

ELEMENTS DE DEFINITION

SEDIMENTS FINS – SEDIMENTS GROSSIERS : QUELLE EST LA DISTINCTION ?

Note Technique

J.R. Malavoi*

Août 2013

*** EDF**

Le contexte réglementaire actuel, qu'il soit européen (DCE) ou français (Code de l'Environnement), impose la continuité sédimentaire comme l'un des processus fluviaux indispensables à l'atteinte du Bon Etat Ecologique.

S'il est clair que, dans l'esprit des législateurs (notamment dans la Circulaire du 18 janvier 2013 relative à l'application de l'Article L.214-17 du CE), **la continuité des sédiments grossiers est privilégiée**, en raison d'un fort déficit constaté sur de nombreux cours d'eau européens, celle des sédiments fins paraît tout aussi indispensable. Le transit naturel vers l'aval des sédiments grossiers implique nécessairement celui des sédiments fins associés dans le corps sédimentaire remis en mouvement alors que l'inverse n'est pas toujours vrai.

À l'exception des hautes montagnes, les flux transportés sont croissants avec l'affinement de la granulométrie : flux de sédiments grossiers << flux de sédiments fins << flux dissous. À de rares exceptions près, et sans effet anthropique majeur, les flux de sédiments fins représentent de 3 à 100 fois les flux de sédiments grossiers.

La distinction dichotomique sédiments grossiers/sédiments fins, souvent utilisée par les gestionnaires des milieux aquatiques, n'est pas toujours évidente, ni même pertinente : à partir de quel diamètre parle-t-on de sédiments grossiers ou de sédiments fins ?

Deux modes de transport :

La distinction entre les deux catégories de sédiments d'un point de vue sédimentologique et hydraulique peut se faire sur la base de leur mode de transport au sein de l'écoulement.

Les sédiments grossiers sont en effet a priori transportés par **charriage** sur le fond, à des vitesses bien inférieures à celle de l'eau, tandis que les fins sont transportés en **suspension** dans la colonne d'eau, sensiblement à la même vitesse que celle-ci.

À noter que cette distinction n'a plus de sens lorsqu'on s'intéresse à des torrents avec des laves torrentielles dans lesquelles fluides et solides se déplacent à la même vitesse.

La courbe de Hjulström (1935), élaborée à partir de mesures en laboratoire et en rivière, fait bien apparaître cette scission entre les deux modes de transport (Figure 2).

On observe

- qu'en dessous de la classe des limons (62.5 microns) le transport se fait uniquement en suspension
- qu'à partir des sables moyens (environ 0.25 mm), le charriage est le processus dominant
- qu'entre les 2, les processus sont mixtes, fonction des vitesses d'écoulement dans la rivière et des phénomènes de turbulence.
- dès que la vitesse atteint 3 à 5m/s, toutes les granulométries sont en érosion et a fortiori en transport alors qu'à 1 mm/s on a encore du transport prédominant pour des granulométries inférieures à 10 μ m.

La dichotomie fins/grossiers n'est donc pas tout à fait possible sur le critère du mode de transport du fait de la classe des sables présentant un régime de transport mixte, sauf si l'on considère comme fins les sédiments **uniquement** transporté en suspension, soit les limons et argiles.

Vitesse d'érosion et vitesse de sédimentation

Une limite dichotomique peut éventuellement être un peu mieux distinguée en transformant les données du graphique de Hjulström et en remplaçant l'ordonnée du graphique initial par le rapport vitesses d'érosion/vitesse de sédimentation. On observe qu'en dessous de 0.3 mm environ, la vitesse d'érosion est supérieure à 10 fois la vitesse permettant la sédimentation (on est à 150 fois pour 0.03 mm et à moins de 5 fois à partir de 2 mm). Il s'agit en fait du rapport entre la vitesse de dépôt et d'érosion d'une vase "consolidée", cf. plus loin : approche physico-chimique).

