

# Plan détaillé

1. La mécanique des sols et l'ingénieur
  2. L'objet de la mécanique des sols et les disciplines proches
  3. Propriétés physiques des sols
  4. Plasticité et résistance au cisaillement ; stabilité des pentes
  5. Hydraulique des sols
  6. Tassement et consolidation
  7. Poussée et butée ; murs de soutènement
  8. Fondations superficielles
  9. Essais in situ et fondations profondes
- 
- + projet de barrage en terre
  - + conférence sécurité des barrages

# Les domaines d'application de la mécanique des sols

- **Les ouvrages naturels**
- **Les ouvrages en sol**
- **Les ouvrages mixtes**
- **Les fondations d'ouvrages et de bâtiments**

# Définitions et disciplines

**Roche**

**Sol**

**Mécanique des sols**

**Mécanique des roches**

**Géologie**



**Géotechnique**

**Hydrogéologie**

**Pédologie**

**Mécanique des milieux continus**

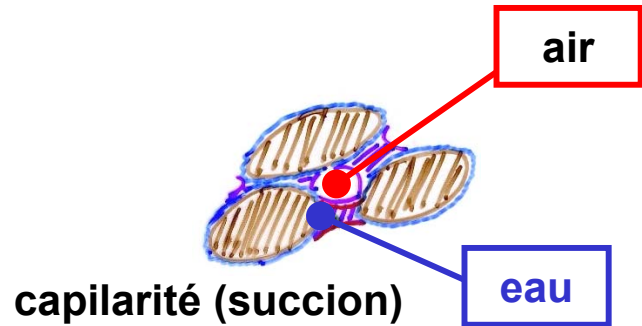
- *Historique de la méca sols* **Coulomb 1773**
- **Terzaghi 1936**

1. La mécanique des sols et l'ingénieur
2. L'objet de la mécanique des sols et les disciplines proches
- 3. Propriétés physiques des sols**
4. Plasticité et résistance au cisaillement ; stabilité des pentes
5. Hydraulique des sols
6. Tassement et consolidation
7. Poussée et butée ; murs de soutènement
8. Fondations superficielles
9. Essais in situ et fondations profondes

Poly page 15

# Propriétés physiques des sols

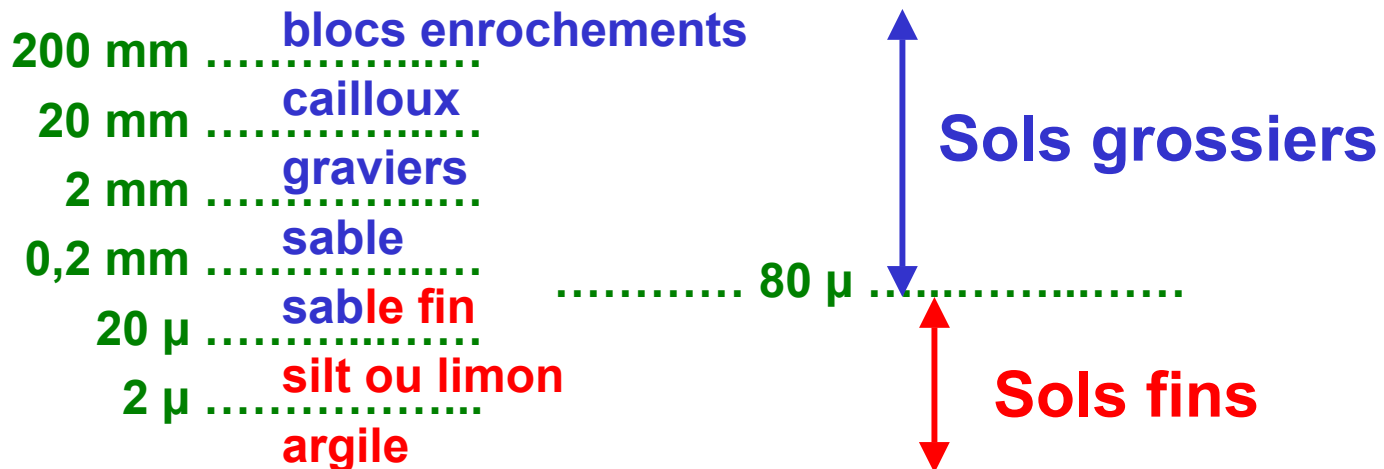
**Sol** {  
squelette solide (grains)  
eau  
gaz



