V - \gamma \cdot P / \gamma_s) \end{aligned} \right\} \longleftrightarrow P/V + \gamma_w \cdot (1 - \gamma \cdot P / \gamma_s)$$

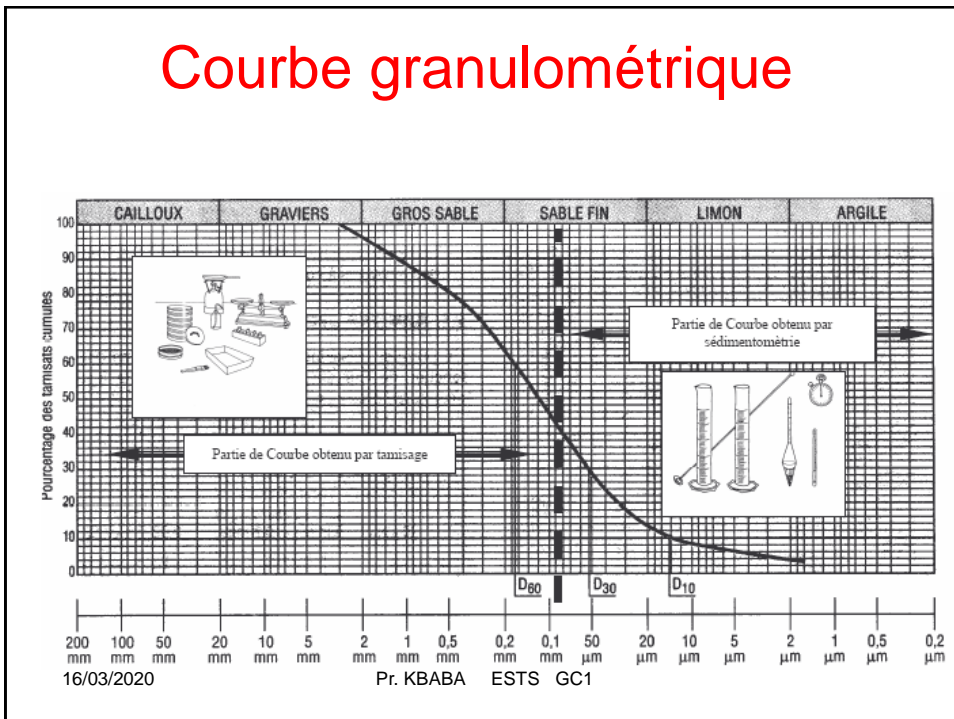
$$Y = 100 \cdot \rho_s / (\rho_s - \rho_w) \cdot \rho_w \cdot (r - 1) \cdot V / M$$

Les lectures sont faites au bord de la tige à 20, 1, 5, 10, 20, 30 et 80^{mn}, 2, 4 et 24^h.

62

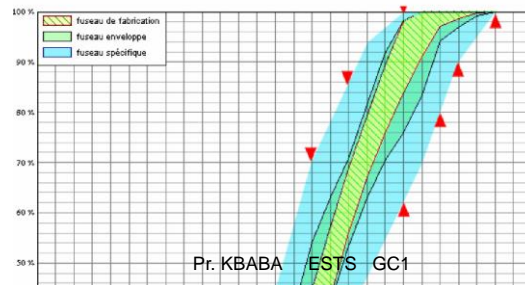
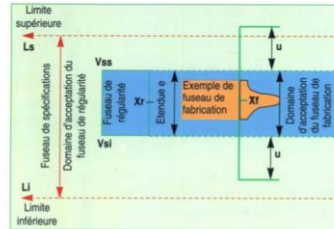


63



64

LES FUSEAUX

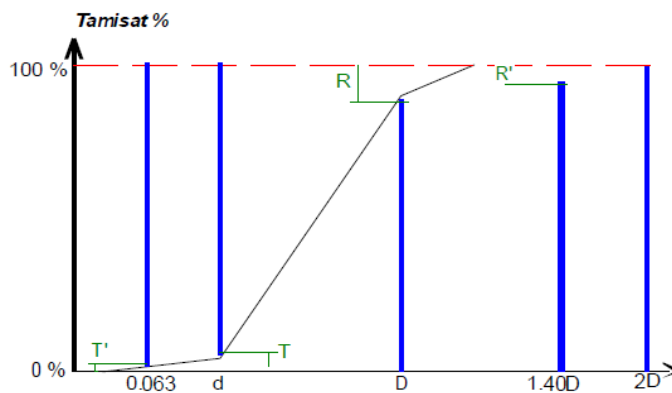


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

65

Appellation des granulats



Les critères d'appartenance à une famille de granulats bien qu'essentiellement basés sur la granularité font également intervenir :

- la destination des granulats (pour béton, pour chaussées, pour voies ferrées, ...),
- le respect de % de passant à certains tamis,
- le respect d'appartenance à une catégorie.

66

Appellation des granulats

Granulat	Dimensions	Pourcentage en masse du passant					Catégorie G ^{d)}
		2 D	1,4 D ^{a) b)}	D ^{c)}	d ^{b)}	d/2 ^{a) b)}	
Gravillons	D/d ≤ 2 ou D ≤ 11,2 mm	100	98 à 100	85 à 99	0 à 20	0 à 5	G _C 85/20
		100	98 à 100	80 à 99	0 à 20	0 à 5	G _C 80/20
	D/d > 2 et D > 11,2 mm	100	98 à 100	90 à 99	0 à 15	0 à 5	G _C 90/15
sable	D = 4 mm et d = 0	100	95 à 100	85 à 99	—	—	G _F 85
Granulat de classe naturelle 0/8	D ≤ 8 mm et d = 0	100	98 à 100	90 à 99	—	—	G _{NC} 90
Grave	D ≤ 45 mm et d = 0	100	98 à 100	90 à 99	—	—	G _A 90
		100	98 à 100	85 à 99	—	—	G _A 85

a) Lorsque la dimension calculée ne correspond pas à une dimension exacte de la série de tamis R 20 ISO 565:1990, il faut utiliser le tamis ayant la dimension la plus proche.

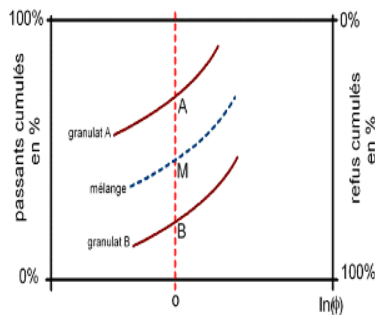
b) Des exigences supplémentaires peuvent être spécifiées pour les bétons à granularité discontinue et pour des emplois spécifiques.

c) Le pourcentage en masse du passant à D peut être supérieur à 99 %, mais, dans de tels cas, le fournisseur doit documenter et déclarer la granularité type aux tamis D, d, d/2, et aux tamis intermédiaires entre d et D de la série principale plus ceux de la série 1 ou bien de la série principale plus ceux de la série 2. Pour le choix des tamis intermédiaires, il convient de veiller à ce que le rapport de deux tamis consécutifs soit supérieur ou égal à 1,4.

16/03/2020 mes relatives à d'autres produits de KBABA fixés sur des spécifications différentes.

67

LES MELANGES GRANULAIRES



M est déterminé à partir des proportions suivantes

$$OM = (A\% \times OA + B\% \times OB) / 100$$

$$A\% = 100 \times BM / AB$$

$$B\% = 100 \times AM / AB$$

16/03/2020

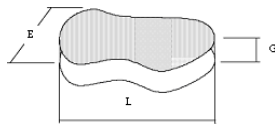
Pr. KBABA ESTS GC1

68

Coefficient d'aplatissement

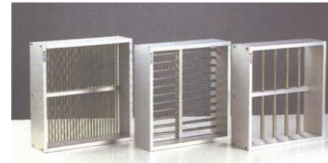
Pourcentage d'éléments d'un granulat tel que $G/E > 1.58$

- 20 à 40 % forme défavorable (plate ou allongée)
- 5 et 20 % forme favorable (sphérique, cubique, nodulaire)



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1



69

Equivalent de sable

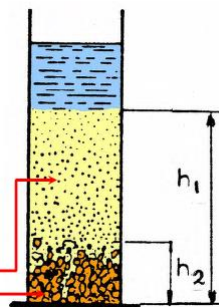
- essai simple et rapide
- appareillage élémentaire
- géotechnique routière

Principe

- fraction < 5mm
- lavage énergétique avec solution lavante
- repos de l'ensemble

Résultat

- floculat gonflé par la solution (particules fines)
- dépôt solide (sable) au fond de l'éprouvette



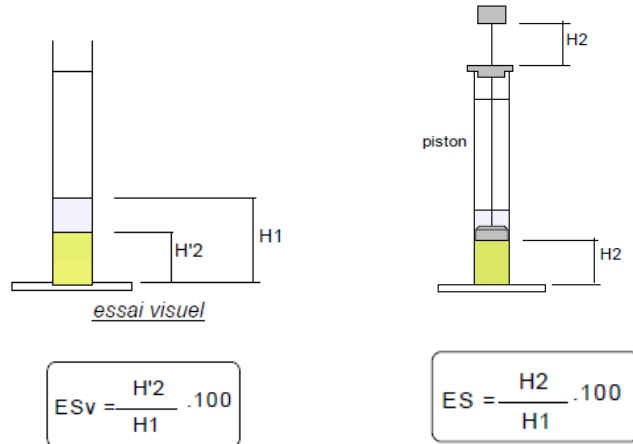
$$ES = \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times 100$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

70

Equivalent de sable



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

71

Equivalent de sable

ES = 100 le materiau est tres propre
 ES = 20 le materiau est tres argileux
 ES < 20 aucune signification

ES _v	ES _{piston}	Nature et qualité
ES _v < 65	ES < 60	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
65 ≤ ES _v < 75	60 ≤ ES < 70	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour des bétons de qualité courante
75 ≤ ES _v < 85	70 ≤ ES < 80	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de qualité.
ES _v ≥ 85	ES ≥ 80	Sable très propre : l'absence de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton.

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

72

MODULE DE FINESSE

Norme Française [NFP 18-540]

Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis de module } \{ 23, 26, 29, 32, 35, 38 \}$$

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis } \{ 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.50 - 5 \}$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

73

MODULE DE FINESSE

Norme Européenne [EN 12620]

Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0.125 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 mm.

$$FM = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis de module } \{ 22, 25, 28, 31, 34, 37 \}$$

$$FM = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis } \{ 0.125 - 0.25 - 0.50 - 1 - 2 - 4 \}$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

74

Indice de densité

État de densité dans lequel se trouve un sol pulvérulent

↘ effet important sur le comportement mécanique

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

e_{\max} et e_{\min}
indices des vides max et min sur le matériau

Sol lâche $e \approx e_{\max} \rightarrow I_D \approx 0$

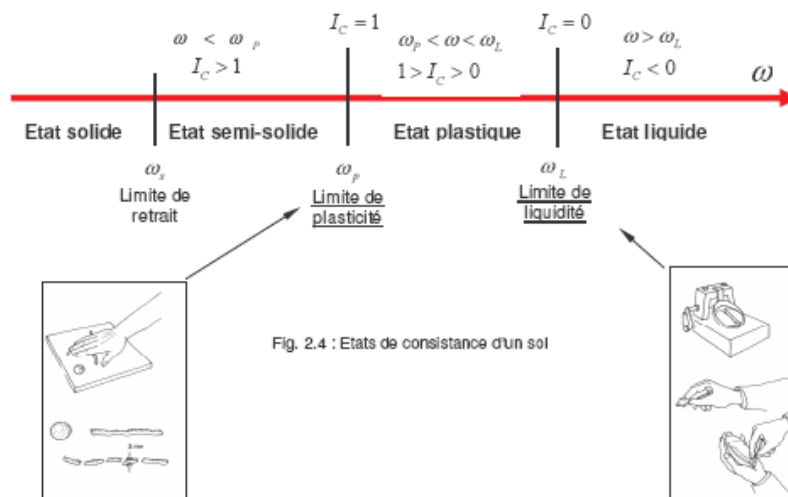
Sol serré $e \approx e_{\min} \rightarrow I_D \approx 1$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

75

Les limites d'Atterberg

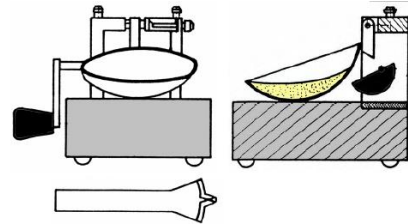


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

76

Limite de liquidité

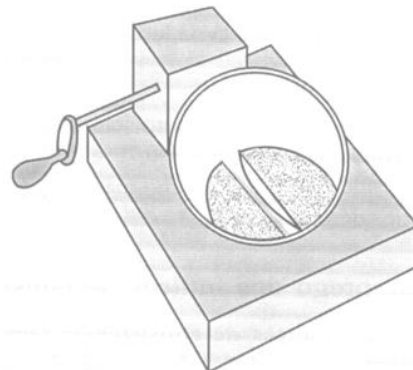


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

77

Limite de liquidité



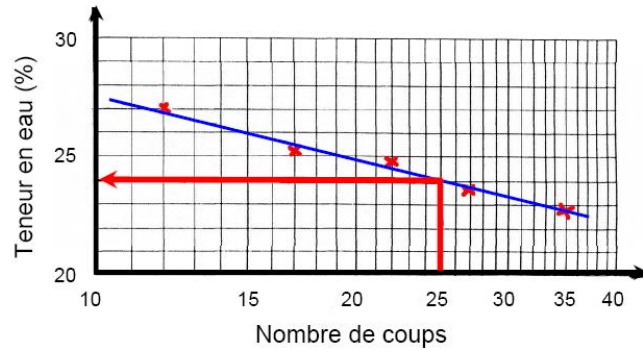
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

78

Limite de liquidité

En pratique



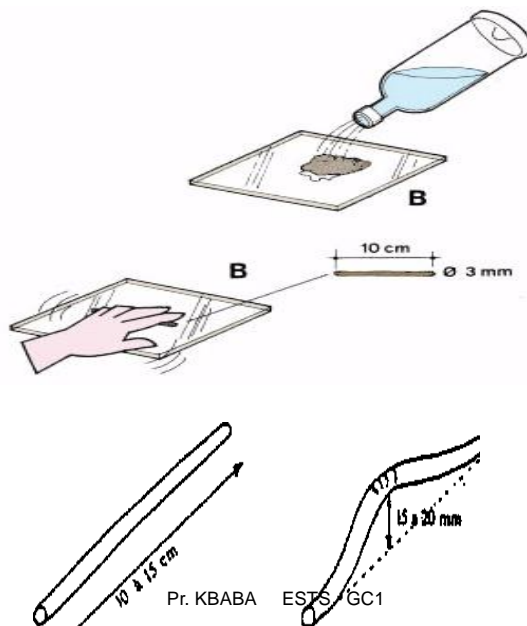
$$w_L = w \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

81

Limite de plasticité



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

82

Limite de plasticité

Teneur en eau correspondant à une limite arbitraire entre les états plastique et semi-solide de la consistance d'un sol.

→ cylindre de 3mm de diamètre se brisant en tronçons de 10 à 20mm



83

Indice de plasticité

$$I_p = w_L - w_p \quad \text{étendue du domaine de plasticité}$$

- *domaine de travail du sol*

- *le plus grand possible*

Habituellement

$$w_p < \text{teneur en eau des sols en place} < w_L$$

Nature	w_L (%)	w_p (%)	I_p (%)
Limon	24	17	7
Argile limoneuse peu plastique	40	24	16
Argile plastique	114	29	85
Argile de Mexico	500	125	375
Bentonite	710	54	656



84

Activité

$$A_c = \frac{I_p}{\text{teneur en argile}}$$

↙ $\frac{\text{poids} < 2 \mu\text{m}}{\text{poids total sec} (< 0,4 \text{ mm})}$

Nature	Activité	
Kaolinite	0,38	(inactive)
Illite	0,9	(normale)
Montmorillonite	7,2	(active)

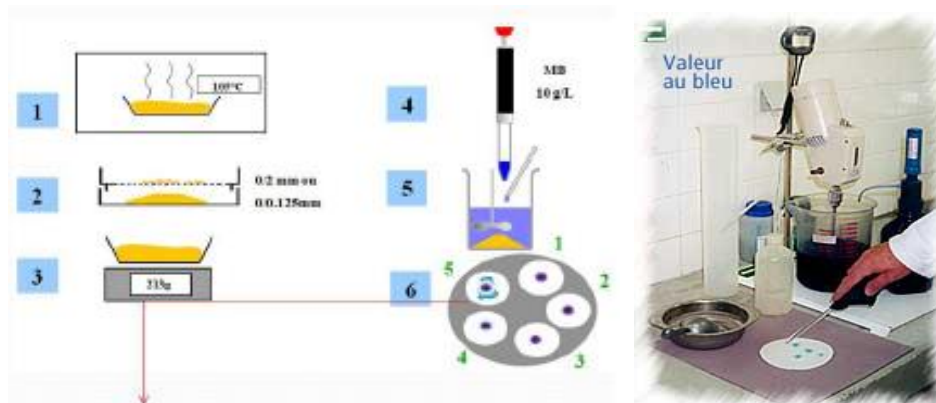
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

85

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE : VBS

VBS : quantité de bleu de méthène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules argileuses contenues dans la fraction du sol

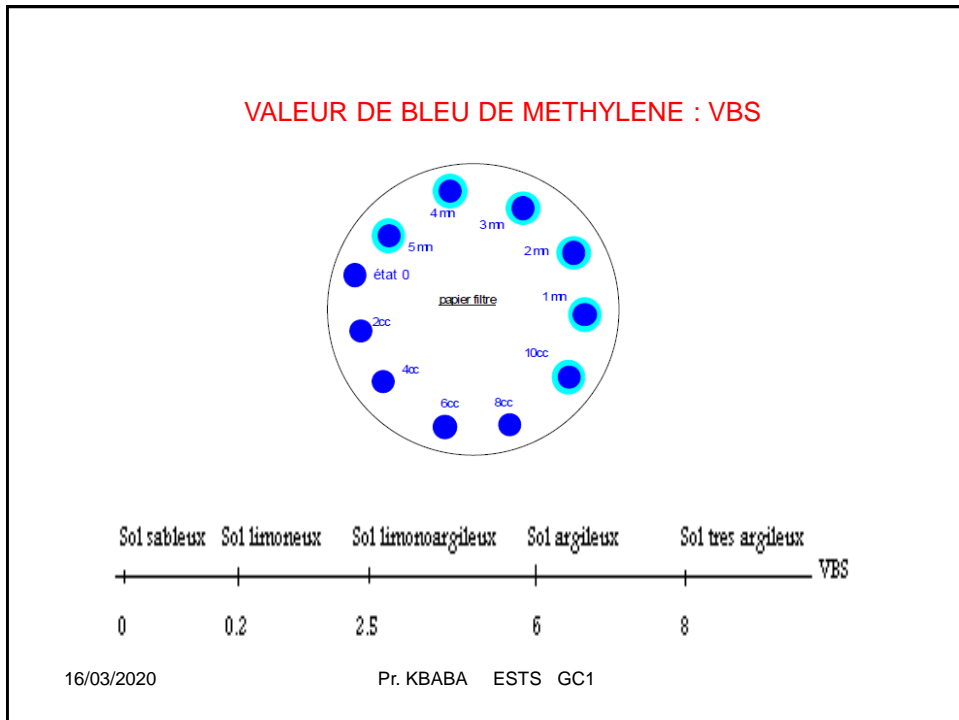


L'excès de bleu de méthylène se traduit par la formation d'une auréole bleu clair persistante autour du dépôt central.

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1


86



87

Résistance à l'usure et au choc

Ce sont des essais importants pour les granulats routiers. En effet, le passage répété de véhicules conduit à émousser, à polir progressivement les granulats et ainsi à diminuer l'adhérence des pneumatiques sur la chaussée.



Los Angeles
LA



Micro Deval en présence d'eau
MDE



Coefficient de polissage
accéléré CPA

16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1

88

Résistance à l'usure et au choc

Essai Los Angeles NFP 18-573



Cet essai a pour but de mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6^{mm} produite par fragmentation, en soumettant le matériau à des chocs de boulets à l'intérieur d'un cylindre en rotation.



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

89

Résistance à l'usure et au choc

Essai Micro Deval NFP 18-572



Cet essai permet de mesurer la résistance à l'usure par frottements entre les granulats (l'attrition) et une charge abrasive. Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite dans un broyeur, dans des conditions bien définies, à sec ou en présence d'eau.



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1



90

Résistance à l'usure et au choc

Friabilité des sables NFP 18-576

L'essai consiste à mesurer l'évolution granulométrique d'une fraction de 500 g sable (coupure 0.2/2 ou 0.2/4 mm) produite par fragmentation dans un cylindre en rotation (micro-Deval à 100 tr/min pendant 15 min) à l'aide d'une charge (2500 g ± 4) et en présence d'eau (2.5 L).

L'évolution granulométrique est caractérisée par la quantité d'éléments inférieurs à 0.1 mm produits au cours de l'essai. Si M est la masse de matériau soumis à essai et m la masse d'élément inférieurs à 0.1 mm, on a :

$$F_s = \frac{m}{M} \cdot 100$$

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

91

Autres essais

Analyse minéralogique
Diffraction des rayons X

↳ *composition minéralogique*



Teneur en matière organique

↳ *rétenion d'eau, compressibilité*

Teneur en carbonate de calcium

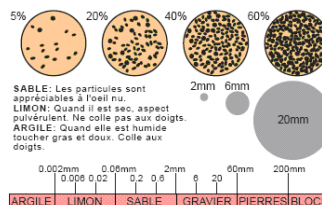
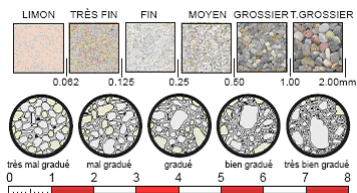
Teneur en CaCO ₃ (%)	Désignation géotechnique
0 - 10	Argile } Sols Argile marnreuse } Marne }
10 - 30	
30 - 70	
70 - 90	Calcaire marnreux } Roches Calcaire }
90 - 100	

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

92

Comparaison des sols



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

93

Exercice n°1 :

On procède au tamisage à sec d'un échantillon de sable préalablement séché. On constate d'abord que le tamis de 12.5 mm ne retient aucune fraction de matériau. On utilise alors une colonne de 6 tamis dont l'ouverture intérieure des mailles est respectivement de haut en bas :

5; 2; 1; 0.5; 0.2; 0.1 mm.

Les refus sur chacun des tamis sont les suivants (de haut en bas):

217 g 868 g 1095 g 809 g 444 g 39 g.

Le tamisât du dernier tamis recueilli sur le fond est de 28 g.

On demande de construire la courbe granulométrique et de déterminer le diamètre efficace ainsi que le coefficient d'uniformité.