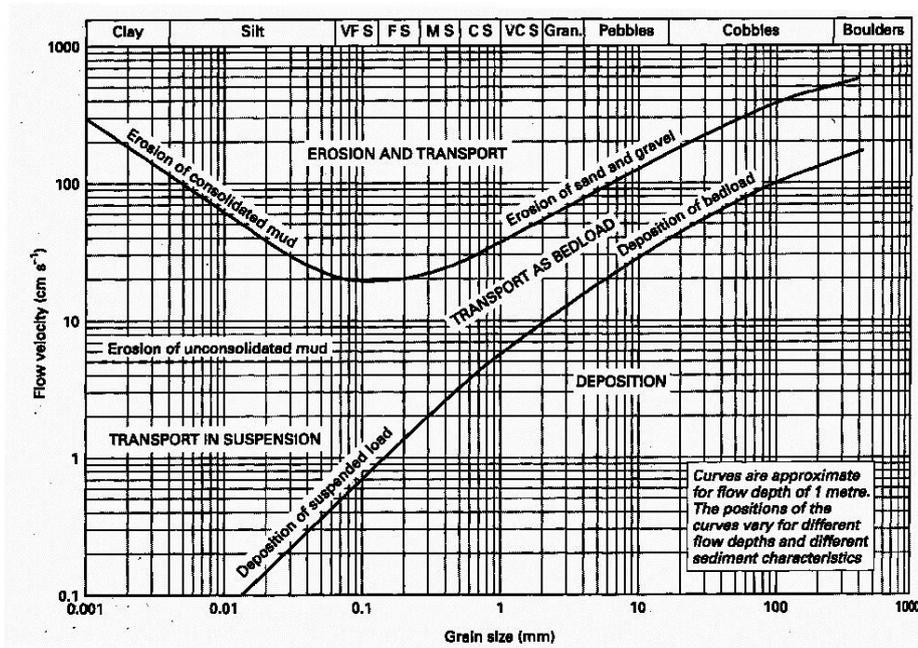


Figure 2 : la courbe de Hjulström (1935)

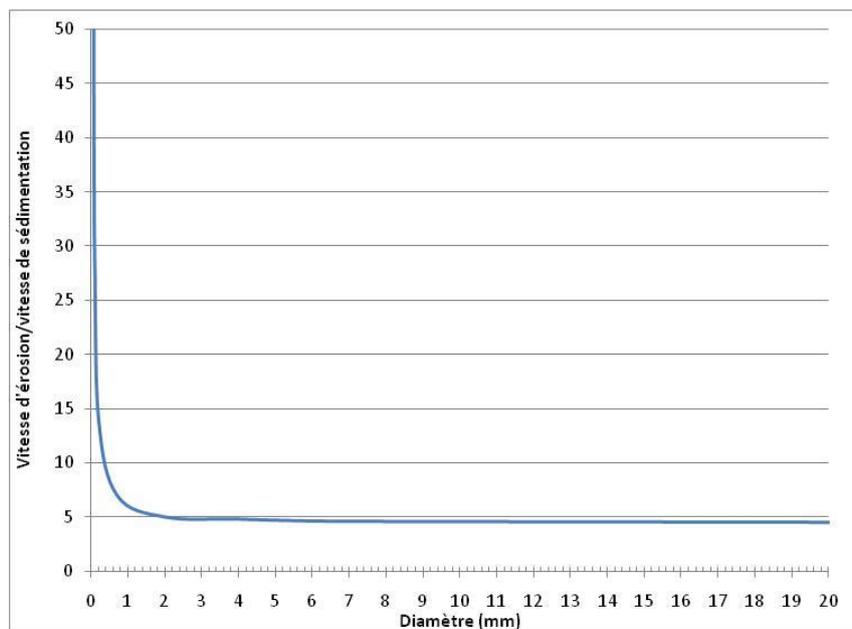


Figure 3 : la courbe de Hjulström (1935) modifiée en reprenant en ordonnée le rapport vitesse d'érosion/vitesse de sédimentation

APPROCHE PHYSICO-CHEMIQUE / MODELISATION

Une distinction est généralement faite sur la variabilité des paramètres de modélisation des sédiments :

- Les sédiments grossiers possèdent des caractéristiques relativement « stables » d'érosion et de dépôt (qui dépendent surtout de la forme élémentaire de chaque particule) :
- Les sédiments fins ont des caractéristiques variables :
 - o Vitesse de chute variable (influencées par la floculation et la densité) et différentes de la vitesse de dépôt calculé par la loi de Stokes

- Loi de tassement entraînant une consolidation et une augmentation de la contrainte d'érosion

La cohésion des sédiments

Dans le cas des sédiments cohésifs, le diamètre, ou plus largement la forme des particules, ne suffit pas à caractériser les particules.

