



**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**

*Établissement public du ministère de l'Environnement*

# BedloadWeb

<https://www.bedloadweb.com/>

## Manuel Utilisateur



---

# CONTENU

---

CONTENU.....	3
LEXIQUE.....	7
1 RÉSUMÉ.....	9
2 INTRODUCTION.....	11
3 LA BASE DE DONNÉES.....	12
3.1 Les données.....	12
3.2 Option « Sélectionner une rivière ».....	13
3.2.1 Objectif de cet onglet.....	13
3.2.2 Sélection.....	14
3.2.3 Affichage.....	15
3.2.4 Tester les équations.....	18
3.2.5 Granulométrie transportée.....	21
3.2.6 Références.....	23
3.3 Option « Sélection multicritères ».....	23
3.3.1 Objectif de cet onglet.....	23
3.3.2 Sélection.....	23
3.3.3 Affichage.....	25
3.3.4 Tester les équations.....	27
4 LA BOITE À OUTILS.....	30
4.1 Bien débiter un projet.....	30
4.2 Gestion des profils et des projets.....	33
4.2.1 Sauvegarde locale.....	34



4.2.2	Créer un compte.....	35
4.2.3	Gestion des projets.....	37
4.2.4	Principe de la double sauvegarde .....	39
4.3	Granulométrie .....	40
4.3.1	Pourquoi et comment définir une granulométrie ?.....	40
4.3.2	Distinction entre Échantillon et Granulométrie.....	41
4.3.3	Saisir une courbe granulométrique.....	42
4.3.4	Ajouter un échantillon.....	45
4.3.5	Gérer les courbes granulométriques.....	47
4.3.6	Nommer la courbe granulométrique .....	48
4.3.7	Ajouter une photo .....	49
4.3.8	Localiser la mesure .....	49
4.4	Section.....	50
4.4.1	Choix de l'emplacement de la section.....	50
4.4.2	Saisie manuelle d'une section .....	50
4.4.3	Importation d'une section au fichier texte.....	51
4.4.4	Définition d'une section par modélisation trapèzes .....	52
4.4.5	Définir la pente.....	54
4.4.6	Habiller la section .....	55
4.4.7	Définir la morphologie.....	57
4.4.8	Nommer la section .....	58
4.4.9	Ajouter une photo .....	58
4.4.10	Sauvegarder la saisie .....	59
4.4.11	Gérer les sections .....	59



4.5	Hydraulique .....	59
4.5.1	Imposer la condition hydraulique .....	60
4.5.2	Définir la loi de frottement.....	61
4.5.3	Calcul .....	62
4.5.4	Courbes de tarage .....	62
4.5.5	Données de validation.....	63
4.5.6	Sauvegarde .....	63
4.6	Transport solide.....	64
4.6.1	Calcul du transport solide.....	64
4.6.2	Affichage.....	64
4.6.3	Les options d’affichage et de calculs .....	65
4.6.4	Saisie des données de validation du charriage.....	67
4.6.5	Saisie des données de validation de la granulométrie transportée .....	68
4.6.6	Sauvegarde .....	69
4.7	Hydrologie .....	69
4.7.1	Saisie d’un hydrogramme.....	70
4.7.2	Assistance pour construire un hydrogramme .....	72
4.7.3	Saisie de débits classés.....	73
4.7.4	Nommer la série hydrologique.....	75
4.7.5	Sauvegarder et gérer les séries hydrologique .....	76
4.8	Bilan sédimentaire.....	76
4.8.1	Associer une série hydrologique .....	77
4.8.2	Principe de calcul.....	78
4.8.3	Options de calculs.....	79



4.8.4	Affichage .....	80
4.8.5	Sauvegarde .....	81
4.9	Analyse .....	81
4.9.1	Objectif .....	81
4.9.2	Modalités .....	82
4.9.3	Comment choisir une équation ? .....	82
4.9.4	Sauvegarde .....	83
5	AIDE .....	84
6	REFERENCES .....	85

# LEXIQUE

---

A: Section mouillée [m<sup>2</sup>]

D: Diamètre des sédiments [m]

D<sub>50</sub>: Diamètre médian [m]

D<sub>x</sub>: Diamètre du grain (l'indice dénote %plus fin que x)

Fr: Nombre de Froude  $Fr=U/\sqrt{gH}$

H: hauteur d'eau [m]

L: largeur du lit [m]

$\omega$ : puissance de l'écoulement,  $\omega=\tau U$

$\Phi$ : Transport solide adimensionnel,  $\Phi=q_{sv}/\sqrt{g^*(s-1)*D^3}$

$\Psi$ : Diamètre géométrique,  $\Psi=\text{Log}D/\text{Log}2$ ,  $D=2^{\Psi}$

Q: Débit [m<sup>3</sup>/s]

q: débit unitaire ( $q=Q/W$ ) [m<sup>3</sup>/s/m]

Q<sub>s</sub>: Débit solide [kg/s]

Q<sub>sv</sub>: Débit solide volumique [m<sup>3</sup>/s]

Q<sub>sapp</sub>: Débit solide apparent,  $Q_{sapp}=\rho/\rho_{app}*Q_s$

q<sub>s</sub>: Transport solide unitaire ( $q_s=Q_s/W$ ) [kg/s/m]

q<sub>sv</sub>: Transport solide volumique unitaire ( $q_{sv}=Q_{sv}/W$ ) [m<sup>3</sup>/s/m]

R: Rayon hydraulique [m]

Re: Nombre de Reynolds  $Re=UR/\nu$

$\rho$ : masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_s$ : masse volumique des sédiments (kg/m<sup>3</sup>)

s: Densité relative,  $s=\rho_s/\rho$



S: Pente [m/m]

$\tau$ : Contrainte (N/m<sup>2</sup>)

$\tau_c$ : Contrainte critique (N/m<sup>2</sup>)

$\tau^*$ : Nombre de Shields [ ];  $\tau^* = \tau / (g(\rho_s - \rho)D) \Leftrightarrow \tau^* = RS / ((s-1)D)$

$\tau_c^*$ : Nombre de Shields critique [ ];  $\tau_c^* = \tau_c / (g(\rho_s - \rho)D)$

U : Vitesse moyenne [m/s]

$u^*$ : vitesse de frottement,  $u^* = \sqrt{\tau/\rho}$

z: cote du lit [m]

## 1 RÉSUMÉ

---

Ce document présente les principales fonctionnalités du programme BedloadWeb. Destiné à un large public (du non spécialistes du transport solide au confirmé), le programme a été conçu pour être le plus intuitif possible. Il peut donc a priori se passer d'un manuel.

Il existe quand même des petites astuces à connaître afin d'optimiser l'utilisation du programme, qui comporte deux volets :

- un volet base de données : il met à disposition plus de 11000 mesures du charriage en rivière ou au laboratoire. Ces données peuvent être téléchargées. Cet outil permet de jouer avec les équations de transport, de tester leur sensibilité aux différents paramètres.
- Un volet boîte à outil : cette partie du programme décline une série d'outils permettant de réaliser une étude complète de transport solide, depuis la mesure granulométrique jusqu'à l'établissement d'un bilan sédimentaire.



## 2 INTRODUCTION

Le transport solide par charriage est un contributeur essentiel de l'évolution morphologique des cours d'eau, et reste pourtant mal connu car les phénomènes en jeu sont complexes et difficilement observables et mesurables, ce phénomène se produisant en crue et au fond du lit.

Par ailleurs pour palier à la difficulté de mesurer, il y a eu de nombreuses tentatives de mettre au point des formules censées reproduire les flux transportées pour une rivière donnée, en crue. Le problème est qu'il existe aujourd'hui des dizaines de formulations, dont les domaines d'utilisation restent parfois flous, et produisant des résultats parfois très éloignées les uns des autres. Finalement à la complexité naturelle, s'ajoute une complexité « conceptuelle » liée au choix entre ces différents outils.

Les aménageurs et techniciens en charge des cours d'eau sont donc le plus souvent démunis lorsqu'il faut aborder la question du transport solide. Pour pallier à cette situation, nous proposons avec BedloadWeb une plateforme pédagogique, mais aussi un véritable outil à destination des techniciens et gestionnaires, permettant :



- onglet « Base de données » : de manipuler des données (mesurées en rivières) et de tester des équations, ainsi que leur sensibilité aux différents paramètres. Un jeu de données important (plus de 1100 mesures collectées dans plus de 130 cours d'eau) ainsi qu'une dizaine d'équations sont proposés.

- onglet « Boite à outils » : de construire un projet d'étude sédimentaire. L'interface permet de définir tous les paramètres du calcul, dont la géométrie de la section, la granulométrie, l'hydraulique et le transport solide

D'un point de vue technique, BedloadWeb a été écrit en R-Shiny. Il supporte tous les navigateurs sauf iexplore. Les données téléchargées sous forme de fichiers texte doivent être au format UTF8.

## 3 LA BASE DE DONNÉES

### 3.1 Les données

Le jeu de données actuel comprend 11484 valeurs (10167 valeurs issues du terrain et collectées sur plus d'une centaine de cours d'eau dans le monde, et 1317 valeurs issues du laboratoire). Il est constitué uniquement de données publiées dans la littérature (rapports officiels, articles) et ayant fait consensus. Les données confidentielles (données personnelles) non publiées et ne donnant pas accès à une critique de leur condition d'acquisition ne sont pas concernées.

**Tout ajout de nouvelles données respectant les critères ci-dessus est possible sur simple demande au gestionnaire du site.**

Les paramètres saisis dans les différentes colonnes sont :

N° : Repère la ligne dans la base de données globale

River : Nom de la rivière ou de l'expérience de labo

ID : Repère la ligne à l'intérieur de la sélection

Date : date de la mesure

Largeur : Largeur du cours d'eau (en m)

Pente : pente du cours d'eau (en m/m)

Q : débit (en m<sup>3</sup>/s)

U : Vitesse moyennée sur la section (m/s)

H : Hauteur moyenne (m)

R : Rayon hydraulique

D<sub>16</sub>, D<sub>50</sub>, D<sub>84</sub>, D<sub>90</sub> : les diamètres caractéristiques (mm)

qs : débit solide massique par mètre de largeur (g/s/m)

Morphologie : morphologie du tronçon

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	N°	River	ID	Date	Largeur (m)	Pente (m/m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	U(m/s)	H(m)	R(m)	D16(mm)	D50(mm)	D84(mm)	D90(mm)	qs(g/s/m)	Morphologie
2	41	Big wood	1	19/05/1999	12.76	0.0091	9.6	1.38	0.55	0.5	0.028	0.116	0.25	0.38	0.768	Plane Bed
3	42	Big wood	2	19/05/1999	12.76	0.0091	9.6	1.38	0.55	0.5	0.028	0.116	0.25	0.38	4.22	Plane Bed
4	43	Big wood	3	20/05/1999	12.76	0.0091	10.76	1.44	0.58	0.54	0.028	0.116	0.25	0.38	2.31	Plane Bed
5	44	Big wood	4	20/05/1999	12.76	0.0091	10.87	1.45	0.59	0.54	0.028	0.116	0.25	0.38	5.97	Plane Bed
6	45	Big wood	5	21/05/1999	12.76	0.0091	11.07	1.56	0.65	0.59	0.028	0.116	0.25	0.38	0.01	Plane Bed

Les données ne sont pas complètes pour tous les champs, mais chaque jeu comporte au moins :

- Hydraulique : 1 débit ou 1 hauteur d'eau
- Sédiments : le D<sub>50</sub> (le D<sub>84</sub> est soit mesuré ou approximé par 2.1\*D<sub>50</sub>)
- La pente
- Le débit solide

Toutes ces grandeurs sont des grandeurs moyennées sur la section.

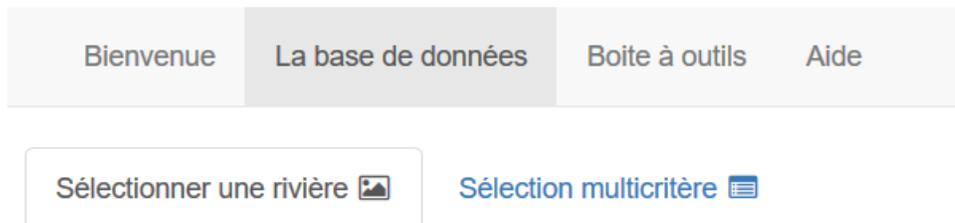
La largeur est presque toujours renseignée, sauf pour quelques cours d'eau (large rivières : Nil, Rhin) où la largeur est absente car les mesures correspondent à des valeurs locales et non des grandeurs moyennées sur la section.

Pour la quasi-totalité du jeu de données (à l'exception de quelques cours d'eau comme Oak Creek), le rayon hydraulique n'est pas mesuré mais calculé en considérant une section rectangulaire avec la formulation :

$$R = \frac{hL}{2h + L} \quad (1)$$

Les morphologies renseignées sont désignées selon l'appellation anglo-saxonne: braiding (tresses), step-pool (morphologie de montagne en marche d'escalier), plane bed (lit plat), riffle-pool (seuil-mouille), sand bed ( lit à sable), et canal pour le laboratoire. Elles sont données à titre indicatif.

## 3.2 Option « Sélectionner une rivière »



### 3.2.1 Objectif de cet onglet

La page « Sélectionner une rivière » ne permet d'afficher qu'un jeu de données à la fois.

Elle est à privilégier lorsque l'on cherche un jeu de données spécifique, ou alors dans un but pédagogique pour tester les équations et leur sensibilité aux différents paramètres.

**Il est conseillé de commencer sur cette page** pour prendre en main l'outil et se familiariser aux différentes fonctionnalités (le reste du site étant bâti selon les mêmes principes).

### 3.2.2 Sélection

Laboratoire  Terrain

Arbucies

Morphologie: Riffle-pool  
Helley-Smith 76 mm  
40 valeurs

Pente=0.0095 m/m  
D50: 2.2 mm  
D84: 20 mm  
Largeur: 5.8 m

Exporter les donnees

Le bouton Laboratoire/Terrain distingue les données issues du laboratoire des données issues du terrain

L'onglet déroulant permet de choisir le jeu de données.

Le texte rappelle des méta-données sur le jeu de données sélectionné

Le bouton « exporter » permet comme son nom l'indique de sauvegarder les données sur son ordinateur au format texte.

Pour rechercher un jeu de données, il est possible d'écrire directement dans l'onglet déroulant le début du nom.

eg

Eggers Creek  
Mondego River

Les données de terrain sont sans ambiguïté, car chaque jeu comporte en général un nom unique de cours d'eau. Pour les données de laboratoire, le nom utilisé est celui de l'auteur qui a été à l'origine de ces données. Cependant chaque jeu de laboratoire a dû être découpé en des groupes homogènes de pente et diamètre des matériaux, ce qui explique pourquoi pour un même auteur la page affichera plusieurs jeux de données.

bogardi

Bogardi1  
Bogardi2  
Bogardi3  
Bogardi4  
Bogardi5

Chaque jeu de laboratoire a été découpé en des groupes homogènes de pente et diamètre des matériaux, sans quoi il aurait été impossible de représenter graphiquement les modèles par des courbes  $Q_s(Q)$

Les données exportées sont sauvegardées au format texte.

Big wood - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

"Nø"	"River"	"ID"	"Date"	"Largeur (m) :	"Pente (m/m) :	"Q(m3/s)"	"U(m/s)"	"H(m)"	"R(m)"	"D16 (mm)"	"D50 (mm)"	"D84 (mm)"	
.07	2.09	1.01	0.87	0.028	0.116	0.25	0.38	84	"Plane Bed"50	"Big wood"	"10"	"27"	
76	0.0091	21.66	1.91	0.89	0.78	0.028	0.116	0.25	0.38	9.4	"Plane Bed"60	"Big wood"	
d"	"29"	"08/06/1999"	12.76	0.0091	17.39	1.75	0.78	0.69	0.028	0.116	0.25	0.38	15.0
ne Bed"79	"Big wood"	"39"	"17/06/1999"	12.76	0.0091	30.87	2.21	1.1	0.94	0.028	0.116	0.25	0.38
0.38	24.3	"Plane Bed"89	"Big wood"	"49"	"22/06/1999"	12.76	0.0091	22.03	1.93	0.9	0.7	0.7	
57	0.028	0.116	0.25	0.38	1.87	"Plane Bed"99	"Big wood"	"59"	"31/05/2000"	12.76	0.0091	0.25	0.38
0"	12.76	0.0091	11.41	1.48	0.61	0.55	0.028	0.116	0.25	0.38	1.3	"Plane Bed"109	"Big wood"
"118	"Big wood"	"78"	"10/06/2000"	12.76	0.0091	10.36	1.42	0.57	0.52	0.028	0.116	0.25	0.38
0.38	1.58	"Plane Bed"128	"Big wood"	"88"	"14/06/2000"	12.76	0.0091	8.16	1.29	0.5	0.4	0.4	
42	0.39	0.028	0.116	0.25	0.38	0.21	"Plane Bed"138	"Big wood"	"98"	"21/06/2000"	12.76	0.0091	0.25

On peut les ouvrir avec un tableur pour les manipuler

Assistant Importation de texte - Étape 2 sur 3

Cette étape vous permet de choisir les séparateurs contenus dans vos données. Vous pouvez voir les changements sur votre texte dans l'aperçu ci-dessous.