- eau libre - eau adsorbée

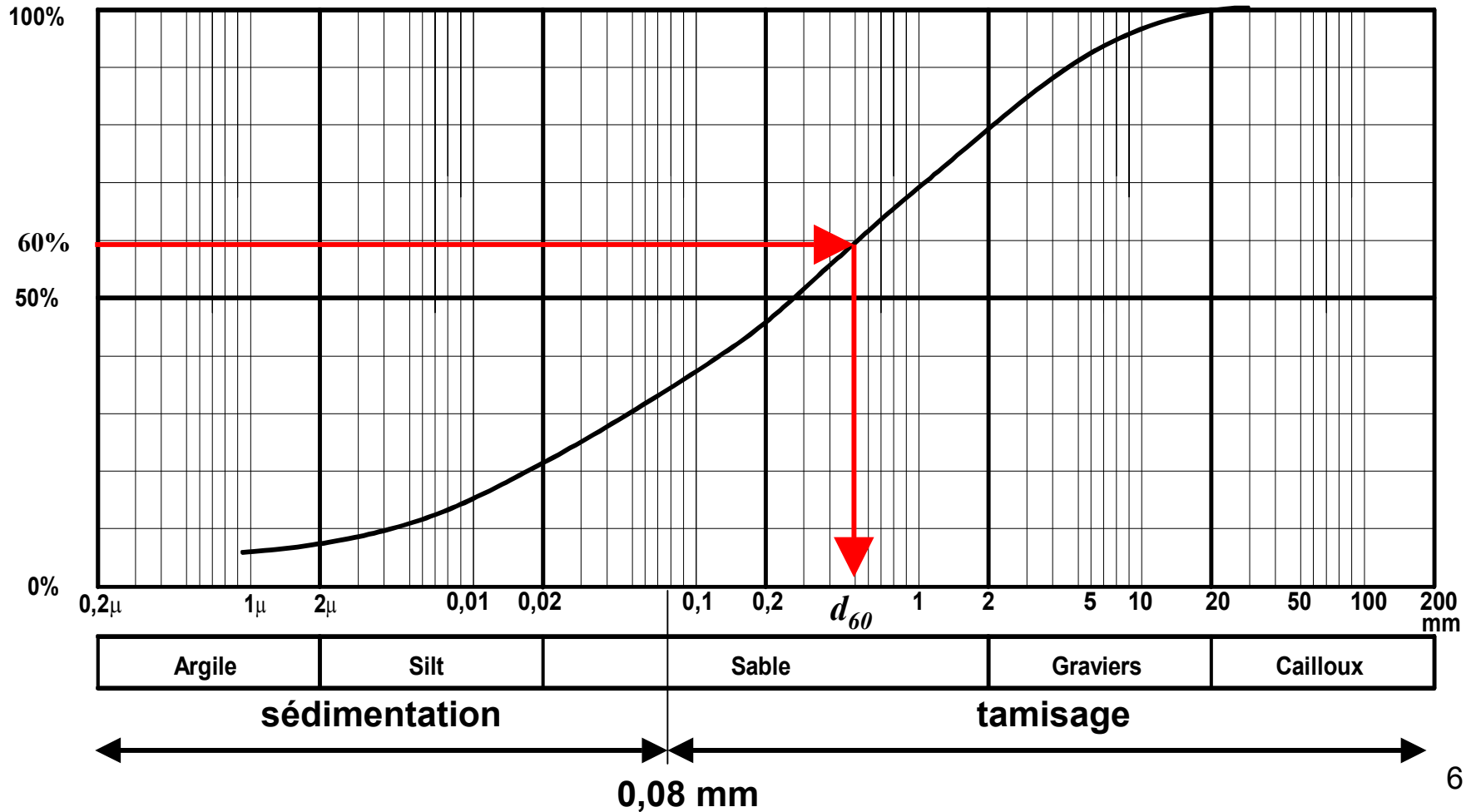


- Classification granulométrique du squelette



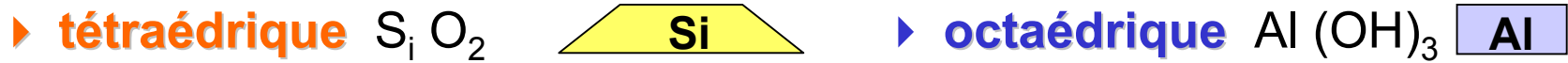
# Courbe granulométrique

Passants

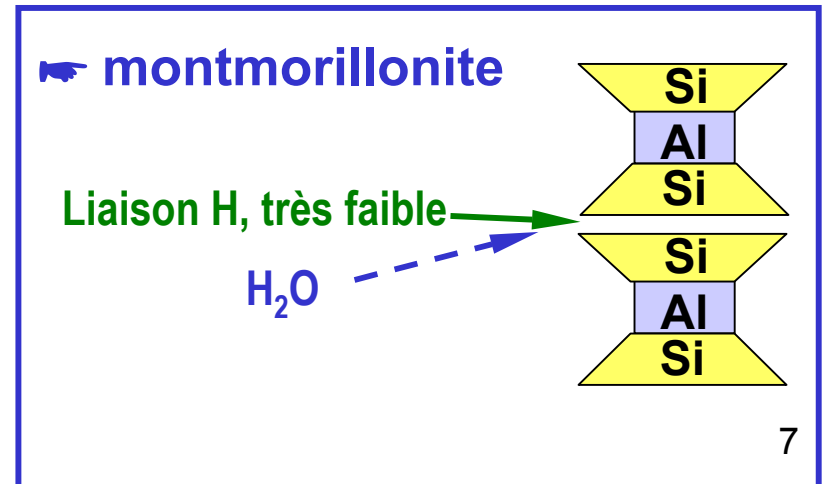
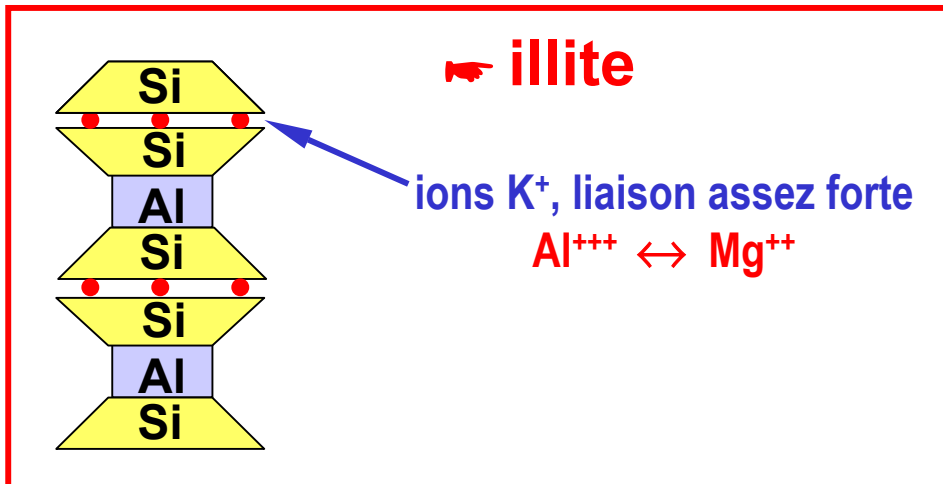
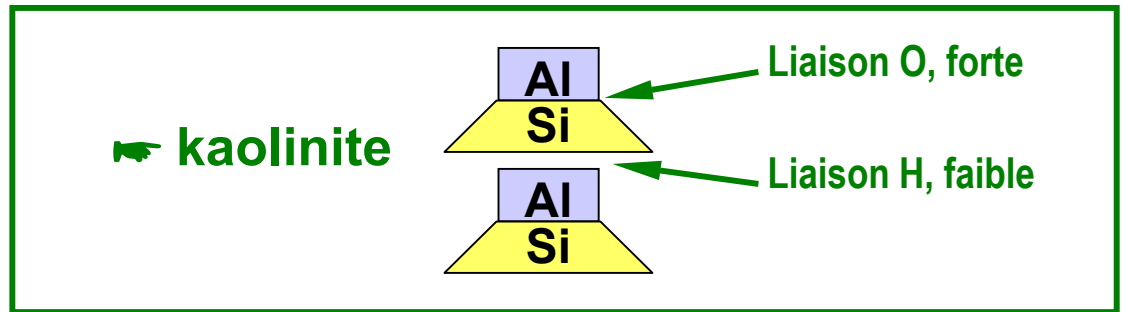


