

Retour Semaine 3 - Sédiments d'une Rivière

Bonjour à tous,

Voici une nouvelle synthèse des échanges survenus sur les fils de discussion de cette troisième semaine consacrée aux sédiments. Encore merci de votre participation !

3.1 Mesure du substrat en rivières

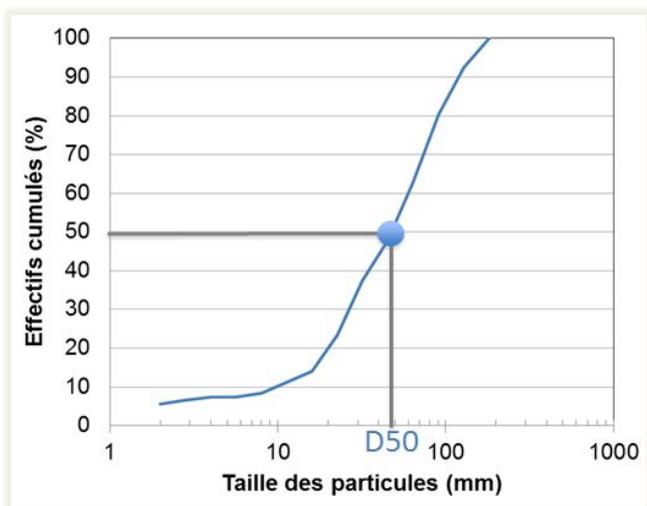
[fil de discussion 3.1](#)

Granulométrie D50, D84...? (réponse de P. Belleudy)

Si tous les cailloux au fond de la rivière étaient identiques, le transport solide serait plus facile à calculer ! On prendrait alors la formule adaptée au calibre de ces cailloux et au type de transport présent. L'étendue granulométrique serait nulle et $D_{16} = D_{50} = D_{84}$.

Les cailloux les plus gros sont plus difficile à déplacer que les cailloux les plus petits qu'il masquent et protègent. En revanche la présence de petits cailloux favorise le déplacement des gros.

Le choix du décile va dépendre essentiellement du phénomène que l'on va chercher à calculer, ou qui est important pour le mécanisme en jeu dans la transformation de la rivière.



- D_{50} , diamètre médian, ou D_m , diamètre moyen servent au calcul d'un comportement "moyen";

- D_{84} ou D_{90} servent quand le phénomène que l'on cherche à caractériser est le fait des cailloux les plus gros (c'est typiquement le diamètre caractéristique utilisé pour qualifier un pavage, ou pour donner une valeur au coefficient de rugosité du fond dans un calcul);

- ratio D_{16}/D_{84} sert pour décrire la dispersion (i.e. l'étendue) granulométrique d'un mélange;

- ratio D/D_{50} sert pour calculer d'éventuels

effets de masquage ou d'exposition.

Sédiments fins

Vous évoquez une autre méthode pour l'évaluation de l'état du colmatage basée sur l'estimation de la profondeur d'oxygénation ([Marmonier et al. 2004](#)) à l'aide de batonnets en bois. (cf. [CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau](#), chapitre 5.6 (ONEMA))

Pour une étude comparée de quelques-uns des protocoles de mesure du colmatage, vous pouvez consulter les travaux de [thèse de S. Descloux \(2011\)](#).

Sédiments grossiers

Granulométrie de surface (de type Wolman Pebble Count, cf. [complément du cours](#))

On peut citer des outils de traitements granulométriques automatiques par imagerie:

- [Gravelometer](#) de l'équipe de Loughborough (logiciel commercial)
- [Basegrain](#) de l'ETH de Zürich (logiciel libre sous MatLab)
- [GRADISTAT](#) (logiciel libre sous Excel) avec l'article associé: [Blott, S.J. and Pye, K. \(2001\) GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms 26, 1237-1248](#)

Mesure du débit solide au Helley-Smith

Taille des mailles du filet ? (réponse de P. Belleudy)

Il faut choisir ! si l'on prend un filet avec des mailles trop grosses, on perd les matériaux les plus fins, si l'on prend un filet avec des mailles trop fines, il se colmate rapidement et les matériaux ne rentrent plus.



Echantillonnage ? (réponse de O. Navratil)

-Le nombre de verticales pour la mesure au Helley-Smith va dépendre du cours d'eau et de la configuration du site (difficultés de mesure, conditions de débit...). Il faut généralement compter une quinzaine de points dans la section (ex. [Bunte and Abt 2009](#)).

-Pour la durée de chaque mesure, on considère qu'une à deux minutes permet d'obtenir une moyenne du flux solide : *on a vu dans le cours que le charriage pouvait être très fluctuant dans le temps, à débit identique*. On ne prend pas une durée plus longue car il faudrait beaucoup trop de temps pour réaliser la mesure sur le terrain (coût trop important). D'autre part, sur une trop longue durée, les conditions hydrologiques/hydrauliques pourraient changer, ce qui serait problématique pour notre mesure. Même si cette durée est généralement admise, Bunte et Abt (Colorado Univ.) l'ont questionnée dans l'article: [E. Bunte, K., and S. R. Abt \(2005\). Effect of sampling time on measured gravel bed load transport rates in a coarse-bedded stream. Water Resour. Res. doi:10.1029/2004WR003880](#). Ces auteurs ont mené une analyse sur un cours d'eau en testant la sensibilité du flux charrié en fonction de la durée de la mesure. Une mesure sur 2 minutes sous-estimerait le flux solide par rapport à une mesure sur 10 minutes : dans un rapport de 2 pour une crue faible (50-70% débit de pleins bords) et dans un rapport de 5 pour le débit de pleins bords. Tout n'est donc pas aussi simple...

Mesure de la continuité sédimentaire

fil de discussion [estimation de l'impact des ouvrages sur le transport solide](#)

En attendant la semaine 4 sur la réponse fluviale aux actions humaines, nous vous conseillons le document de la DREAL Centre: [proposition d'une méthode d'évaluation de l'impact des ouvrages transversaux sur la continuité sédimentaire des cours d'eau](#).

3.2 Seuil de transport

(fil de discussion 3.2)

De nombreuses questions ont porté sur les notations. Pensez à consulter le document [Notations et symboles](#) lorsque vous souhaitez appliquer une formule et que vous ne connaissez pas les termes en jeu ou leurs unités.

De même, pour vous aider à comprendre les détails de calcul de transport solide, pensez à consulter [l'exemple de la vidéo 2](#).

K	γ ou γ_s (N/m³)	s	α
coefficient de rugosité de Strickler (base empirique)	poids volumique de l'eau (γ) ou des grains (γ_s)	densité relative des sédiments	coefficient de Coriolis (non-uniformité des vitesses)
$26/(d_{90})^{1/6}$	$\rho * g$ ou $\rho_s * g$ ex. $\gamma_s = 2650\text{kg/m}^3 * 9.81\text{m/s}^2$	ρ_s / ρ	proche de 1

3.3 Transport par charriage

[fil de discussion 3.3](#); [quiz 2 - séquence 3.6 - formule MPM](#)

Pour vous aider à comprendre les détails de calcul, pensez à consulter les documents complémentaires des vidéos [2](#) et [3](#) (calcul itératif de h, seuil de transport...).

Domaine de validité des formules de transport

Références		Transport solide adimensionnel	d (mm)
Meyer-Peter et Müller (1948)	MPM	$q_{*s} = 8(\tau_* - 0.047)^{1.5}$	0.4-29
Wong et Parker (2006)	WP	$q_{*s} = 3.97(\tau_* - 0.0495)^{1.5}$	0.4-29
Wu et al. (2000)	Wu	$q_{*s} = 0.0053 \left(\left(\frac{n'}{n} \right)^{1.5} \left(\frac{\tau_*}{0.03} \right) - 1 \right)^{2.2}$	0.06-128
Smart et Jäggi (1983)	SJ	$q_{*s} = 4.2 \left(\frac{u}{u_*} \right) S_f^{0.6} \tau_*^{0.5} (\tau_* - \tau_{*c}(\alpha_0))$	0.4-29
Camenen et Larson (2005)	CL	$q_{*s} = 12 \tau_*^{1.5} \exp\left(-4.5 \frac{0.047}{\tau_*}\right)$	0.08-200
Ashida et Michiue (1972)	AM	$q_{*s} = 17(\tau_* - 0.05) \left((\tau_*)^{1/2} - (0.05)^{1/2} \right)$	0.3-7

Le tableau indique la plage de valeurs dans laquelle les formules ont été établies. Effectivement, $d = 0.2$ mm dans l'exemple du quiz de fin de semaine, est en dehors de la plage de valeurs de la formule de Meyer-Peter-Mueller. Cependant, il faut bien être conscient que ces formules très empiriques n'ont pas de limites de validité strictes, ce sont des indications. Par ailleurs, comme indiqué dans la vidéo, les résultats sont très variables d'une formule à l'autre. Il est donc surtout très important d'être conscient de cette variabilité et de faire les calculs avec plusieurs formules pour avoir une plage de résultats plausibles. (réponse de S. Soares Frazão)

Un point important à retenir, dans les formules de transport solide, on parle de débit solide spécifique q_s exprimé en $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$: il s'agit donc d'un débit unitaire, ou d'un débit par unité de largeur.

3.4 Evolution morphologique

[fil de discussion 3.4](#)

Hypothèse $R \sim h$ ou $R_b \sim h$

Le rayon hydraulique correspond au rapport de l'aire mouillée A sur le périmètre mouillé P (cf. [document complémentaire 2.1](#)). En canal rectangulaire, $R = hL/(L+2h)$ et faire l'hypothèse que $R \sim h$ revient à supposer que $h \ll L$ (canal de grande largeur ou de faible profondeur).

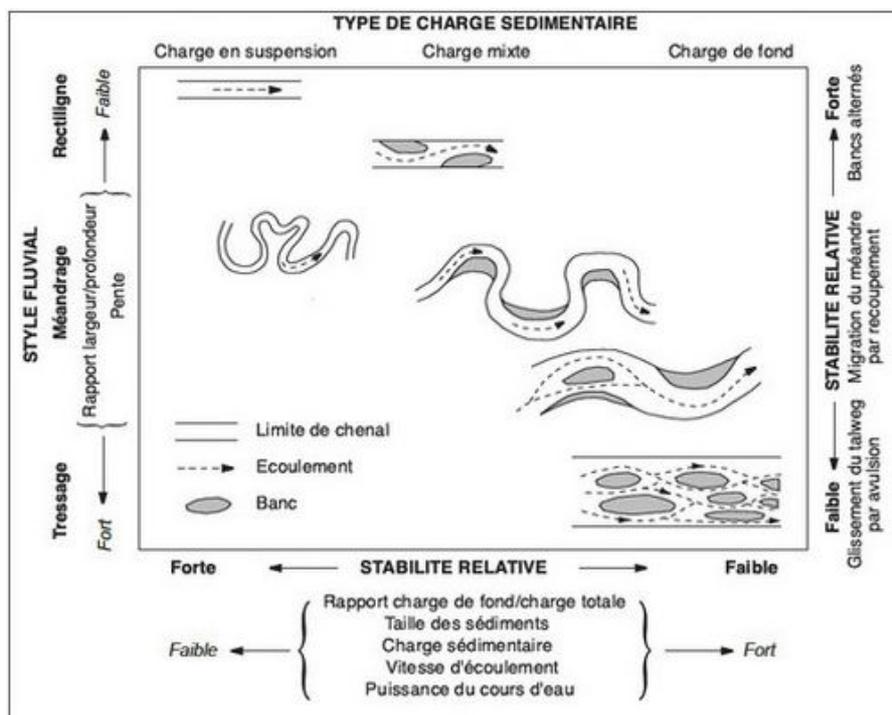
Lorsqu'on s'intéresse au charriage sur le fond du lit (ex. application de la formule de Meyer-Peter Müller), on fait une hypothèse différente. On calcule la contrainte de cisaillement τ_b qui s'exerce sur le lit et on ne considère plus le rayon hydraulique R mais la part du rayon hydraulique R_b relative au fond du lit. Dans le cas d'une section rectangulaire dont les parois sont lisses, on peut calculer $R_b = hL/L$ soit $R_b = h$.

Porosité du milieu granulaire ϵ_0

Ce terme apparait dans la formule d'Exner ([séquence 3.4, diapo 29](#)) et caractérise le pourcentage du volume non-occupé par les grains, ou encore la part de vide dans le volume. Typiquement, dans le mélange "eau-sédiments", la porosité $p = 0.40$, ce qui signifie que 40% du volume est occupé par l'eau et $(1 - \epsilon_0)$ soit 60% par le matériau granulaire. Quand on parle d'érosion, il est évident que seuls ces 60 % vont apporter de la matière pour compenser le déséquilibre entre débit solide amont et aval, d'où la présence de $(1 - \epsilon_0)$ dans l'équation d'Exner.

Evolution du style fluvial: chenal rectiligne, méandres, tressages

[fil de discussion méandres](#)



sources: [Géomorphologie dynamique et environnement](#), figure d'après Schumm et Meyer (1979)

Un écoulement initialement rectiligne dans un sol érodable ne reste pas rectiligne. Des expériences très intéressantes et illustratives de cela ont été réalisées par un chercheur américain, Friekin, en 1945 à la Waterways Experiment Station (cf. [MEANDERING OF ALLUVIAL RIVERS](#)). D'autres chercheurs ont également mis en évidence cette érosion du côté extérieur des méandres et la formation de barres ou seuils du côté intérieur. On en trouve de belles descriptions dans le livre "[Sedimentation Engineering](#)" de Marcelo Garcia. (réponse de S. Soares Frazão)

Vous trouverez d'autres informations sur le guide de l'ONEMA consacré à l'[hydromorphologie fluviale](#).

3.5 Erosion des berges

[fil de discussion 3.5](#)

Prise en compte...

...de la pluie?

On ne considère pas la pluie ici, mais simplement le fait que la *force tractrice* sur un talus est différente de celle qui s'exercerait sur un fond plat, puisqu'on a déjà un *effet déstabilisateur dû à la pente du talus*. La pluie a effectivement un effet qui va être très dépendant du revêtement du talus: terre, enrochements, végétation, etc... La pluie va provoquer du ruissellement, et ce ruissellement peut éroder le talus. Cependant, introduire tous ces éléments dans un modèle dépasse les considérations faites ici.

...des lâchers de barrage ?

Les lâchers de barrage provoquent des instabilités au niveau des talus surtout lorsque le niveau d'eau baisse rapidement: à ce moment, l'eau qui s'est infiltrée dans le talus va vouloir en sortir et ainsi déstabiliser le talus. (réponse de S. Soares Frazão)

3.6 *Activité de fin de semaine 3*: EVOLUTION MORPHOLOGIQUE EN PRÉSENCE D'UNE DÉRIVATION

[fil de discussion HELP - Exercice 2 - Activité de fin de semaine](#)

Nous avons choisis de ne pas vous communiquer directement les réponses du quiz de fin de semaine 3.6. Si vous doutez, n'hésitez pas à refaire les exemples du cours à l'aide des documents fournis en compléments et à poster des questions sur les fils de discussion dédiés si elles ne trouvent pas déjà de réponses. Enfin, il est vrai que les calculs peuvent être laborieux lorsqu'ils sont fait à la main. L'utilisation d'un tableur comme excel, calc ([libre office](#)), ou pourquoi pas framacalc.org (tableur collaboratif en ligne) peut faciliter le travail.

Bonne chance pour la suite !!

Coraline Bel, Sandra Soares Frazão, Yves Zech, Oldrich Navratil, Huynh Thanh Son et toute l'équipe du MOOC "des rivières et des hommes".