**Séparateurs**

- Tabulation
- Point-virgule
- Virgule
- Espace
- Autre :

Interpréter des séparateurs identiques consécutifs comme uniques

Identificateur de texte :

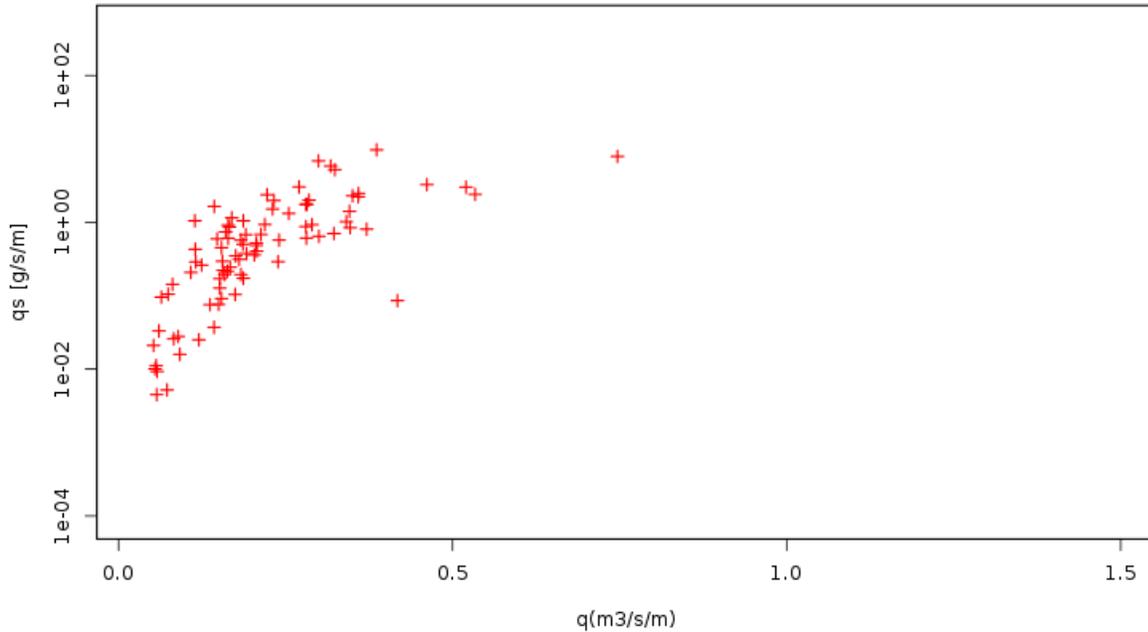
**Aperçu de données**

Nø	River	ID	Date	Largeur (m) :	Pente (m/m) :	Q (m3/s)	U (m/s)	H (m)	R (m)	D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)
41	Big wood	1	19/05/1999	12.76	0.0091	9.6	1.38	0.55	0.5	0.028	0.116	0.25
42	Big wood	2	19/05/1999	12.76	0.0091	9.6	1.38	0.55	0.5	0.028	0.116	0.25
43	Big wood	3	20/05/1999	12.76	0.0091	10.76	1.44	0.58	0.54	0.028	0.116	0.25
44	Big wood	4	20/05/1999	12.76	0.0091	10.87	1.45	0.59	0.54	0.028	0.116	0.25
45	Big wood	5	21/05/1999	12.77	0.0091	12.97	1.56	0.65	0.59	0.028	0.116	0.25

Annuler < Précédent **Suivant >** Terminer

### 3.2.3 Affichage

Chaque fois qu'un cours d'eau est sélectionné, une mise à jour automatique de l'affichage est effectuée et les données correspondantes sont affichées graphiquement :



**Options d'affichage:**

Afficher la légende

X log

Y log

Etirer axe X:  (1 to 10)

Etirer axe Y:  (1 to 100)

Afficher en X avec:  q  H  T  T\*  T\*/T\*c  ω

Afficher en Y avec:  qs  Φ

Afficher avec  $\tau^*c =$

Decile i pour Di =

Défaut  $T^*c = T^*c(S) = 0.047$

Défaut  $\tau^*(D50), \Phi(D50)$

L'utilisateur pourra constater que quel que soit le jeu de données, il ne s'agit jamais d'une suite de points alignés sur une courbe, mais que la variabilité est forte (en général dans une enveloppe couvrant 2 ordres de grandeur). On a parfois tendance à associer un peu rapidement cette variabilité à des erreurs de mesure. Ces erreurs (ou imprécisions) de mesures existent. Mais cette variabilité résulte en grande partie de fluctuations naturelles du processus de

charriage, liées à la variabilité du milieu (turbulence, pente, granulométrie) et à des processus granulaires (tri granulométrique).

Le panneau situé sous la figure permet de changer les options d'affichage. Les Xlog et Ylog, ainsi que les sliders « Etirer les axes » permettent d'améliorer la visibilité pour certaines valeurs trop faibles ou trop fortes par rapport au nuage de points.

Afficher en X avec:

q  H  T  T\*  T\*/T\*c  ω

Afficher en Y avec:

qs  Φ

Les options « Afficher en X » et « Afficher en Y » permettent de choisir les grandeurs à afficher sur les deux axes. Par défaut l'affichage présente q(m<sup>3</sup>/s/m) en X et qs (g/s/m) en Y.

T (N/m<sup>2</sup>) désigne la contrainte :

$$\tau = \rho g R S \quad (2)$$

T\* est la contrainte adimensionnalisée par le diamètre des grains D (ou nombre de Shields) :

$$\tau^* = \frac{\tau}{g(\rho_s - \rho)D} \quad (3)$$

Par défaut les valeurs sont calculées avec le diamètre médian D<sub>50</sub>.

T\*/Tc\* est un ratio entre la contrainte adimensionnelle de l'écoulement le nombre de Shields critique Tc\* correspondant au début de mouvement. ω (Watt/m<sup>2</sup>) est la puissance spécifique de l'écoulement

$$\omega = \tau U \quad (4)$$

En Y, le débit solide qs (g/s/m) peut aussi être affiché avec le paramètre d'Einstein Φ, qui est une adimensionnalisation à partir du diamètre des grains D:

$$\Phi = \frac{q_s}{\rho_s \sqrt{g(s-1)} D^3} \quad (5)$$

Il n'existe pas de consensus dans la communauté scientifique sur les valeurs appropriées pour Tc\*, et une grande variété de valeurs comprises entre 0.03 et 0.06 ont été proposées dans la littérature. Par défaut, ce nombre est ici recalculé en fonction de la pente avec la formulation [Recking et al., 2008]:

$$\tau_c^* = 0.15S^{0.275} \quad (6)$$

Mais l'utilisateur a la possibilité de changer cette valeur :

Afficher avec  $\tau^*c=$

Défaut  $T^*c=T^*c(S)=0.047$

Decile i pour  $D_i=$

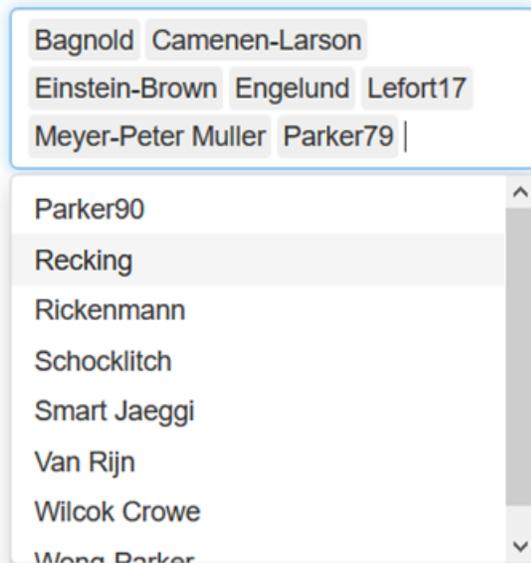
Défaut  $\tau^*(D50) , \Phi(D50)$

Il en va de même pour le diamètre de référence. Par exemple saisir  $D_i= 84$  impliquera que les nombres de Shields et de Einstein seront calculés avec le  $D_{84}$  au lieu du  $D_{50}$ .

### 3.2.4 Tester les équations

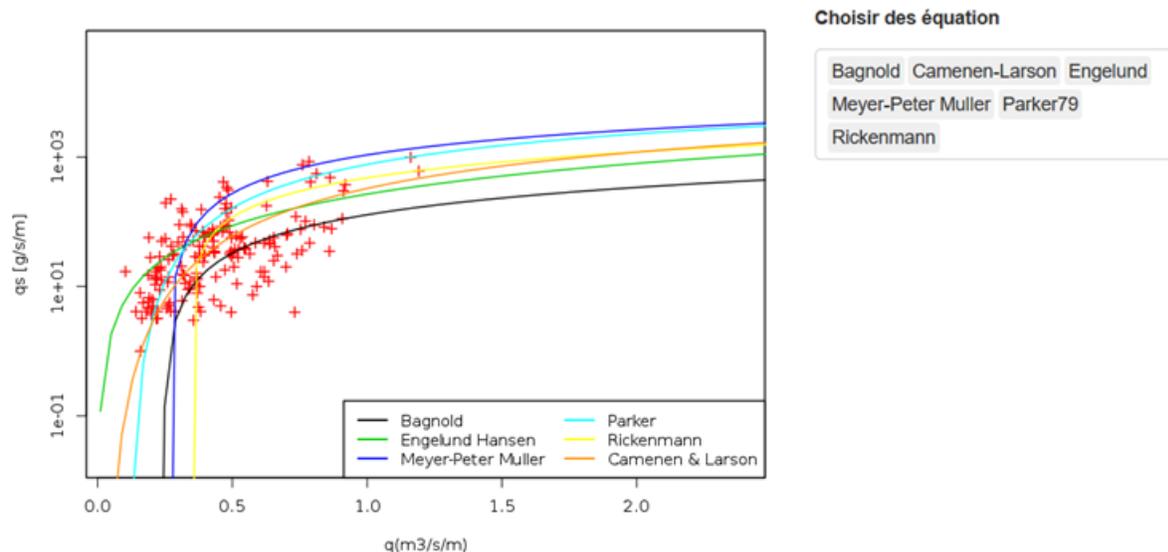
La page offre la possibilité d'afficher les équations de transport avec les données.

#### Choisir des équation



Pour choisir d'afficher une équation, il suffit de cliquer sur la fenêtre « Choisir des équations ». Les équations seront affichées dans un menu déroulant et il suffit de faire un choix en cliquant sur l'équation à afficher. Pour supprimer une équation de l'affichage, il suffit de sélectionner son nom et appuyer sur la touche « Suppr » ou « ← »

Lorsque le panneau de sélection des équations est modifié, l'affichage est mis à jour automatiquement.



Ce mode de représentation permet d'avoir une vue d'ensemble du comportement des modèles ; l'inconvénient est que le calcul est réalisé pour des valeurs de largeur, diamètre et pente constantes. C'est en général le cas pour la plupart des jeux de données, mais certains jeux proposent des valeurs de largeur, diamètre et pente pour chaque valeur de  $q_s$ . Un calcul spécifique est alors plus approprié (ce qui est possible avec l'onglet « Sélection Multicritère »).

Plusieurs options sont offertes pour le calcul :

**Options de calcul**

Calcul avec :  Q  H

Corriger la contrainte

Corriger les effets de parois en canal

Supprimer la fraction sableuse pour calcul avec Parker90

Le calcul peut se faire à partir du débit Q ou de la hauteur d'eau H.

La contrainte peut être corrigée pour tenir compte de la rugosité de forme.

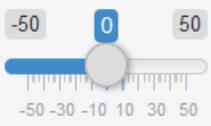
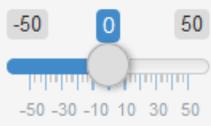
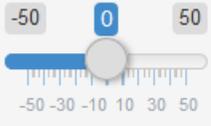
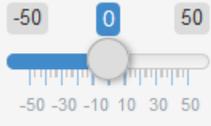
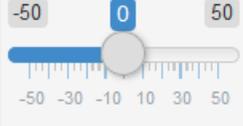
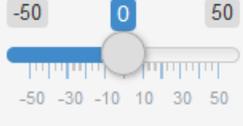
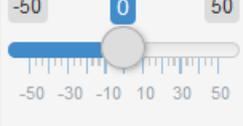
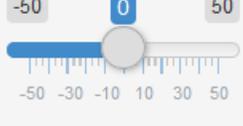
La correction des effets de parois en canal corrige les frottements contre les parois lisses en verre qui impactent les vitesses moyennes.

L'équation de Parker 90 doit être utilisée avec une granulométrie excluant les sables.

Lorsque les calculs sont réalisés à partir du débit  $Q$ , la loi de frottement de Ferguson [2007] est utilisée pour calculer la hauteur d'eau, nécessaire au calcul de la contrainte  $\tau$  (Eq.2). Cette loi a été choisie car des tests sur de grands jeux de données [Rickenmann and Recking, 2011] ont montré qu'elle donnait des résultats satisfaisants quel que soit le type de cours d'eau, et en particulier pour les cours d'eau de montagne à forte pente et lits à blocs.

Enfin, l'utilisateur a la possibilité de tester la sensibilité des équations aux différents paramètres en faisant bouger les curseurs du panneau « Tester la sensibilité à ». Cet outil a un but essentiellement pédagogique, et permet de sensibiliser l'utilisateur à l'importance des données d'entrée des équations.

**Tester la sensibilité a:**

<p>Largeur (%)</p> 	<p>Pente (%)</p> 
<p>D50(%)</p> 	<p>D84(%)</p> 
<p>Hydraulique (%)</p> 	<p>Seuil (%)</p> 
<p><math>\rho</math>(%)</p> 	<p><math>\rho_s</math>(%)</p> 

Chaque curseur peut être déplacé entre -50% et +50% de la valeur initiale.

Par exemple +30% appliqué au paramètre « pente » signifie que la pente associée au jeu de données sera multipliée par un coefficient 1.3.

Le paramètre « Hydraulique » sera soit le débit soit la hauteur d'eau selon l'option de calcul choisie.

Le paramètre « Seuil » correspond au paramètre seuil de mise en mouvement qui peut être, selon les équations, une contrainte critique ou un débit critique.

Les paramètres  $\rho$  et  $\rho_s$  sont respectivement la masse volumique de l'eau (par défaut 1000 kg/m<sup>3</sup>) et des sédiments (par défaut 2650 kg/m<sup>3</sup>)

## 3.2.5 Granulométrie transportée

La deuxième partie de la page « sélectionner une rivière » est consacrée à la granulométrie transportée

Granulométrie ( Arbucies )

**Granulométrie de surface**

% plus fin	Mesuré	Modèle
D5	NA	NA
D10	NA	NA
D16	0.42	NA
D25	0.58	NA
D50	2.40	2.20
D75	11.85	13.53
D84	21.38	20.00
D90	32.35	26.00
D95	73.60	41.00
D100	NA	100.00

Le modèle reconstruit une granulo a partir du D50; il est utilisé lorsque la granulométrie mesurée n'est pas disponible  
 Remarque: des legeres differences peuvent exister entre les D50 et D84 extraits des courbes granulométriques et ceux fournis dans la base de données

Granulométrie transportée  Wilcock and Crowe  Parker  GTM  
 Débit q (m3/s/m): 0.001  
 H= 0.13 m, R= 0.12 m, U= 0.81 m/s  
 T\*/Tc\*(pour D84)= 1.35 L/H= 45.14  
 ?

**Granulometrie transportee**

% plus fin	Lit	W&C	Parker	GTM
D5	NA	NA	NA	NA
D10	NA	NA	NA	NA
D16	NA	NA	0.35	0.37
D25	NA	0.42	0.52	0.53
D50	NA	0.99	1.55	1.60
D75	NA	2.77	7.45	6.42
D84	NA	4.01	13.71	12.04
D90	NA	5.61	21.32	15.78
D95	NA	11.73	30.06	24.20
D100	NA	73.60	73.60	30.70

Remarque: Parker90 utilisé ici avec fraction sableuse de la courbe granulométrique

Le panneau de gauche rappelle la granulométrie du lit. Cette courbe est utilisée par certaines équations de transport. Lorsqu'elle est absente, elle est modélisée à partir du D50 [Recking, 2013].

### Granulométrie de surface

% plus fin	Mesuré	Modèle
D5	NA	NA
D10	NA	NA
D16	0.42	NA
D25	0.58	NA
D50	2.40	2.20
D75	11.85	13.53
D84	21.38	20.00
D90	32.35	26.00
D95	73.60	41.00
D100	NA	100.00

La colonne « mesuré » renseigne sur les données telles qu'elles sont fournies dans le document original.

La colonne « modèle » donne la courbe granulométrique modélisée. Ce modèle utilise une similitude avec une large base de données pour reconstruire une courbe réaliste à partir du D50.

Le panneau de droite donne la granulométrie transportée calculée selon différentes méthodes.

### Granulometrie transportee

% plus fin	Lit	W&C	Parker	GTM
D5	NA	NA	NA	NA
D10	NA	NA	NA	NA
D16	NA	NA	0.35	0.37
D25	NA	0.42	0.52	0.53
D50	NA	0.99	1.55	1.60
D75	NA	2.77	7.45	6.42
D84	NA	4.01	13.71	12.04
D90	NA	5.61	21.32	15.78
D95	NA	11.73	30.06	24.20
D100	NA	73.60	73.60	30.70

WC (Wilcock and Crowe) et Parker utilise les résultats du calcul de transport solide effectué pour chaque classe de grains, pour reconstituer une courbe granulométrique.

GTM est un modèle qui étend le concept de début de transport à toute la classe granulométrique présente sur le lit du cours d'eau [Recking, 2016].

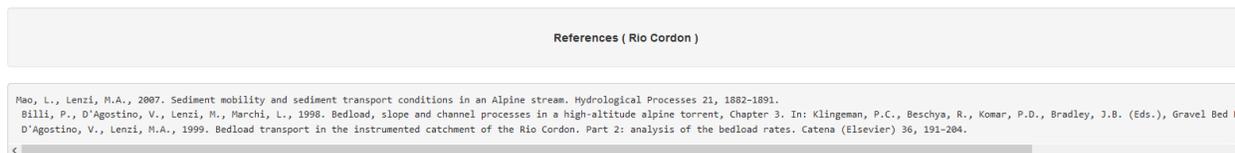
En faisant bouger le curseur, on peut observer l'impact du débit sur la courbe transportée. Encore un fois, cet outil a un but essentiellement pédagogique.



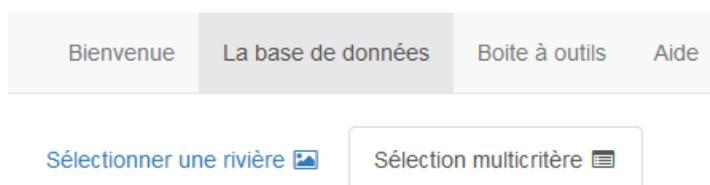
Le bouton « options GTM » laisse à l'utilisateur la possibilité de caler les paramètres du modèle. Pour plus d'informations le lecteur est invité à consulter les annexes dédiées aux calculs.

## 3.2.6 Références

Pour finir, cette page affiche également toutes les références relatives à la sélection. L'utilisateur est vivement invité à rappeler les références associées à chaque fois qu'il a utilisera des données.



## 3.3 Option « Sélection multicritères »



### 3.3.1 Objectif de cet onglet

Contrairement à l'onglet précédent, cet onglet permet de sélectionner plusieurs cours d'eau répondant à des critères précis définis par l'utilisateur.

Au-delà de l'aspect pédagogique, cet outil peut être utilisé par exemple dans le cadre d'une étude, pour rechercher des mesures de transport solide sur des cours d'eau présentant des caractéristiques similaires au cours d'eau étudié.

### 3.3.2 Sélection

Le volet gauche de la page permet de sélectionner les données plusieurs critères de sélection.

Les menus déroulants donnent accès à des données par classe : Labo/Terrain ; Morphologie ; Technique de mesure (se référer au manuel dédié à la mesure pour une description des différentes techniques).

Les cases à saisir associées aux paramètres Pente, D50, D84, Largeur,  $q$ ,  $\tau^*/\tau^*c$  correspondent aux valeurs minimum et maximum souhaitées.

Ce volet de sélection reste toujours visible et actif quel que soit le mode d'affichage, table ou graphique, tel que décrit plus loin.

Type de données ▼

Morphologie ▼

Technique de mesure ▼

Pente (m/m):

D50 (mm):

D84 (mm):

Largeur (m):

q (m<sup>3</sup>/s/m):

$\tau^*/\tau^*_c$

Réinitialiser

Utilisez ce volet pour faire une sélection de données.

Les menus déroulants donnent un accès immédiat aux données par classe.

Les cases à saisir associées à chaque paramètre sont les valeurs minimum (à gauche) et maximum (à droite) souhaitées.

Les critères saisis sur cet exemple vont afficher tous les cours d'eau ou données de laboratoire dont le D50 est compris entre 12 et 22 mm.

Le bouton réinitialiser efface toute la saisie et affiche la base de données complète

## 3.3.3 Affichage

Les données saisies sont affichées dans le tableau central qui rappelle le nom de la sélection ainsi que les méta-données associées. Remarque : on peut aussi rechercher un cours d'eau en entrant son nom dans la case « Search ».

Show  entries Search:

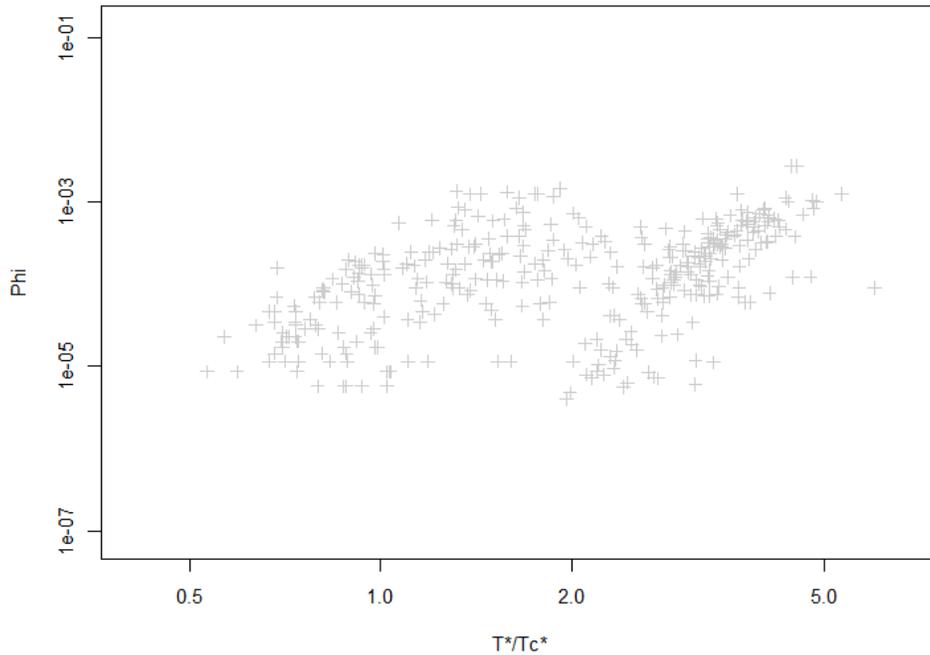
	Rivière	Pente (m/m)	D50(mm)	D84(mm)	Largeur (m)	Morphologie	Technique
10	Buffalo Fork	0.0025	18	52	45	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
16	Chultinana River below canyon near Talkeetna	0.001	12	52	108	Braiding	Helley-Smith 76 mm
74	North Fork of Caspar Creek	0.013	15	50	4.4	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
76	Pacific Cr	0.0035	20	45	43	Braiding	Toutle sampler TR2
111	Tanana River at Fairbanks, Alaska	0.0005	13	30	315	Braiding	Helley-Smith 76 mm
113	Tom McDonald Cr	0.006	19.8	58	6.125	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
117	Torrent de Saint-Pierre	0.025	21	80	100	Braiding	Helley-Smith 150 mm
120	Trap Bay Cr	0.006	20	40	14	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
122	Turkey Brook	0.00815	22	42	3	Riffle-pool	Pit trap (Birkbeck type)
123	Upper South Fork of Williams Fork near Leal	0.0096	22	56	10.5	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
124	Urumqui	0.025	20	160	6.4	Braiding	Helley-Smith 150 mm
126	Versilia	0.002	22	50	32	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
131	Wind river	0.001	14	50	40.9	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
138	Bogardi5	0.01685	15.2	18.24	0.3	Canal	Laboratoire
177	Graf Suszka1	0.005	12.2	14.64	0.6	Canal	Laboratoire

Showing 1 to 15 of 22 entries Previous  2 Next

Il est encore possible d'affiner la sélection en cliquant sur les lignes.

5	Blue river below Green Mountain Reserv	0.0026	58	220	34	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
6	Boise	0.0038	70	141	54.86	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm
7	Borgne d Arolla	0.03	11	19	2	Step-pool	Helley-Smith 76 mm
8	Bridge Cr	0.067	30	63	2.3	Plane Bed	Helley-Smith 76 mm
9	Bruneau	0.0054	41	140	13.92	Riffle-pool	Helley-Smith 76 mm

Le bouton Table < > Graphe donne un accès à une représentation graphique de la sélection.



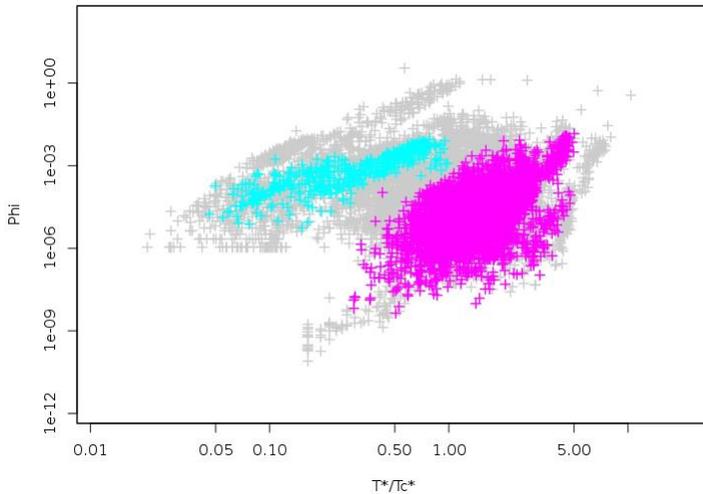
La page graphique offre plusieurs options d’affichage, comme c’était déjà le cas pour la page « Sélectionner une rivière »

La liste des cours d’eau sélectionnés est rappelée sous la figure et le petit tableau en bas à droite présente les méta-données de la sélection. Ces valeurs peuvent cacher une grande disparité.

Selection: Arbucies, Big wood, Black River near Galesville, Blackmare, Blue riv

Variable	Min	Mediane	Max
S (m/m)	2.6e-03	1.56e-02	2.5e-02
D50 (mm)	20	22	22
D84 (mm)	42	42	160
L (m)	3	3	12.6

On y trouve également des options d'affichage des données selon leur appartenance à une morphologie ou selon la technique de mesure.

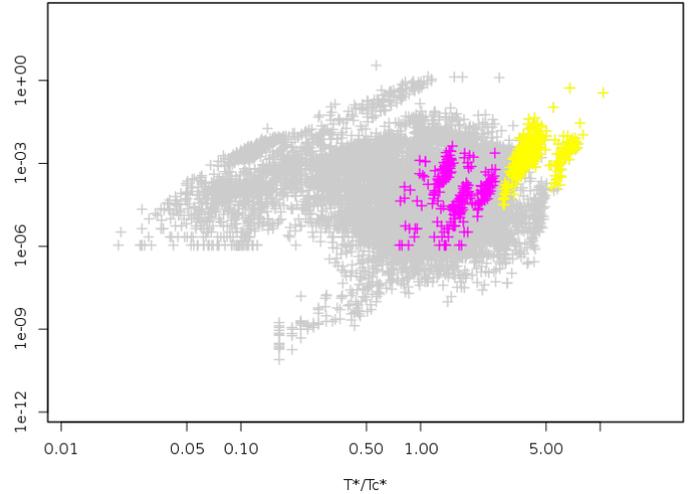


Afficher les données par:

Technique de mesure  Morphologie

Morphologie

Morphologie  Braiding  Canal  Plane Bed  Riffle-pool  Sand bed  
 Step-pool



Afficher les données par:

Technique de mesure  Morphologie

Technique de mesure

Technique de mesure  Laboratoire  Basket Sampler  Elwha sampler  
 Helley-Smith 150 mm  Helley-Smith 76 mm  Nozzle 99x55mm  
 Pit trap (Birkbeck type)  Sediment trap  Settling basin  Toutle sampler TR2  
 Trap with endless belt  Vortex  VuV Sampler

### 3.3.4 Tester les équations

La deuxième partie de la page est dédiée aux calculs.

Choisir des équations

Einstein-Brown Engelund  
 Meyer-Peter Muller Schocklitch

Lancer le calcul

Calcul avec :

Q  H

Corriger la contrainte

Corriger les effets de parois en canal

Supprimer la fraction sableuse pour calcul avec Parker90

Pour utiliser cette page il faut sélectionner les équations à tester, puis cliquer sur le bouton « Lancer le calcul ».

Les options de calculs sont les mêmes que celles présentées plus haut pour la page « Sélectionner une Rivière ».

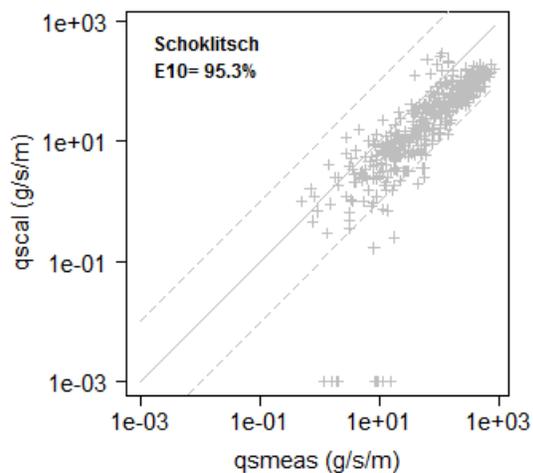
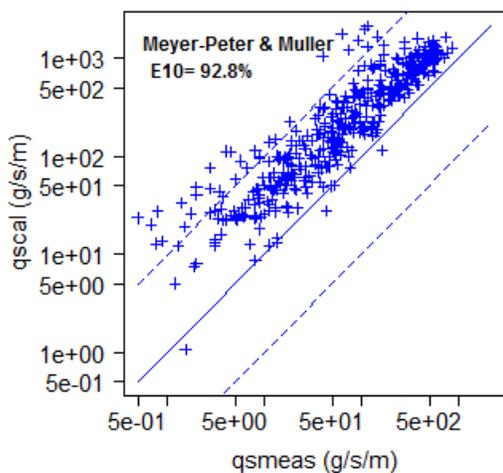
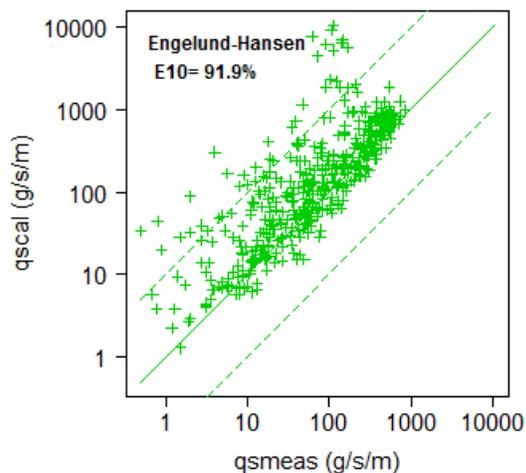
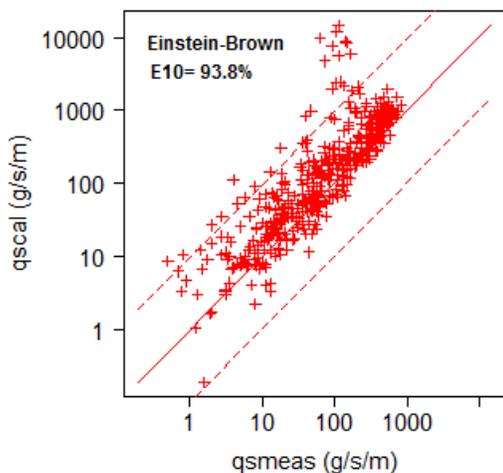
Les calculs ne prennent en compte que les données et les équations sélectionnées et les résultats sont présentés dans le tableau situé gauche de l'écran.

Equation	E2(%)	E5(%)	E10(%)	
Einstein-Brown	61.1	88.1	93.8	Les résultats sont présentés sous forme d'un pourcentage de valeurs des ratios $Q_{scal}/Q_{smes}$ se situant dans les intervalles :  E2 : $0.5 < Q_{scal}/Q_{smes} < 2$  E5 : $0.2 < Q_{scal}/Q_{smes} < 5$  E10 : $0.1 < Q_{scal}/Q_{smes} < 10$
Engelund-Hansen	61.9	84.9	91.9	
Meyer-Peter & Muller	22.6	77.4	92.8	
Schoklitsch	23.8	79.4	95.3	

E2 est un critère acceptable pour les données de laboratoire, dans la mesure où les fluctuations des mesures sont assez modérées. Par contre E10 prend tout son sens sur le terrain où quasiment tous les jeux de données indiquent une large fluctuation autour des valeurs médianes.

Contrairement à l'onglet précédent où chaque sélection correspondait à une seule rivière (donc un seul D50, une seule pente...) le calcul doit ici être réalisé ligne par ligne pour tenir compte de la grande diversité des paramètres dans la sélection. Les modèles ne peuvent donc plus être représentés par une courbe unique, ce qui explique un mode d'affichage graphique différent faisant apparaître les données calculées versus la mesure.

La figure suivante présente les calculs pour des rivières à sable avec les équations de Einstein-Brown, Engelund & Hansen, Meyer-Peter & Muller, Schoklitsch.



Les axes peuvent être ajustés avec le slider :

**Minimum à afficher:**



Le bouton  permet d'éditer le détail des calculs.

Lorsque les équations de Wilcock and Crowe ou de Parker 90 sont utilisées seules, le fichier détaille le calcul fractionné (pour chaque classe granulométrique).

## 4 LA BOITE À OUTILS

---

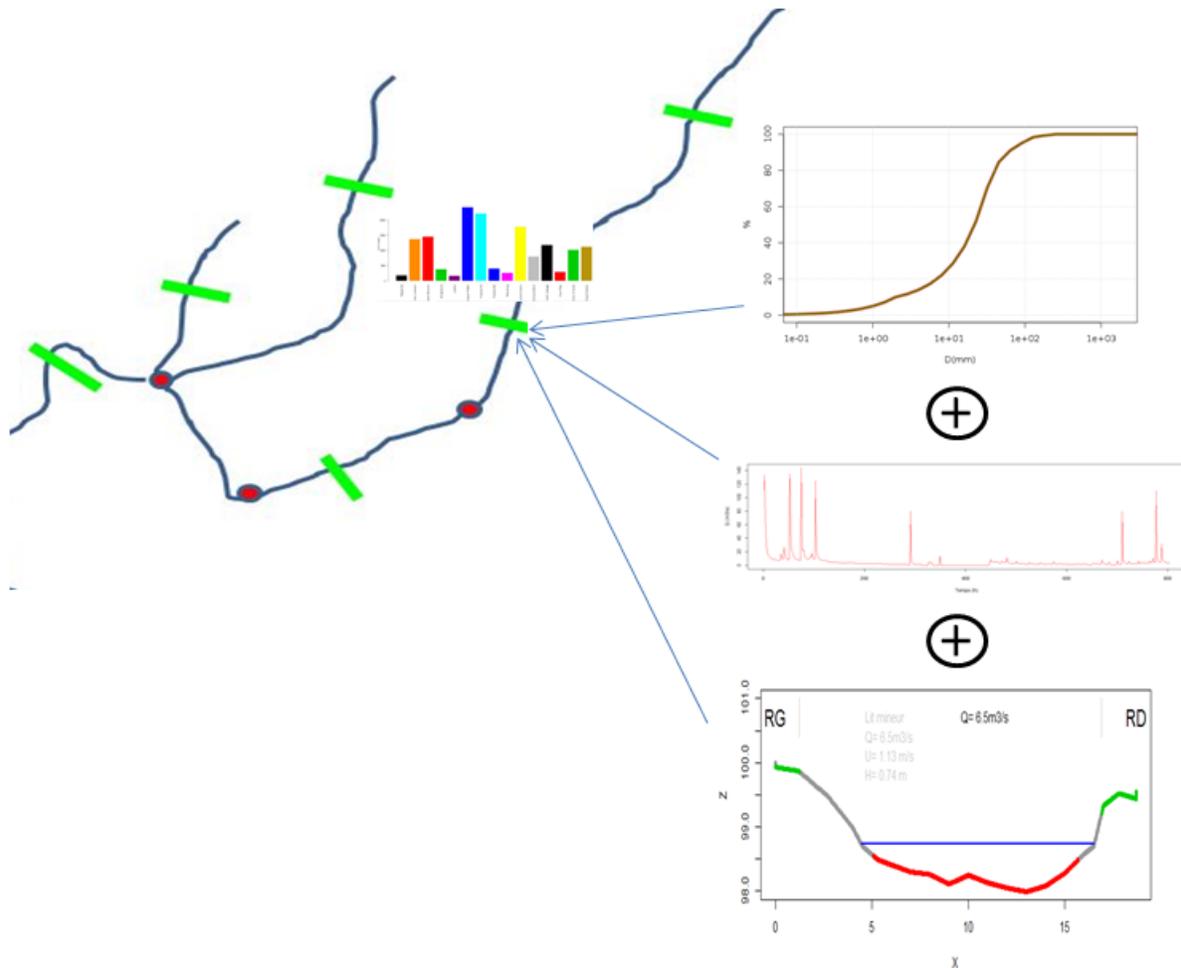
Elle est composée d'une série d'outils destinés à accompagner l'utilisateur dans l'élaboration d'un projet d'étude de bilan sédimentaire. Elle comporte plusieurs onglets qui chacun représente une étape incontournable pour une étude sérieuse. Les onglets sont présentés dans une suite logique, chacun produisant des données utiles aux suivants: (1) l'onglet 'Granulométrie' vous permet de définir la granulométrie des sédiments (2) l'onglet 'Section' permet de définir (topographie) et d'habiller (rugosités..) la section d'écoulement (3) l'onglet 'hydraulique' permet de calculer les principales grandeurs hydrauliques (4) l'onglet 'transport solide' calcule les flux pour la granulométrie, la section et l'hydraulique préalablement définis (5) l'onglet 'hydrologie' permet de définir une hydrologie, (6) l'onglet Bilan sédimentaire calcule des bilans transportés pour la période considérée, et enfin (7) l'onglet 'Analyse' propose une synthèse des bilans réalisés sur chaque section.

### 4.1 Bien débiter un projet

Avant de commencer un projet sur BedloadWeb il est bon de se questionner sur les objectifs. S'il s'agit juste de tester une section pour avoir un premier aperçu de son comportement vis-à-vis de l'hydraulique et du transport solide, la saisie du projet ne pose pas de difficulté majeure.

Si l'objectif est de comprendre le comportement sédimentaire d'un bassin versant. Dans ce cas on va définir des « stations » où seront collectées toutes les données nécessaires aux calculs : granulométrie, section en travers, pente, surface du bassin versant (pour éventuellement adapter l'hydrologie).

La figure suivante illustre un réseau hydrographique et le positionnement de plusieurs sections d'étude où pourront être effectués des bilans sédimentaires. **Le choix de l'emplacement de ces sections conditionne en grande partie le succès d'une étude de bilan sédimentaire.** Il est donc conseillé en préalable à tout calcul, de bien penser le fonctionnement de ce bassin versant afin de collecter les bonnes données aux bons endroits.



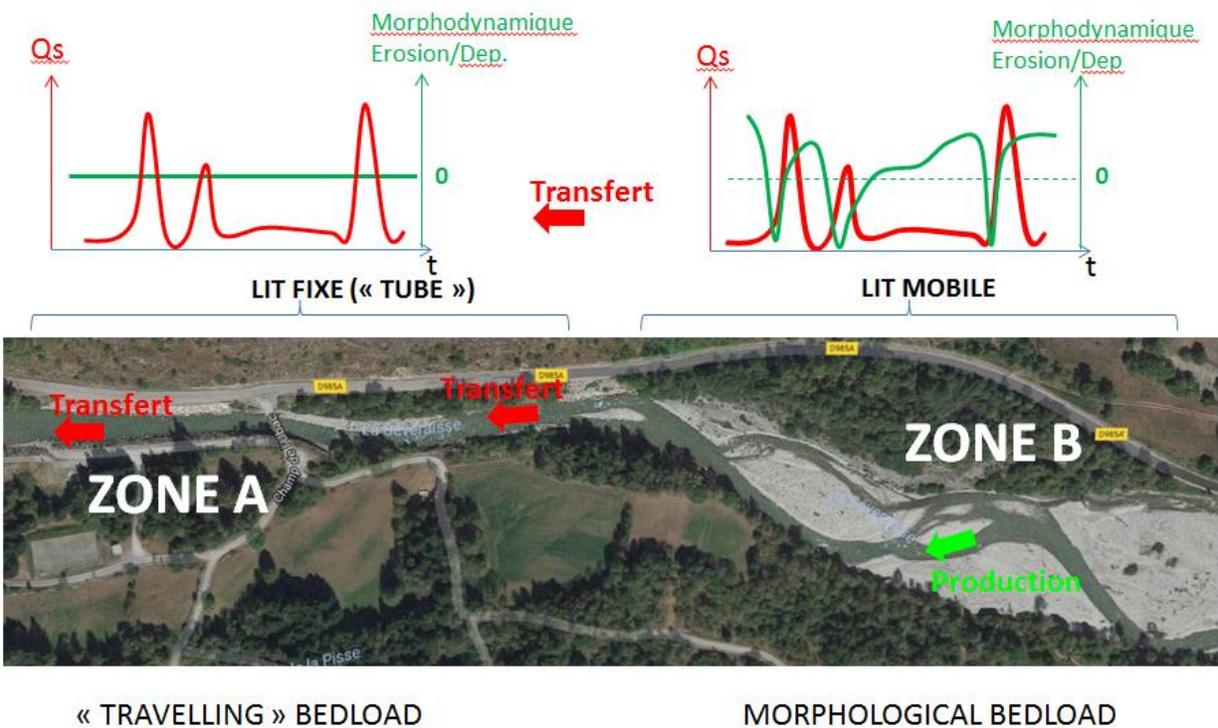
La première chose à avoir à l'esprit est que les équations de transport solide n'ont de sens que si elles sont utilisées sur des **sections auto-formées**, c'est-à-dire que l'on va mettre en relation la géométrie du lit avec les sédiments qui la composent et l'hydraulique qui l'a façonnée via le transport solide.

Dès lors que la géométrie du tronçon (largeur et pente) résulte de processus externes au transport solide (les tronçons aménagés par l'homme par exemple), où que les conditions de transport actuelles ne sont plus celles qui prévalaient lors de la formation du lit (transport de graviers sur lits à blocs en montagne par exemple), mettre en relation la granulométrie du lit, l'hydrologie et la géométrie de la section auront du sens pour l'hydraulique mais pas pour le transport solide.

Les conditions favorables sont en générale réunies dans les sections alluviales des cours d'eau. On privilégiera donc pour la collecte des données les sections présentant des bancs sédimentaires (émergés ou non), entre lesquels le lit mineur s'est construit : zones de seuils mouilles, bancs alternés,... Les lits de sable en général sont plutôt favorables au calcul.

Les zones les plus délicates sont les zones de montagne où les sections alluviales peuvent être rares. Il faudra donc bien prendre le temps de faire une lecture du paysage en prenant bien soin de distinguer :

- les sections alluviales
- les « tubes » : zones de transfert efficace des sédiments provenant de l'amont (travelling bedload) sur un lit pavé stable, à forte pente, et mobilisé que pour des crues rares [Piton and Recking, 2017] ;
- les zones préférentielles de dépôt, caractérisées par un élargissement brutal et une rupture de pente (comme par exemple lors des transitions brutale de morphologie : step-pool -> tresse).



Dans l'exemple de la figure ci-dessus, la ZONE A caractérisée par des endiguements latéraux et un lit pavé est très stable et totalement contre indiquée pour le calcul du transport solide, alors

même que des quantités importantes de sédiments y transitent. Cependant ce transport provient des changements morphologiques de la ZONE B où la géométrie du lit est un résultat direct du transport solide : cette zone est favorable aux calculs.

Le choix des secteurs pour la collecte des données devra résulter de cette analyse préalable et sera déterminant pour la pertinence des calculs.

## 4.2 Gestion des profils et des projets



Cet onglet permet de définir le projet mais surtout offre des options de sauvegarde et de partage.

Une quantité importante de données peut être saisie sur le site et il est très important de pouvoir les sauvegarder. Le site offre deux options de sauvegarde.

Sauvegarde locale

Les données saisies peuvent être sauvegardées en local sur votre PC au format texte.

Se connecter

Elles peuvent être sauvegardées sur le serveur ce qui offre plus d'options et facilite le partage.

Reinitialiser la saisie

### 4.2.1 Sauvegarde locale

Sauvegarde locale

**Exporter les données enregistrées** ?

Exporter séparément les hydrogrammes

**IMPORTANT: ASSUREZ VOUS QUE L'OPTION ENCODAGE EST UTF8 LORS DE LA SAUVEGARDE DU FICHIER .TXT SUR VOTRE PC**

**Importer un projet**

Importer des hydrogrammes (si sauvegardés dans un fichier distinct)

Le bouton « Exporter le projet » permet de sauvegarder votre saisie sur votre PC, au format texte. Cette fonctionnalité ne nécessite pas de créer un compte, par contre les photos et le texte description du projet ne sont pas sauvegardés.

**IMPORTANT : Tous les fichiers texte doivent impérativement être au format UTF8 sinon le programme plantera à l'importation d'un fichier préalablement sauvegardé.**

Le bouton « Importer un projet » permet d'importer un projet préalablement sauvegardé au format texte.

**IMPORTANT : Le fichier texte doit impérativement être au format UTF8**

Si vous avez défini des petits hydrogrammes ils peuvent être sauvegardés dans un fichier unique avec le projet. Si par contre vous avez importé de gros fichiers (et souvent on peut être amenés à tester plusieurs hydrogrammes), il est préférable de les sauvegarder séparément en utilisant l'option proposée afin de ne pas alourdir la taille des fichiers. Dans ce cas il sera impératif d'importer les deux fichiers (le Projet + son fichier hydrogramme) lors de l'ouverture d'un projet. **Afin de savoir quelle option choisir, vous pouvez tester dans un premier temps une sauvegarde unique, puis essayer de le réimporter : le programme refusera si le fichier est trop gros.**

Cette option de sauvegarde permet l'échange de données, car un autre utilisateur pourra ouvrir vos fichiers texte. Par contre il n'aura pas accès à vos photos si vous en avez saisies.

## 4.2.2 Créer un compte

Vous pouvez sauvegarder vos données saisies sur le serveur qui héberge le site. Cette option offre plus de confort que l'option précédente car le projet est sauvegardé en un clic, et on peut y accéder tout aussi facilement. Autre avantage important, elle permet la sauvegarde des photos.



The screenshot shows a login form with a blue header 'Se connecter'. It contains two input fields: 'Identifiant' and 'Mot de Passe'. Below the fields are two buttons: 'Login' and 'Créer un compte'.

Pour se connecter il suffit de saisir son identifiant et son mot de passe puis de cliquer sur le bouton « connexion ».

Vous devez pour cela avoir préalablement créé un compte.



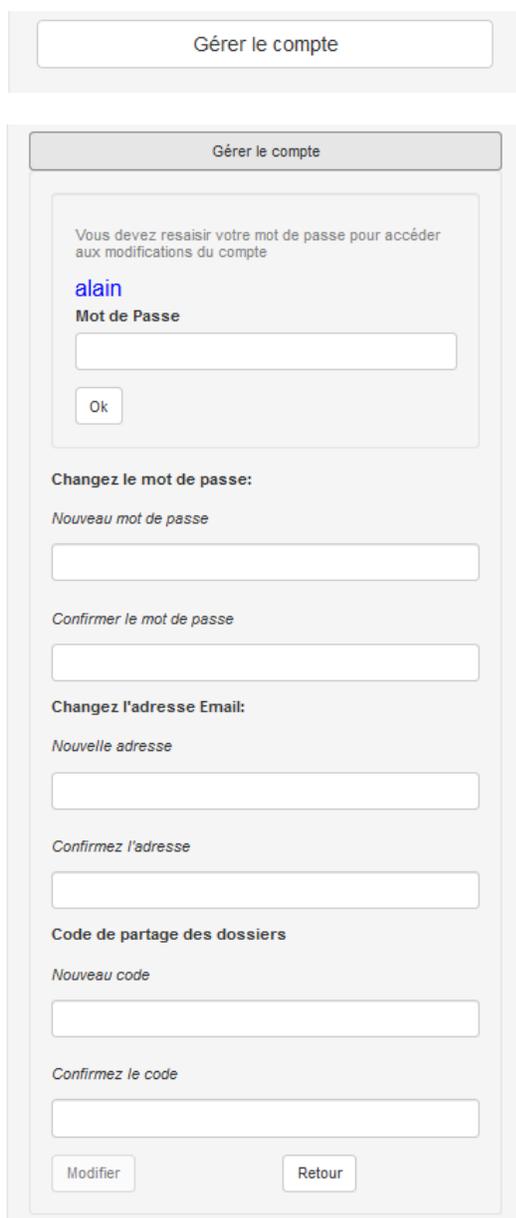
The screenshot shows an account creation form with a blue header 'Se connecter'. It contains several input fields: 'Identifiant', 'Mot de Passe', 'Confirmez le mot de passe', 'Email valide', and 'Confirmez l'email'. Below these fields is a text block explaining that email is optional but recommended for confidentiality. There is also a field for 'Code de partage des dossiers' and an 'OK' button at the bottom.

