CH IV TD

Ouvrages de protection contre l'érosion dans les cours d'eau

H. Bouchelkia

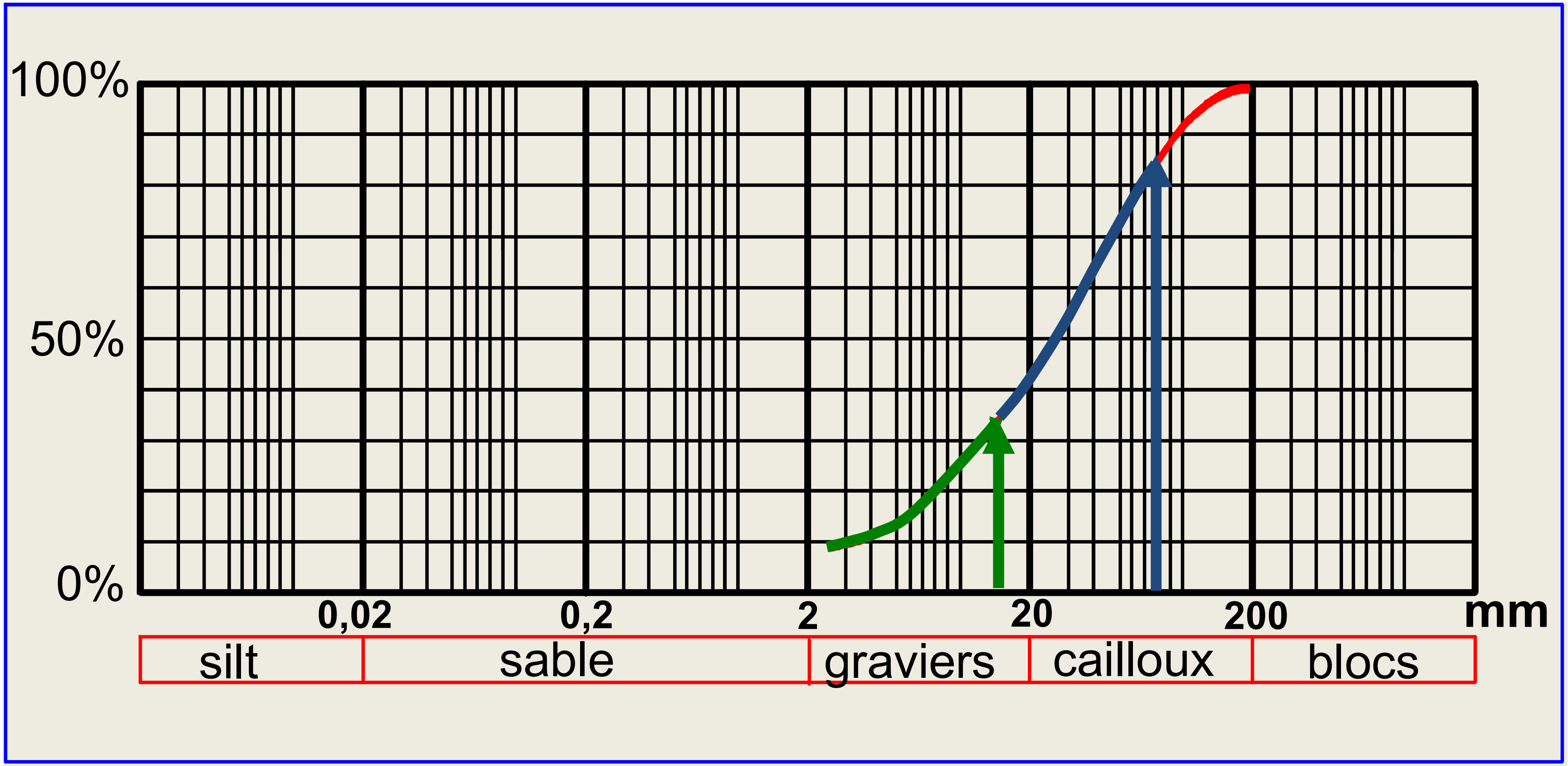
Application 1

Soit une rivière de pente *0,2 %*
et de profondeur du lit mineur *3 m.*

Quelle est la taille des grains transportés en crue ?

