

Transport sédimentaire et dynamique des paysages

Écoulement et transport de grains

Laurie Barrier, Eric Lajeunesse, François Métivier
barrier@ipgp.jussieu.fr, lajeunes@ipgp.jussieu.fr
metivier@ipgp.jussieu.fr

Automne-hiver 2007

Sommaire

1 La mesure de l'écoulement

Sommaire

- 1 La mesure de l'écoulement
- 2 Le calcul de la force de frottement

Sommaire

- 1 La mesure de l'écoulement
- 2 Le calcul de la force de frottement
- 3 Le seuil de mise en mouvement des grains

Sommaire

- 1 La mesure de l'écoulement
- 2 Le calcul de la force de frottement
- 3 Le seuil de mise en mouvement des grains
- 4 Mesure du transport



(a)



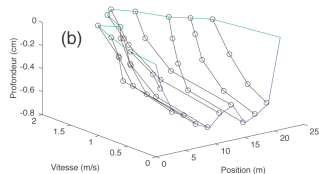
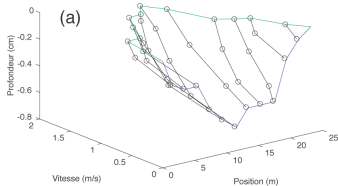
(b)



(c)

15/07P2 : Q = 5.7278, S = 8.05, P = 23.1625, R = 0.34754, V = 0.71152

19/07 P3 : Q = 10.6191, S = 10.5375, P = 21.1284, R = 0.49874, V = 1.0077



(d)

Vitesse moyenne d'un écoulement uniforme : formules de Chézy et de Manning

Écoulement uniforme : invariant en temps et en espace.
Poids d'un élément volume $h dx dy$ projeté le long de la pente

$$F_g = \rho g h dx dy \tan \alpha \simeq \rho g h dx dy \tan \alpha \quad (1)$$

Force de dissipation par frottement sur le fond du chenal

$$F_v = C_d \rho U^2 dx dy \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{\sqrt{C_d}} \sqrt{gh \tan \alpha} \quad (3)$$

En posant $C = \sqrt{g/C_d}$

$$U = C\sqrt{h \tan \alpha} \quad (4)$$

On peut montrer que C dépend faiblement de h selon

$$C \sim \frac{h^{1/6}}{n} \quad (5)$$

$0.01 < n < 0.15$ coefficient de Manning

On obtient alors

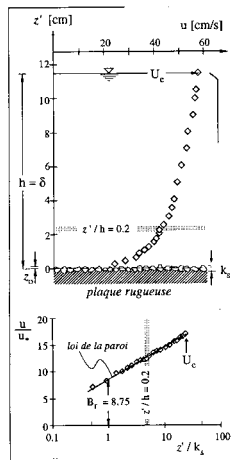
$$U = \frac{h^{2/3} \tan \alpha^{1/2}}{n} \quad (6)$$

Dans la suite nous utiliserons la formulation suivante de la vitesse de Chézy (dimensionnellement cohérente)

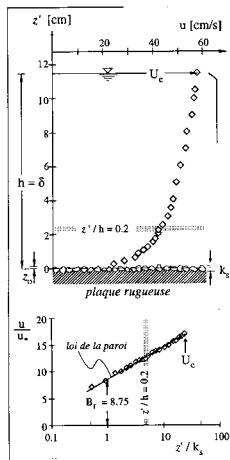
$$U = c\sqrt{gh \tan \alpha} \quad (7)$$

$$c = 1/\sqrt{C_d}$$

Profil de vitesse

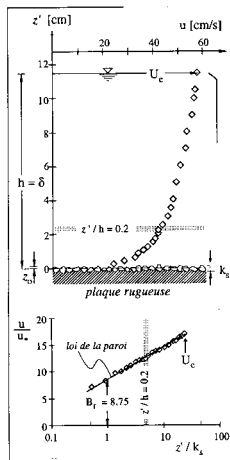


Profil de vitesse



$$\frac{u(z)}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{k_s} \right) + B_s \quad (8)$$

Profil de vitesse



$$\frac{u(z)}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{k_s} \right) + B_s \quad (8)$$

- $u_* = \sqrt{\tau_{fond}/\rho}$ est appelé la vitesse de frottement du fluide.
- $\kappa = 0.4$: constante de Von Karman
- k_s rugosité du fond
- B_s fonction qui dépend des interactions turbulence fond du lit. Pour les rivières qui nous intéressent B_s est une valeur constante.

Loi du mur et équation de Chézy

En régime uniforme

$$\tau_{fond} = \rho g h \tan \alpha = \rho u_*^2 \quad (9)$$

Loi du mur et équation de Chézy

En régime uniforme

$$\tau_{fond} = \rho g h \tan \alpha = \rho u_*^2 \quad (9)$$

Chézy devient

$$U = cu_* \quad (10)$$

Loi du mur et équation de Chézy

En régime uniforme

$$\tau_{fond} = \rho g h \tan \alpha = \rho u_*^2 \quad (9)$$

Chézy devient

$$U = c u_* \quad (10)$$

En intégrant la loi du mur pour obtenir la vitesse moyenne on obtient

$$\frac{U}{u_*} = c = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{h}{e z_0} \right) \quad (11)$$

avec $z_0 = k_s / \exp(B_s) \simeq \alpha D_{90}$ En fonction des conditions d'écoulement et de la rugosité du lit on peut retrouver l'approximation de Manning