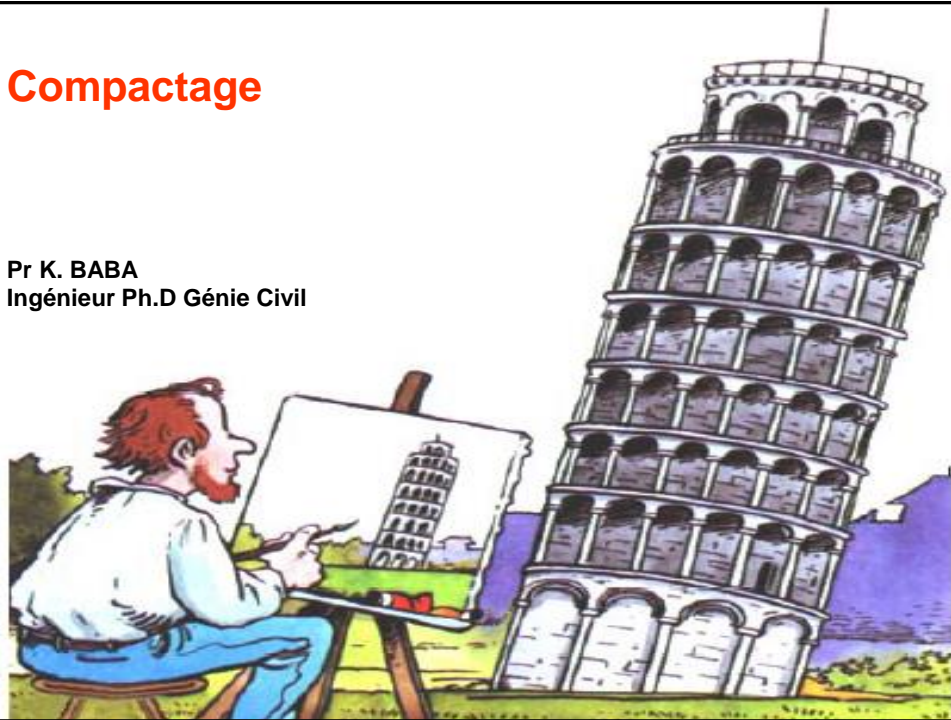
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

94

Compactage

Pr K. BABA
Ingénieur Ph.D Génie Civil



95

Compactage



- Amélioration des caractéristiques mécanique des sols
- Diminution des risques de rupture, de fatigue ou de déformations excessives

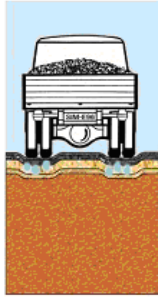
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

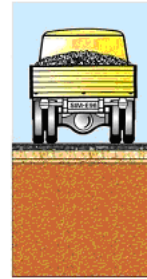
96

Structures routières

Compactage médiocre



Compactage de qualité



**Portance accrue.
Durabilité accrue**

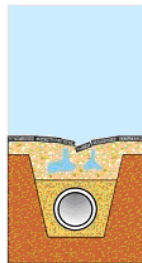
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

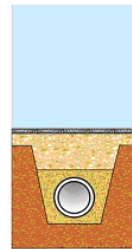
97

Remblais pour pose de conduite

Compactage médiocre



Compactage de qualité



**Excellente
résistance à la
déformation.
Meilleure
résistance au gel.**

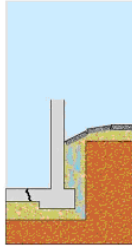
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

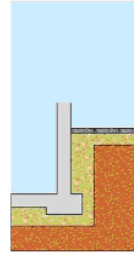
98

Talus

Compactage médiocre



Compactage de qualité



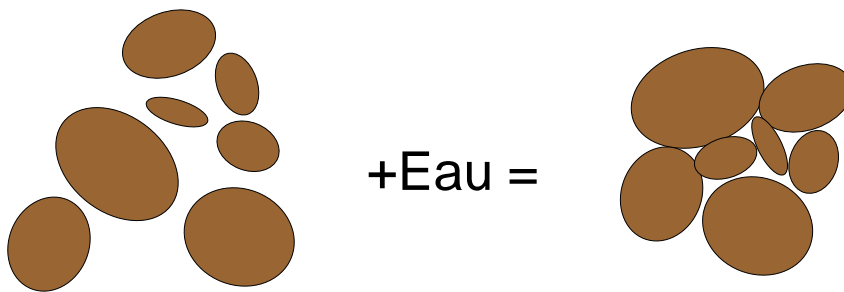
Stabilité accrue.
Perméabilité réduite.

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

99

Qu'est ce que le compactage



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

100

Principe

Le compactage est fonction de quatre variables (R.R. Proctor années 30) :

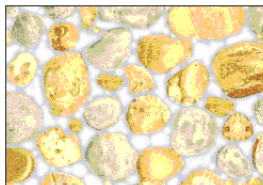
- ↗ la masse volumique du sol sec,
- ↗ la teneur en eau,
- ↗ l'énergie de compactage,
- ↗ le type du sol (étalement granulométrique, présence de minéraux argileux).

16/03/2020

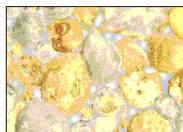
Pr. KBABA ESTS GC1

101

Granuleux

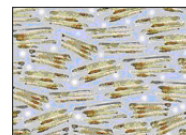
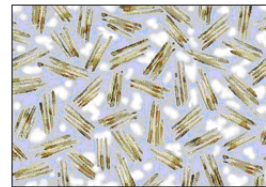


avant compactage



après compactage

Cohérent

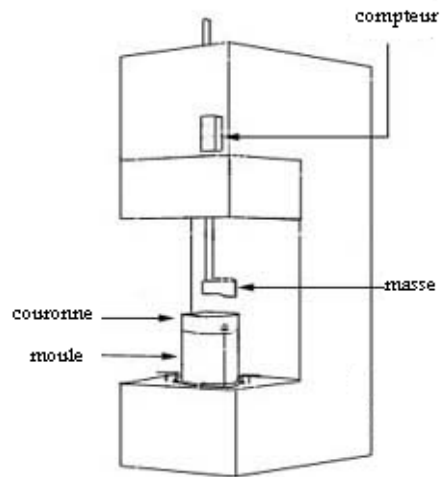


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

102

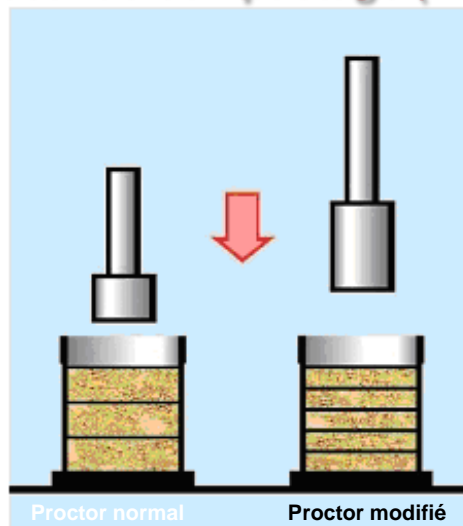
L'essai de compactage (Proctor)



L'essai permet, lors de la préparation d'un projet de remblai, de savoir si le sol se trouve naturellement à une teneur en eau proche de celle de l'optimum.

103

L'essai de compactage (Proctor)

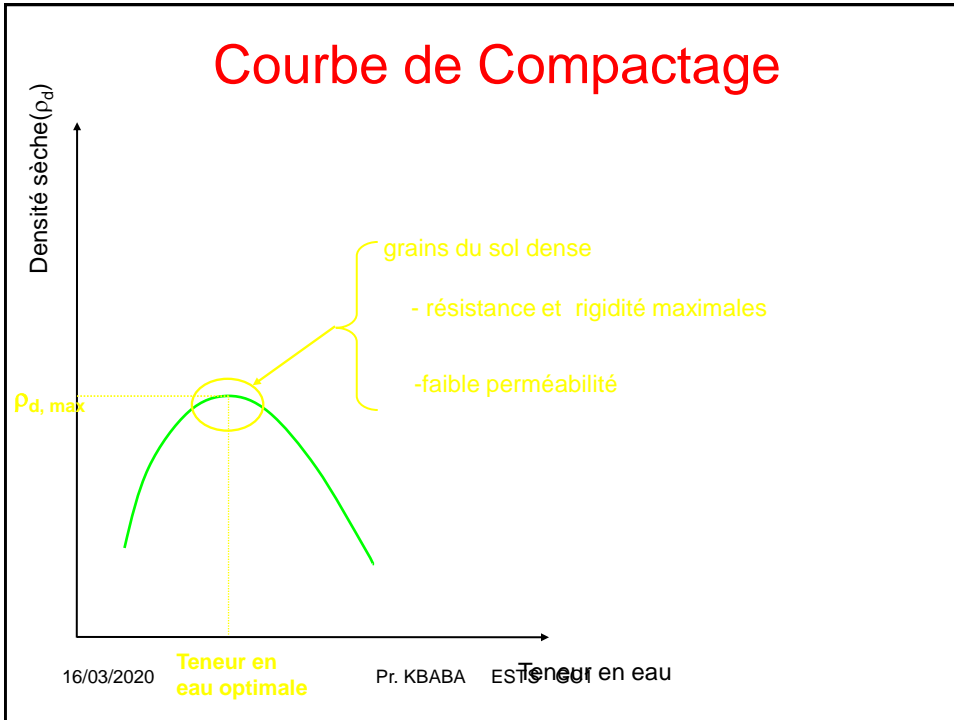


Masse tombante de 2,5^{kg}
Hauteur de chute de 300^{mm}
25/55 coups par couche

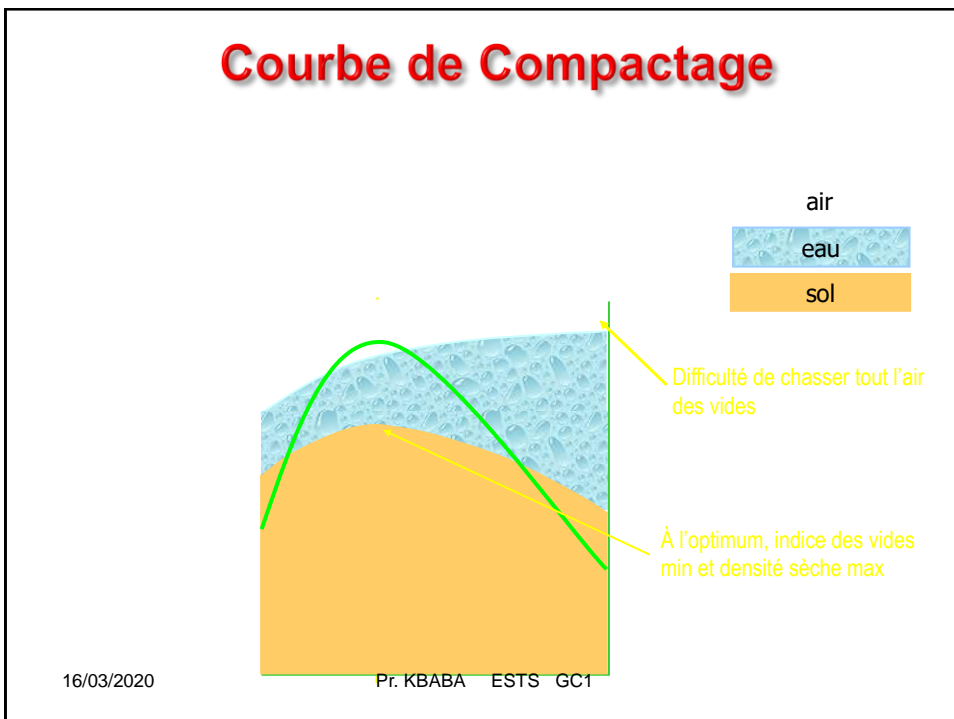
Masse tombante de 4,5^{kg}
Hauteur de chute de 450^{mm}
25/55 coups par couche

16/03/2020

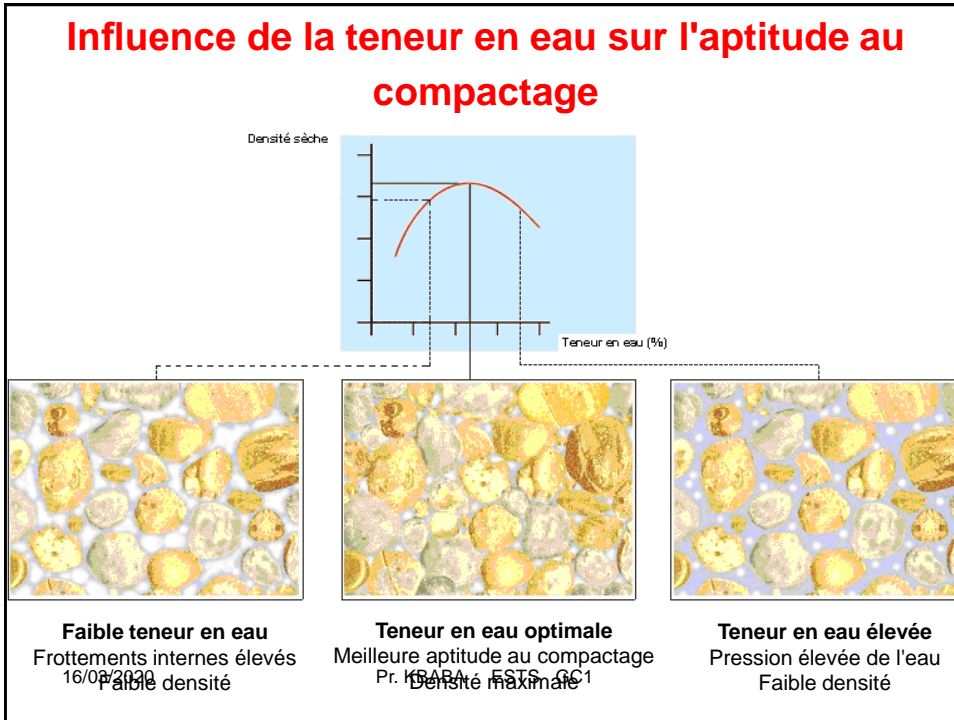
104



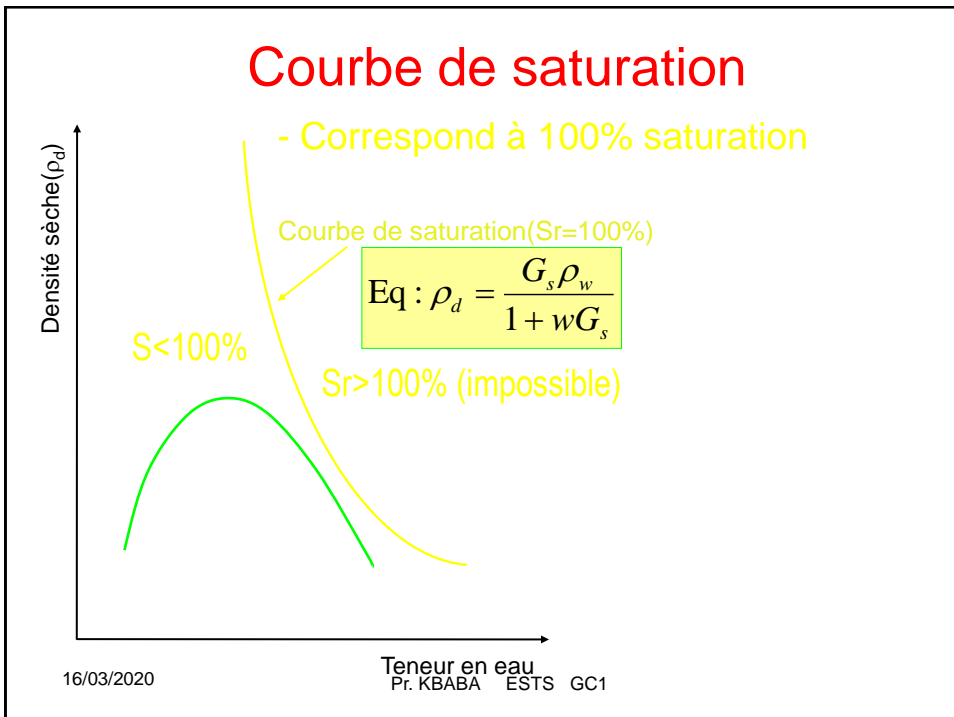
105



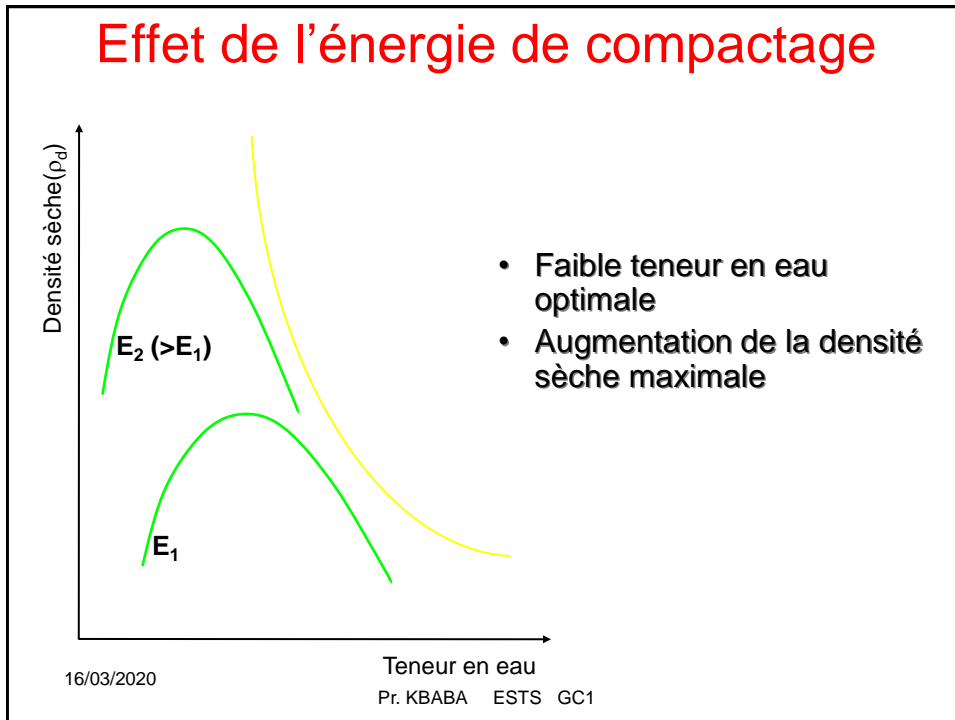
106



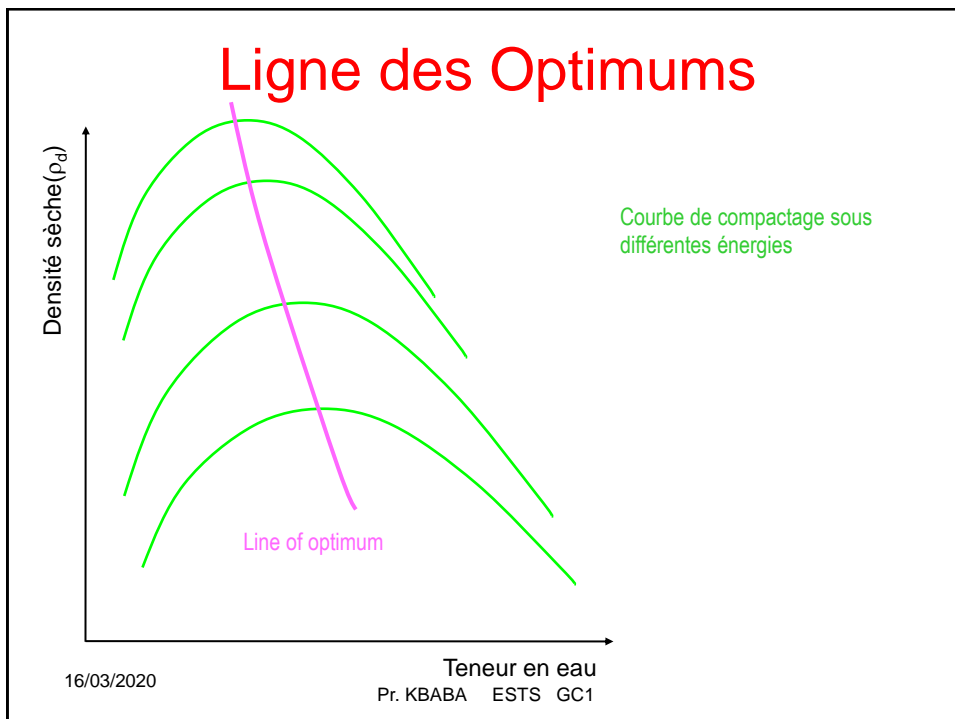
107



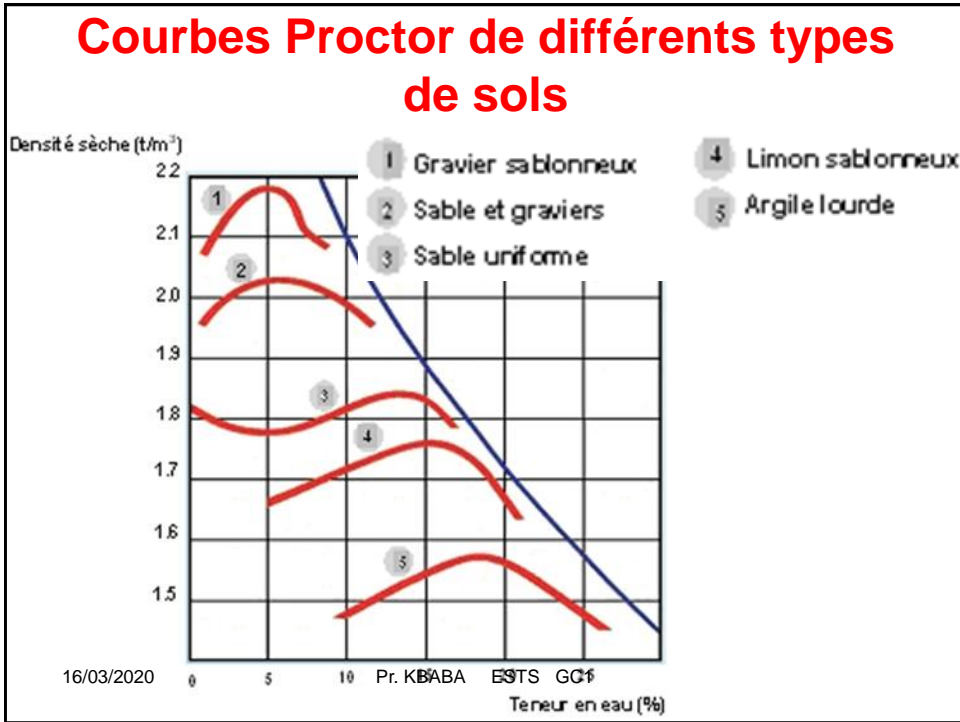
108



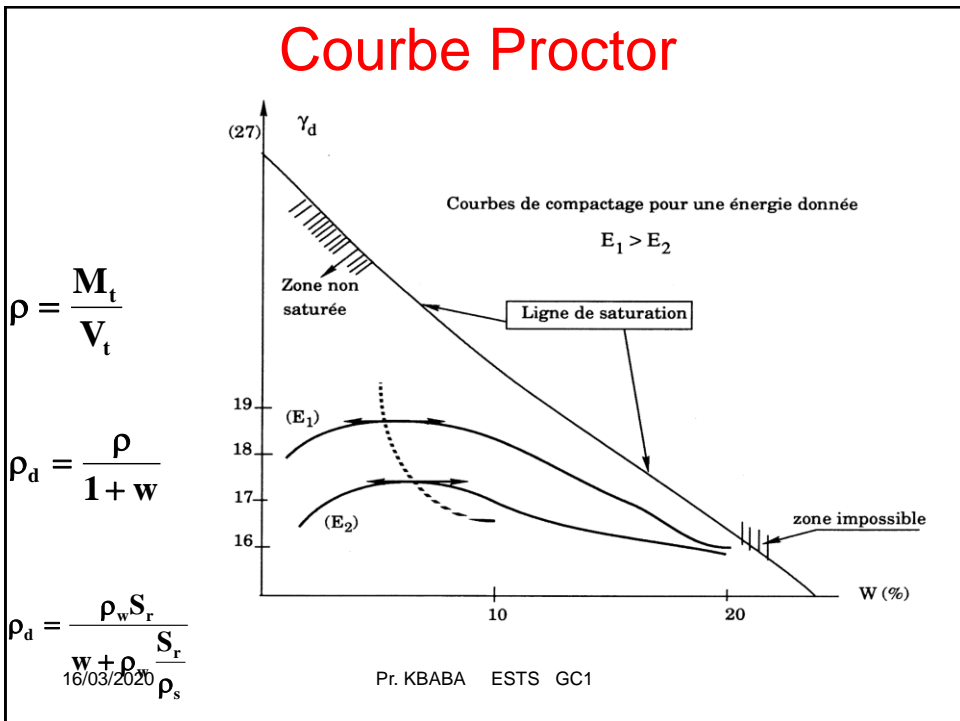
109



110



111



112

Au stade du chantier:

l'essai Proctor sert de base au contrôle de compactage pour savoir si un engin de compactage est susceptible de convenir, et pour déterminer le nombre de passages permettant un compactage efficace

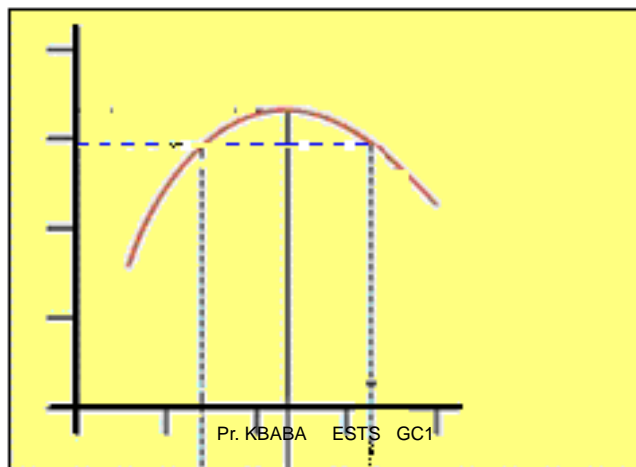
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

113

compacité relative

$$\text{C.R.} = \frac{\rho_{\text{d site}}}{\rho_{\text{d max}}} 100(\%)$$



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

114

Contrôles destructifs

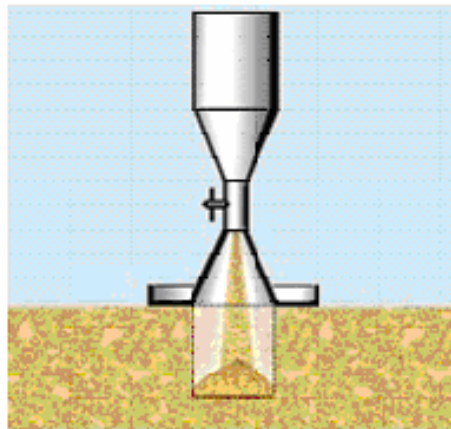
- Creuser
- Prélever une partie du matériau du remblai
- Mesurer le volume du matériau excavé

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

115

le cône de sable

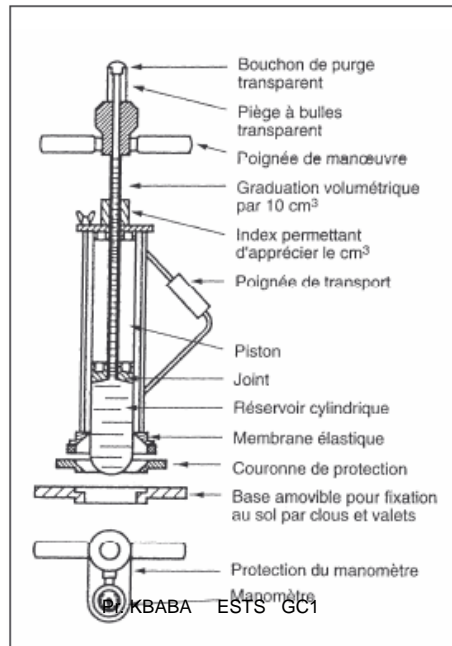


16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

116

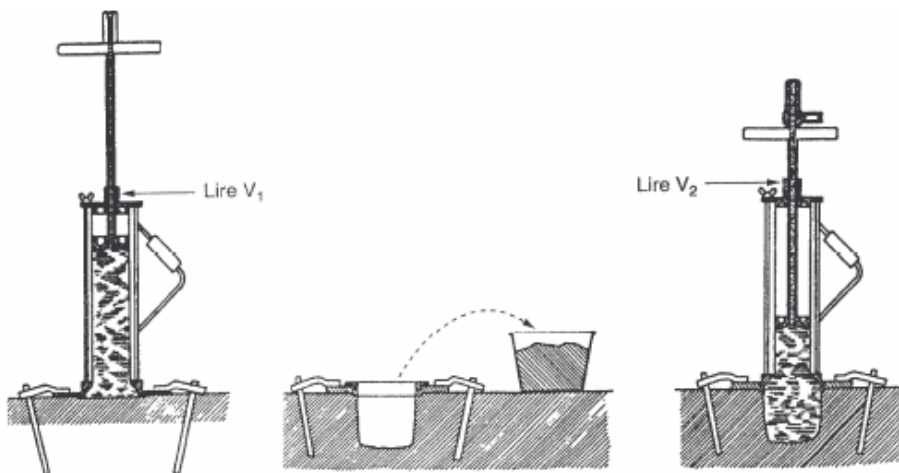
Densitomètre à membrane



16/03/2020

117

Densitomètre à membrane



$$V = V_2 - V_1$$

118

Fréquence et localisation des essais Travaux routiers

↗ Terrain naturel ou en couche de forme:

2 à 3 essais tous les 5000 m²
(à gauche, dans l'axe et à droite du profil)

↗ Couches de fondation et couche de base:

2 à 3 essais tous les 2500 m²
(à gauche, dans l'axe et à droite du profil)

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

119

Fréquence et localisation des essais Digues

1 essai tous les 150 m³
(environ tous les 40/60 cm de recharge)

Bâtiments industriels

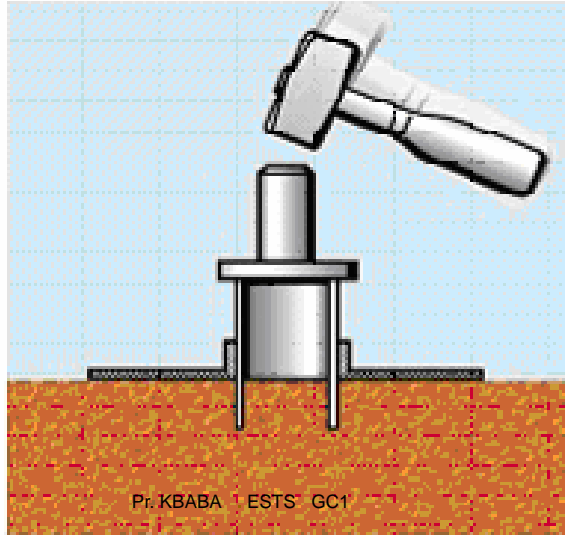
Un essai tous les 800 m²

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

120

le carottage



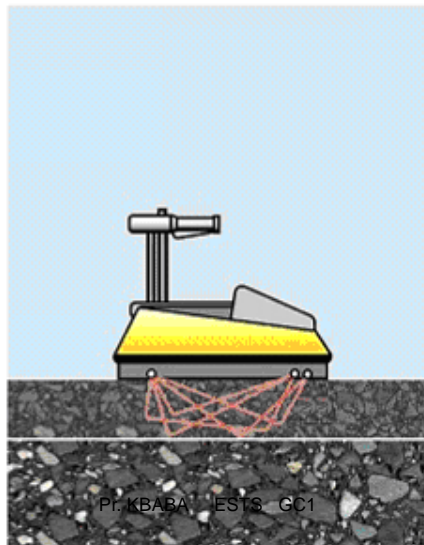
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

121

Contrôles non destructifs

Sondage nucléaire par émission de rayons gamma



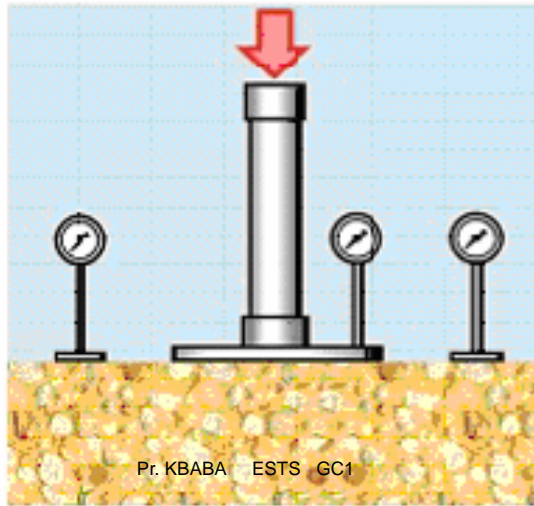
16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

122

Contrôles non destructifs

l'essai de plaque



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

123

Essai CBR

mesure de la compacité mais de façon statique



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

124

Détermination d'un indice CBR

L' indice CBR (I.CBR) exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part.



16/03/2020

Pr. KBABA ESTS_GCI

125

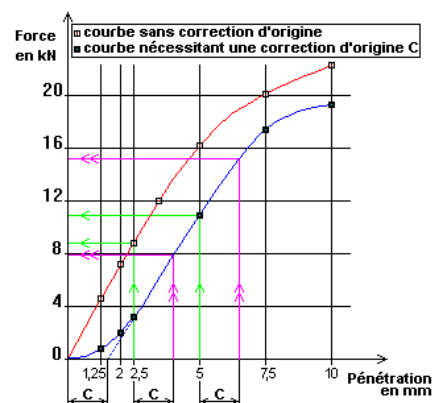
Détermination d'un indice CBR

Par définition cet indice est pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes :

$$-I.CBR_{25} = 100 \cdot F_{25}/13,35$$

$$-I.CBR_{50} = 100 \cdot F_{50}/20$$

$$I.CBR = \max (I.CBR_{25} ; I.CBR_{50})$$



Où

F_{25} : Force (en KN) à 2,5 mm d'enfoncement

F_{50} : Force (en KN) à 50 mm d'enfoncement

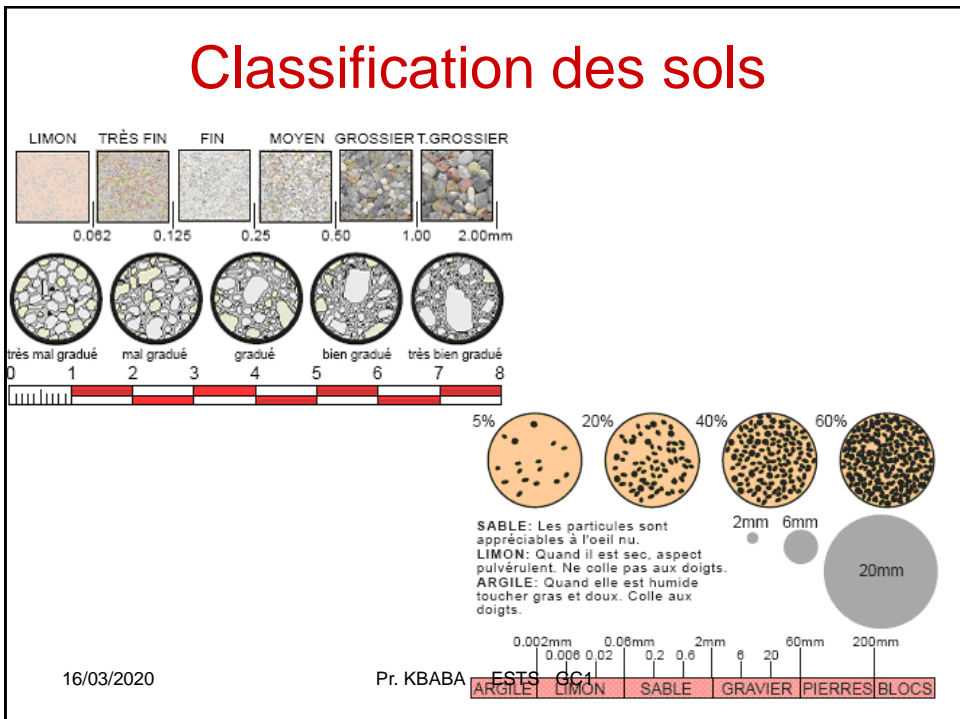
13,35 : Force (en KN) à 2,5 mm d'enfoncement pour le matériau type

20 : Force (en KN) à 5 mm d'enfoncement pour le matériau type

126



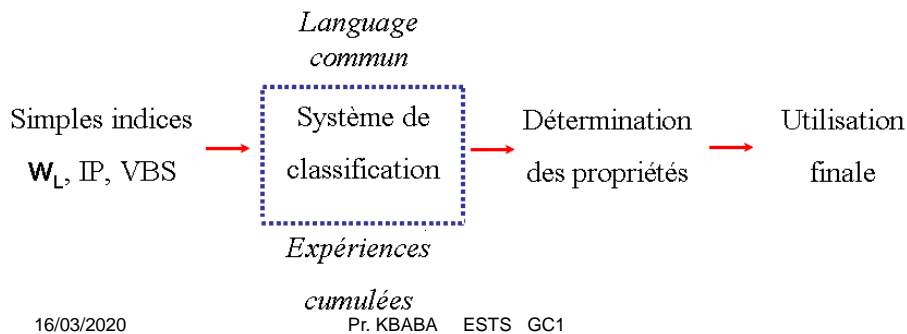
127



128

Objectif

Classifier les sols dans différents groupes ayant les mêmes caractéristiques physiques et mécaniques, afin de guider le géotechnicien quant au choix de l'utilisation future de ces sols



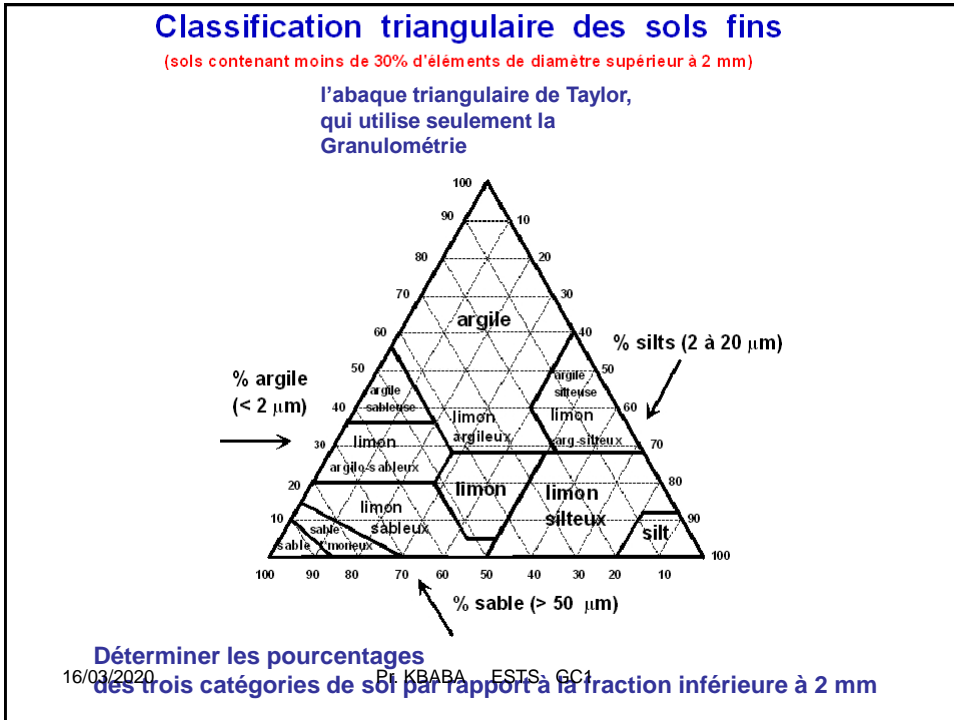
129

Systèmes de classification

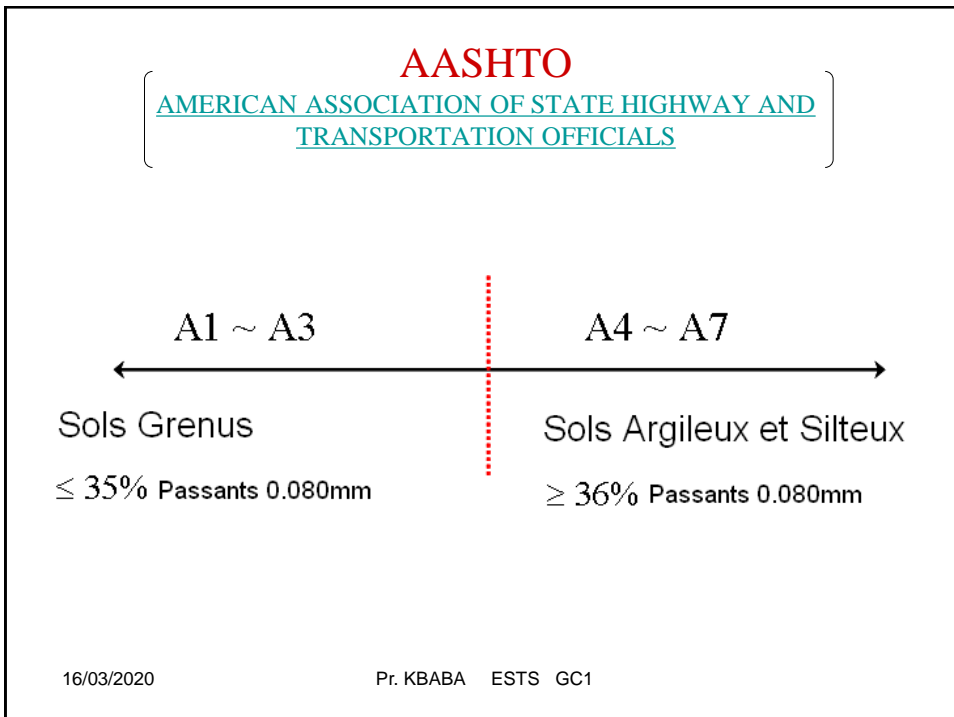
Les classifications les plus utilisées sont :

- Système de classification A.A.S.H.T.O.,
- la classification L.P.C.,
- la classification R.T.R.,
- la classification G.T.R..

130



131



132

AASHTO Sols Grenus	A-1		
	A-1-a	A-1-b	A-3
Group classification			
Analyse Granulométrique (% des passants)			
2 mm	50 max.		
0.425 mm	30 max.	50 max.	51 min.
0.075 mm	15 max.	25 max.	10 max.
Caractéristiques des passants au 0.425 mm			
Limite de liquidité			
Indice de plasticité		6 max.	NP
Types courants des matériaux de base	Fragments de pierres, gravier et sables		Sable fin
16/03/2020	Pr. KBABA	ESTS GC1	

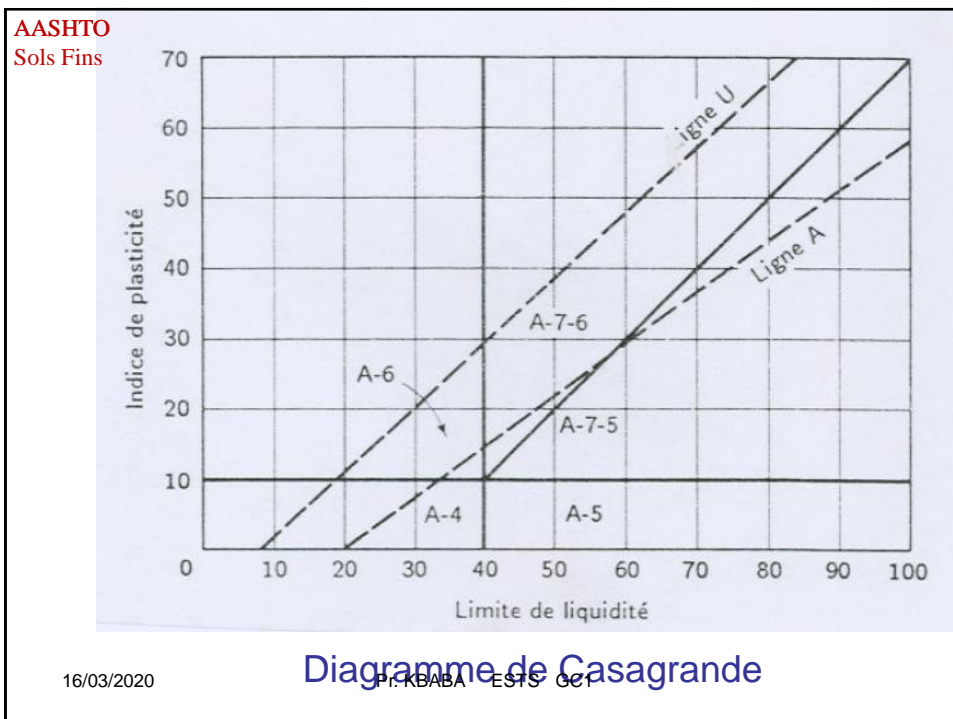
133

AASHTO Sols Grenus	A-2			
	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Group classification				
Analyse Granulométrique (% des passants)				
2 mm				
0.425 mm				
0.075 mm	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Caractéristiques des passants au 0.425 mm				
Limite de liquidité				
Indice de plasticité	40 max.	41 min	40 max.	41 min
	10 max.	10 max.	11 min	11 min
Types courants des matériaux de base	Sable et gravier silteux et argileux			
16/03/2020	Pr. KBABA	ESTS GC1	Excellent à bon	
évaluation du matériau comme sous couche				

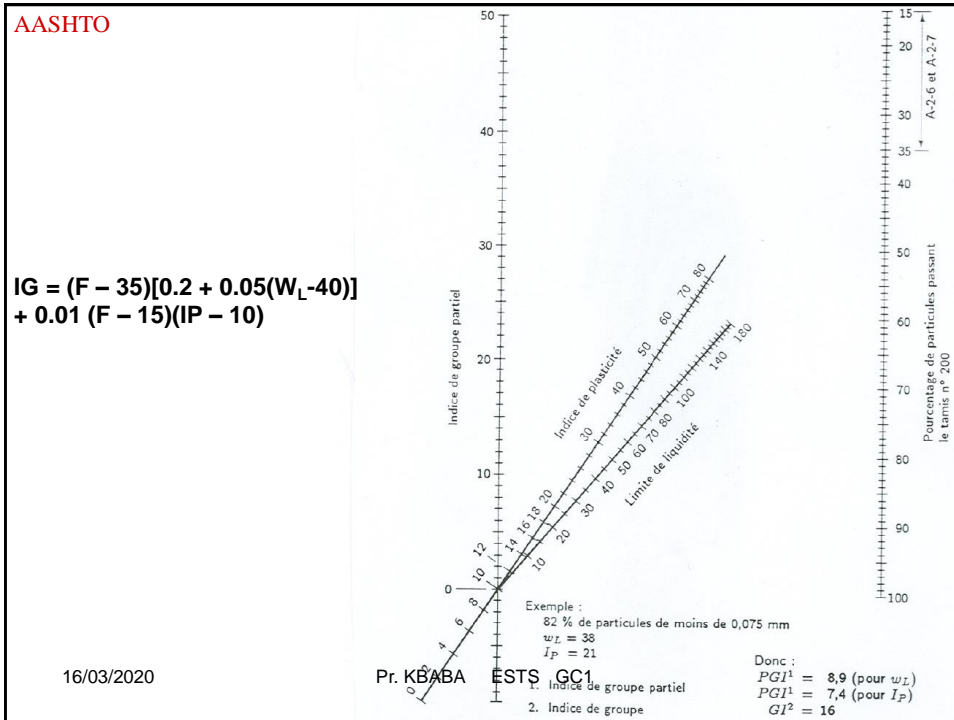
134

AASHTO Sols Fins				
Group classification	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Analyse Granulométrique (% des passants)				
2 mm				
0.425 mm				
0.075 mm	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Caractéristiques des passants au 0.425 mm				
Limite de liquidité	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticité	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Types courants des matériaux de base				
	Sol silteux		Sol argileux	
Evaluation du matériau comme sous couche				
	Passable à pauvre			
A-7-5, $PI \leq LL - 30$ A-7-6, $PI > LL - 30$				
16/03/2020 Pr. KBABA ESTS GC1				

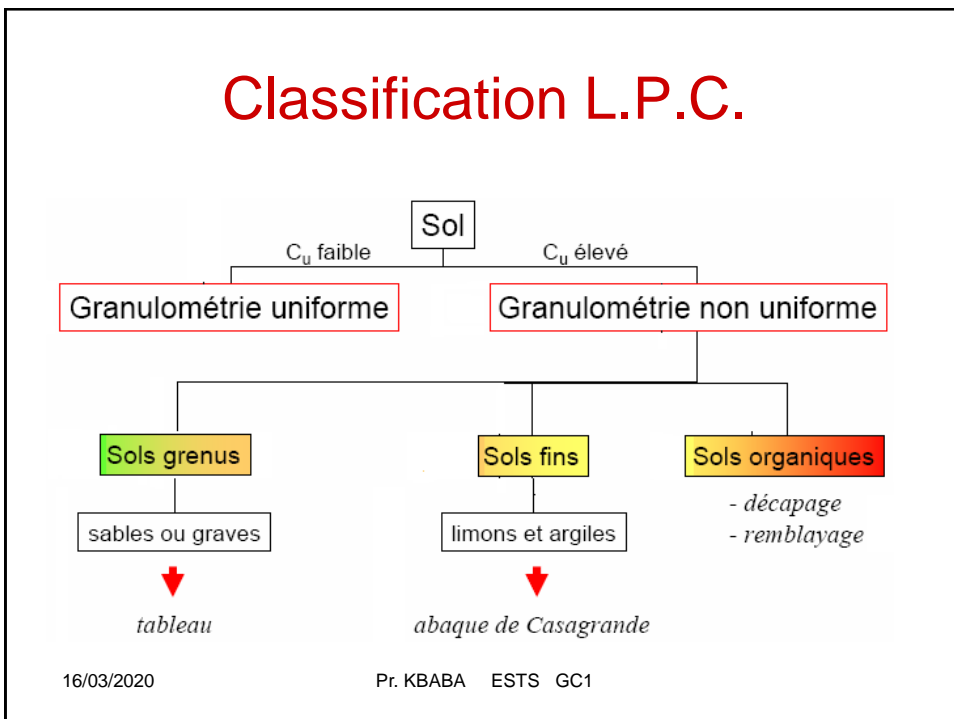
135



136

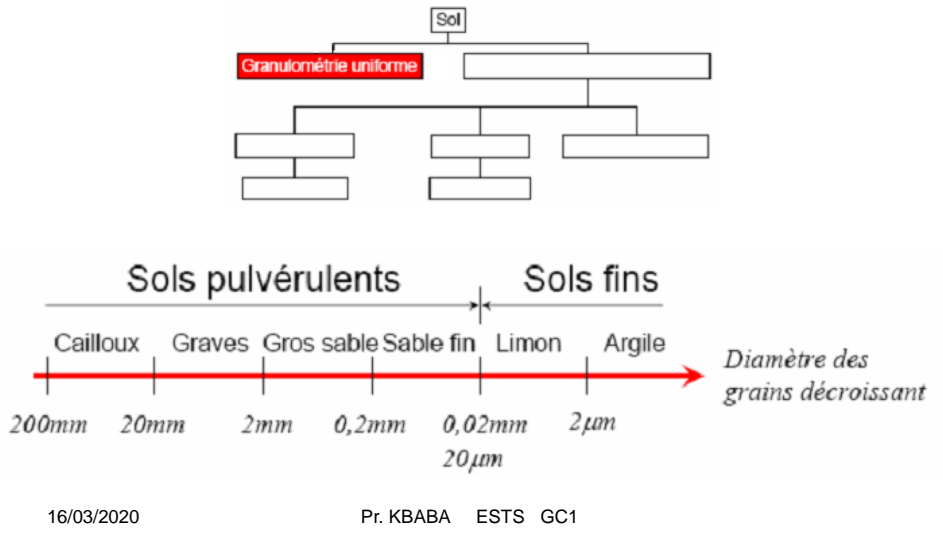


137



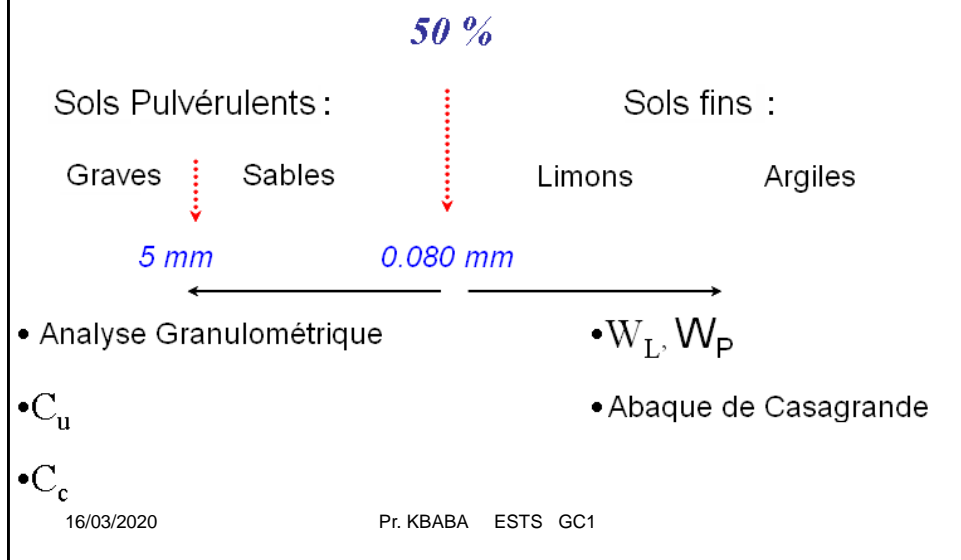
138

Classification reposant sur le diamètre moyen des grains



139

Granulométrie non uniforme



140

L.P.C.
Sol Grenu

CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS
Plus de 50% des éléments > 0,08 mm

Définitions		Symboles	Conditions	Appellations	
GRAVES	Plus de 50 % des éléments \wedge 0,08 mm ont un diamètre \wedge 2 mm	Moins de 5 % des éléments sont < 0,08 mm	Gb	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(d_{60})^2}{d_{10} \times d_{60}} < 3$	Grave propre bien graduée
			(GW)		Une des conditions de Gb non satisfaite
	Plus de 12 % des éléments sont < 0,08 mm	Gm (GP)	Limites d'Atterberg au-dessous de A (*)	Grave limoneuse	
		GL (GM)		Limites d'Atterberg au-dessus de A (*)	Grave argileuse
16/03/2020		Pr. KBABA ESTS GC1			

141

L.P.C.
Sol Grenu

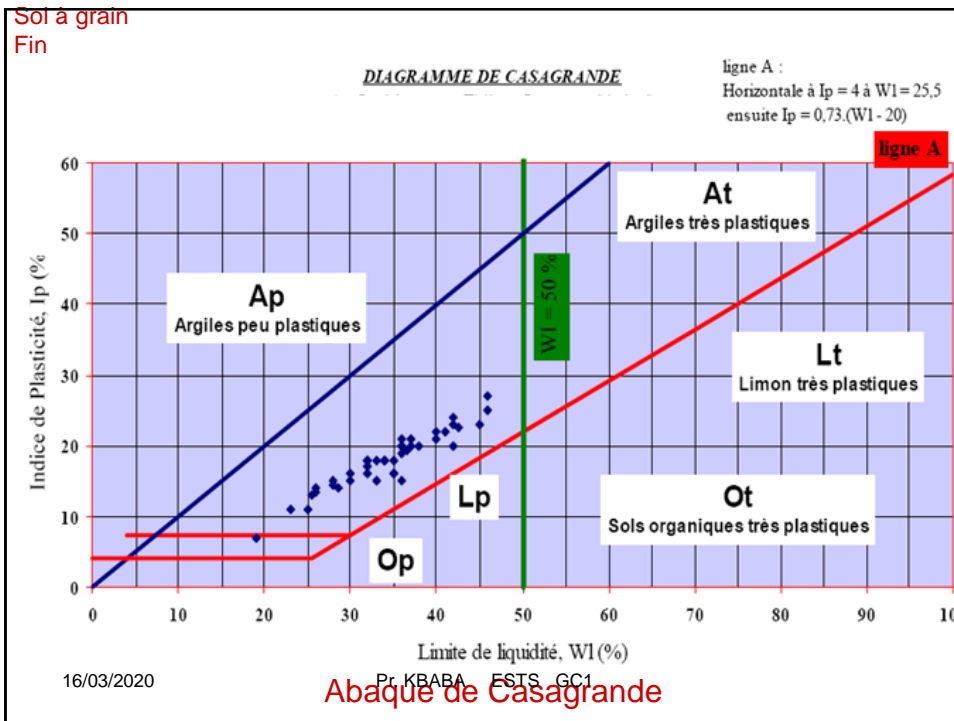
CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS
Plus de 50% des éléments > 0,08 mm

Définitions		Symboles	Conditions	Appellations	
SABLES	Plus de 50 % des éléments \wedge 0,08 mm ont un diamètre \wedge 2 mm	Moins de 5 % des éléments sont < 0,08 mm	Sb	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 6$ $1 < C_c < 3$	Sable propre bien gradué
			(SW)		Une des conditions de Sb non satisfaite
	Plus de 12 % des éléments sont < 0,08 mm	Sl (SM)	Limites d'Atterberg au-dessous de A (*)	Sable limoneux	
		SA (SC)		Limites d'Atterberg au-dessus de A (*)	Sable argileux
16/03/2020		Pr. KBABA ESTS GC1			

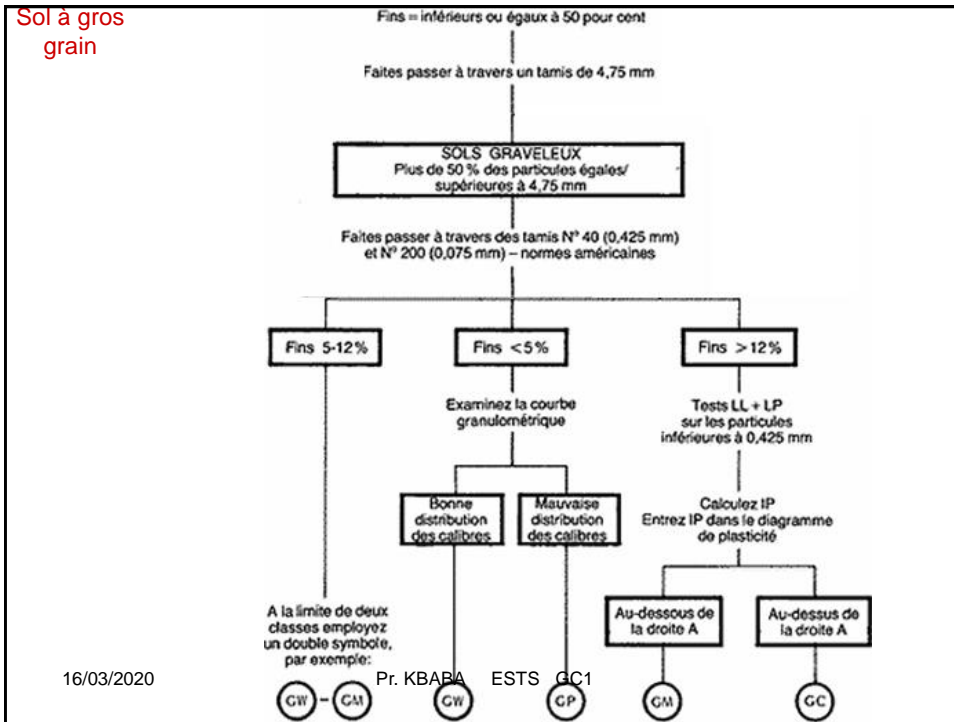
142

L.P.C. Sol Grenu		CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS Plus de 50% des éléments > 0,08 mm				
		Définitions	Symboles	Conditions	Appellations	
GRAVES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	Moins de 5 % des éléments sont < 0,08 mm	Gb (GW)	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(d_{60})^2}{d_{10} \times d_{40}} < 3$	Grave propre bien graduée	
		Plus de 12 % des éléments sont < 0,08 mm	Gm (GP)	Une des conditions de Gb non satisfaite	Grave propre mal graduée	
			GL (GM)	Limites d'Atterberg au-dessous de A (*)	Grave limoneuse	
	SABLES	Plus de 50 % des éléments < 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm	Moins de 5 % des éléments sont < 0,08 mm	Sb (SW)	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 6$ $1 < C_c < 3$	Sable propre bien gradué
			Plus de 12 % des éléments sont < 0,08 mm	Sm (SP)	Une des conditions de Sb non satisfaite	Sable propre mal gradué
				SL (SM)	Limites d'Atterberg au-dessous de A (*)	Sable limoneux
			SA (SC)	Limites d'Atterberg au-dessus de A (*)	Sable argileux	
<p>16/03/2020</p> <p>Pr. KBABA ESTS (SC)</p> <p>Remarque : Si le pourcentage d'éléments inférieurs à 0,08 mm est compris entre 5% et 12%, on utilise un double symbole. Pour (*) se reporter à l'ébauche de Casagrande.</p>						

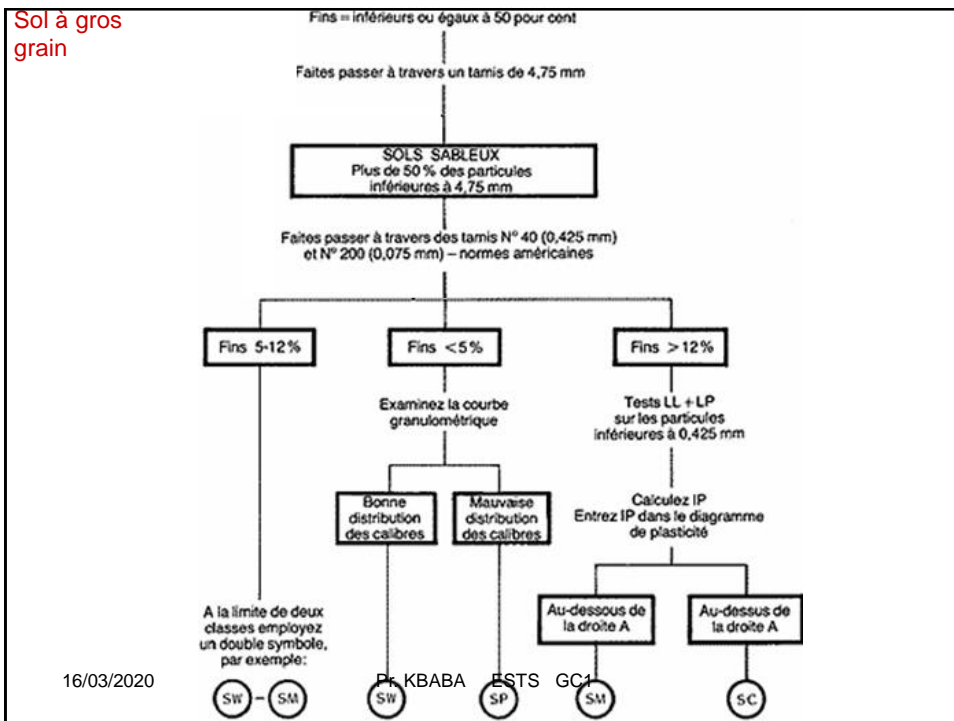
143



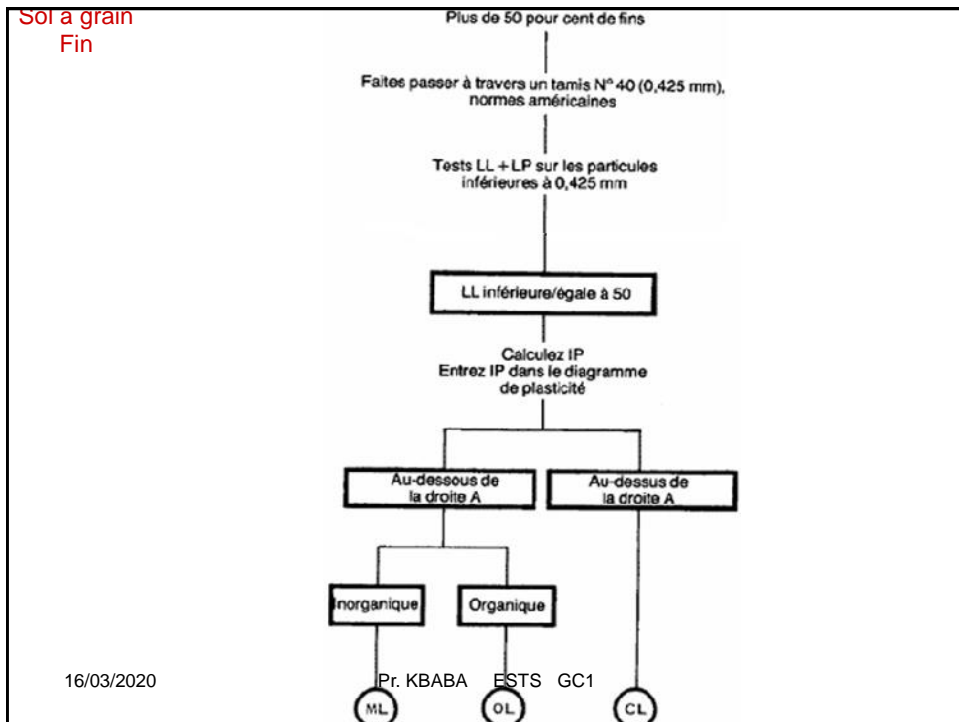
144



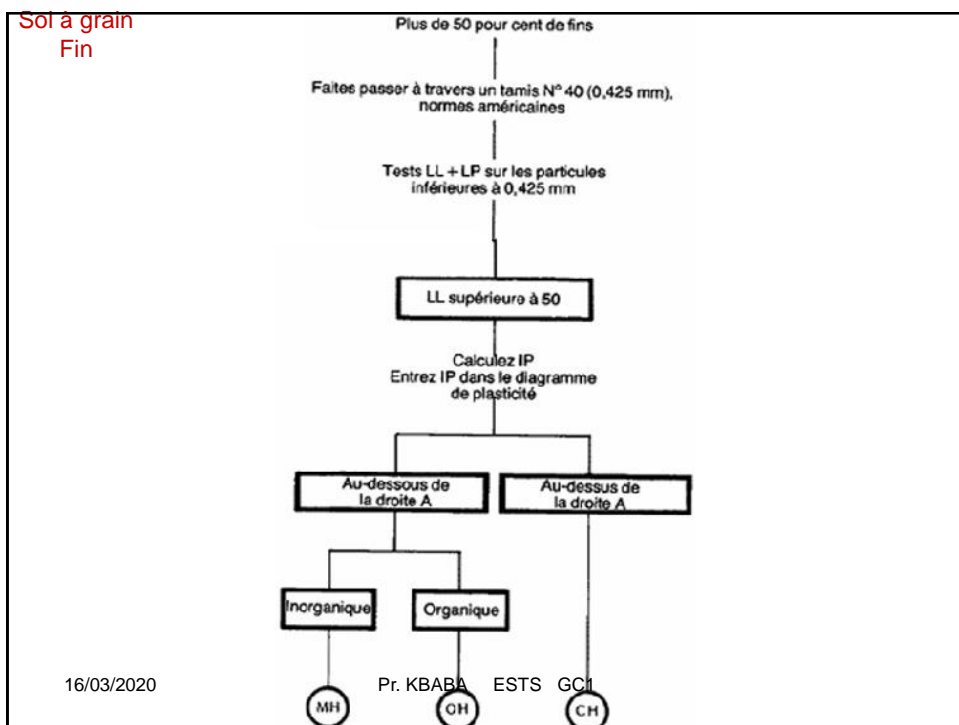
145



146



147



148

Sols Organiques

Sols fortement organiques: reconnaissable à l'odeur, la couleur sombre, texture fibreuse et un faible poids spécifique apparent.

(tourbe, tourbe argileuse et tourbe limoneuse Pt)

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

149

Sol fin

Identification visuelle

Groupes de sols USC	Plasticité (sol mouillé)	Consistance à l'état sec	Réaction au test des secousses	Limite de plasticité, résistance du fil	Odeur
ML	0	0 - 1	Rapide à lente	Nulle	Sans caractéristique, souvent nulle
CL	2	2 - 4	Nulle à très lente	Moyenne	Légère odeur de terre
OL	1	1 - 3	Lente	Faible	Matière organique décomposée
MH	1	1 - 3	Lente à nulle	Faible à moyenne	Sans caractéristique, souvent nulle
CH	3	3 - 5	Nulle	Forte	Forte odeur de terre
OH	2 - 3	2 - 4	Nulle à très lente	Faible à moyenne	Matière organique décomposée

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

150

Classification GTR

Guide Technique Réalisation remblais et couche de forme



- ✓ Rassembler des sols présentant un comportement suffisamment similaire
- ✓ Appliquer les mêmes modalités de mise en œuvre en remblai ou en couche de forme

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

151

Classification GTR

Paramètres retenus pour la classification des sols meubles

- a) les paramètres de nature
- b) les paramètres de comportement mécanique
- c) les paramètres d'état

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

152

Classification GTR

Paramètres retenus pour la classification des roches

➤ La nature pétrographique de la roche.

➤ Caractéristiques mécaniques

16/03/2020

Pr. KBABA ESTS GC1

153

CLASSE	Définition	Caractéristique	Sous-classe
A	Sols fins	$D_{max} \leq 50mm$ et passant à $80\mu m > 35\%$	A1 à A4 selon VBS ou I_p
B	Sols sableux et graveleux avec fines	$D_{max} \leq 50mm$ et passant à $80\mu m \leq 35\%$	B1 à B6 selon VBS ou I_p et tamisat
C	Sols comportant des fines et des gros éléments	$D_{max} > 50mm$ et passant à $80\mu m > 12\%$ ou passant à $80\mu m \leq 12\% +$ VBS > 0,1	30 sous-classes selon VBS, I_p et tamisat à 50 mm
D	Sols insensibles à l'eau avec fines	VBS $\leq 0,1$ et passant à $80\mu m \leq 12\%$	D1 à D3
R	Matériaux rocheux	Voir la norme NF P 11-300	
F	Sols organiques et sous-produits industriels	Voir la norme NF P 11-300	

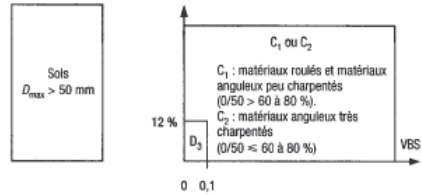
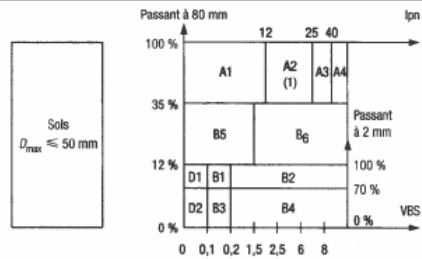
D_{max} = dimension pour lequel 95% des grains sont de dimension inférieure (soit D_{95} si la courbe granulométrique est disponible, sinon appréciation visuelle de la dimension des plus gros éléments)

154

Synoptique G.T.R

Un sol est classé selon:

- ↗ la granulométrie,
- ↗ L'argilosité,
- ↗ Le comportement mécanique
- ↗ L'état hydrique



Matériaux rocheux	Roches carbonatées	Crâmes	R ₁
		Calcaires	R ₂
	Roches argileuses	Marnes, argilles, pétales...	R ₃
	Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches...	R ₄
	Roches salines	Sel gemme, gypse	R ₅
Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardésiens...		R ₆
ESTS - GC1 Matériaux particuliers	Sols organiques et sous-produits industriels		F

16/03/2020

Pr. KBABA