Application 1

Soit une rivière de pente *0,2 %*
et de profondeur du lit mineur *3 m.*



Début du charriage pour : $\tau^* = y.i / 1{,}6.d = 0{,}047 \Rightarrow d = 8 \;\; cm$

Début de la suspension pour : $\tau^* = 0{,}25 \Rightarrow d = 1{,}5 \;\; cm$

Application 2

Soit une rivière de pente $i=0,2\ \%$,
de profondeur du lit mineur $3\ m$,
de largeur $L=20\ m$,
de Strickler $K=25$,
coulant sur un sable $d=3\ mm$.

Pour un débit donné, y-a-t'il transport solide ?

Application 2

Soit une rivière de pente $i=0,2\ \%$,
de profondeur du lit mineur $3\ m$,
de largeur $L=20\ m$,
de Strickler $K=25$,
coulant sur un sable $d=3\ mm$.

Le débit mesuré est $Q=90\ m^3/s$.

$$y = \left(\frac{Q}{K.L\sqrt{i}} \right)^{3/5} = 2,3m$$

$$\tau^* = \frac{y.i}{1,6.d} = 0,096 \Rightarrow$$

charriage (avec dunes)

Application 3

Un Oued très large (R_h=y) considéré rectangulaire de pente de l'Oued est I=0,001; le coefficient de frottement λ=0,04; La masse volumique de l'eau ρ=1000Kg/m^3, La masse volumique des sédiments ρ_s=2700Kg/m^3, d_{50}= 4,5mm

a) Monter que la force tractrice de l'écoulement est $\tau_o = \frac{1}{8}\rho \cdot \lambda \cdot V^2$

b) Si la contrainte critique des matériaux de fond est $\tau_{cr} = 0{,}047 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_{50}$; à partir de quelle vitesse d'écoulement, il y'aura début de charriage.

c) Si le coefficient de Chézy C=44,17, le tirant d'eau h=0.41m et la largeur du cours d'eau b=12m.

- Y a-t-il charriage dans ces conditions ?
- Si Oui, déterminer le débit de charriage (par unité de largueur q_s(kg/s.m) et Qs(kg/s))

On donne : $q_s = 0{,}85 \cdot (\tau_o - \tau_{cr})^{3/2}$ Avec $\tau_o = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot I$

Un Oued très large (R_h=y); I=0,001; λ=0,04; ρ=1000Kg/m^3, ρ_s=2700Kg/m^3, d_{50}= 4,5mm

a) Monter que la force tractrice de l'écoulement est $\tau_o = \frac{1}{8}\rho \cdot \lambda \cdot V^2$

On sait que : $\tau_o = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot I \Longrightarrow I = \frac{\tau_o}{\rho \cdot g \cdot R_h} \cdot \cdots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots$ (1)

et la perte de unitaire : $J = \frac{\lambda \cdot L}{4R_h} \cdot \frac{V^2}{2g}$ (Darcy weisbach)

D'où la perte de charge unitaire $j = \frac{J}{L} = \frac{\lambda}{4R_h} \cdot \frac{V^2}{2g}$................(2)

En régime uniforme $I = J \Longrightarrow (1) = (2)$

$$\frac{\tau_o}{\rho \cdot \cancel{g} \cdot \cancel{R_h}} = \frac{\lambda}{4\cancel{R_h}} \cdot \frac{V^2}{2\cancel{g}} \Longrightarrow \boxed{\tau_o = \frac{1}{8}\rho \cdot \lambda \cdot V^2}$$

b) Vitesse ou il y'aura début de charriage

Si la contrainte critique

$$\tau_{cr} = 0.047 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_{50} = 0.047 \cdot 9{,}81 \cdot (2700 - 1000) \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-3}$$
$$= \boxed{3{,}527\ N/m^2}$$

Pour qu'il y est charriage il faut que $\tau_o = \tau_{cr} = 3.527\ N/m^2$

$$avec\ \tau_o = \frac{1}{8}\rho \cdot \lambda \cdot V^2 \Longrightarrow V = \sqrt{\frac{8\tau_o}{\lambda \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 3.527}{0{,}04 \cdot 1000}} = \boxed{0{,}84\ m/s}$$

Donc le début de charriage aura lieu à partir de V=0,84m/s

c) déterminer le débit de charriage par unité de largueur q_s(kg/m²) Si le coef de Chézy C=44,17et le tirant d'eau h=0,41m

$$V = C\sqrt{RI} = 44{,}17 \cdot \sqrt{0{,}41 \cdot 0{,}001} = 0{,}89 m/s > 0{,}84\ \textit{donc il y'a charriage}$$

$$\tau_o = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot I \approx \rho \cdot g \cdot h \cdot I = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}41 \cdot 0{,}001 = \boxed{4{,}022\ N/m^2}$$

$$q_s = 0{,}85 \cdot (\tau_o - \tau_{cr})^{3/2} = 0{,}85 \cdot (4{,}022 - 3.527)^{3/2} = \boxed{17{,}63\ kg/s/m}$$

$$Q_s = q_s \cdot b = \boxed{211{,}56\ kg/s}$$

Application 4

La vitesse moyenne de l'écoulement d'un cours d'eau est donnée dans le tableau suivant:

Vitesse V (m/s)	**0,4**	**0,6**	**0,8**	**1**	**1,3**	**1,5**

La pente de l'Oued est I=0.001; le coefficient de frottement λ=0,035; La masse volumique de l'eau ρ=1000Kg/m^3, La masse volumique des sédiments ρ_s=2500Kg/m^3, d_{50}= 4,5mm

- Tracer la courbe de variation de la force tractrice τ_o en fonction de la hauteur d'eau h « τ_o=f(h) »
- Si la contrainte critique des matériaux de fond est $\tau_{cr} = 0{,}047 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_{50}$; à partir de quelle hauteur, il y'aura début de charriage.
- Si τ_0=4 N/m^2, déterminer le débit de charriage par unité de largueur q_s(kg/s/m)

Avec $q_s = 25 \cdot (\tau_o - \tau_{cr})^{3/2}$

On donne $\tau_o = \rho \cdot g \cdot Rh \cdot I$

a) Tracer la courbe de variation de la force tractrice τ_o en fonction de la hauteur d'eau h « τ_o=f(h) »

$$\tau_o = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot I \approx \rho \cdot g \cdot h \cdot I \Longrightarrow h = \frac{\tau_o}{\rho \cdot g \cdot I} \qquad avec\ \tau_o = \frac{1}{8}\rho \cdot \lambda \cdot V^2$$

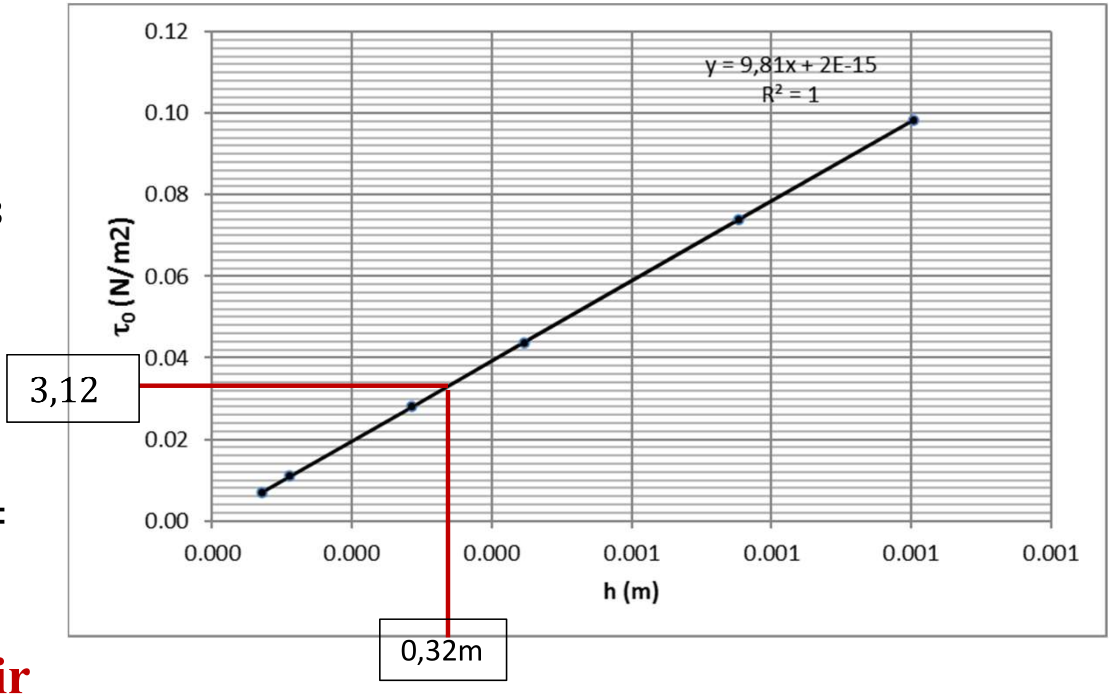
Vitesse V (m/s)	**0.4**	**0.5**	**0.8**	**1**	**1.3**	**1.5**
$\boldsymbol{\tau_o\ (N/m^2)}$	**0.70**	**1.09**	**2.80**	**4.38**	**7.39**	**9.84**
H (m)	**0.071**	**0.111**	**0.285**	**0.446**	**0.754**	**1.003**

b) Hauteur ou il y'aura début de charriage

Si la contrainte critique

$$\tau_{cr} = 0.047 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_{50}$$
$$= 0.047 \cdot 9{,}81 \cdot (2700 - 1000) \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-3}$$
$$= 3.117\ N/m^2$$

Par projection sur la courbe précédente on trouve h=0,32m



Ou directement $h = \frac{\tau_o}{\rho \cdot g \cdot I} = \frac{\tau_{cr}}{\rho \cdot g \cdot I} = \frac{3.527}{9.81} = 0{,}317m$

Donc le début de charriage aura lieu à partir de h=0,32m

c) Si τ_0=4 N/m^2, déterminer le débit de charriage par unité de largueur q_s(kg/m^2)

$$q_s = 25 \cdot (\tau_o - \tau_{cr})^{3/2} = 20{,}74\ kg/s/m$$

II. techniques de confortement de berges

Hamid BOUCHELKIA

Exercice 1: (Calcul de la taille de l'enrochement dans les canaux droits.) Déterminer la taille des enrochements requis pour stabiliser les berges d'une rivière droite compte tenu de la largeur de la rivière L = 300 m, de la profondeur de l'écoulement h = 7 m et de la pente du chenal de S = 60 cm/km. La pente de la berge est $\beta = 30°$, la densité de la roche s est 2,7 et l'angle de repos est $\varphi = 40°$.

Exercice 2:

Dans une situation de conception, l'eau s'écoule parallèlement à un remblai en enrochement concassé (s=2,65), avec un angle d'inclinaison $\beta = 20°$.

(a) Si la contrainte de cisaillement est $\tau = 95{,}8\ N/m^2$, calculer la taille de l'enrochement donnant un facteur de stabilité égal à 1,5.

(b) Pour la même contrainte de cisaillement de conception $\tau = 95{,}8$ N / m2, déterminer le facteur de stabilité des roches de tailles de Dm = 0,15 m, est-il stable?.

(c) Déterminer la taille de l'enrochement Dm pour une pente latérale. L'angle de pente latérale $\beta = 20°$; roche très angulaire avec angle de repos $\phi = 40°$; vitesse du fluide au voisinage de l'enrochement Vr = 3,66 m/s; y = 3,05 m; S = 1,1 et $D_{85} / D_{15} = 2{,}0$.

(d) Comparer la taille calculée en (c) avec une taille d'enrochement calculée à l'aide de l'équation du Corps of Engineers des États-Unis.