# La structure des argiles

Empilement de feuillets élémentaires ( $\sim 10^{-9}$  mm), constitués de 2 structures :



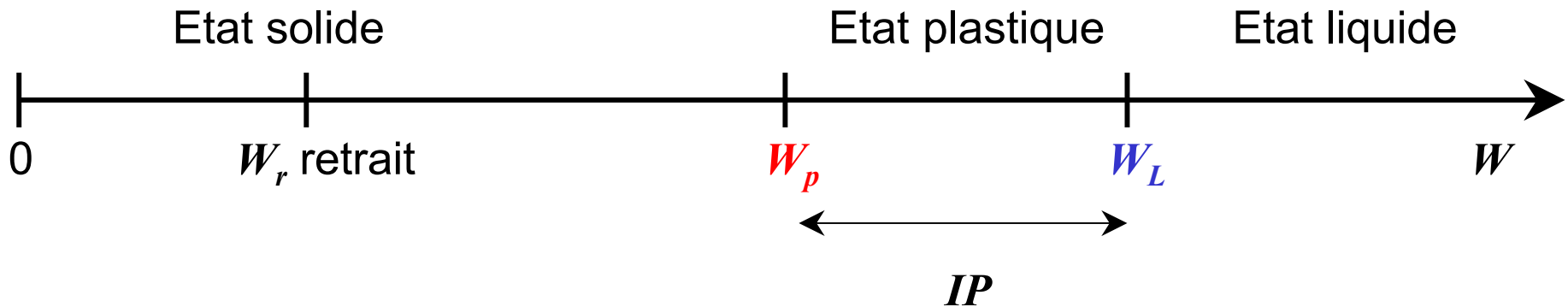
3 types d'argiles :



# Le comportement des sols fins

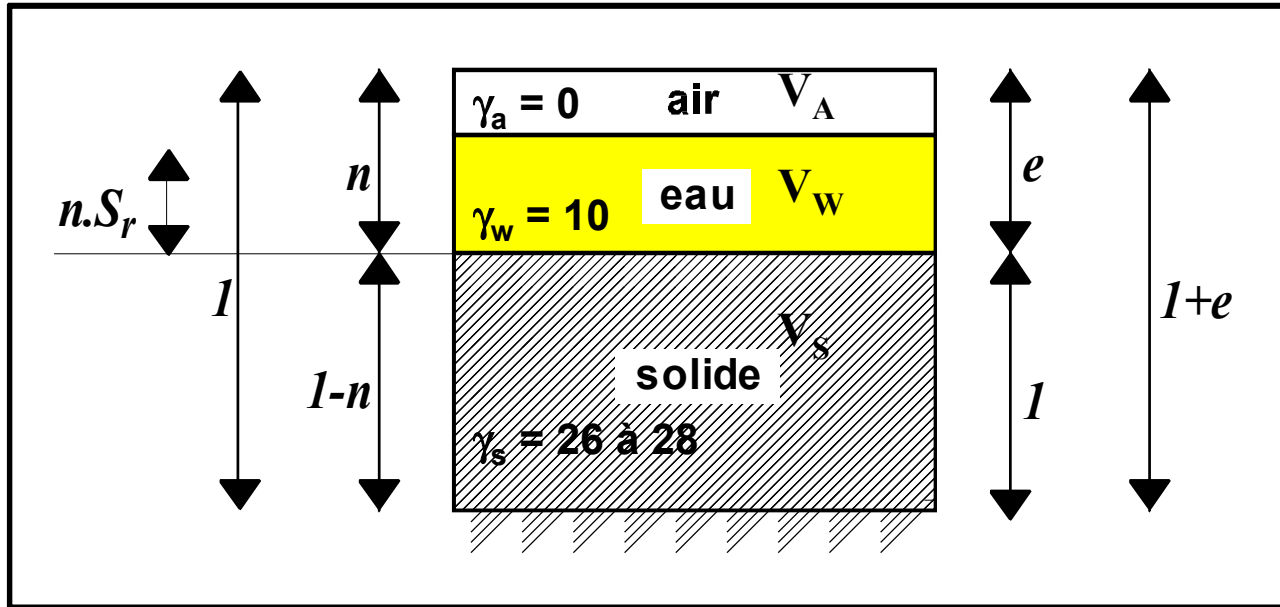
Sols fins {  $< 20 \mu$   
eau adsorbée (f de surface spécifique)  
cohésion