En régime uniforme

$$\tau_{fond} = \tau_0 = \rho ghS \quad (12)$$

En régime uniforme

$$\tau_{fond} = \tau_0 = \rho ghS \quad (12)$$

Dans un régime quelconque si la loi du mur reste valable

$$\tau_0 = \rho u_*^2 = \left(\frac{\kappa U}{\ln(h/ez_0)} \right) \quad (13)$$

En régime uniforme

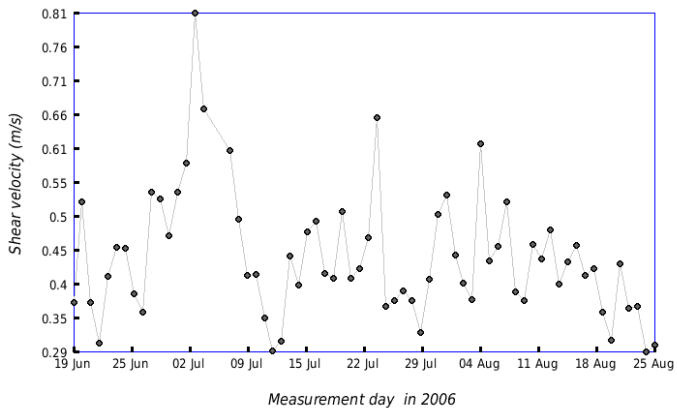
$$\tau_{fond} = \tau_0 = \rho ghS \quad (12)$$

Dans un régime quelconque si la loi du mur reste valable

$$\tau_0 = \rho u_*^2 = \left(\frac{\kappa U}{\ln(h/ez_0)} \right) \quad (13)$$

Deux autres techniques à partir de la loi du mur

- ajustement d'un profil de vitesse : la pente donne directement u_*
- mesure en un point unique z .



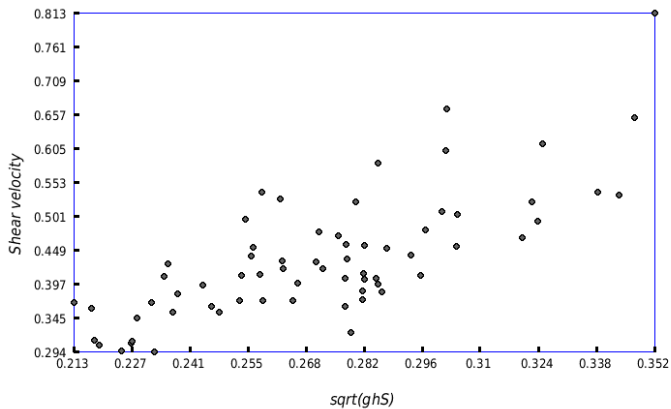


Diagramme de Shields

Nombre de Shields

$$Sh = \frac{\tau_0}{\Delta\rho gD} \quad (14)$$

Nombre de Reynolds particulaire

$$Re_p = \frac{\sqrt{\Delta\rho gDD}}{\nu} \quad (15)$$

Diagramme de Shields

Nombre de Shields

$$Sh = \frac{\tau_0}{\Delta\rho gD} \quad (14)$$

Nombre de Reynolds particulaire

$$Re_p = \frac{\sqrt{\Delta\rho gDD}}{\nu} \quad (15)$$

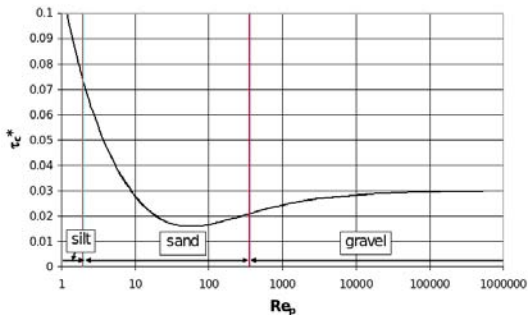


Diagramme de Shields

Nombre de Shields

$$Sh = \frac{\tau_0}{\Delta\rho gD} \quad (14)$$

Nombre de Reynolds particulaire

$$Re_p = \frac{\sqrt{\Delta\rho gDD}}{\nu} \quad (15)$$

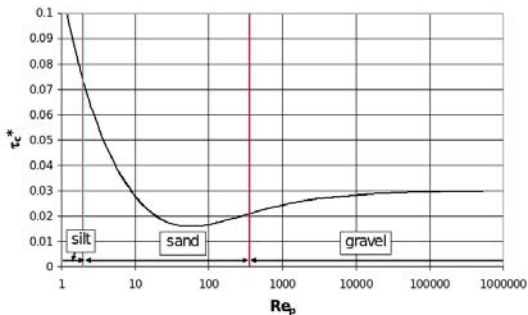


Diagramme de Shields

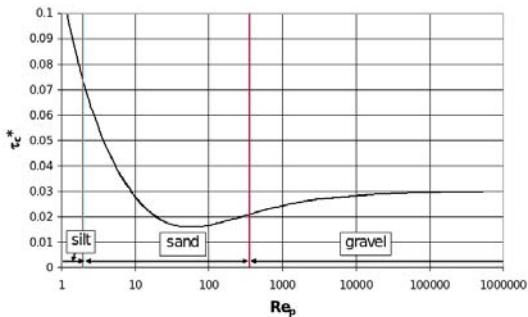
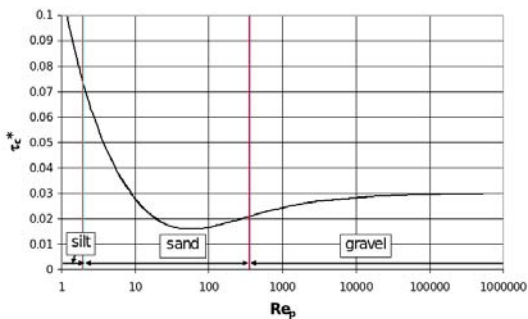


Diagramme de Shields



$$\tau_c^* = 0.5 \left(0.22 Re_p^{-0.6} + 0.0610^{(-7.7 Re_p^{-0.6})} \right) \quad (17)$$