La courbe de Hjulström fait d'ailleurs référence à la vitesse d'érosion des vases consolidées d'une part et non consolidées d'autre part.

La distinction entre fin et grossier est alors définie par un rapport entre les forces mécaniques et les forces électro-chimiques :

- Si les forces électro-chimiques ont peu d'effet sur les paramètres liés à la mobilité du sédiment : sédiments grossiers
- Si les forces électro-chimiques entraînent de fortes variations dans les caractéristiques du sédiment : sédiments fins

La limite communément admise est alors de 40 / 60 microns et les sables sont considérés comme des sédiments grossiers.

IDENTIFICATION D'UN "SEUIL" FIN/GROSSIER

Si l'on devait conserver une classification dichotomique, deux valeurs pourraient être proposées comme "seuil" fin/grossier:

- une limite basse à 0.25 mm (si l'on veut conserver les limites de classes de Wentworth)
- une limite haute à 2mm : les sables, limons et argiles seraient alors considérés comme des sédiments fins et les graviers et diamètres supérieurs comme des sédiments grossiers

On pourrait aussi proposer **d'identifier 3 classes** :

- les sédiments fins : <0.125 mm
- les sédiments moyens : 0.125 – 2mm
- les sédiments grossiers : > 2 mm

APPROCHE CHIMIQUE

Il est admis que les sédiments sont le milieu préférentiel de stockage des polluants divers provenant du bassin versant d'un cours d'eau. Ils limitent ou ralentissent les flux transportés à l'aval et notamment les flux à la mer mais deviennent alors des réserves de composés toxiques partiellement et/ou potentiellement mobilisables.

Les études menées sur les interactions entre les polluants et les matériaux alluvionnaires montrent que les polluants vont préférentiellement se fixer sur la fraction très fine, c'est-à-dire les **argiles**, du fait de leurs propriétés électrostatiques particulières. (Scordia, 2008) et dans une moindre mesure sur les limons, voire la fraction la plus fine des sables très fins (<0.08 mm, qui est aussi la limite inférieure de mesure granulométrique par tamisage selon la norme NF P 94-056.).

IDENTIFICATION D'UN "SEUIL" FIN/GROSSIER

D'un point de vue chimique, notamment en termes de processus de fixation des polluants, une limite supérieure semble apparaître autour de 60 à 80 microns, soit la classe des limons et sables très fins.

APPROCHE ECOLOGIQUE

La fraction superficielle des sédiments des rivières, quelle que soit leur nature, constitue l'habitat majeur des biocénoses aquatiques. On distingue la zone aérobie (avec présence d'oxygène) où les organismes appartiennent à de multiples groupes de la zone anaérobie où les bactéries dominent.

LES SEDIMENTS FINS DANS L'ECOLOGIE DES HYDROSYSTEMES

GENERALITES

Les sédiments fins sont souvent l'objet de critiques importantes dans les écosystèmes « rivières » et leur surabondance, notamment dans les régions où l'érosion des terres agricoles est intense, cause de graves dysfonctionnements. Pourtant, leurs rôles dans les écosystèmes sont multiples.

Pour les aspects environnementaux positifs, il est généralement admis que :

- les sédiments fins occupent une grande partie des lits des rivières, souvent dans l'épaisseur des bancs de sédiments plus grossiers. Ils y servent de substrat fertile pour le développement de la végétation aquatique et ripariale
- les habitats marins qu'ils forment (sables et vases d'origine terrigène) sont très importants pour de nombreuses chaînes trophiques marines avec des conséquences économiques majeures sur la pêche de certaines espèces (poissons plats)
- les habitats subaquatiques qu'ils contribuent à façonner en mer ou en rivière tels que les vasières et les roselières sont d'intérêt majeur pour la biodiversité, spécialement pour les oiseaux et les amphibiens
- les apports de sédiments fins à la mer, notamment du fait de leur piégeage dans les grands ouvrages de retenue, sont en forte diminution depuis plus d'un siècle alors même que le niveau des mers s'élève, ce qui est préjudiciable au trait de côte.

A contrario :

- les sédiments fins concentrent les polluants si bien que la chaîne trophique peut se retrouver contaminée. Il faudrait néanmoins comparer la biodisponibilité des polluants avec une charge diminuée en sédiments fins (soit les polluants seront plus concentrés dans les MES, soit ils passeront en phase dissoute...), le problème étant plutôt le flux de polluants...
- ils peuvent fortement limiter les sous-écoulements (dits écoulements hyporhéïques) et colmater les interstices des alluvions plus grossières et en réduire leur habitabilité (voir plus loin le § sur le colmatage). Ils repartent facilement en suspension lors de la remobilisation des bancs de sédiments grossiers. Le colmatage et les pics de MES sont préjudiciables à de nombreux organismes rhéophiles.

NB : le rapport entre sédiments fins et grossiers n'a pas cessé d'évoluer depuis un siècle en faveur du sédiment fin (même si ce dernier diminue en flux), d'où l'impression aujourd'hui d'avoir beaucoup de fines dans les rivières. Il faut cependant bien noter que la situation « de référence » du XIX^{ème} siècle avec des rivières en tresses bien représentées n'a été acquise qu'au prix d'une extrême dégradation

(non anthropique) des écosystèmes terrestres et ce, durant une période hydrologiquement très humide.

LA PROBLEMATIQUE DU COLMATAGE

Le colmatage des substrats alluviaux grossiers est l'un des impacts négatifs le plus souvent reproché aux sédiments fins.

On peut distinguer le **colmatage de surface**, correspondant à une couche plus ou moins épaisse de sédiments fins venant napper le substrat alluvial plus grossier sous-jacent, et le **colmatage interstitiel** lié à la pénétration de sédiments fins dans les vides existants dans l'épaisseur même du matelas alluvial grossier.

Le **colmatage de surface** se traduit par une perte directe d'habitat pour les biocénoses aquatiques inféodées aux substrats alluviaux grossiers. Cet état colmaté peut n'être que temporaire (étiage par exemple), les sédiments fins, s'ils ne sont pas trop cohésifs, pouvant être érodés assez facilement. Mais il apparaît que cet état peut être quasi permanent sur les cours d'eau soumis à une modification importante de régime hydrologique ne permettant pas la remise en mouvement saisonnière des sédiments fins, comme ce peut être le cas dans un tronçon court-circuité en aval d'un barrage de retenue par exemple.

NB : lorsque l'épaisseur de sédiments fins est telle que l'on ne distingue plus les alluvions grossières sous-jacentes, on ne parle plus de colmatage mais de modification de substrat.

Le **colmatage interstitiel** est lui aussi très pénalisant dans certains cas car il réduit la circulation de l'eau dans l'espace interstitiel et son habitabilité particulièrement importantes pour les biocénoses aquatiques (notamment les 20-30 premiers centimètres, zone d'incubation du frai des poissons lithophiles et habitat de très nombreuses espèces d'invertébrés aquatiques). Il perturbe aussi gravement les processus d'autoépuration et de régulation thermique se produisant au sein de cette zone hyporhéique. Maridet et Philippe (1995) montrent qu'à l'intérieur du sédiment, l'abondance relative des macroinvertébrés est corrélée positivement avec la porosité, qui est elle-même liée au pourcentage de sable, et notamment de **sable de diamètre inférieur à 1 mm**. A contrario, ce type de colmatage permet la continuité de l'écoulement superficiel, surtout dans le petit chevelu hydrographique, soit en limitant les pertes, soit en créant des zones toujours en eau dans les rivières à débit nul.

LES SEDIMENTS GROSSIERS DANS L'ECOLOGIE DES HYDROSYSTEMES

Les alluvions grossières transportées par les cours d'eau, qu'elles soient submergées ou exondées selon les débits, sont essentielles au bon fonctionnement des biocénoses tant aquatiques que terrestres (celles vivant notamment sur les bancs alluviaux exondés une partie de l'année. On parle alors de biocénoses ripariales).

Dès leur dépôt, il se crée des sous-écoulements dans la matrice grossière qui agit comme un filtre en piégeant les MES, apportant ainsi nourriture à certains organismes

Si les sédiments grossiers restent stables suffisamment longtemps différents processus biologiques peuvent se mettre en place :

- une fonction de lieu de vie où les organismes aquatiques et ripariaux utilisent les interstices et la porosité des sédiments comme habitat,

- une fonction de support de ponte pour les poissons et les invertébrés sur les substrats submergés, et pour les oiseaux, les insectes et autres invertébrés sur les substrats émergés.
- une fonction d'abri vis-à-vis des conditions hydrauliques et des prédateurs.

Chacune de ces fonctions biologiques est liée aux caractéristiques particulières du sédiment (granulométrie, porosité, conductivité hydraulique, mobilité) et aux conditions hydrodynamiques qui prévalent à sa surface (vitesse d'écoulement et hauteur d'eau).

Il faut noter enfin que c'est à la surface (biofilm) et au sein même du substrat submergé que se déroulent la très grande majorité des processus biologiques de dégradation de la matière organique et donc des cycles biogéochimiques qui y sont associés (cycle de l'azote et du phosphore notamment). Le substrat alluvial grossier submergé est donc un élément important des processus d'autoépuration dans les cours d'eau.

IDENTIFICATION D'UN "SEUIL" FIN/GROSSIER

Sur la base de la problématique de colmatage, une limite semble exister autour de la valeur de **1mm**, les sables grossiers et inférieurs ayant manifestement un fort pouvoir colmatant.

APPROCHE REGLEMENTAIRE

Il n'existe pas à proprement parler de définition juridique des sédiments fins et des sédiments grossiers. La seule définition un peu "normative" est la définition ISO des matières en suspension (MES) (NF T 90-105) qui permet d'identifier, par une coupure arbitraire à 0.5 microns, la limite basse entre matières en suspension et matières dissoutes. Il n'est pas mentionné de limite haute, qui est l'objet de notre analyse...

CONCLUSION

Compte tenu de ces différentes approches, deux propositions nous semblent envisageables :

- **conservation d'un classement dichotomique** fin/grossier, qui a l'avantage de la simplicité.
Deux seuils sont alors envisageables :
 - soit 62.5 microns (limite supérieure des limons), ce qui a l'avantage de correspondre à la fois à un seuil hydraulique (la suspension est le seul mode de transport), physico-chimique (limite haute des processus d'adsorption) et au seuil d'apparition de la cohésion
 - soit 2 mm (limite supérieure des sables, qui seraient alors considérés comme des sédiments fins), qui est un seuil plus "écologique" car les biologistes conçoivent mal en rivière de désigner comme grossières des particules de sable même si en estuaire et en mer, ils considèrent écologiquement le sable comme un sédiment grossier...
- **identification de trois catégories** :
 - **les sédiments fins** : <0.125 mm (sables très fins, limons et argiles : transport principalement en suspension, très forte capacité de colmatage, cohésion possible)
 - **les sédiments moyens** : 0.125 – 2mm (sables fins, moyens, grossiers, très grossiers : transport mixte selon les conditions d'écoulement, capacité de colmatage moyenne à forte)
 - **les sédiments grossiers** : > 2 mm (graviers et diamètres supérieurs : le charriage est le mode de transport dominant, pas d'effet de colmatage)

C'est cette seconde proposition qui nous semble aujourd'hui la plus pertinente.

NB : L'EPA américaine (US Environmental Protection Agency) propose aussi 3 classes : les sédiments fins sont composés de particules d'un diamètre inférieur à 0.85 mm et les sédiments grossiers d'un diamètre supérieur à 9.5 mm.

BIBLIOGRAPHIE

Hjulström F., 1935 : Studies in the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris. Bull. Geol. Inst. Uppsala 25, 221–527.

Maridet L., Philippe M., 1995 : Influence of substrate characteristics on the vertical distribution of stream macroinvertebrates in the hyporheic zone. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, vol. Biologia, n° 91, p. 101 – 105

Scordia P.Y., 2008 : Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers. Thèse Ecole Centrale de Lille. 189 p.