Limites d'Atterberg :  $W_P$  limite de plasticité  
 $W_L$  limite de liquidité





# Paramètres d'état



- Teneur en eau

$$w = \frac{\text{poids d'eau}}{\text{poids de solide}}$$

- Indice des vides

$$e = \frac{\text{volumes des vides}}{\text{volumes des grains}}$$

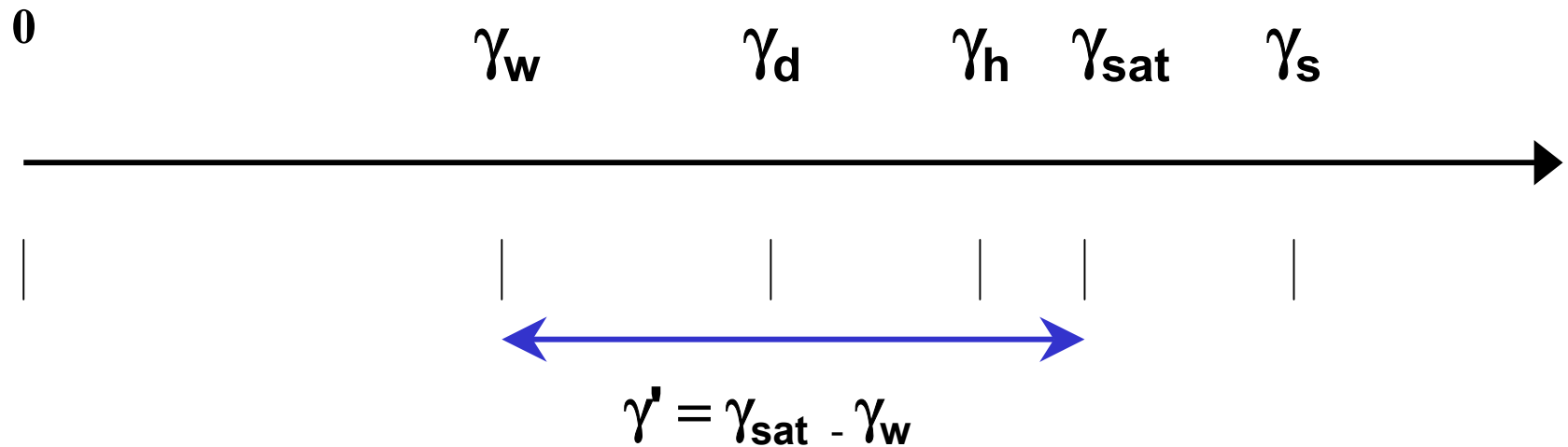
- Porosité

$$n = \frac{\text{volumes des vides}}{\text{volume total}}$$

- Degré de saturation

$$S_r = \text{pourcentage de vides emplis d'eau}$$

# Ordonnancement des poids volumiques



$\gamma_w$  = poids volumique de l'eau

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN} / \text{m}^3 \approx 10 \text{ kN} / \text{m}^3$$

