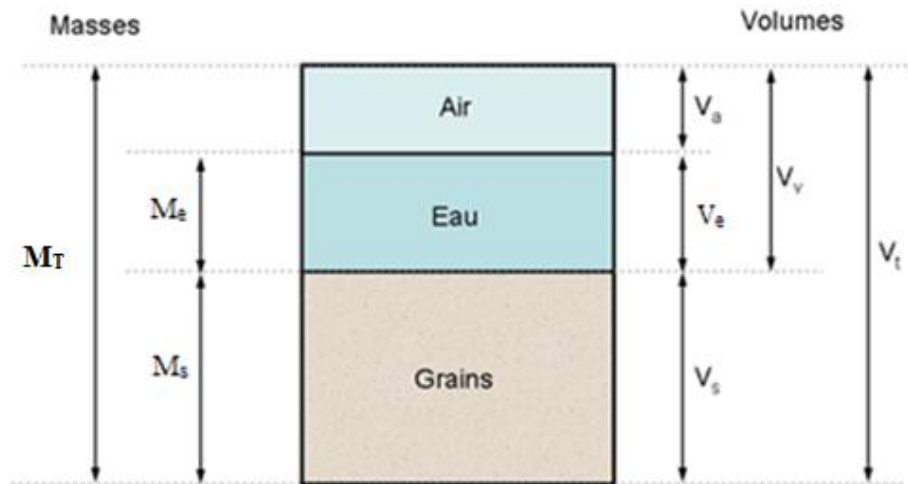


TD n°4: Relations massiques et volumiques entre les trois phases du sol

Le sol est un système complexe constitué de 3 phases = solide, liquide et gazeuse.

- La phase solide, c'est la matrice du sol, elle est constituée d'ensembles de particules de taille, de forme et d'orientation variables.
- Les phases liquides et gazeuses occupent le volume des vides inter-particulaires.

Dans la réalité, il est bien sûr impossible de séparer les 3 phases, mais pour exprimer quantitativement leurs proportions, nous les considérerons d'une manière arbitraire et schématique comme des constituants indépendants (voir figure).



M_T : masse totale

M_e : masse de l'eau

M_s : masse des solides

$M_T = M_e + M_s$ car la masse de l'air est négligeable

V_T : volume total

V_s : volume de solide

V_e : volume d'eau

V_a : volume d'air

V_v : volume de vides ($= V_a + V_e$)

$V_T = V_s + V_v = V_s + V_a + V_e$

I- VALEURS CARACTERISTIQUES : NOTION D'EAU UTILE

- 1- **Capacité au champ (c)** : correspond à l'eau retenue (capillaire+liée) par le sol après une période de pluie et un ressuyage de deux ou trois jours.

NB: La capacité au champ (c) dépend des caractéristiques du sol: porosité, perméabilité et granulométrie

- Les plantes commencent par utiliser la RFU puis la RDU (elle diminue alors son activité d'évapotranspiration pour survivre) mais il arrive un moment **où la force de rétention ca excède la force maximale de succion des racines (15 bars)**

2- Point de flétrissement permanent (f): correspond à la valeur limite de l'eau liée, donc non absorbable par les racines **au seuil où l'humidité du sol ne permet plus à la plante de prélever l'eau dont elle a besoin**, car la réserve utile en eau du sol a été entièrement consommée. La plante **flétrit** alors puis **meurt** si ce taux d'humidité perdure.

3- L'eau utile : La réserve utile en eau d'un sol (RU) : est la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante.

La RU est autrement dit la différence entre l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement. $RU = c - f$

La RU est composée pour 2/3 de RFU (Réserve Facilement Utilisable) et pour 1/3 de RDU (Réserve Difficilement Utilisable ou réserve de survie).

II- RELATIONS MASSIQUES ET VOLUMIQUES ENTRE LES TROIS PHASES DU SOL

1) La porosité p

La porosité totale est égale à la proportion de volumes de vides dans le volume total du sol. Si on multiplie la fraction $v V_v/V_T$ par 100, on obtient un résultat en pourcentage. Sinon, ce rapport est compris entre 0 et 1.

$$p = \frac{V_v}{V_T} = \frac{V_e + V_a}{V_T} = \frac{V_T - V_s}{V_T} = 1 - \frac{V_s}{V_T}$$

- **Stock d'eau :** Pour un sol d'épaisseur d(mm), l'emménagement en eau maximum, exprimé en hauteur équivalente d'eau est: **$S_{max} = p \cdot d$ (mm)**

2) La teneur en eau massique (θ_m)

C'est le rapport entre la masse d'eau contenue dans le sol et la masse de solide (masse du sol sec). Elle s'exprime en %

Le sol sec est défini de façon standard comme l'état du sol séché à une température de 105°C.

$$\theta_m = \frac{M_e}{M_s} \times 100 \quad \text{Cette valeur varie entre 0 et p.}$$

3) Teneur en eau volumique (θ_v)

C'est le rapport entre le volume d'eau du sol et le volume total (volume des trois phases) du sol ou volume apparent.

$$\theta_v = \frac{V_e}{V_T}$$

Pour un sol d'épaisseur d (mm), la teneur en eau volumique, exprimée en hauteur d'eau équivalente est: **$S_e = \theta_v \cdot d$ (mm)**

4) Indice(ou degré) de saturation

C'est le rapport entre le volume d'eau et le volume des vides : **$S = V_e/V_v$.**

Si $S=1$, le sol est complètement saturé, Si $S=0$, le sol est sec

5) **Masse volumique (spécifique) des solides (Densité réelle) :** $D = \frac{M_s}{V_s}$ (kg/m^3 ou g/cm^3)

6) **Masse volumique (spécifique) du sol sec (Densité apparente)** $D' = \frac{M_s}{V_T}$ [Conventionnellement sans unité]

7) **Relation entre la porosité et les densités réelle et apparente du sol**

$$\frac{D'}{D} = \frac{V_s}{V_T} = \frac{V_T - V_v}{V_T} = 1 - p$$

$$P = \frac{(D - D')}{D} \quad P(\%) = \frac{(D - D')}{D} \times 100$$

NB : On peut démontrer en exercice

8) **Indice des vides :** C'est le rapport entre le volume des vides et le volume de la matière solide : $e = \frac{V_v}{V_s}$

9) **Relation entre la porosité et l'indice des vides :** Il existe une relation entre la porosité et l'indice des vides

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{p \cdot V_T}{V_T - V_v}$$

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{p} - \frac{V_v}{p \cdot V_T} = \frac{1}{p} - 1$$

Donc :

$$e = \frac{p}{1 - p} \quad \text{et} \quad p = \frac{e}{1 + e}$$

NB : On peut démontrer en exercice

Exercice d'application :

La masse totale d'un échantillon de sol humide et d'un récipient est de 52,53 g. Après séchage, la masse totale est de 42,43 g. La masse du récipient est de 30,50g. Le volume total de l'échantillon est 14,36 cm³. Le volume de solides est 4,26 cm³.

A : Quelle est la teneur en eau massique du sol ?

B : Quelle est la masse spécifique du sol ?

C : Quelle est la masse spécifique du sol sec ?

D : Quelle est la masse spécifique des solides ?

E : Quel est l'indice des vides ?

F : Quel est le degré de saturation ?

G : De quelle sorte de sol s'agit-il ?