

*Université Ferhat Abbas Sétif 1*  
*Institut d'Architecture et des Sciences de la Terre,*  
*Département des sciences de la Terre*  
*L3 : HYDROGEOLOGIE APPLIQUÉE*

**Mr : Kerboub Djawhar**

*Année Universitaire : 2019-2020*

*Matière : TD FORAGE D'EAU MESURES ET PROCEDES*

Semestre :2

**Travaux dirigés**

- 1- Essai de perméabilité : (loi de darcy, perméamètre à charge variable et constante).
- 2- Elaboration d'un programme complet de forage (reconnaissance, équipement, exploitation).
  - 2.1- Choix des tubages
  - 2.2- Choix de l'équipement de captage : tubes, crépines,
  - 2.3- Choix de la pompe

**Références bibliographiques :**

- Detay, M. (1993).** Le forage d'eau, réalisation, entretien et réhabilitation. Masson, 379 p. -  
**MabillotA (1971).** Le forage d'eau, Guide pratique. Naintre : Crépines Johnson-France SA. 237p. -  
**Marsily, G. de (1981).** Hydrogéologie Quantitative. Masson, Paris, 214 p. - **Person J (1980).** Le forage d'eau, guide pratique des maitres d'ouvrage. Bureau de recherches géologiques et minières. Orléans : BRGM. 40p.

## **-1. Mesure en laboratoire et mesure en place des coefficients de perméabilité (Essais d'eau).**

Vue l'anisotropie des sols et roches et le rôle joué par les fissures, diaclases et autres discontinuités de toutes sortes. Des roches dont la matrice est imperméable se comportent souvent à l'échelle de l'hydrologie et des travaux de génie civil comme des terrains perméables, tout le débit passant par les discontinuités du sol. C'est ce qui conduit à distinguer:

**-1.1. La perméabilité en petit:** mesurable par des essais de laboratoires ou des essais ponctuels in situ (Les tests locaux: utiles pour reconnaître les propriétés hydrauliques de la formation. Ils sont souvent qu'un préliminaire à un essai de pompage à grande échelle.

**-1.2. La perméabilité en grand:** mesurable par certains essais in situ (Les tests à grande échelle ou essais de pompage ). Le pompage se produit durant des jours dans un puits spécialement conçu (puits de pompage) tandis que la charge hydraulique est mesurée dans de petits puits (piézomètres).

Les essais de pompages peuvent être

**- Permanents:** on obtient alors la perméabilité seulement.

**- Transitoires:** dans ce cas, on obtient la diffusivité hydraulique et donc une information sur l'emmagasinement.

### **-La perméabilité en petit**

**-1.1.1. Les formules empiriques:** En marge de l'évaluation directe en laboratoire de la perméabilité, il existe des formules empiriques et des valeurs préétablies de K pour les différents sols.

**-1.1.1. 1. La formule empirique A. Hazen (1911):** A. Hazen a proposé de relier d'une manière empirique le coefficient de perméabilité  $K$  et le diamètre efficace  $D_{10}$  comme suit:  $K = C \cdot D_{10}^2$  avec :

$K$  en cm / s et  $D_{10}$  en cm

- $C$  est de 100 pour les sables de densité moyenne et de 25 pour les graviers de dimensions moins de 15mm;

- $C$  est de 100 à 150 pour des sables d'uniformité élevée  $C_u < 2$

- En général on prend une moyenne avec  $C = 100$ .

**-1.1.1. 2. La formule empirique de Casagrande:** pour les sols à gros éléments  $>1$ mm dont les grains sont supposés cubiques, on peut exprimer la perméabilité en fonction de l'indice des vides  $e$ .

$$K = 1.4 K_{0.85} e$$

$K_{0.85}$  Est la perméabilité pour  $e = 0.85$

**-1.1.1. 3. La formule empirique de Kozeney et Karman:** Kozeney et Karman ont suggéré que:

$$K = 1.5 \cdot 10^6 \cdot \left[ \frac{e^3}{(1+e)} \cdot \rho_s^2 \cdot S_m \right]$$

$e$ : l'indice des vides;

$\rho_s$ : Masse volumique du solide  $\text{kg/ m}^3$  ;

$S_m$  : surface spécifique des matériaux  $\text{m}^2/ \text{kg}$

**La perméabilité au laboratoire peut être estimée à partir de la granulométrie (relation de A. Hazen).**

## L'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique d'un échantillon de sol consiste à déterminer le pourcentage en masse des particules ayant une certaine dimension.

- L'analyse granulométrique du sol grossier (diamètre  $>0.075\text{mm}$ ) se fait par tamisage.
- L'analyse granulométrique du sol fin se fait par sédimentation.

### L'analyse granulométrique par tamisage Mode Operatoire

Un échantillon de terre sec de masse  $M_{\text{tot}}$  est secoué mécaniquement à travers une série de tamis à mailles carrées avec des ouvertures successivement plus petites du haut vers le bas. Les grosses particules sont piégées au dessus de chaque tamis tandis que les petites particules peuvent traverser.



## Résultat et interprétation

A la fin de l'essai:

- La **masse** de particules retenues sur chaque tamis est mesurée ( $M_i$ ).
- Le **pourcentage de particules retenues** à chaque tamis est calculé:

$$\% \text{ retenues} = (M_i / M_{\text{tot}}) \times 100$$

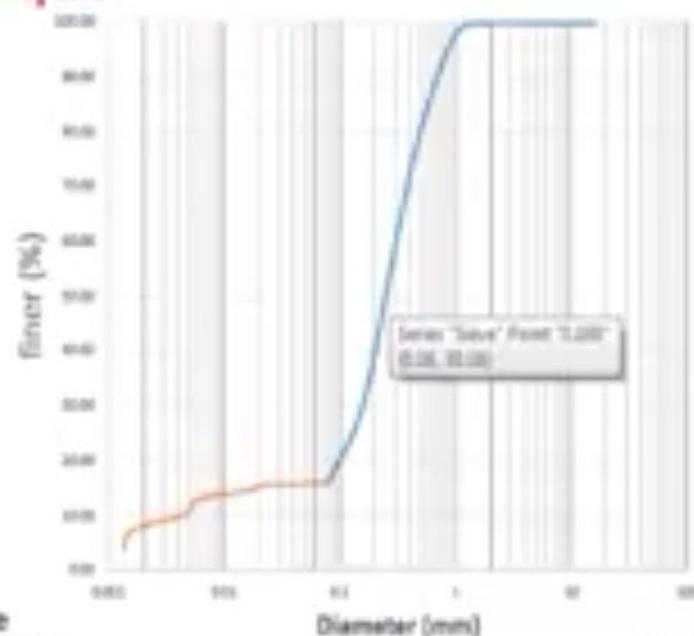
- Déterminer le **pourcentage de passant** en commençant par 100% et en soustrayant le pourcentage de retenu cumulé au niveau de chaque tamis.

## Courbe granulométrique

Les résultats sont affichés dans un diagramme de fréquence cumulée:

**Courbe granulométrique.**

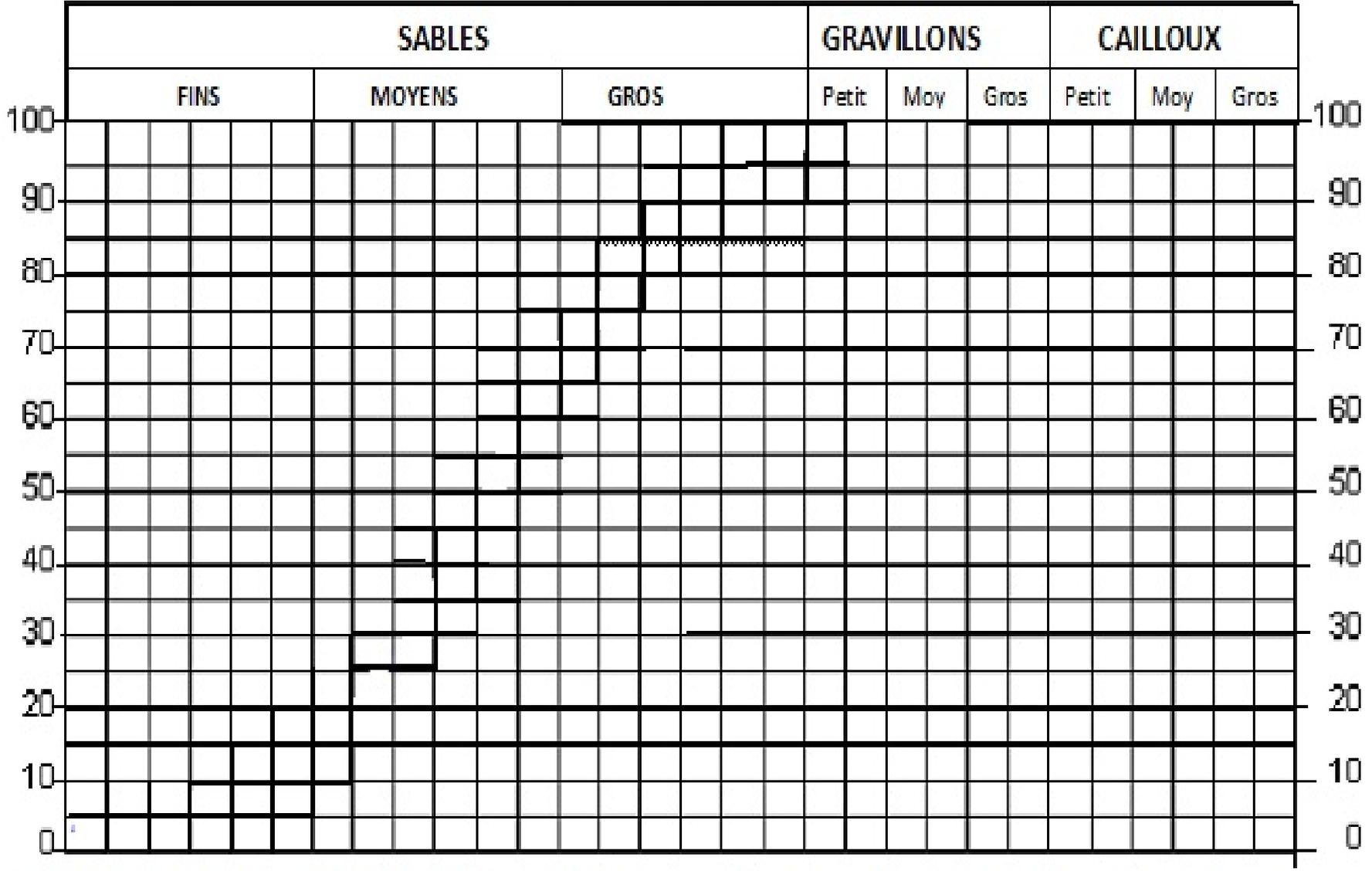
- En **abscisse** il y a le diamètre des particules à **l'échelle logarithmique**.
- En **ordonnée** il y a le pourcentage de passant à l'échelle arithmétique.



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Papier semi logarithmique pour tracer la courbe granulométrique

Tamiset (%)



Tamis (mm)

0.080	0.125	0.200	0.315	0.50	0.80	1.25	2.00	3.15	5.00	8.00	12.5	20	31.5	50	80
0.100	0.160	0.25	0.40	0.53	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	10	15	25	40	63	

# L'analyse granulométrique par tamisage:

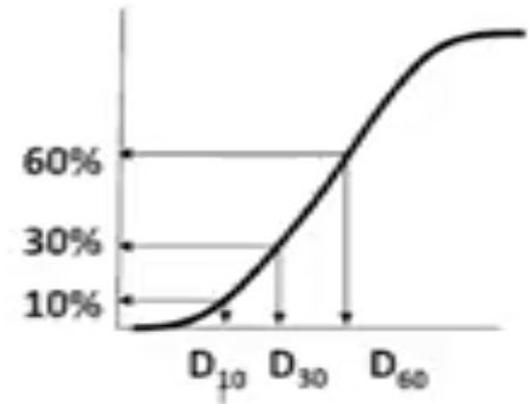
## Courbe granulométrique

Généralement  $D_x$  représente l'ouverture de tamis ayant  $x\%$  de passant.

Deux coefficients sont définis pour caractériser le sol sur la base des dimension des particules.

$C_u = D_{60}/D_{10}$  Coefficient d'uniformité

$C_c = D_{30}^2 / (D_{60}D_{10})$  Coefficient de courbure



### • Exercice I :

- Les résultats de l'essai d'analyse granulométrique d'un matériau sont présentés dans le tableau ci-dessous

- Quel est l'intérêt de la courbe granulométrique ?
- Calculer les tamisât en % pour tous les diamètres et déduire le refus pour chaque diamètre
- Dessiner sous échelle appropriée la courbe granulométrique (courbe des tamisât)

Essayer manuellement et on utilisant Mc Excel

- Commenter la courbe granulométrique et donner la classe granulaire de ce matériau et sa nature
- Calculer les différents coefficients
- Calculer la perméabilité à partir de la granulométrie ( relation de A. Hazen).

Maille des tamis en (mm)	Tamisât Cumulés
	En poids (g)
8	2000
5	1900
2.5	1720
1.25	1300
0.63	860
0.315	500
0.16	200
0.08	40