$\gamma_s$  = poids volumique grains

$$\gamma_s \approx 26 \text{ à } 27 \text{ kN} / \text{m}^3$$

$\gamma_d$  = poids volumique sec

$\gamma_h$  = poids volumique humide

$\gamma_{sat}$  = poids volumique saturé

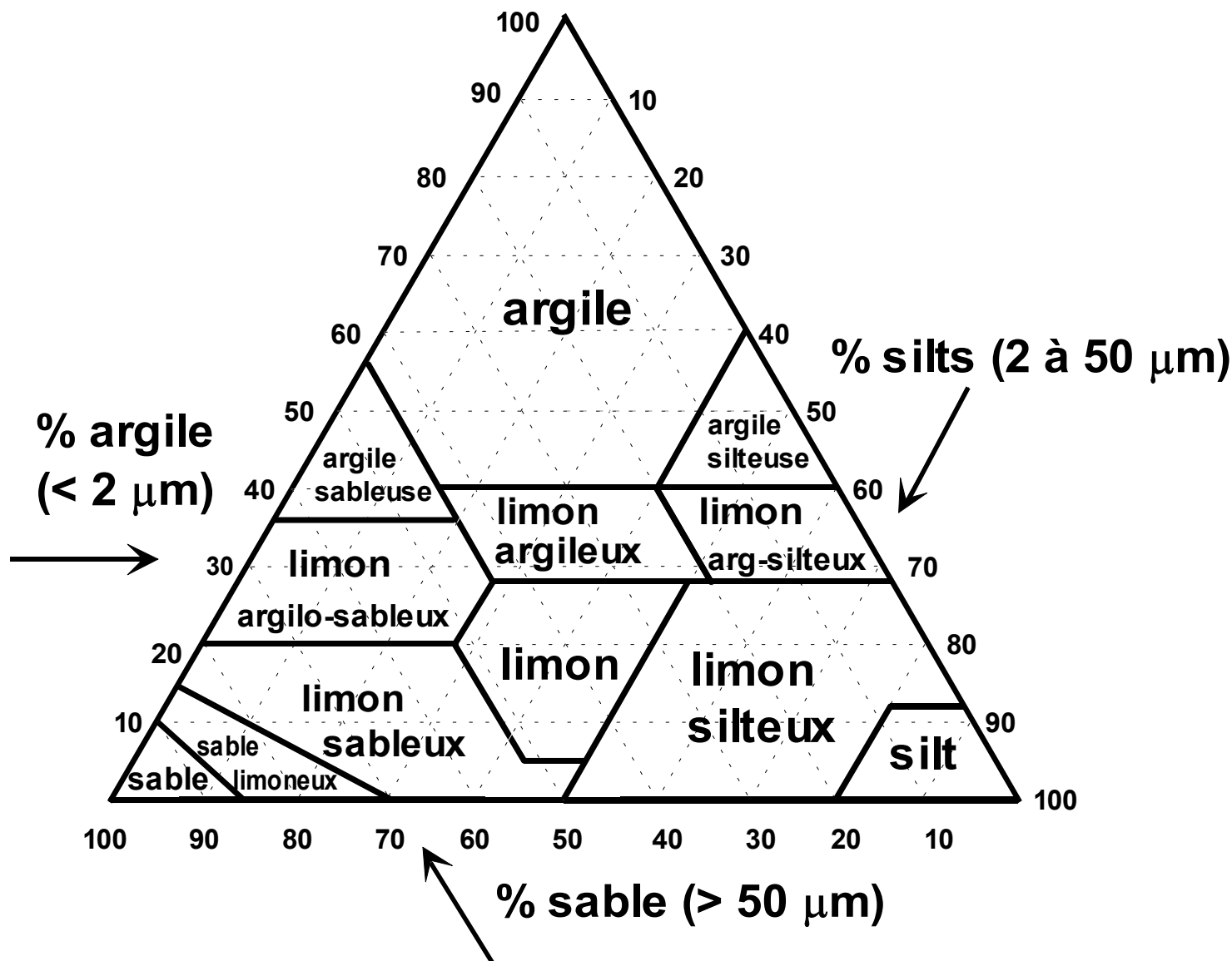
$\gamma'$  = poids volumique déjaugé

# Essais d'identification

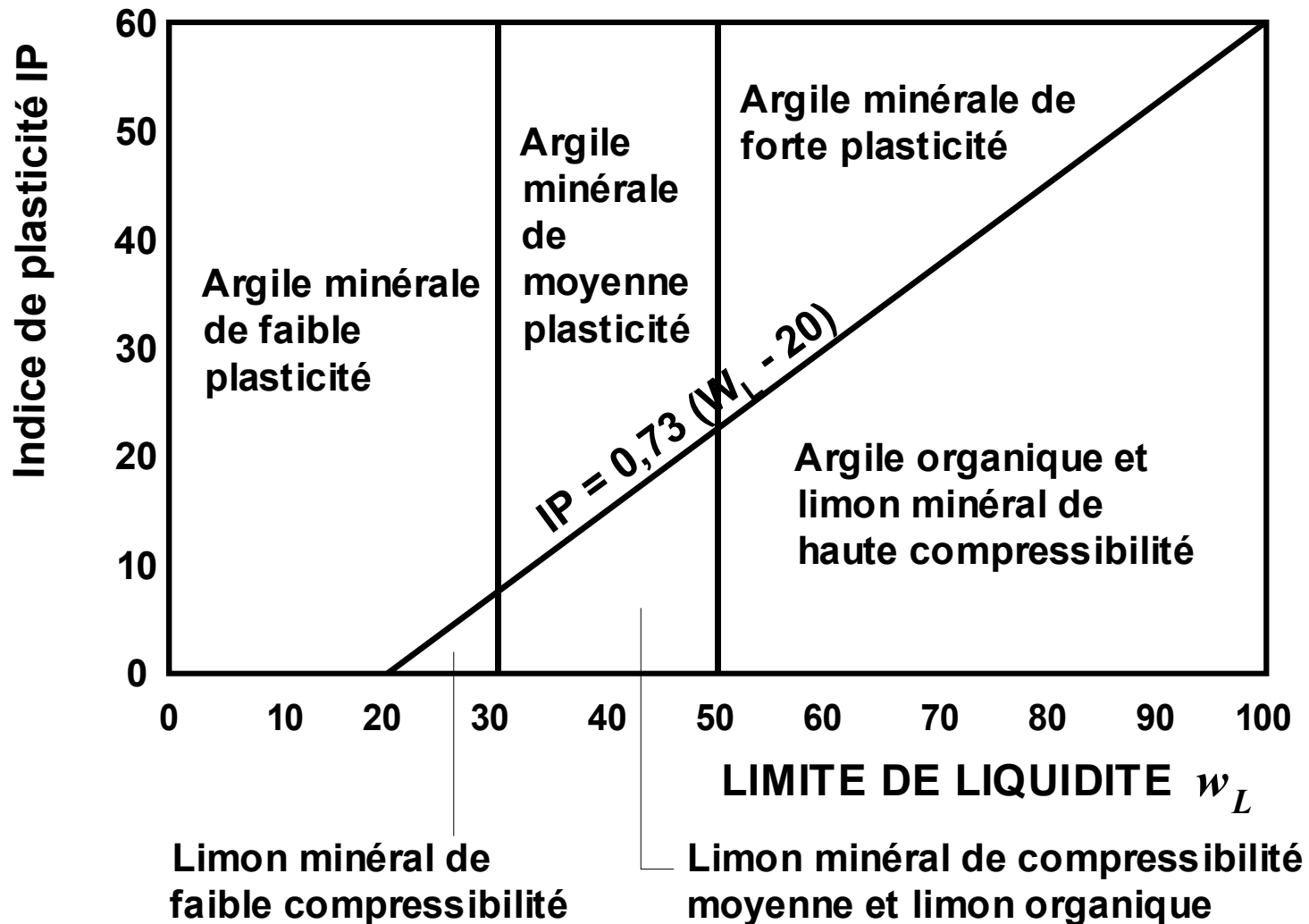
- **Teneur en eau**  $w$  [%]  
*étuvage*
- **Poids spécifique des grains**  $\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>]  
*picnomètre*
- **Poids volumétrique sec**  $\gamma_d$  [kN/m<sup>3</sup>]  
*pesée*
- **Courbe granulométrique**  
*tamissage - sédimentation*
- **Limites d'Atterberg**  $W_L, W_P$  [%]
- **Valeurs au bleu** **VBS**

# Classification triangulaire des sols fins

(sols contenant moins de 30% d'éléments de diamètre supérieur à 2 mm)



# Diagramme de Casagrande



# Classification des sols (RTR) 1/3

<b>Sols FINS</b> <b>A</b>  $d_{max} \leq 50$ m m  et  $d_{35} < 0,08$ m m	$VBS \leq 2,5$ ou $IP \leq 12$	<b>A<sub>1</sub> : limons peu plastiques, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...</b>
	$12 < IP \leq 25$ ou $2,5 < VBS \leq 6$	<b>A<sub>2</sub> : sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes...</b>
	$25 < IP \leq 40$ * ou $6 < VBS \leq 8$	<b>A<sub>3</sub> : argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...</b>
	$IP > 40$ * ou $VBS > 8$	<b>A<sub>4</sub> : argiles et argiles marneuses très plastiques</b>

# Classification des sols (RTR) 2/3

<p><b>Sols sableux ou graveleux avec fines</b></p> <p><b>B</b></p> <p><math>D_{max} \leq 50 \text{ mm}</math></p> <p><b>et</b></p> <p><math>d_{35} \geq 0,08 \text{ mm}</math></p>	$d_{12} \geq 0,08 \text{ mm}$ $d_{70} < 2 \text{ mm}$ $0,1 \leq VBS \leq 0,2$	<b>B<sub>1</sub> : sables silteux...</b>
	$d_{12} \geq 0,08 \text{ mm}$ $d_{70} < 2 \text{ mm}$ $VBS > 0,2$	<b>B<sub>2</sub> : sables argileux (peu argileux)...</b>
	$d_{12} \geq 0,08 \text{ mm}$ $d_{70} \geq 2 \text{ mm}$ $0,1 \leq VBS \leq 0,2$	<b>B<sub>3</sub> : graves silteuses...</b>
	$d_{12} \geq 0,08 \text{ mm}$ $d_{70} \geq 2 \text{ mm}$ $VBS > 0,2$	<b>B<sub>4</sub> : graves argileuses (peu argileuses)...</b>
	$d_{12} < 0,08 \text{ mm} \leq d_{35}$ , $VBS \leq 1,5$ * ou $IP \leq 12$	<b>B<sub>5</sub> : sables et graves très silteux...</b>
	$d_{12} < 0,08 \text{ mm} \leq d_{35}$ , $VBS > 1,5$ * ou $IP > 12$	<b>B<sub>6</sub> : sables et graves argileux à très argileux.</b>

# Classification des sols (RTR) 3/3

<p>Sols comportant des fines et des gros éléments</p> <p><b>C</b></p> <p><math>d_{max} &gt; 50 \text{ mm}</math></p>	<p><math>d_{12} &lt; 0,08</math> mm</p> <p>ou</p> <p><math>d_{12} &gt; 0,08</math> mm et</p> <p><math>VBS &gt; 0,1</math></p>	<p>Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières.</p>
--	---	--



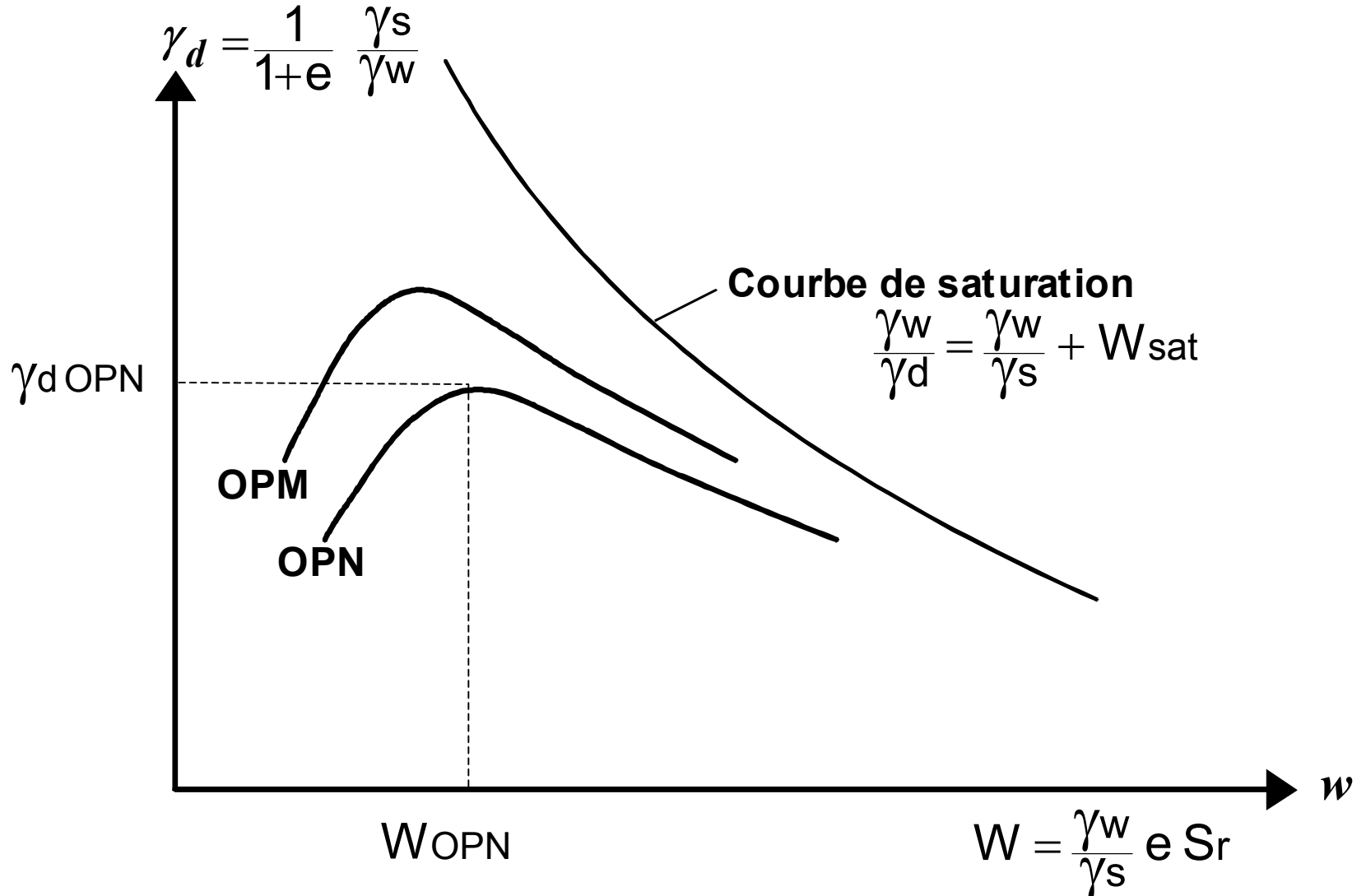
Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm)					
Définitions		Symboles	Conditions	Appellations	
GRAVES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm Ont un diamètre de > 2 mm	Moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	Gb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	Grave propre bien graduée
			Gm	Une des conditions de Gb non satisfaite	Grave propre mal graduée
	Plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	GL	Limite d'Atterberg au-dessous de A (voir p. 8)	Grave limoneuse	
		GA	Limite d'Atterberg au-dessus de A (voir p. 8)	Grave argileuse	
SABLES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm Ont un diamètre de < 2 mm	Moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	Sb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	Sable propre bien graduée
			Sm	Une des conditions de Gb non satisfaite	Sable propre mal graduée
	Plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	SL	Limite d'Atterberg au-dessous de A (voir p. 8)	Sable limoneuse	
		SA	Limite d'Atterberg au-dessus de A (voir p. 8)	Sable argileuse	
Lorsque 5 % < inférieur à 0,08 mm < 12 % → on utilise un double symbole					

# Classification de laboratoire des sols grenus

# Classification rapide des sols fins

PROCEDURE D'IDENTIFICATION SUR CHANTIER (poids des fractions estimées)					SYMBOLE	DESIGNATION géotechnique	
1	2	3	Détermination de la plasticité sur chantier				
			Agitation 4a	Consistance 4b			Résistance à sec 4c
La moitié des éléments ou davantage sont < 0,08 mm	SOLS FINS - ARGILE et LIMON	Limite de liquidité < 50 %	Rapide à lente	Nulle	Nulle	Lp	Limons peu plastiques
			Nulle à lente	Moyenne	Moyenne à grande	Ap	Argiles peu plastiques
			Lente	Faible	Faible à moyenne	Op	Limons et argile organiques peu plastiques
		Limite de liquidité < 50 %	Lente à nulle	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Lt	Limons très plastiques
			Nulle	Grande	Grande à très grande	At	Argiles très plastiques
			Nulle à très lente	Faible à moyenne	Moyenne à grande	Ot	Limons et argiles organiques très plastiques
		Les matières organiques prédominent	Reconnaissable à l'odeur, couleur sombre, texture fibreuse, faible densité humide			T	Tourbes et autres sols très organiques

# Essai PROCTOR







# Conditions de filtre

Matériau à drainer :  $d$

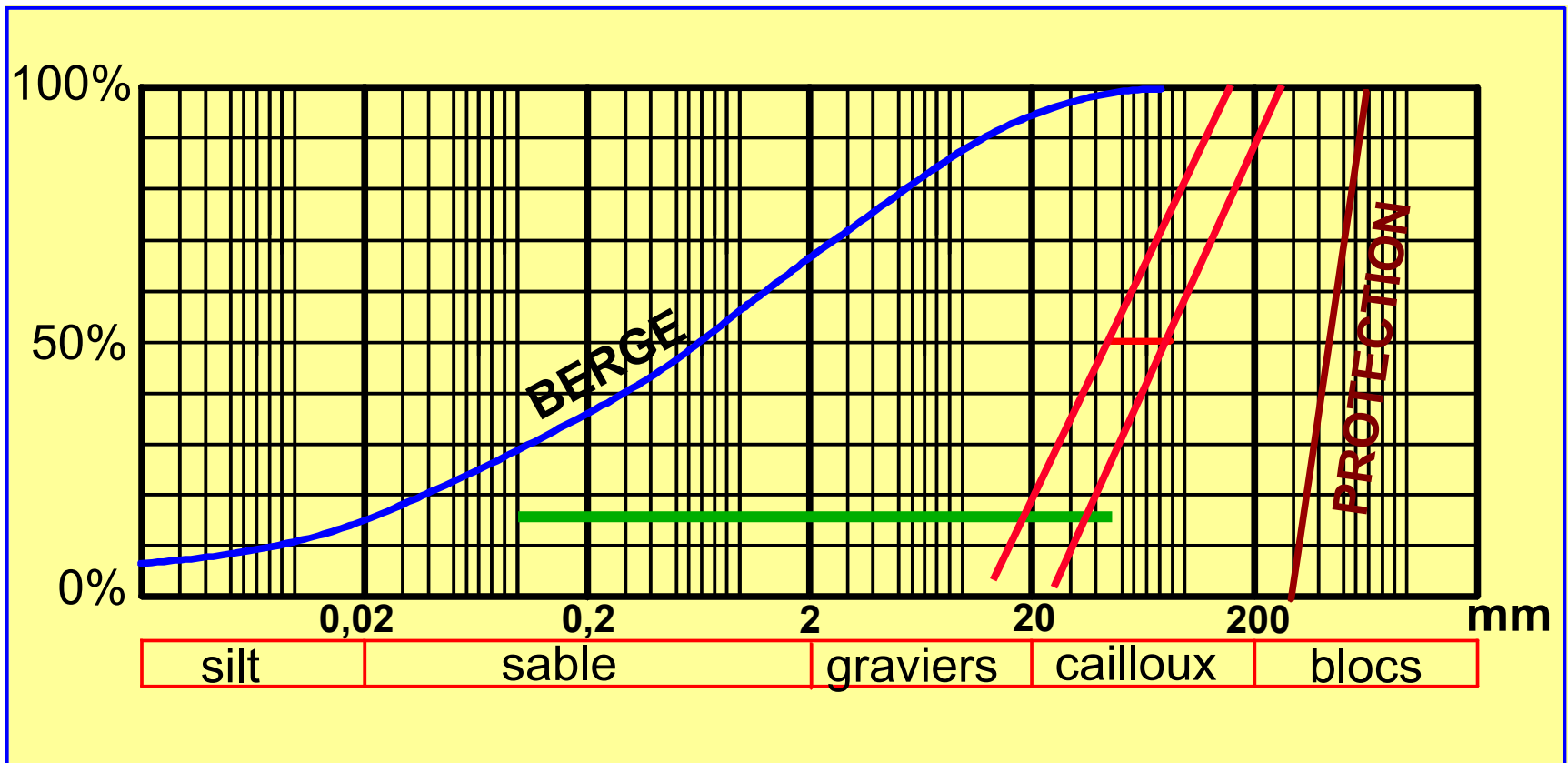
Matériau du drain :  $D$

- Condition de non entraînement des fines :  $D_{15} < 5 d_{85}$
- Condition de perméabilité :  $D_{15} > 0,1 \text{ mm}$
- Condition de propreté :  $D_{05} > 0,08 \text{ mm}$
- Matériau uniforme :  $\frac{D_{60}}{D_{10}}$  de l'ordre de 2 à 8

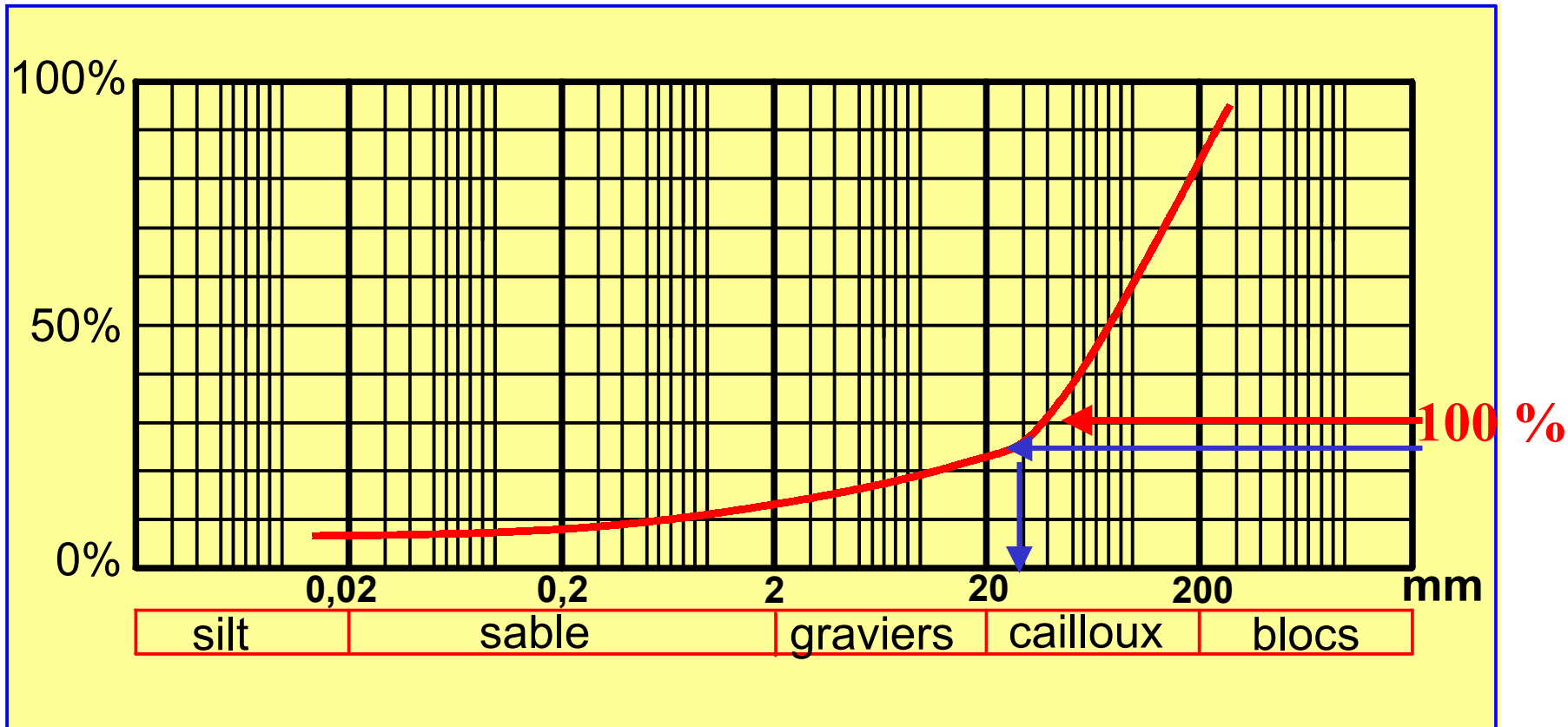
# Dimensionnement de la transition granulométrique d'une protection de berge en enrochement

$$45 \text{ mm} < d_{50} \text{ (transition)} < 90 \text{ mm}$$

$$0,1 \text{ mm} < d_{15} \text{ (transition)} < 45 \text{ mm}$$



# Cas d'un sol à granulométrie discontinue



$$D_{85} = 30 \text{ mm}$$