Pour créer un compte il suffit de choisir un identifiant et un mot de passe.

**L'email n'est pas obligatoire par contre il est fortement conseillé.** En effet, les données saisies sur un compte sont confidentielles ; si vous perdez votre mot de passe, l'email associé au compte servira de signature et nous pourrons vous le recommuniquer.

En l'absence d'email, un compte avec mot passe oublié pourra être considéré comme perdu.

Le 'code partage' est **un code différent du code de connexion**. Il servira à échanger des données avec d'autres comptes.



Gérer le compte

Gérer le compte

Vous devez resaisir votre mot de passe pour accéder aux modifications du compte

**alain**

**Mot de Passe**

Ok

**Changez le mot de passe:**

Nouveau mot de passe

Confirmer le mot de passe

**Changez l'adresse Email:**

Nouvelle adresse

Confirmez l'adresse

**Code de partage des dossiers**

Nouveau code

Confirmez le code

Modifier Retour

Une fois connecté le nom de l'utilisateur s'affiche et le panneau d'accueil se transforme pour donner accès à de nouvelles options pour la gestion des projets et du compte

Les options de gestion de projet sont présentées dans les paragraphes suivants.

Le bouton « Gérer le compte » permet de modifier les informations saisies lors de la création du compte.

Pour des raisons de sécurité il est nécessaire de se re-saisir son mot de passe avant d'accéder aux modifications.

Il est alors possible de modifier le mot de passe, l'adresse mail et le code partage.

Cette option permet aussi d'accéder à son code partage, si on l'a oublié.

### 4.2.3 Gestion des projets



La connexion donne accès à plusieurs boutons de gestion des projets

‘Nouveau’ permet de créer un nouveau projet.

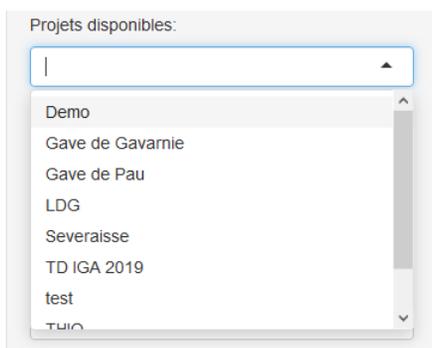
‘Projets disponibles’ donne accès en menu déroulant à tous les projets déjà saisis.

‘Supprimer le projet ouvert’ détruit le projet actif

‘Partager un projet’ permet d’échanger avec d’autres utilisateurs



Pour **créer** un projet il suffit d’actionner la touche ‘Nouveau’, de saisir le nom du projet puis de valider. Toutes les données saisies seront stockées dans un répertoire portant le nom du projet. On peut actionner cette touche à tout moment pour sauvegarder une saisie en cours



Pour **ouvrir** un projet existant, il suffit de le sélectionner dans la liste puis d’actionner le bouton « Ouvrir le projet »

Pour **copier** un projet, il suffit d’ouvrir ce projet (les données s’affichent), puis de créer un nouveau projet (bouton ‘nouveau’), de lui donner un nom et de sauvegarder. Les données du projet initial sont copiées dans le nouveau projet.

-Inrae

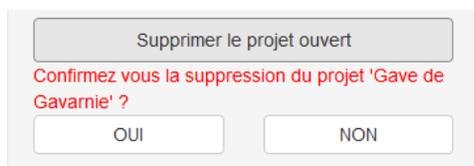
-Isterre

-IGE

-Edythem

-UMR5600

-EDF



Le bouton 'supprimer le projet ouvert' permet de **supprimer** le projet actif. La suppression est définitive (répertoire effacé) c'est pourquoi une confirmation est demandée.



Le bouton '**partager** un projet' permet de transférer un de vos projets à un autre utilisateur de BedloadWeb.

Cette option peut être très utile par exemple lorsqu'on collabore à distance sur une collecte de données, ou si on a besoin d'un regard extérieur sur un dossier.

Pour transférer un projet il faut :

- 1) choisir le projet dans la liste des projets disponibles.
- 2) Donner un nom sous lequel le projet doit être copié (nom qui apparaîtra chez le destinataire)
- 3) Saisir un code partage : c'est **le destinataire qui doit vous fournir ce code** ! Il vous autorise ainsi à copier quelque chose chez lui.
- 4) Cliquer sur le bouton 'partager' : l'intégralité du dossier est copié chez votre correspondant.

Reinitialiser la saisie

Lorsqu'on ouvre un projet existant, la page affiche les principales informations relatives à ce projet : nombre de sections, de granulométries et d'hydrogrammes saisis, nom des sections..

The screenshot shows the 'Severaisse' project page. On the left, there are buttons for 'Sauvegarde locale', 'Deconnexion', and 'Enregistrer'. Below these are project management options for 'alain', including 'Nouveau projet', 'Ouvrir le projet', and 'Supprimer le projet ouvert'. The main area displays project details: 'Cours d'eau' (La Séveraisse), 'Localisation' (Les Ecrins), 'Longitude' (6° 9'18.43"E), 'Latitude' (44°49'26.43"N), 'Projet' (Thèse Clément), 'Personne référente', 'Adresse', and 'Téléphone'. On the right, the 'Severaisse' section is detailed, stating 'Vous avez défini 10 sections, 6 courbes granulométriques et 1 hydrogrammes (ou débits classés)'. Below this is a table of sections:

Code	Nom de la section	Granulometrie	Hydrologie
SEC1	section 1 - 03/05/2018	GSD1	HYD1
SEC4	section 1 - 18/06/2018 bis	GSD2	HYD1
SEC5	section 2 - 03/05/2018	GSD1	HYD1
SEC6	section 2 - 18/06/2018	GSD2	HYD1
SEC9	section 3 - 03/05/2018	GSD1	HYD1
SEC13	section 4 - 03/05/2018	GSD1	HYD1
SEC14	section 4 - 18/06/2018	GSD2	
SEC15	section 3 - 18/06/2018	GSD2	
SEC16	section pont VL	GSD3	HYD1
SEC17	section 1 - 18/06/2018 bis	GSD2	

At the bottom right, there is a 'Description du projet' field containing the text 'Manipulations expérimentales de mai-juin 2018'.

Toutes les autres pages du site sont mises à jour.

## 4.2.4 Principe de la double sauvegarde

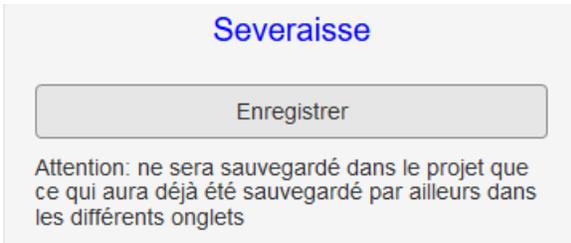
Un aspect très important est rappelé ici.

Chaque modification dans une page (par exemple un ajout, suppression ou modification de granulométrie, de section, d'hydrogramme...) doit être sauvegardée dans la page en question.

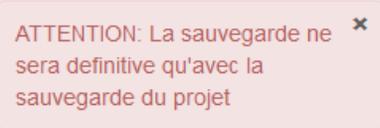
La modification sera effective et prise en compte par le programme tant que le projet reste ouvert.

Par contre, pour que cette sauvegarde devienne définitive, il faut revenir à la page de gestion pour sauvegarder le projet en cliquant sur le bouton 'enregistrer' situé sous le nom du projet.

**Il est donc conseillé de sauvegarder le projet aussi souvent que possible !**



A chaque nouvelle sauvegarde dans une page une petite étiquette viendra s'afficher en bas de page pour vous rappeler cette exigence.



ATTENTION: La sauvegarde ne sera définitive qu'avec la sauvegarde du projet

## 4.3 Granulométrie

Votre projet > Granulométrie > Section > Hydraulique > Transport solide > Hydrologie > Bilan sédimentaire > Analyse

Cet onglet permet de gérer les granulométries mesurées, et qui serviront plus tard aux calculs.

### 4.3.1 Pourquoi et comment définir une granulométrie ?

La granulométrie est une donnée essentielle à la fois pour l'hydraulique et pour le calcul sédimentaire :

- L'hydraulique en lit mineur sera calculée à partir du  $D_{84}$  déduit de vos mesures.
- Toutes les équations de transport utilisent soit le  $D_{50}$ , soit le  $D_{84}$ , soit la totalité de la courbe granulométrique (calcul fractionné, c'est-à-dire pour chaque classe de grains).

**Les calculs sont très sensibles à ce paramètre**, qui doit donc être estimé le plus sérieusement possible.

Comme il a déjà été précisé plus haut, la granulométrie locale sera toujours adaptée pour le calcul hydraulique, quel que soit l'emplacement choisi sur le bassin versant. Par contre pour le transport solide il faut impérativement que cette granulométrie soit mesurée sur une section

auto-formée, où les sédiments en présence sont représentatifs de ce qui est transporté par le régime hydrologique actuel.

En général, pour un site donné, une seule et même granulométrie sera utilisée pour le calcul hydraulique et le calcul de transport solide. Seuls certains contextes particuliers de ‘traveling bedload’ en montagne (où les sédiments produits par des sources amont se propagent efficacement sur un lit fixe à forte énergie) peuvent conduire à devoir faire une distinction (voir note sur les équations de transport).

Pour en savoir plus sur les techniques et la stratégie d’échantillonnage de la granulométrie, le lecteur est invité à se référer au guide dédié à cette question sur le site de BedloadWeb ou à d’autres articles et guides disponibles en ligne [Wolman, 1954; Bunte and Abt, 2001].

## 4.3.2 Distinction entre Échantillon et Granulométrie

En accédant à cette page, vous pourrez constater qu’il y a deux boutons ‘Enregistrer’.

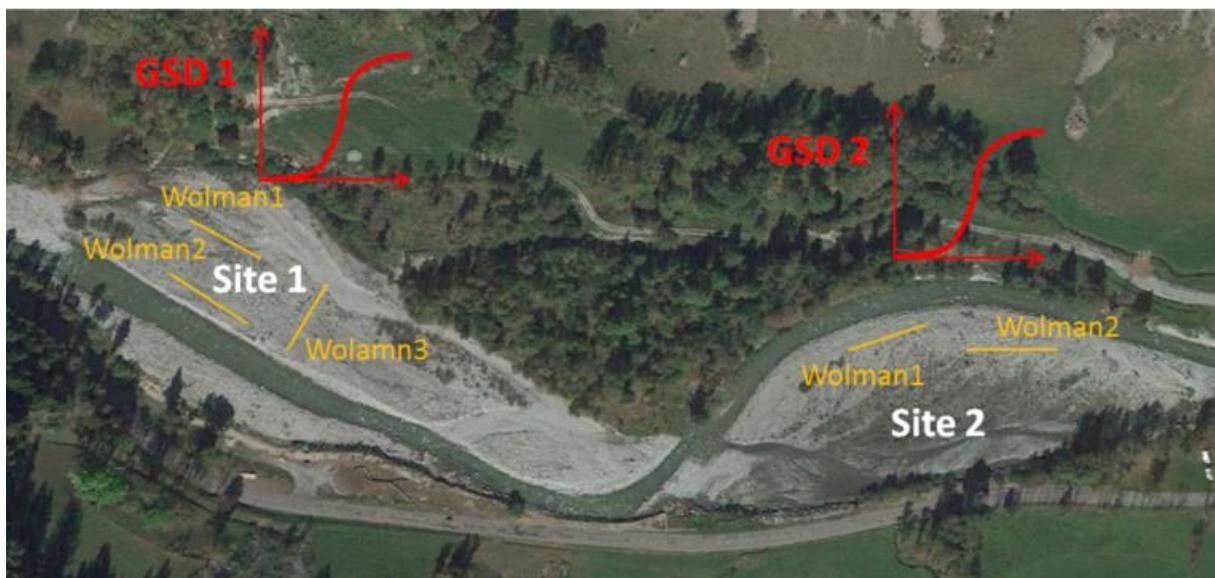


Lorsqu’on va étudier une section de rivière, il faudra lui associer une courbe granulométrique. Cette courbe sera la composante d’un ou de plusieurs échantillonnages (type Wolman [1954] par exemple) effectués sur ce site.

Le bouton de droite (en rouge) est celui qui au final, enregistrera votre courbe granulométrique

Le bouton de gauche (en orange) servira à ajouter des nouveaux échantillons à votre courbe granulométrique.

Par exemple la figure suivante montre deux granulométries GSD1 et GSD2, composées respectivement de 3 et 2 comptages de Wolman (GSD1 est la moyenne de ECH1, ECH2, ECH3 site 1 et GSD2 est la moyenne de ECH1, ECH2 site 2).



Lors de la première saisie, un seul bouton 'enregistré' est actif (le rouge), donc il n'y a pas d'ambiguïté sur quel bouton à actionner : la première sauvegarde crée automatiquement une granulométrie (GSD1) et un échantillon (ECH1)

Par contre, pour la suite, chaque sauvegarde de granulométrie (bouton rouge) ne prendra en compte que les échantillons déjà sauvegardés. Si par exemple vous faites une modification de la saisie en cours, et que vous sauvegardez la courbe granulométrique sans passer par une sauvegarde de l'échantillon, la modification ne sera pas prise en compte.

### 4.3.3 Saisir une courbe granulométrique

Comme précisé plus haut la première sauvegarde crée automatiquement une courbe GSD1 et un échantillon ECH1.

Cet échantillon doit être renseigné, et plusieurs options sont possibles.

#### Options de saisie :

Saisie  Modèle

L'option 'Saisie' affiche un tableau où l'utilisateur va pouvoir saisir manuellement les données (comptage de Wolman ou % d'une courbe par exemple). L'option 'Modèle' permet de reconstruire une courbe granulométrique à partir du D50, avec le modèle présenté en ANNEXE.

Lorsque l'option 'saisie' est choisie, l'utilisateur a la possibilité de choisir entre trois modes de saisie :  $0.5\psi$ ,  $\psi$  et Libre.

$0.5\psi$      $\psi$     Libre

$\psi$	D(mm)	Nombre (ou %)
-5.00	0.03	
-4.50	0.04	
-4.00	0.06	
-3.50	0.09	
-3.00	0.13	
-2.50	0.18	
-2.00	0.25	
-1.50	0.35	
-1.00	0.50	
-0.50	0.71	
0.00	1.00	

$0.5\psi$      $\psi$     Libre

$\psi$	D(mm)	Nombre (ou %)
1	2	
2	4	
3	8	
4	16	
5	32	
6	64	
7	128	
8	256	
9	512	
10	1024	
11	2048	

$0.5\psi$      $\psi$     Libre

$\psi$	D(mm)	Nombre (ou %)

Pour mémoire  $\psi$  est défini par :

$$\Psi = \frac{LN(D)}{LN(2)} \quad (7)$$

soit :

$$D \text{ (mm)} = 2^\Psi \quad (8)$$

Ces trois options donnent une grande liberté de saisie. Pour les deux premières options les diamètres sont déjà saisis. L'option 2 (avec  $\psi$ ) propose les diamètres généralement utilisés dans un comptage de Wolman. La troisième option est totalement libre et l'utilisateur doit saisir les diamètres.

Prenons un exemple pour une première saisie. Au fur et à mesure de la saisie, la courbe s'affiche et se met automatiquement à jour. Comme il s'agit d'une première saisie et que rien n'a encore été enregistré, aucun nom ne s'affiche, et la courbe est en vert. Le bouton orange de sauvegarde est bloqué.

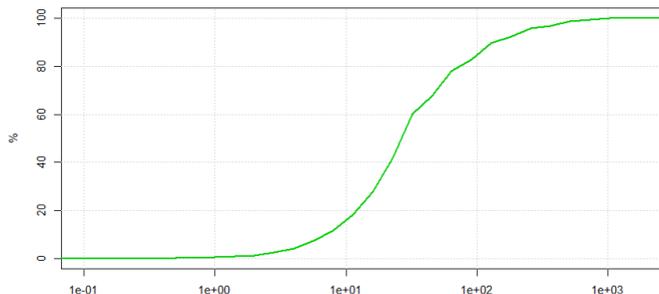
## ? Options de saisie :

Saisie  Modèle

### Format de saisie

0.5Ψ  Ψ  Libre

Ψ	D(mm)	Nombre (ou %)
1	2	1
2	4	2
3	8	5
4	16	11
5	32	22
6	64	12
7	128	8
8	256	4



## Résultats:

D%
D5
D10

Pour cette première saisie on n'a pas d'autre choix que de sauvegarder avec le bouton rouge.

## ? Options de saisie :

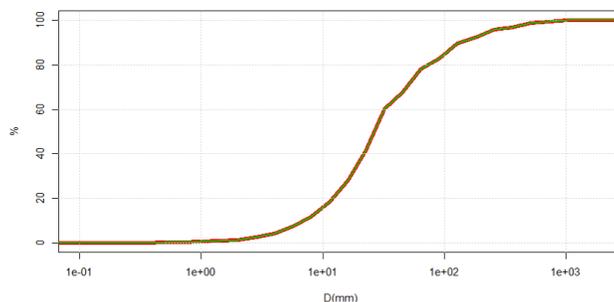
Saisie  Modèle

### Format de saisie

0.5Ψ  Ψ  Libre

Ψ	D(mm)	Nombre (ou %)
1	2	1
2	4	2
3	8	5
4	16	11
5	32	22
6	64	12
7	128	8
8	256	4
9	512	2
...	...	...
...	...	...

**ECH1**



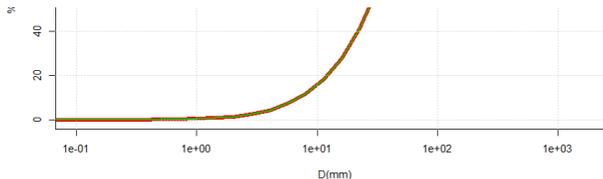
## Résultats:

**GSD1**

D%	D(mm)
D5	4.32
D10	7.04
D16	10.09

Lorsqu'on effectue cette sauvegarde, la courbe devient rouge (la verte est toujours là mais en dessous), et deux noms apparaissent : GSD1 (en rouge) et ECH1 (en vert).

2	4	2
3	8	5
4	16	11
5	32	22
6	64	12
7	128	8
8	256	4
9	512	2
10	1024	1
11	2048	1



Nommez la courbe granulométrique:

Méthode de mesure:

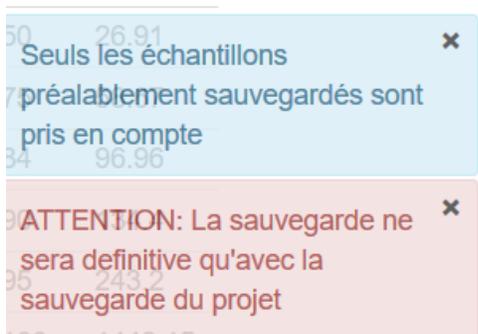
Wolman  Tamisage  Autre

Importer une image

No file selected

D(mm)	Cumul	D%	D(mm)
0.03	0.02	D5	4.32
0.04	0.03	D10	7.04
0.06	0.05	D16	10.09

D%	D(mm)
D5	4.32
D10	7.04
D16	10.09
D25	14.55
D50	26.91
D75	58.67
D84	96.96
D90	134.4
D95	243.2
D100	1448.15



Au moment de la sauvegarde deux petites étiquettes viennent nous rappeler qu'il faut sauvegarder le projet

Les deux tableaux situés en bas à gauche et en bas à droite sont mis à jour. Ils donnent les percentiles calculés pour l'échantillon (à gauche) et pour la courbe granulo (à droite).

A ce stade, le bouton de sauvegarde des échantillons (orange) est débloqué, et toutes modification de cette saisie devra être enregistrée avec ce bouton.

### 4.3.4 Ajouter un échantillon

On va maintenant ajouter un échantillon à cette courbe granulométrique. La première étape consiste à créer ce nouvel échantillon avec le bouton '**Nouveau**' situé sous le bouton orange: un nouvel échantillon ECH2 est créé, la zone de saisie est effacée, et la courbe rouge prend des valeurs aberrantes car elle prend en compte des valeurs nulles dans son calcul tant qu'une nouvelle saisie n'est pas effectuée.

**Options de saisie :**

Saisie  Modèle

Format de saisie

0.5Ψ  Ψ  Libre

Ψ	D(mm)	Nombre (ou %)
1	2	
2	4	
3	8	
4	16	
5	32	
6	64	
7	128	
8	256	
9	512	
10	1024	
11	2048	

**ECH2**

Nommez la courbe granulométrique:

**Résultats: GSD1**

D%	D(mm)
D5	7.04
D10	12.07
D16	18.01
D25	26.91
D50	1448.15

On va cette fois utiliser le modèle pour créer l'échantillon. Le D<sub>50</sub> seul suffit à créer une courbe, mais on peut l'affiner en renseignant les autres paramètres :

Saisie  Modèle

**D50(mm) (doit être >=2)**

Au moins le  $D_{50}$  doit être renseigné ; il doit être supérieur à 2mm (limite des sables).

**D84(mm) (par défaut D84=2.1D50)**

A défaut de saisie, le  $D_{84}$  est égale à  $2.1 * D_{50}$

**Borne supérieure de la classe minimum (Défaut = 2mm)**

Par défaut le programme considère que la classe inférieure est constituée de sables. Si ce n'est pas le cas, le diamètre minimum doit être renseigné.

**% pour la classe minimum (par défaut 10%)**

Le pourcentage de sable permet de caler la limite inférieure de la courbe.

A la saisie d'un  $D_{50}$  une nouvelle courbe verte apparaît (l'ECH1 est toujours affiché mais en gris). Par contre les valeurs de la courbe granulométrique ne sont pas encore mises à jour.

Options de saisie :

Saisie  Modèle

**D50(mm) (doit être >=2)**

**D84(mm) (par défaut D84=2.1D50)**

**Borne supérieure de la classe minimum (Défaut = 2mm)**

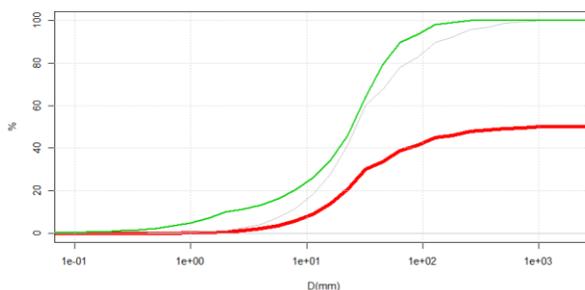
**% pour la classe minimum (par défaut 10%)**

ECH2

Enregistrer

Nouveau

Supprimer



Résultats: **GSD1**

Copier

Ouvrir Nouveau

Enregistrer Supprimer

D%	D(mm)
D5	7.04
D10	12.07
D16	18.01

**Il faut enregistrer la saisie (bouton orange) pour que la mise à jour s'applique :**

**Options de saisie :**

Saisie  Modèle

D50(mm) (doit être >=2)

**ECH2**

Enregistrer

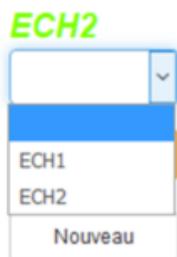
Nouveau

Supprimer

**Résultats: GSD1**

D%	D(mm)
D5	1.74
D10	4.59
D16	7.94

A ce stade, la courbe granulométrie (en rouge) est la moyenne des deux échantillons (en vert).



On peut réafficher les données concernant chaque échantillon en utilisant le menu déroulant.

**ATTENTION 1 :** à ce stade vous n'avez pas sauvegardé votre courbe granulométrique (bouton rouge), ce qui veut dire que si vous créez une nouvelle granulo l'échantillon ECH2 sera perdu. Vous devez encore cliquer sur le bouton rouge (qui deviendra gris).

**ATTENTION 2 :** à ce stade la courbe granulométrique GSD1 n'a pas encore été sauvegardée dans le projet ; pour que la saisie soit définitive vous devez **enregistrer le projet**.

### 4.3.5 Gérer les courbes granulométriques



Le menu à droite de l'écran permet de gérer les courbes granulométriques.

Pour ouvrir une courbe, la sélectionner puis cliquer sur « ouvrir ».

Pensez à sauvegarder la saisie en cours avant de créer une nouvelle courbe avec le bouton « nouveau ».

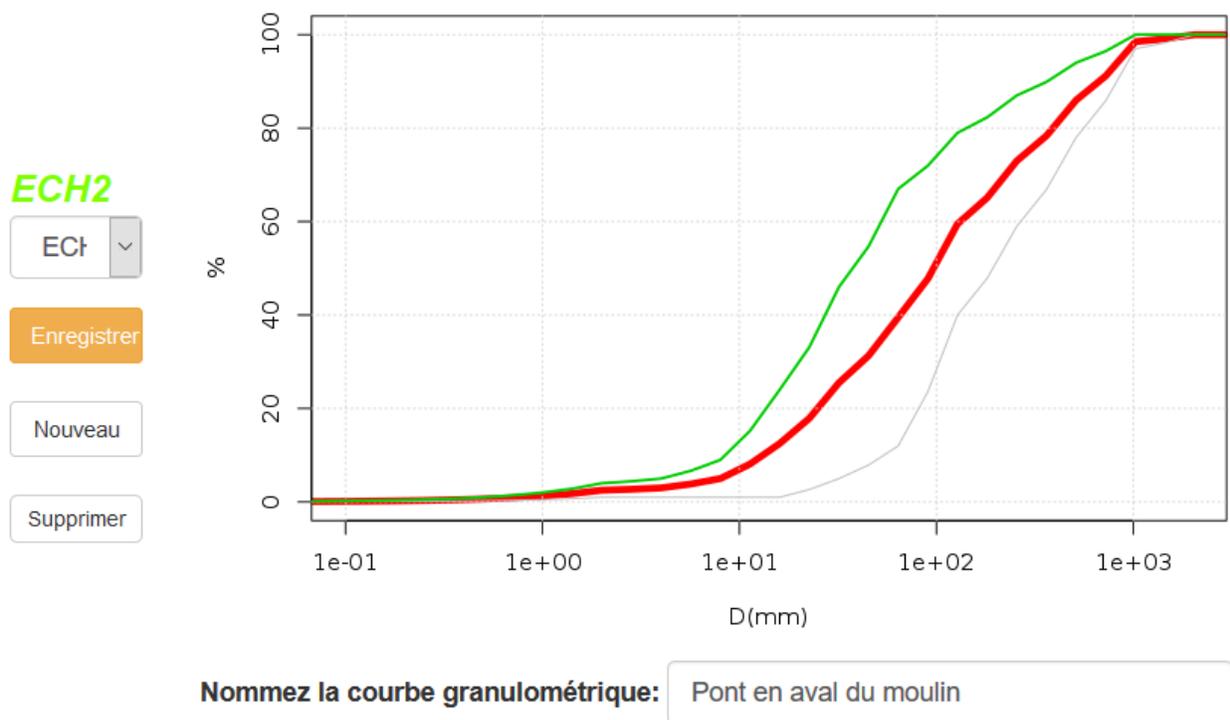
ATTENTION : le bouton « Supprimer » agit sur la courbe active et non celle que vous sélectionnez dans le menu déroulant (autrement dit, il faut ouvrir une courbe avant de la supprimer).

### 4.3.6 Nommer la courbe granulométrique

Vous l'aurez compris, chaque nouvel échantillon et chaque nouvelle courbe se verra automatiquement attribué un code commençant respectivement par les lettres ECH et GSD, et incrémenté de façon croissante.

Cependant lorsque vous aurez définis de nombreuses courbes, la dénomination GSD15 par exemple ne sera pas très explicite quant au lieu géographique de prélèvement. Un nom de type « Pont en aval du moulin » par exemple permettra d'associer immédiatement la courbe à un lieu.

C'est pourquoi, en plus de la codification (nécessaire à la manipulation des données dans le code), il est conseillé de nommer la courbe :

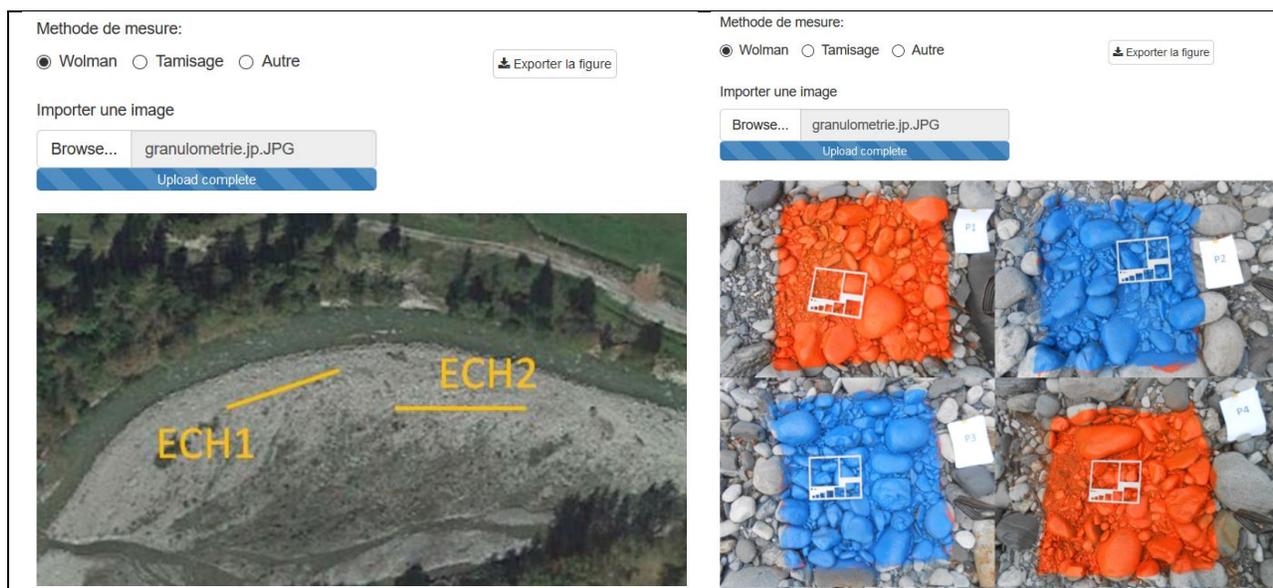


Ce nom sera rappelé dans chaque invite pour le choix d'une courbe granulométrique.

## 4.3.7 Ajouter une photo

Pour que la description soit complète, vous pouvez ajouter une photo de description du site de prélèvement de la granulométrie. Vous pouvez par exemple localiser sur cette photo les lieux de prélèvement des échantillons.

Cette option est particulièrement intéressante si vous devez partager votre projet avec un interlocuteur à distance qui n'a pas été sur le site. Deux exemples sont présentés sur la figure suivante.



## 4.3.8 Localiser la mesure

Il est conseillé de localiser la mesure par ses coordonnées.

Longitude:

Latitude:

## 4.4 Section

[Bienvenue](#)   [La base de données](#)   [Boite à outils](#)   [Aide](#)

[Votre projet](#)   [> Granulométrie](#)   [> Section](#)   [> Hydraulique](#)   [> Transport solide](#)   [> Hydrologie](#)   [> Bilan sédimentaire](#)   [> Analyse](#)

### 4.4.1 Choix de l'emplacement de la section

Encore une fois, il est important d'insister sur le fait que le choix de l'emplacement de la section de calcul sera déterminant dans la pertinence du calcul de transport solide. La section doit être auto-formée dans ses alluvions (se référer à la note sur les équations de transport).

Une section est définie par sa **géométrie** et la **pen**te du tronçon correspondant.

Par convention les sections sont généralement définies depuis la rive gauche vers la rive droite (mais cela n'affecte pas le calcul).

Une fois la section saisie, elle doit être « habillée », c'est-à-dire qu'on va définir la zone d'écoulement principal (lit mineur), la zone de débordement (lit majeur), la zone active (celle où se produit du transport solide), les zones à rugosité spéciales (végétation...).

Il existe trois façons de définir une section :

- Saisie manuelle dans la table de saisie
- Importation d'un fichier texte
- Saisie automatique par trapèzes

### 4.4.2 Saisie manuelle d'une section

La saisie manuelle consiste à saisir directement les valeurs X,Y dans le tableau de saisie :



des titres (par exemple X, Z). Décrire la section par X croissants depuis la rive Gauche vers la rive Droite (par convention mais peu importe à partir du moment où les sections sont toutes décrites de la même façon). Vérifiez la qualité des données, en évitant par exemple les caractères non numériques ou les valeurs manquantes ;

Fichier	Edition	Format	Affichage ?
X	Z		
0	24		
1	23		
3.5	22.38		
5.5	22.385		
6.5	22.475		
8.5	22.78		

## 4.4.4 Définition d'une section par modélisation trapèzes

? Saisie par trapezes

Utiliser la modelisation trapeze

Cette option permet de construire très rapidement des sections composées par juxtaposition de trapèzes. Elle peut être utile par exemple lorsqu'on dispose d'un relevé sommaire de terrain (relevé des hauteurs de berge et des largeurs de lit mineur et lit majeur).

En cliquant sur le bouton « utiliser la modélisation trapèze » l'utilisateur est redirigé vers une invite de saisie permettant de définir jusqu'à 3 trapèzes superposés:

Revenir à la saisie pour valider

Modélisation avec des trapèzes

Saisir les dimensions (m)

Cote du fond (m)

N°	Base (m)	Sommet (m)	Hauteur (m)
1.00	3.00	5.00	0.50
2.00	15.00	17.00	0.70
3.00	75.00	85.00	0.50

Modifier la section

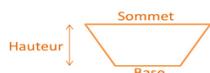
Ajouter un chenal secondaire

Chaque trapèze est défini par une base, un sommet et une hauteur. Il apparait clairement sur l'exemple ci-dessus que **la base d'un trapèze doit être plus large que le sommet du trapèze situé en dessous.**

Les deux premiers curseurs du menu situé à droite permettent de modifier la position relative des trapèzes (cela n'impacte pas les calculs mais permet de se rapprocher d'une description plus réaliste de la section).

Revenir à la saisie pour valider

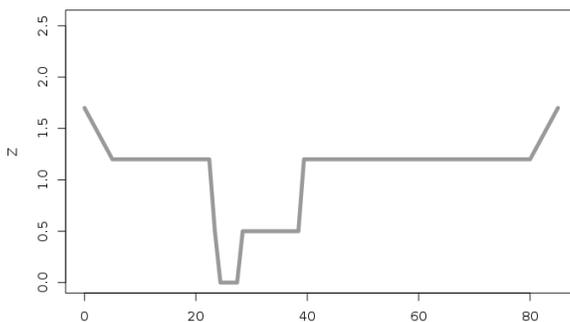
Modélisation avec des trapèzes



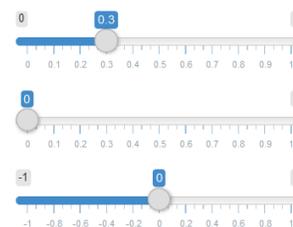
Saisir les dimensions (m)

Cote du fond (m)

N°	Base (m)	Sommet (m)	Hauteur (m)
1.00	3.00	5.00	0.50
2.00	15.00	17.00	0.70
3.00	75.00	85.00	0.50



Modifier la section

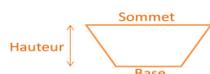


Ajouter un chenal secondaire

Le troisième curseur change la forme du lit mineur.

Revenir à la saisie pour valider

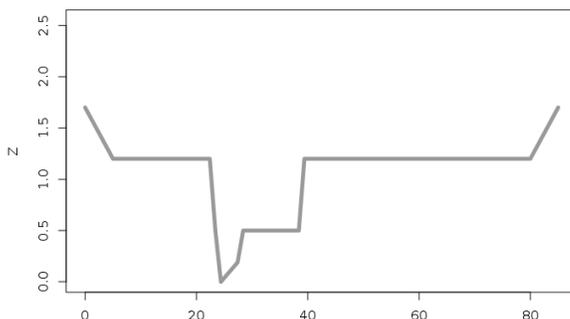
Modélisation avec des trapèzes



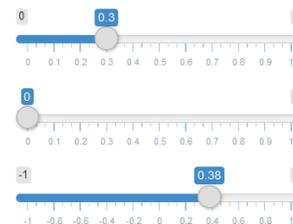
Saisir les dimensions (m)

Cote du fond (m)

N°	Base (m)	Sommet (m)	Hauteur (m)
1.00	3.00	5.00	0.50
2.00	15.00	17.00	0.70
3.00	75.00	85.00	0.50



Modifier la section



Ajouter un chenal secondaire

Il est possible d'ajouter un chenal secondaire en cliquant sur la case à cocher à droite de l'écran.

Revenir à la saisie pour valider

Modélisation avec des trapèzes

Saisir les dimensions (m)

Cote du fond (m)

N°	Base (m)	Sommet (m)	Hauteur (m)
1.00	3.00	5.00	0.50
2.00	15.00	17.00	0.70
3.00	75.00	85.00	0.50

Modifier la section

Ajouter un chenal secondaire

à droite  à gauche

Les curseurs qui s'affichent dans le menu permettent de déplacer et dimensionner ce chenal secondaire.

Pour valider la section il faut cliquer sur le bouton orange «**Revenir à la section pour valider**» . On est alors ramené à l'écran initial avec les données trapèzes saisies dans le tableau. **Il est alors possible de modifier ces données** en écrivant directement dans le tableau.

Saisie par trapèzes

Utiliser la modélisation trapèze

Importer un fichier

Browse... No file selected

Saisie manuelle:

X	Z
0.00	1.70
5.00	1.20
22.40	1.20
23.40	0.50
23.40	0.50
24.40	0.00
27.40	0.19
28.40	0.50
38.40	0.50
39.40	1.20
70.82	1.20
71.84	0.60

Pente (m/m):

Sélectionner:

Nommez la section:

Morphologie:  Ro  SP  PI  Tr  Di  SM  BA  Sa

Lit mineur

Lit actif

Composantes du lit

Lit fixe RG

Lit fixe RD

Canal secondaire

Zone de rugosité

Commentaire (court)

## 4.4.5 Définir la pente

La pente est, avec la granulométrie, un paramètre extrêmement important pour les calculs. Il doit donc être défini avec grande précision.

**Pente (m/m):**

0.005

## 4.4.6 Habiller la section

Le menu situé à droite de l'écran permet « d'habiller » la section, c'est-à-dire de définir le lit mineur, le lit actif, le chenal secondaire, et des éventuelles zones de rugosité. Cette étape est indispensable et déterminante pour le calcul.

Le lit mineur est le lit qui transfert les crues courantes, il doit être différencié du lit majeur ou la lame d'eau est étalée.

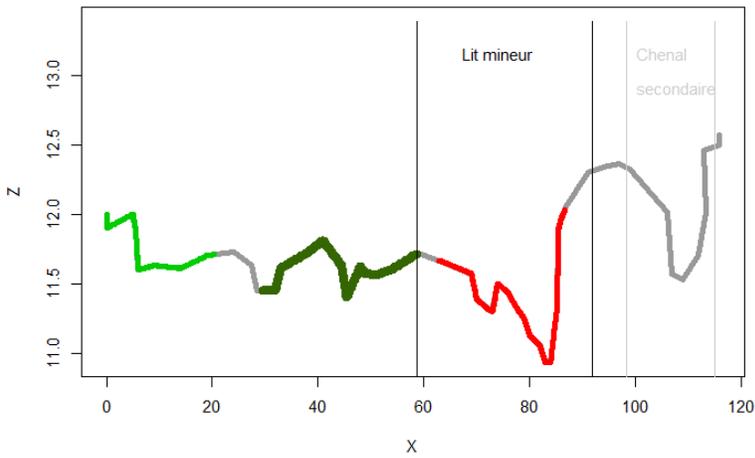
Un chenal secondaire est un chenal de transfert des débits, généralement actif en crue, et qui n'est pas considéré ici actif du point de vue du transport solide.

Le **lit actif** est la partie du lit où se produisent le transport solide et les processus morphodynamiques lors des crues courantes. Lit mineur et lit actif sont en général confondus. On ne considèrera qu'un seul lit actif quelle que soit la morphologie.

Définir le **lit fixe rive gauche** ou **lit fixe rive droite** s'ils sont caractérisés par une rugosité particulière (végétation...). Ces zones peuvent être confondues avec le lit majeur (plaine de débordement).

La **zone de rugosité** est une zone à laquelle on souhaite associer une rugosité particulière (végétation, embâcles...)

Pour définir toutes ces zones il suffit de bouger les curseurs associés.



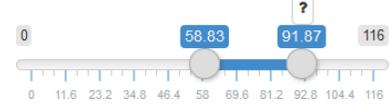
Nommez la section:

Morphologie:

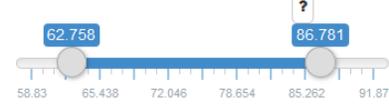
- Ro 
  SP 
  PI 
  Tr 
  Di 
  SM 
  BA 
  Sa

Importer une image

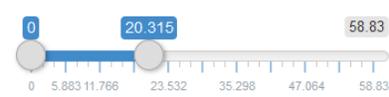
Lit mineur



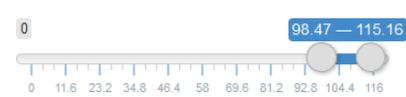
Lit actif



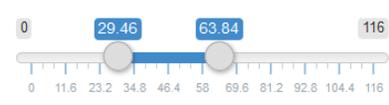
Lit fixe rive gauche



Chenal secondaire



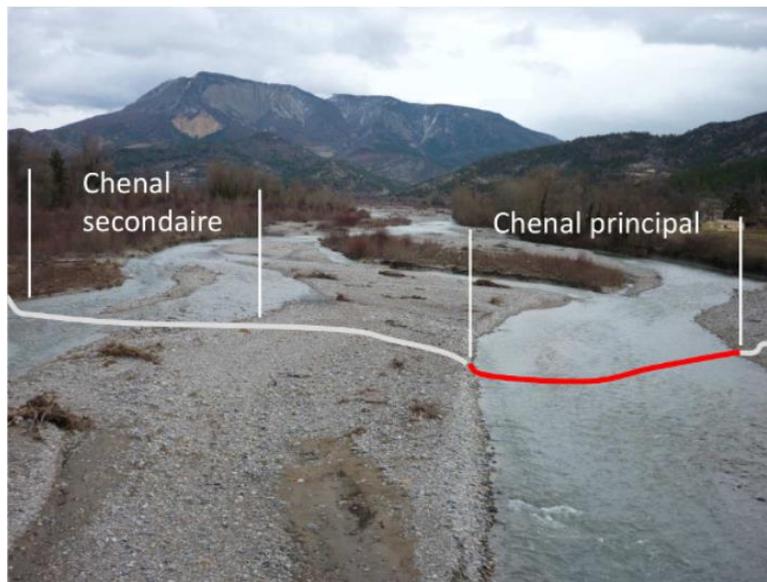
Zone de rugosité



Plusieurs exemples sont présentés dans l'aide en ligne.



L'exercice peut s'avérer délicat pour les rivières en tresses, où la frontière entre les différentes zones n'est toujours très nette. Même si l'ensemble du lit semble en apparence actif, il est conseillé de limiter le chenal actif au chenal principal en eau, car les expériences de laboratoire [Ashmore et al., 2011; Leduc, 2013] et nos mesures de terrain [Misset et al 2019] tendent à démontrer que, même en cas de forts débits, il n'y a qu'un chenal actif (grosso modo le chenal visible en basses eaux) qui migre en balayant le matelas alluvial latéralement de gauche à droite.



#### 4.4.7 Définir la morphologie

##### Morphologie:

Ro  SP  PI  Tr  Di  SM  BA  Sa

La morphologie doit être définie pour 2 raisons :

- La première est que ce paramètre est nécessaire pour certaines équations.
- La seconde est qu'elle permettra à un utilisateur extérieur de mieux appréhender interpréter le calcul.

Des illustrations photographiques des abréviations utilisées sont Ro (Lit rocheux), SP (Step-Pool), PI (Lit plat), Tr (Tresse), Di (Lit divaguant), SM (Seuil-Mouille), BA (Bancs alternés), Sa (Lit sableux) sont présentées dans l'aide en ligne en cliquant sur « ? ».

## 4.4.8 Nommer la section

A chaque nouvelle section sera affecté un code comportant les trois lettres SEC suivi d'un numéro. Ce code est nécessaire à la gestion des données mais n'est pas du tout compréhensible pour un utilisateur. Tout comme pour la granulométrie, il est donc fortement conseillé de donner un nom explicite à la section.

Nommez la section:

## 4.4.9 Ajouter une photo

Ajouter une photo du site où a été mesurée la section peut être un réel plus, tout particulièrement pour un utilisateur extérieur qui ne connaît pas le site, et qui pourra juger du caractère alluvial ou non de la section. Cela peut-être une photo prise sur place, où une vue aérienne figurant la section.

Importer une image

Browse...

No file selected



## 4.4.10 Sauvegarder la saisie

**SEC3**

*Aval seuil Moulin*

Enregistrer

Une fois la section créée il faut la sauvegarder. Comme précisé plus haut, un code SEC+Numéro sera automatiquement affecté à la section. Le nom explicite s'affichera sous le code. **Pensez à la double sauvegarde .**

## 4.4.11 Gérer les sections

Sélectionner:

Ouvrir

Répliquer

Nouvelle section

Supprimer

Le menu associé permet de sélectionner et ouvrir des sections sauvegardées.

Pour ouvrir une section existante, il faut la sélectionner dans la liste, puis cliquer sur le bouton « ouvrir ».

La suppression agit sur la section active (c'est-à-dire qu'il faut ouvrir une section avant de la supprimer).

Pour créer une nouvelle section il faut cliquer sur le bouton « Nouvelle section » : un nouveau code sera créé et toute la saisie en cours sera effacée.

## 4.5 Hydraulique

Bienvenue

La base de données

Boite à outils

Aide

Votre projet

> Granulométrie

> Section

> Hydraulique

> Transport solide

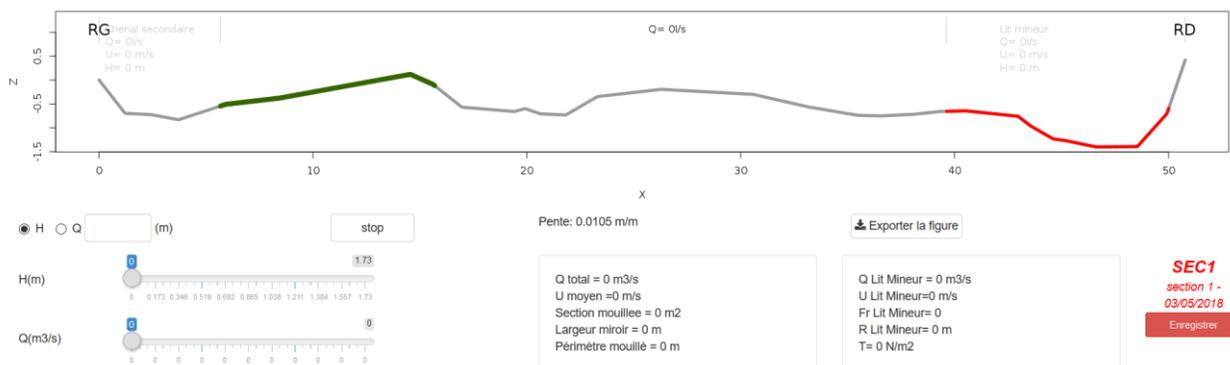
> Hydrologie

> Bilan sédimentaire

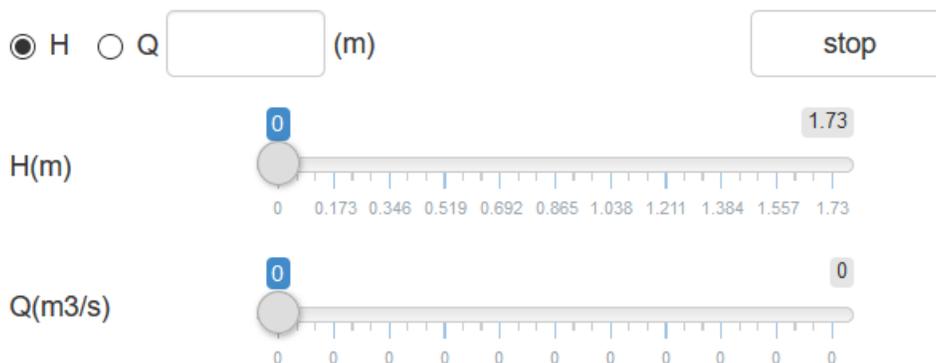
> Analyse

Il faut garder à l'esprit que l'objectif n'est pas de reproduire une hydrodynamique complexe (liée à une crue par exemple), mais plutôt de chercher à approcher au plus près la contrainte moyenne d'un tronçon pour les différents régimes d'écoulement, paramètre nécessaire au calcul de transport solide. L'hydraulique est donc calculée pour le régime uniforme en considérant des tronçons homogènes.

Lorsqu'on ouvre l'onglet « Hydraulique », la section précédemment définie s'affiche automatiquement.



## 4.5.1 Imposer la condition hydraulique



Le menu à gauche de l'écran permet de tester une condition hydraulique. Cela peut se faire de 2 façons :

- On peut imposer une valeur de hauteur d'eau H ou débit Q en tapant directement cette valeur dans la case texte prévue à cet effet
- On peut faire varier les curseurs H ou Q

A ce stade, lorsqu'on teste un débit Q rien ne se passe. Lorsqu'on teste une hauteur d'eau H, une ligne d'eau est dessinée mais le débit affiché est zéro. C'est normal : la correspondance entre Hauteur d'eau vitesse et débit nécessite une **loi de frottement qui doit être définie**.

### À quoi sert le bouton « STOP » ?

Lorsqu'on utilise l'un des curseurs H ou Q, le programme fait des itérations pour mettre en correspondance les deux curseurs (à un Q correspond un seul H et vice et versa). Lorsque le déplacement du curseur est très petit, il peut arriver que cette itération s'emballe et ne s'arrête

pas. En attendant de régler ce petit BUG cette option est proposée : en cliquant sur STOP une valeur est imposée dans la case à saisir et l'itération s'arrête. Il faut alors penser à supprimer cette valeur pour réutiliser les curseurs.

## 4.5.2 Définir la loi de frottement

Loi de frottement: ?

Par défaut	Lit mineur	Lit actif	Chenal 2	Lit fixe rive gauche	Lit fixe rive droite	Zone de rugosité
Ferguson	Ferguson	Ferguson	Ferguson	Manning-Strickl	Manning-Strickl	Manning-Strickl
Granulométrie	Granulométrie	Granulométrie	Granulométrie			Coef K
GSD1 (badkazc)	GSD1 (badkazc)	GSD1 (badkazc)	GSD1 (badkazc)			25
D84= 123.44	D84= 123.44	D84= 123.44	D84= 123.44			K= 25

Le panneau situé en bas de l'écran permet de définir les lois de frottement et les rugosités pour chaque partie du lit. C'est la loi de frottement qui définit la vitesse et la hauteur d'eau pour un débit s'écoulant sur une pente et une rugosité données. Deux lois sont proposées à l'utilisateur :

- La loi de Manning-Strickler : la rugosité K doit être saisie par l'utilisateur. Cette valeur peut résulter d'un calage, où être issue d'un catalogue. Exemples de valeurs standards : lit majeur en forêt  $K < 10$ , lit majeur en prairie  $K = 20$  à  $30$ .
- La loi de Ferguson [2007]: cette loi utilise comme rugosité le  $D_{84}$  du lit.

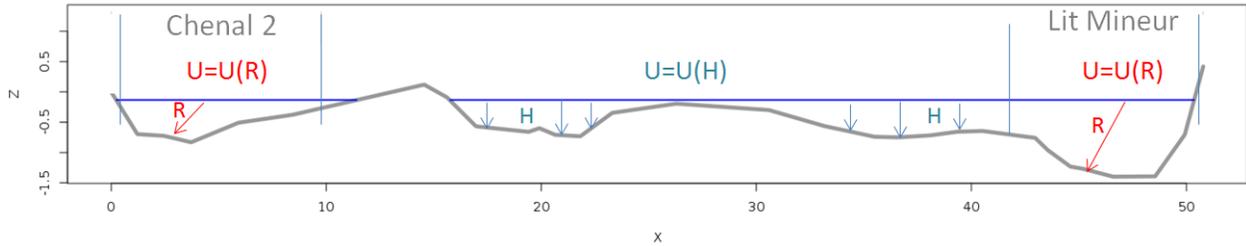
Par soucis de simplicité, le choix a été limité à ces deux lois qui permettent de couvrir l'ensemble des conditions hydrauliques : la loi de Ferguson est applicable sur une très large gamme de conditions, y compris pour les cours d'eau de montagne à forte rugosité et faible tirant d'eau [Rickenmann and Recking, 2011]. Elle sera plutôt utilisée **pour le lit mineur**, et plus généralement pour toutes les parties du lit dépourvues de végétation, où l'écoulement se produit sur un lit sédimentaire (à graviers, cailloux, blocs), défini par sa courbe granulométrique. Par la possibilité de fixer une rugosité K, la loi de Manning-Strickler sera particulièrement adaptée pour les zones complexes, comme la végétation, les embâcles...

Pour être sélectionnables, les granulométries doivent avoir été préalablement renseignées et enregistrées dans l'onglet Granulométrie.

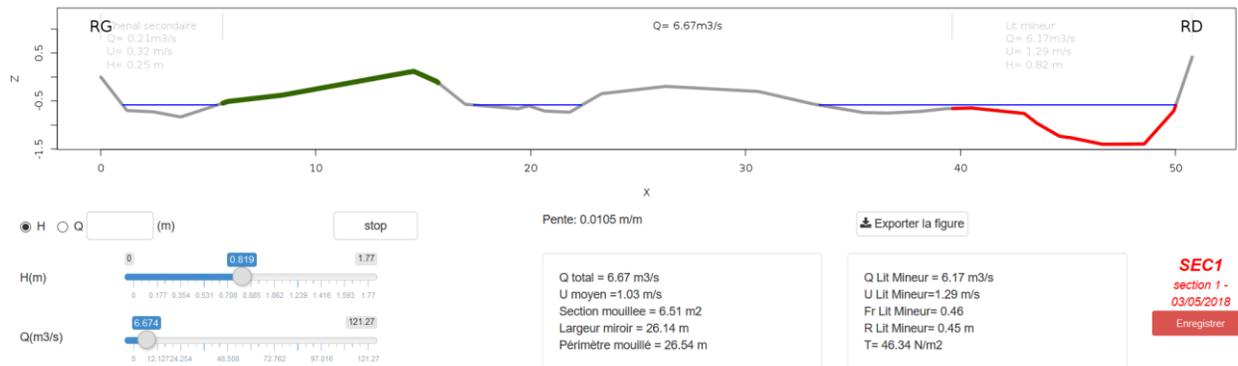
La granulométrie du lit actif n'est pas utilisée dans le calcul hydraulique mais dans le calcul du transport solide (nombre de Shields, paramètre d'Eintein). A priori la Granulométrie du lit actif est la même que celle du lit mineur (sauf cas particuliers, tels que le 'travelling bedload' [Piton and Recking, 2017]).

## 4.5.3 Calculation

Lorsque les lois de frottement et les rugosités ont été définies, le programme prépare la section pour le calcul hydraulique. Pour le lit mineur et le chenal secondaire, un calcul unique de la vitesse moyenne est réalisé avec le rayon hydraulique  $U=U(R)$ . Pour le reste du lit, le calcul est réalisé sur chaque verticale avec la hauteur d'eau  $U=U(H)$ .



Enfin, lorsque la condition hydraulique (H ou Q) est imposée par l'utilisateur, les grandeurs associées (U, Fr..) et la figure sont mises à jour automatiquement.

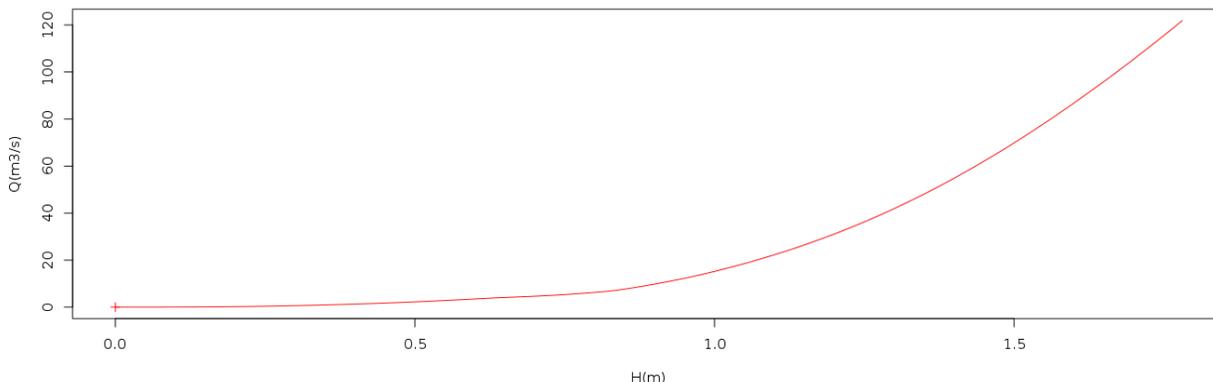


## 4.5.4 Courbes de tarage

Les courbes de tarage associées à la section sont disponibles en bas d'écran : H(Q), R(H), U(H), U(Q).

Loi Q(H):

Exporter

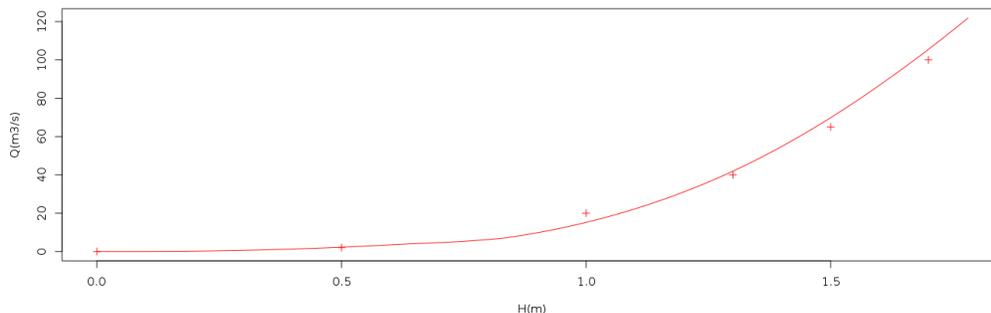


## 4.5.5 Données de validation

Ce menu permet de saisir des valeurs Hauteur / Débit mesurées si elles sont disponibles. La courbe de tarage calculée peut ainsi être comparée aux mesures, et ajustée si besoin (via les valeurs de  $K$  ou  $D_{84}$ ).

Loi Q(H):

Exporter



Données de validation

H(m)	Q(m³/s)
0.00	0.00
0.50	2.00
1.00	20.00
1.30	40.00
1.50	65.00
1.70	100.00

Importer

No file selected

Les données peuvent être téléchargées depuis un fichier texte.

## 4.5.6 Sauvegarde

Toute la saisie (Loi de frottement, rugosités et données de validation) doit être sauvegardée avec le bouton « enregistrer ».

ATEENTION : pensez à la double sauvegarde (comme pour tous les autres onglets, la sauvegarde ne sera définitive qu'après la sauvegarde du projet).

## 4.6 Transport solide

Bienvenue   La base de données   Boite à outils   Aide

---

Votre projet   > Granulométrie   > Section   > Hydraulique   > Transport solide   > Hydrologie   > Bilan sédimentaire   > Analyse

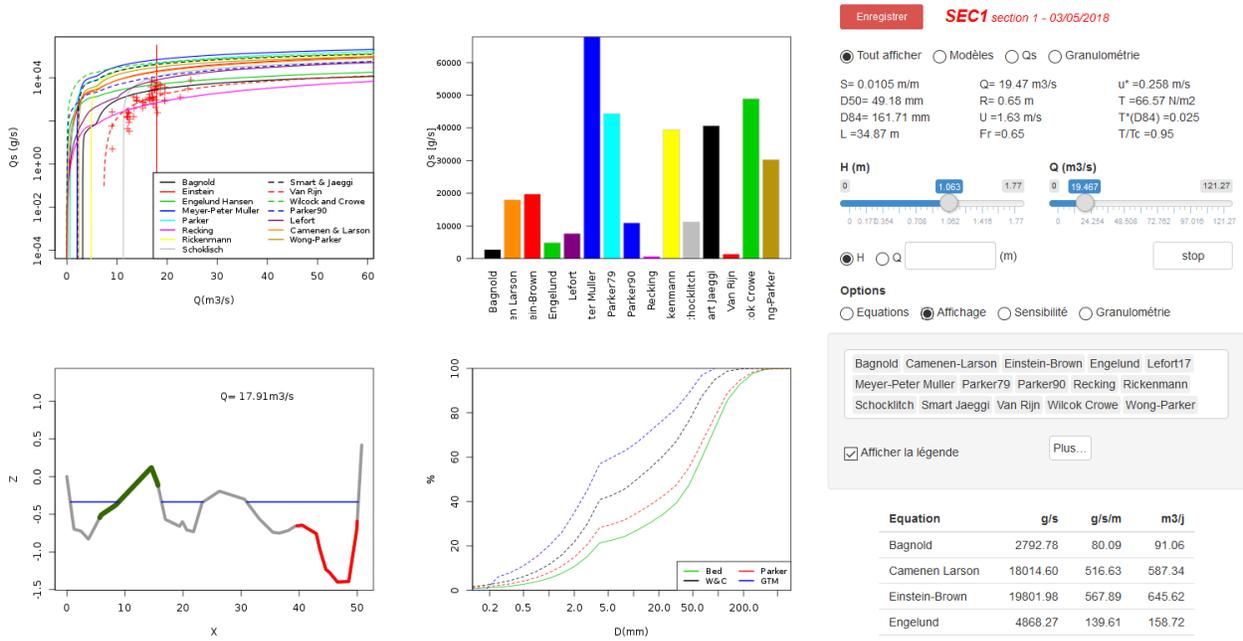
Cette page utilise tout ce qui a déjà été saisi (granulométrie, section, hydraulique) pour calculer la courbe transport solide pour chaque modèle.

### 4.6.1 Calcul du transport solide

Il n’y pas de données supplémentaires à saisir à ce stade pour accéder aux valeurs de transport solide : il suffit de bouger le curseur hauteur d’eau ou débit, ou saisir une valeur dans la case prévue à cet effet. Comme pour la page hydraulique, le bouton STOP permet d’arrêter une itération (voir explications dans la partie dédiée à l’ « Hydraulique »)

Les valeurs de débit solide s’affichent alors graphiquement et dans le tableau à droite.

### 4.6.2 Affichage



Le panneau d'affichage est divisé en 4 figures qui représentent :

- Les modèles de transport solide  $Q_s(Q)$  sélectionnés par l'utilisateur
- Les valeurs de débit solide calculées pour le débit saisi
- La section étudiée
- L'évolution de la courbe granulométrique transportée

Cliquer sur les options en haut à droite permet de zoomer sur l'une ou l'autre de ces figures

Tout afficher  Modèles   $Q_s$   Granulométrie

Les données hydrauliques associées sont mises à jour.

$S = 0.0105$ m/m	$Q = 19.47$ m <sup>3</sup> /s	$u^* = 0.258$ m/s
$D_{50} = 49.18$ mm	$R = 0.65$ m	$T = 66.57$ N/m <sup>2</sup>
$D_{84} = 161.71$ mm	$U = 1.63$ m/s	$T^*(D_{84}) = 0.025$
$L = 34.87$ m	$Fr = 0.65$	$T/T_c = 0.95$

### 4.6.3 Les options d'affichage et de calculs

Le menu options permet d'ajuster les calculs et l'affichage

#### Options

Equations  Affichage  Sensibilité  Granulométrie

Le bouton « Equations » permet d'ajuster les valeurs de contrainte critique ou de débit critique utilisées dans les équations. Cela revient en quelque sorte à « caler » les équations de transport. En l'absence de saisie, les valeurs par défaut sont affichées.

Corriger la contrainte

**Caler les équation**

Bagnold:  $\omega c =$    $\omega c = [0-6.127]$

Camenen & Larson:  $\tau c^* =$    $Tc^* = 0.055$

Lefort:  $q_0 =$    $q_0 = [1.236-18.686]$

Meyer-Peter & Muller:  $\tau c^* =$    $Tc^* = 0.047$

Parker:  $\tau c^* =$    $Tc^* = 0.03$

Parker90:  $\tau r^* =$    $Tr^* = 0.0386$

Recking:  $\tau m^* =$    $Tm^* = 0.049$

Rickenmann:  $qc =$    $qc = 0.843$

Schocklitch:  $qc =$    $qc = 1.33$

Smart & Jaeggi:  $\tau c^* =$    $Tc^* = 0.049$

Van Rijn:  $uc^* =$    $uc^* = 0.209$

Wilcock & Crowe:  $\tau r^* =$    $Tr^* = 0.023$

Wong & Parker:  $\tau c^* =$    $Tc^* = 0.0495$

Masse volumique de l'eau  $\rho$ (kg/m3)=

Masse volumique des sédiments  $\rho_s$ (kg/m3)=

Masse volumique apparente des sédiments  $\rho_{s\_app}$ (kg/m3)=

Corriger les effets si écoulement contre parois en verre

Supprimer la fraction sableuse pour calcul avec Parker90

On peut aussi faire le choix de corriger ou non la contrainte (pour supprimer les effets de rugosités de forme). Les masses volumiques de l'eau et des sédiments sont également modifiables (mais les mêmes valeurs seront utilisées dans tous les calculs relatifs à cette section).

Il est important de noter que ces ajustements ne seront pris en compte que pour la section active.

## Options

Equations 
  Affichage 
  Sensibilité 
  Granulométrie

Les options d'affichage sont identiques à celles offertes pour la base de données

## Options

Equations 
  Affichage 
  Sensibilité 
  Granulométrie

L'option « sensibilité » donne accès aux curseurs de test des paramètres identiques à ceux proposés pour la base de données.

## Options

Equations 
  Affichage 
  Sensibilité 
  Granulométrie

L'option « granulométrie » donne accès aux options de calcul de la granulométrie transportée, et en particulier aux paramètres de calage du modèle GTM [Recking, 2016].

Granulometrie transportee:  Wilcock and Crowe  Parker  GTM

options GTM

**Calage GTM sur les donnees de:**

Wilcock et al 2001 (laboratoire, transport partiel sans pavage)  
 Oak Creek (terrain, mobilite du lit associee a celle du pavage)  
 Autre

$\beta$    $\gamma_2$

*$\beta$  determine le percentile du plus gros element transporte (pour  $T^*/T^*c < 1$ )  
 $\gamma_2$  determine le transport partiel pour chaque fraction transportee\**

<b>Tc*(default= Tc*(S)):</b>	<b>calculé pour D</b>	<b>Tfm/Tc*:</b>
<input type="text"/>	<input type="text" value="84"/>	<input type="text" value="2"/>

## 4.6.4 Saisie des données de validation du charriage

Tout afficher 
  Modèles 
  Qs 
  Granulométrie

Lorsque le bouton « