

CHAPITRE II

Éléments constitutifs du sol

1- Définition – éléments constitutifs d'un sol

1.1 Définition des sols

Matériaux à la surface de l'écorce terrestre

Roches

grains minéraux fortement liés

Sols

1.2 Éléments constitutifs d'un sol

squelette solide

+

eau

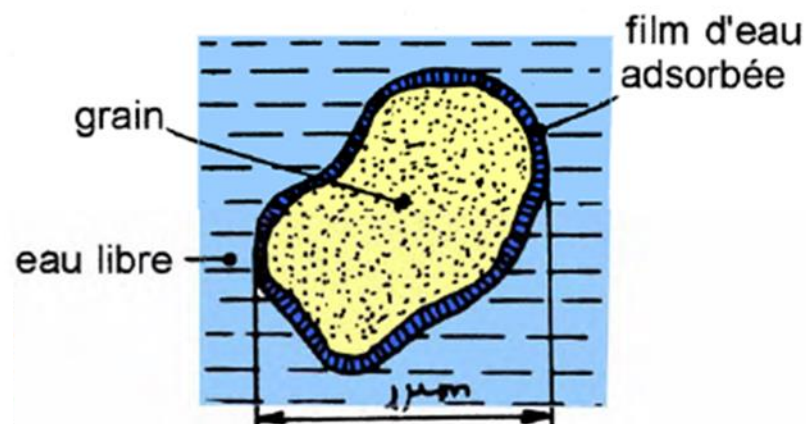
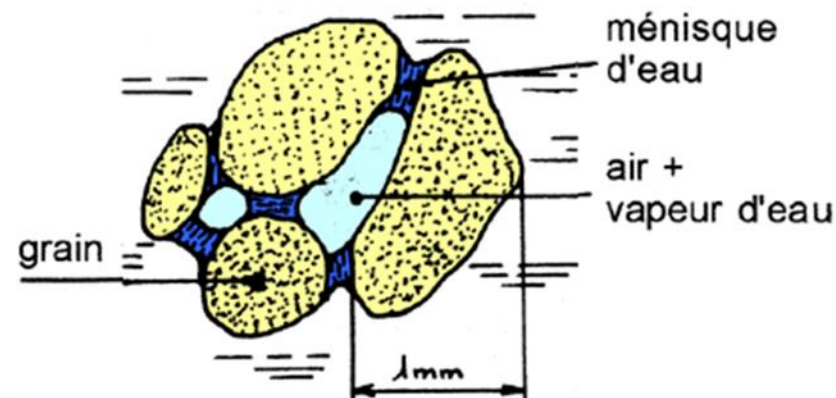
+

gaz

effet de la taille

libre, capillaire, adsorbée

air + vapeur d'eau

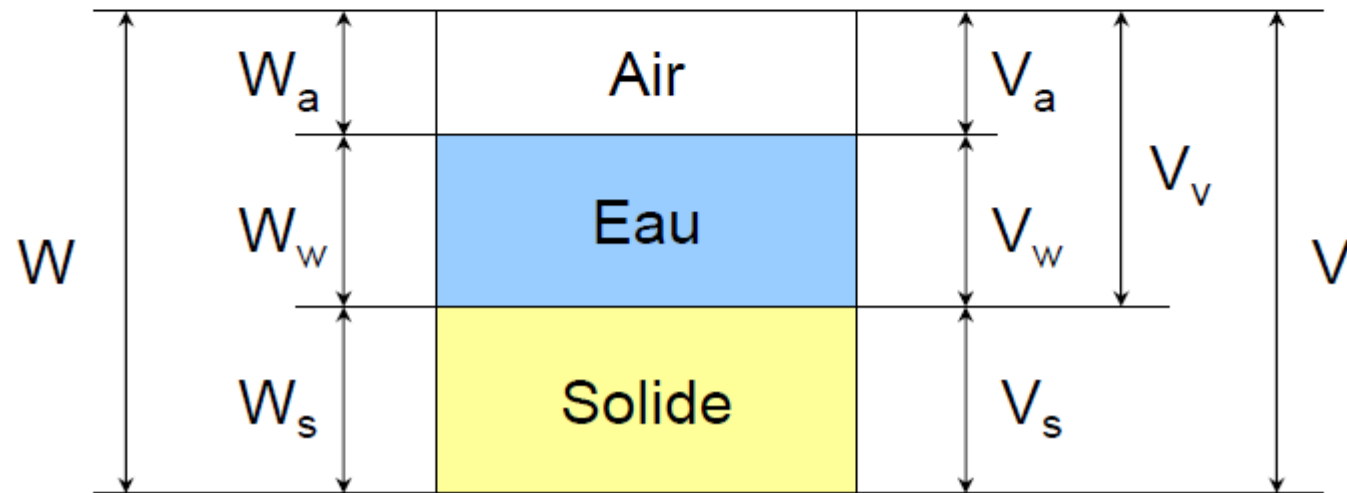


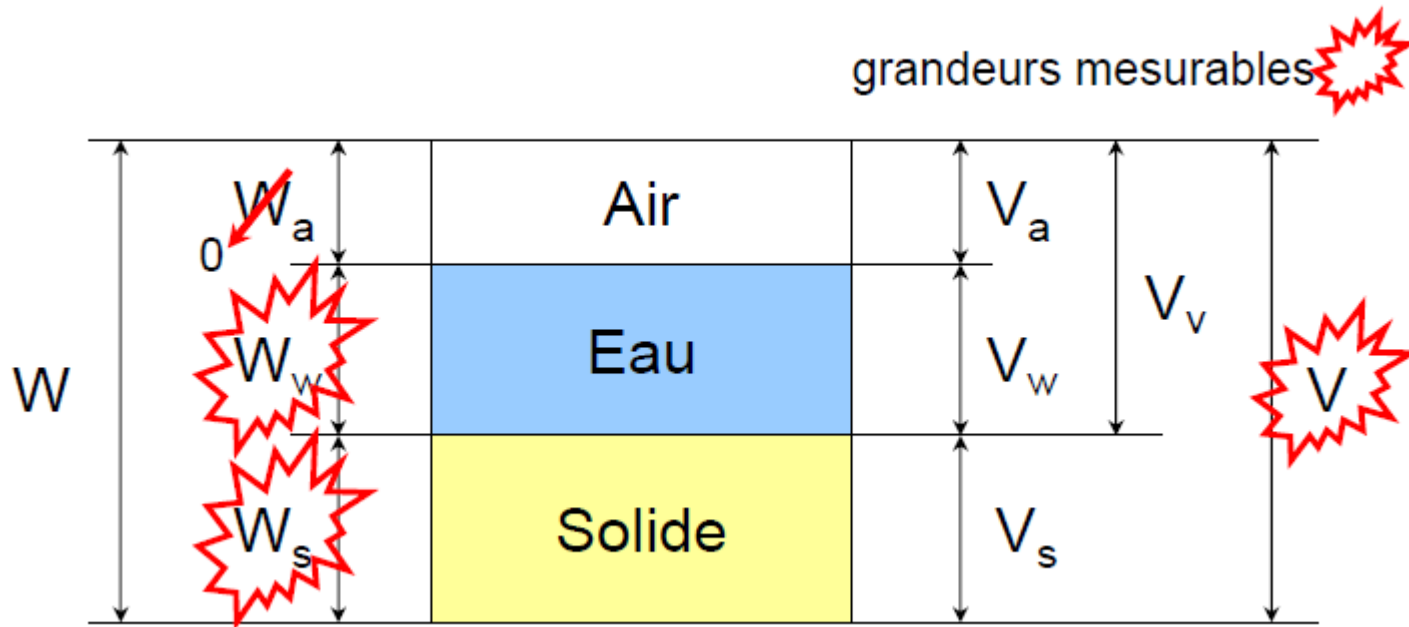
2.1 Description

Existence de trois phases \rightarrow *définition de paramètres caractéristiques des sols*

Représentation schématique

- *volume élémentaire de sol*
- *trois phases séparées*
- *volumes et poids de chacune des phases*





W : poids total du sol

W_s : poids des particules solides

W_w : poids de l'eau

$$W = W_s + W_w$$

V : volume total (apparent)

V_s : volume des particules solides

V_v : volume des vides entre les particules

V_w : volume de l'eau

V_a : volume de l'air

$$V_v = V_w + V_a$$

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$

Paramètres dimensionnels → *poids volumiques*

Poids volumique...

- des grains solides $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

- du sol sec $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

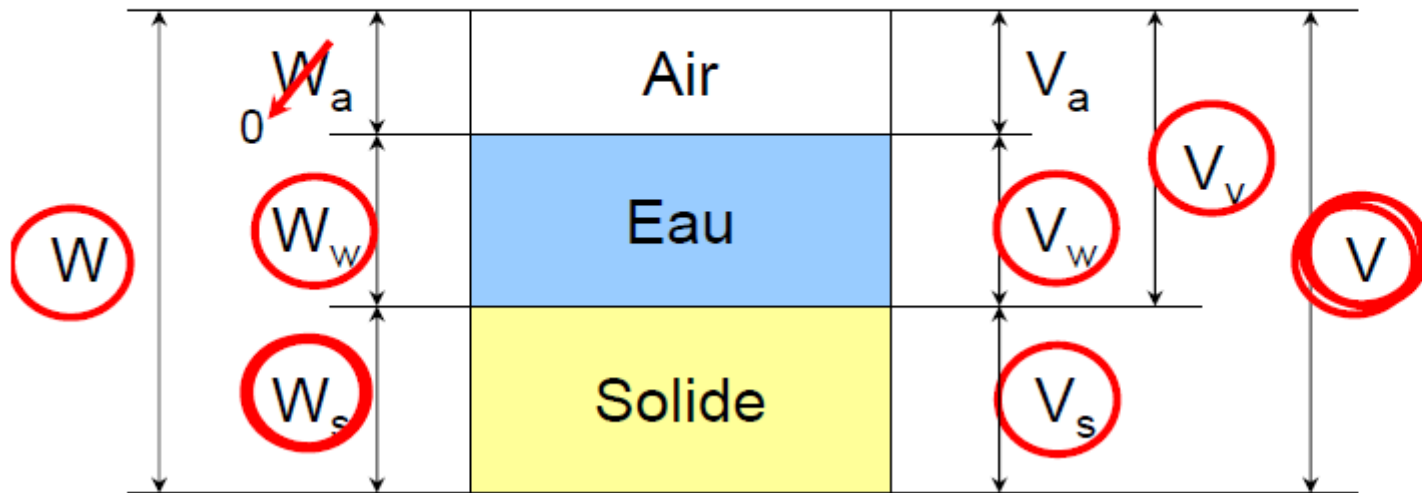
- de l'eau $\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$

- du sol saturé

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{W_s + \gamma_w \cdot V_v}{V} = \frac{W_{\text{sat}}}{V}$$

- total (du sol) $\gamma = \frac{W}{V}$

- du sol déjaugé $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$



Paramètres sans dimension → caractérisation de l'état du sol

relations volumiques

- porosité $n = \frac{V_v}{V}$

- indice des vides $e = \frac{V_v}{V_s}$

- degré de saturation $s_r = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100$

- teneur en eau

$$w = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100$$

relation pondérale



2.2 Relations entre les paramètres

Les paramètres physiques définissent l'état d'un sol

- état de compressibilité \rightarrow *poids volumique* $\gamma_s \approx \text{constant (26,5 kN/m}^3\text{)}$
- quantité d'eau \rightarrow *w ou S_r*
- quantité de vides \rightarrow *e ou n*

La caractérisation d'un sol nécessite 3 paramètres indépendants

- utilisation d'un diagramme de phases
- utilisation d'un formulaire \rightarrow *relations entre caractéristiques physiques*

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad e = \frac{n}{1 - n}$$

$$[1] \quad n = \frac{V_v}{V} \quad *$$

$$[2] \quad n = \frac{e}{1+e}$$

$$[3] \quad n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$$

$$[4] \quad n = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_s - \gamma_w}$$

$$[5] \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad *$$

$$[6] \quad e = \frac{n}{1-n}$$

$$[7] \quad e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$[8] \quad e = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}$$

$$[9] \quad w = \frac{W_w}{W_s} \quad *$$

$$[10] \quad w = e \cdot S_r \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$$

$$[11] \quad w = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1$$

$$[12] \quad w = S_r \cdot \gamma_w \cdot \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right)$$

$$[13] \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} \quad *$$

$$[14] \quad S_r = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{w}{e}$$

$$[15] \quad S_r = \frac{w}{w_{sat}} \quad (\gamma_d \text{ constant})$$

$$[16] \quad \gamma = (1+w) \cdot \gamma_d$$

$$[17] \quad \gamma = \gamma_d + n \cdot S_r \cdot \gamma_w$$

$$[18] \quad \gamma = (1-n) \cdot \gamma_s + n \cdot S_r \cdot \gamma_w$$

$$[19] \quad \gamma = \frac{1+w}{1+e} \cdot \gamma_s$$

$$[20] \quad \gamma = \frac{\gamma_s + e \cdot S_r \cdot \gamma_w}{1+e}$$

$$[21] \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e}$$

$$[22] \quad \gamma_d = (1-n) \cdot \gamma_s$$

$$[23] \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad *$$

$$[24] \quad \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$$

$$[25] \quad \gamma' = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot (1-n)$$

$$[26] \quad \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \cdot \gamma_d$$

2.3 Détermination des caractéristiques physiques

Essais d'identification

- connaissance du sol
- paramètres nécessaires à leur classification

↪ *3 paramètres indépendants*

- essais en laboratoire
- dispersion des mesures (plusieurs essais)

2.3.1 Teneur en eau w

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

2 pesées : avant et après étuve à 105°C

- *poids total*
- *poids solide*

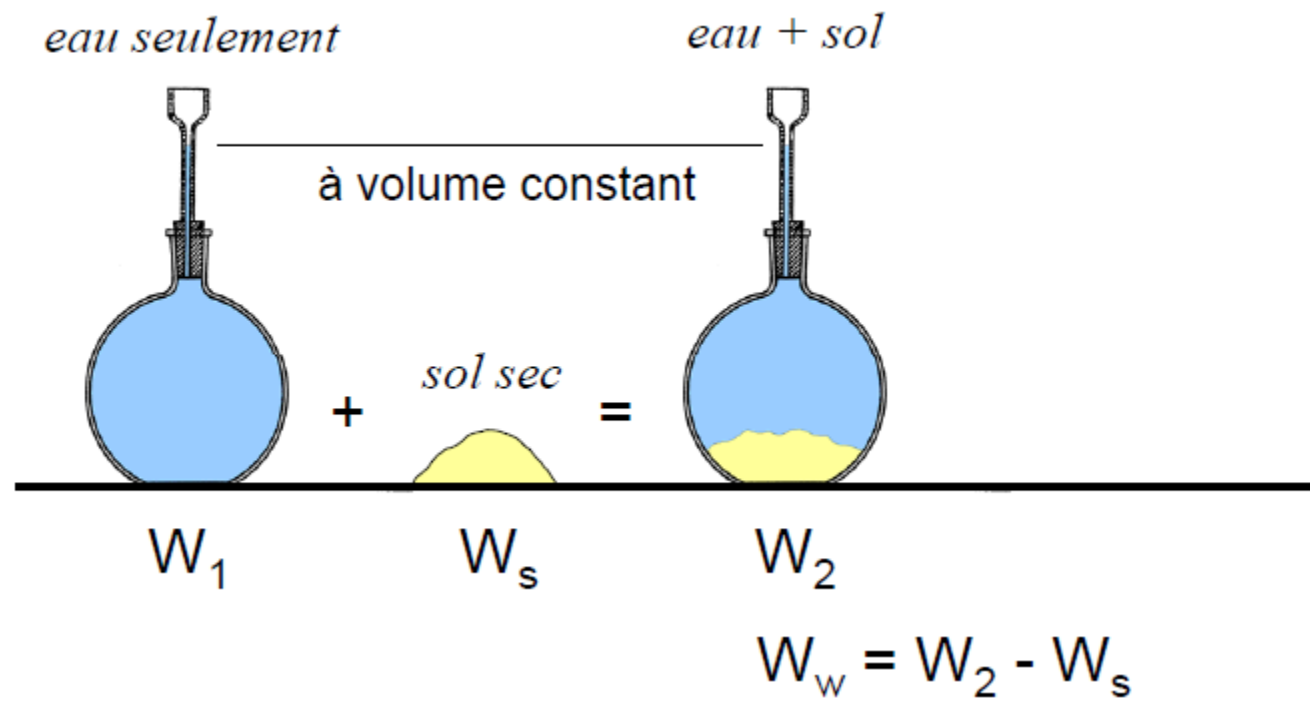
2.3.2 Poids volumique γ

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

→ détermination
de W et V

↪ *3 méthodes*

- immersion dans l'eau
- trousse coupante
- moule



$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{V_{\text{tot}} - V_w} = \frac{W_s}{W_1 - (W_2 - W_s)} \cdot \gamma_w$$

\downarrow
 $\frac{W_1}{\gamma_w}$

\downarrow
 $\frac{W_w}{\gamma_w}$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_1 + W_s - W_2} \cdot \gamma_w$$

3- Caractéristiques dimensionnelles

3.1 Forme

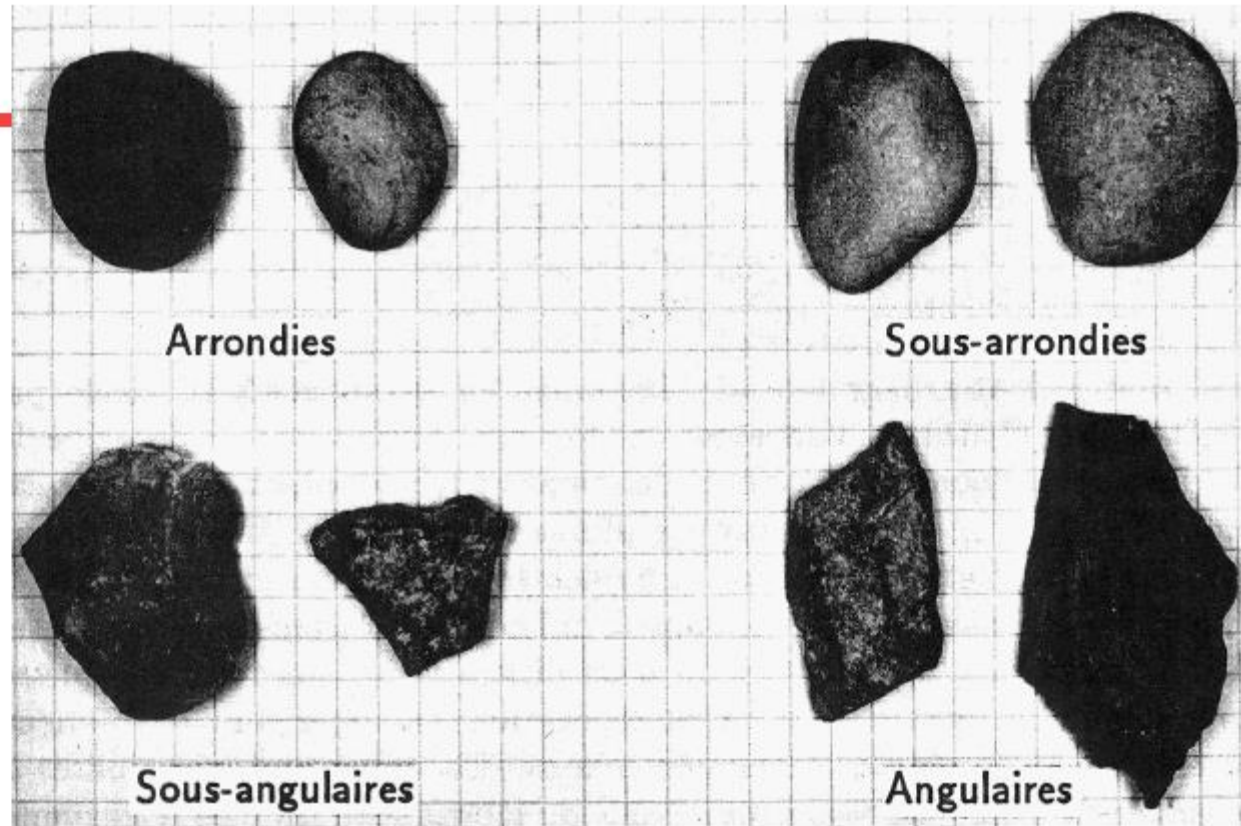
3.2 Dimensions

3.3 Caractéristiques granulométriques

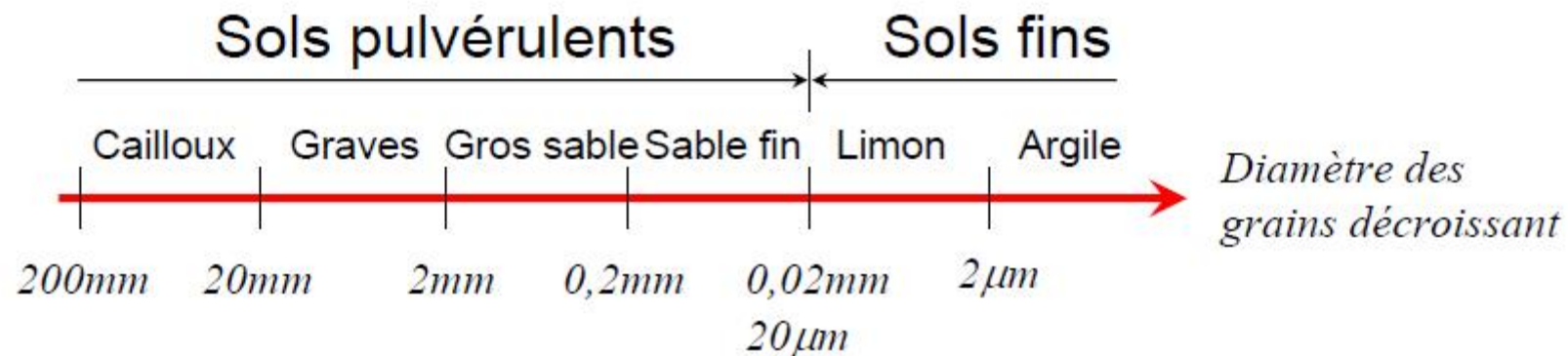
3.3.1 *Courbe granulométrique*

3.3.2 *Surface spécifique*

3.1 Forme



3.2 Dimensions



3.3 Caractéristiques granulométriques

3.3.1 Courbe granulométrique

- Les grains d'un sol ont des dimensions variables → *quelques μm à quelques dizaines de cm*
- Granulométrie → *distribution massique des grains suivant leur dimension*

└→ technique d'obtention différente selon le type de sol

- Sol pulvérulent : tamisage

- *jusqu'à 40 ou 80 μm*
- *utilisation de passoires et de tamis*

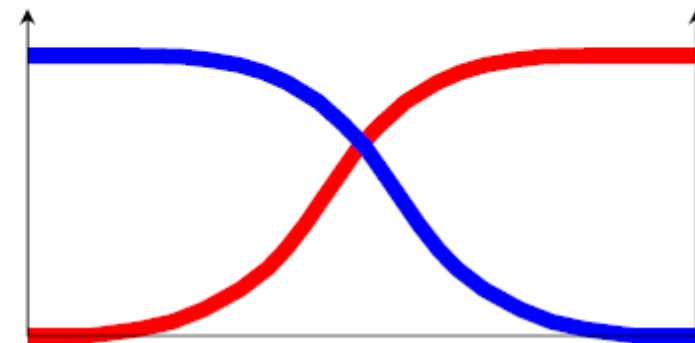
trous circulaires ←
mailles carrées ←

- *à sec pour les gros grains*
- *sous eau pour les matériaux cohérents*

- Sol fins : sédimentométrie
ou granulométrie laser

Tamisat
(passant)

Refus



Log diamètre des grains

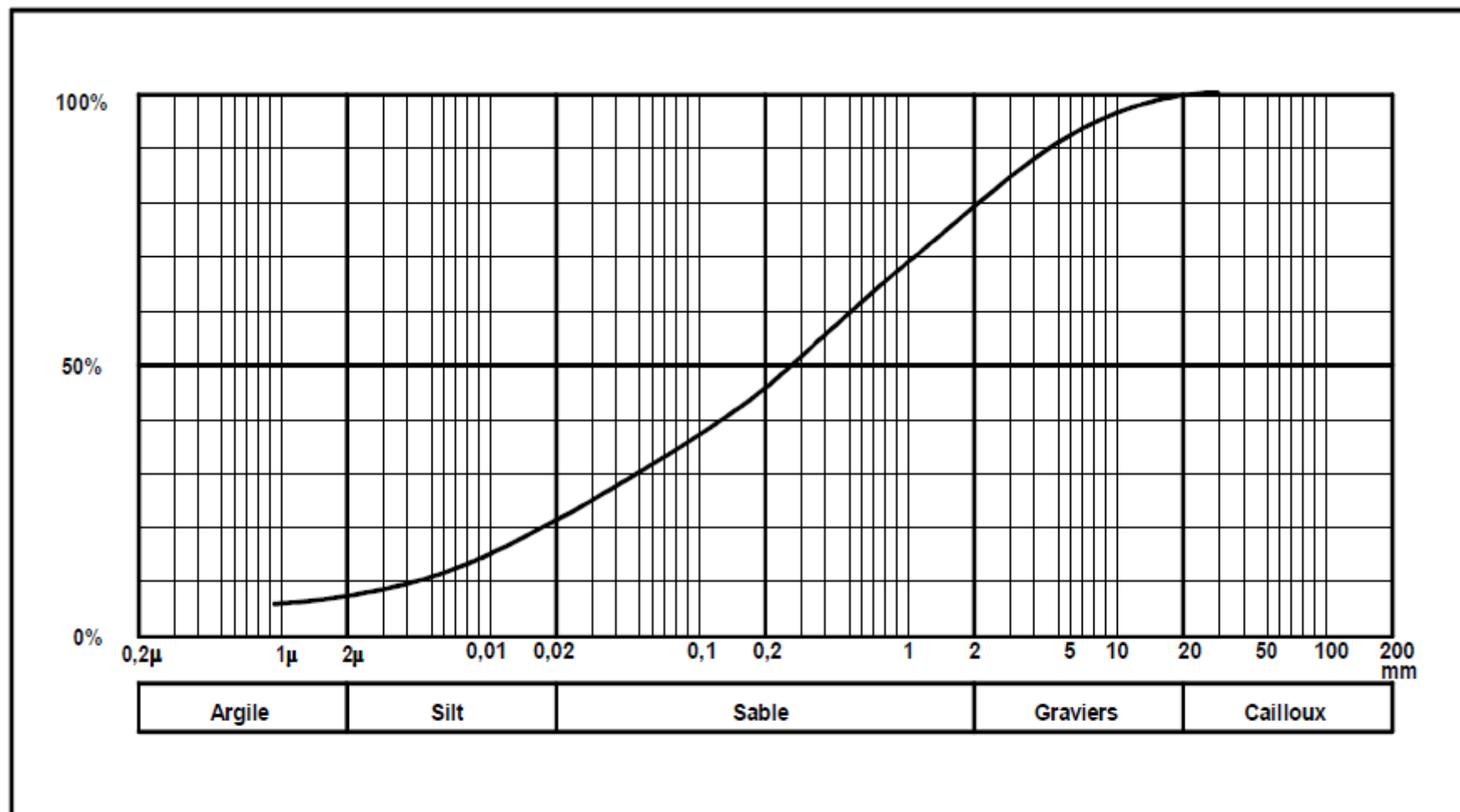
La courbe granulométrique représente le pourcentage en poids des grains de dimension inférieure à D en fonction de la dimension D d'un grain. On l'obtient par tamisage pour les grains de dimension supérieure à $80\text{ }\mu\text{m}$ et par densimétrie pour les grains de dimension inférieure à $80\text{ }\mu\text{m}$. En densimétrie, D est le diamètre d'une sphère de même poids que le grain. En tamisage c'est la maille du tamis.

Soit D_x la dimension de grain correspondant à $x\%$ en poids de tamisat (ce qui passe au travers du tamis).

On appelle coefficient d'uniformité (ou de HAZEN) le rapport D_{60}/D_{10} .

Un sol tel que $D_{60}/D_{10} < 3$ est dit à granulométrie uniforme ; un sol tel que $D_{60}/D_{10} > 3$ est dit à granulométrie étalée.

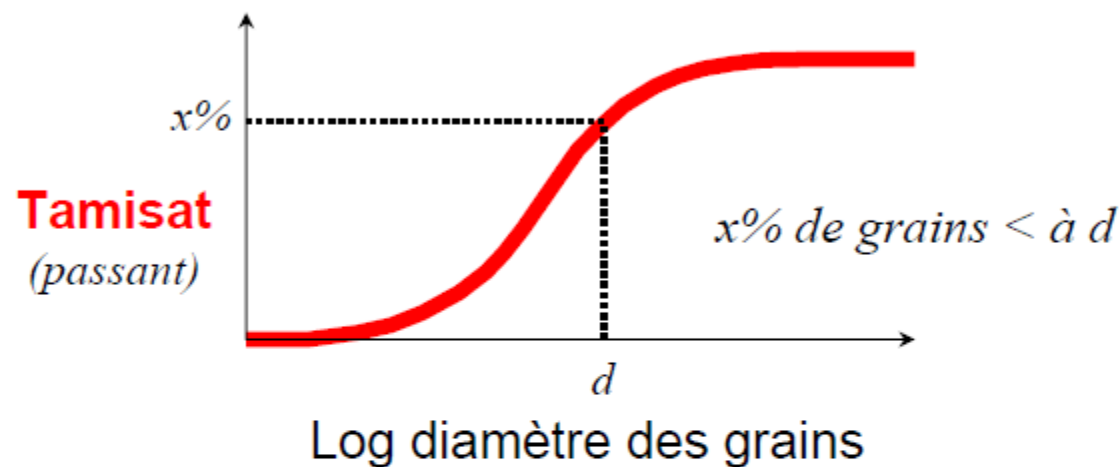
Par exemple, sur la courbe de la figure 2 ci-après : $D_{60} = 0,5\text{ mm}$ et $D_{10} = 4\text{ }\mu\text{m}$. D'où $D_{60}/D_{10} = 125$.



courbe granulométrique

- Courbe granulométrique → représentation graphique donnant :

- la masse de tamisat cumulé (en %) échelle arithmétique
- le diamètre des particules échelle logarithmique



- Caractérisation de la granulométrie d'un sol → utilisation de coefficients

coefficient d'uniformité

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

$C_u > 2 \rightarrow$ granulométrie étalée

$C_u < 2 \rightarrow$ granulométrie uniforme ou serrée

coefficient de courbure

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

sols bien gradués
→ matériaux plus denses

