

INDICE DE CONSISTANCE

Consistance	I <sub>c</sub>	w <sub>nat</sub>
Liquide	0,00	w <sub>L</sub>
Très molle	0,25	
Molle	0,50	
Mi-consistant	0,75	
Consistant	1,00	w <sub>p</sub>
Très consistant	> 1,00	

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Paramètres	Sables	Argiles	Sable - état	γ <sub>d</sub>
γ	18 kN/m <sup>3</sup>	10 à 20 kN/m <sup>3</sup>	lâche	< 16
γ <sub>d</sub>	14 à 18 kN/m <sup>3</sup>	10 à 20 kN/m <sup>3</sup>	dense	16 à 18
γ <sub>sat</sub>	19 à 22 kN/m <sup>3</sup>	19 à 22 kN/m <sup>3</sup>	très dense	> 18
γ <sub>s</sub>	26 à 30 kN/m <sup>3</sup>	26 à 30 kN/m <sup>3</sup>		
γ'	9 à 12 kN/m <sup>3</sup>	9 à 12 kN/m <sup>3</sup>		
n	0,25 à 0,50	0,20 à 0,80		
e	0,5 à 1	0,3 à 1		
w	1 à 15 %	10 à 20 %		

LIMITES D'ATTERBERG (en %)

Nature	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>
Limons	24	17	7
Argile limoneuse peu plastique	40	24	16
Argiles plastiques {	83	28	55
Montmorillonite	114	29	85
Argile de Mexico	400	125	375
Bentonite	500		
	600		

SURFACE SPÉCIFIQUE DES ARGILES

Nature	D (μ)	e	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)
Kaolinite	0,3 à 3	D/3 à D/10	20 à 30
Montmorillonite	0,05 à 1	D/400	jusqu'à 800
Illite	0,1 à 2	D/10	80 à 100

ÉQUIVALENT DE SABLE

Nature	E. S.
Argile pure	0
Sol plastique	20
Sol non plastique	40
Sable pur et propre	100

ACTIVITÉ DES ARGILES

Nature	Activité
Kaolinite	A <sub>c</sub> = 0,38 (inactive)
Illite	A <sub>c</sub> = 0,9 (normale)
Montmorillonite	A <sub>c</sub> = 7,2 (active)

On peut considérer :

Argile inactive A<sub>c</sub> < 0,75  
 Argile normale 0,75 < A<sub>c</sub> < 1,25  
 Argile active A<sub>c</sub> > 1,25

VALEUR AU BLEU VBS

Classification des matériaux selon GTR 92 :

0,1 : seuil en dessous duquel le sol est insensible à l'eau  
 0,2 : seuil au-dessus duquel le sol est sensible à l'eau  
 1,5 : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux  
 2,5 : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne  
 6 : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux  
 8 : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux

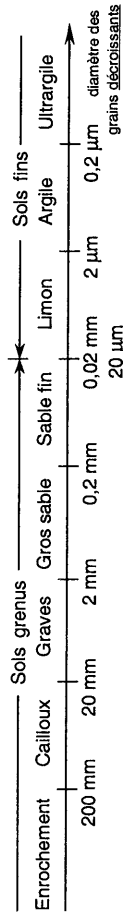
TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE

Teneur en matière organique (%)	Désignation
0 - 3	Sol inorganique
3 - 10	Vase
10 - 30	Sol tourbeux
> 30	Tourbe

TENEUR EN CARBONATE DE CALCIUM

Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Désignation géotechnique
0 - 10	Argile
10 - 30	Argile marneuse
30 - 70	Marne
70 - 90	Calcaire marneux
90 - 100	Calcaire

**SOLS À GRANULOMÉTRIE UNIFORME**



**INDICE DE COMPRESSION C<sub>c</sub>**

Nature	Indice de compression
Sables	0,01 < C <sub>c</sub> < 0,1
Argiles raides (Kaolinites)	0,1 < C <sub>c</sub> < 0,25
Argiles moyennes (Illites)	0,25 < C <sub>c</sub> < 0,8
Argiles molles (Montmorillonites)	0,8 < C <sub>c</sub> < 2,5

On peut considérer :

- Sol incompressible C<sub>c</sub> < 0,02
  - Sol très peu compressible 0,02 < C<sub>c</sub> < 0,05
  - Sol peu compressible 0,05 < C<sub>c</sub> < 0,1
  - Sol moyennement compressible 0,1 < C<sub>c</sub> < 0,2
  - Sol assez fortement compressible 0,2 < C<sub>c</sub> < 0,3
  - Sol très compressible 0,3 < C<sub>c</sub> < 0,5
  - Sol extrêmement compressible 0,5 < C<sub>c</sub>
- }, Sables, Kaolinites, Illites, Montmorillonites

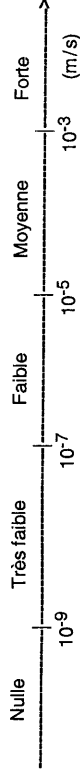
**COEFFICIENT DE CONSOLIDATION c<sub>v</sub> (en m<sup>2</sup>/s)**

Nature	Coefficient de consolidation
Kaolinites	2.10 <sup>-7</sup> < c <sub>v</sub> < 4.10 <sup>-7</sup>
Illites	10 <sup>-7</sup> < c <sub>v</sub> < 2.10 <sup>-7</sup>
Montmorillonites	2.10 <sup>-8</sup> < c <sub>v</sub> < 1.10 <sup>-7</sup>
Argiles sableuses	de l'ordre de 10 <sup>-7</sup>
Limons	de l'ordre de 5.10 <sup>-6</sup>

**COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ k (en m/s)**

Nature	Coefficient de perméabilité
Graves	10 <sup>-3</sup> < k < 1
Sables	10 <sup>-5</sup> < k < 10 <sup>-3</sup>
Limons et sables argileux	10 <sup>-9</sup> < k < 10 <sup>-5</sup>
Argiles (intactes)	10 <sup>-13</sup> < k < 10 <sup>-9</sup>
Roches apparemment non fissurées	10 <sup>-12</sup> < k < 10 <sup>-10</sup>

Nature	Coefficient de perméabilité
Graviers sans sable ni fines	10 <sup>-2</sup> < k < 1
Sables purs ou mélanges sables et graviers sans fines	10 <sup>-5</sup> < k < 10 <sup>-2</sup>
Sables très fins - Argiles sableuses	10 <sup>-9</sup> < k < 10 <sup>-5</sup>
Argile homogène compacte et non stratifiée ou altérée	k < 10 <sup>-9</sup>



Nota : 10<sup>-8</sup> m/s représente une vitesse de 30 cm par an environ.

**COEFFICIENT DE PRESSION DES TERRES AU REPOS K<sub>0</sub>**

Nature	K <sub>0</sub>
Sable non compacté	0,4
Sable compacté en grande masse	0,6
Sable compacté par couches minces	0,8
Argile molle	0,6
Argile dure	0,5
Vase (imbibée d'eau)	1,0

**COHÉSION ET ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE**

Enrochements, graviers, sables et limons non plastiques

Cohésion : c' = 0

Angle de frottement interne :

Enrochements : φ' = 40 - 45°

Gravier sableux, sable ou gravier à granulométrie étalée : φ' = 30 - 35° voire 40°

Sable à granulométrie uniforme, limon non plastique : φ' = 20 - 30°

Influence des caractéristiques physique sur l'angle de frottement interne d'un matériau pulvérulent

	φ' = 36° + φ' <sub>1</sub> + φ' <sub>2</sub> + φ' <sub>3</sub> + φ' <sub>4</sub>		
Compacité	φ' <sub>1</sub>	-6° 0° +6°	lâche : I <sub>D</sub> = 0,4 moyen : I <sub>D</sub> = 0,6 serré : I <sub>D</sub> = 0,9
Forme et rugosité des grains	φ' <sub>2</sub>	+1° 0° -3° -5°	aigu moyen arrondi sphérique
Grosseur des grains	φ' <sub>3</sub>	0° +1° +2°	sable fin 0,06 mm < D <sub>10</sub> < 0,2 mm gravier 0,6 mm < D <sub>10</sub> < 2 mm gros gravier D <sub>10</sub> > 2 mm
Répartition granululaire	φ' <sub>4</sub>	-3° 0° +3°	uniforme c <sub>u</sub> ≤ 2 moyenne 2 < c <sub>u</sub> < 5 étalée c <sub>u</sub> ≥ 5

Relation de Kérisel : pour les sables : e · tan φ' = c<sup>ste</sup> ≈ 0,55

Argile saturée Le drainage s'effectue lentement.

Cohésion : c<sub>u</sub> = quelques dizaines à quelques centaines de kPa

c' : négligeable

Angle de frottement interne : φ<sub>u</sub> = 0

φ' : 10 - 20°, quelquefois plus

Argile humide non saturée

Les propriétés mécaniques avant et après drainage sont du même ordre.

Cohésion :  $c_u$  et  $c'$  : de quelques dizaines et quelques centaines de kPa

Angle de frottement interne :  $\phi_u$  et  $\phi'$  : de quelques degrés à une vingtaine, quelquefois plus

Argile sèche ( $LS_r \leq 0.7$ )

Il ne se produit pas de drainage et il n'y a aucune différence entre les propriétés du sol mesurées dans un essai drainé ou non drainé

Cohésion :  $c_u = c'$  : quelques centaines de kPa (susceptible de beaucoup diminuer en cas d'humidification)

Angle de frottement interne :  $\phi_u = \phi'$  : supérieur à  $10^\circ$

Cohésion non drainée  $c_u$  pour quelques consistances types d'argiles :

Consistance	$c_u$ (kPa)
Très molle	$c_u < 10$
Molle	$10 < c_u < 25$
Moyennement consistante	$25 < c_u < 50$
Consistante	$50 < c_u < 75$
Raide	$75 < c_u$

**MODULE DE DÉFORMATION**

Nature du sol	Module de déformation E (en MPa)
Argile	4 à 40
Limons	4 à 15
Sables	6 à 80
Sables et graviers	40 à 120
Roche	> 200

**CAPACITÉ PORTANTE**

Nature	Capacité portante (kPa)
Argile molle	100
Argile moyennement consistante	200
Argile raide	300
Sable lâche	200
Sable compact	400
Roche tendre	1000

**CLASSIFICATION VIS-À-VIS DE LA PORTANCE**

Classe de portance	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
Indice CBR	$I_{CBR} \leq 3$	$3 < I_{CBR} \leq 6$	$6 < I_{CBR} \leq 10$	$10 < I_{CBR} \leq 20$	$20 < I_{CBR} \leq 50$	$I_{CBR} > 50$
Examen visuel indicatif (sous essieu de 13t)	Sol très déformable inapte Circulation impossible	Sol déformable Ornières sous essieu de 13 t	Sol déformable Pas d'ornières sous essieu de 13 t	Sol peu déformable Pas d'ornières sous essieu de 13 t	Sol très peu déformable Pas d'ornières sous essieu de 13 t	Sol très peu déformable Pas d'ornières sous essieu de 13 t
Module de déformation à la plaque $EV_2$ (en MPa)	$EV_2 \leq 15$	$15 < EV_2 \leq 30$	$30 < EV_2 \leq 50$	$50 < EV_2 \leq 120$	$120 < EV_2 \leq 250$	$EV_2 > 250$
Module de réaction $K_w$ (en daN/cm <sup>3</sup> )	$K_w \leq 3$	$3 < K_w \leq 5$	$5 < K_w \leq 6$	$6 < K_w \leq 7$	$7 < K_w \leq 15$	$K_w > 15$
Exemples de sols	Argiles fines saturées, sols tourbeux à faible densité sèche, sols contenant des matières organiques	Limons plastiques, argileux et argilo-plastiques, argiles à silex, alluvions grossières, sols très sensibles à l'eau	Sables alluvionnaires argileux ou fins limoneux, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 35%	Sables alluvionnaires propres avec fines < 5%, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 12%	Sols insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains	Sols insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains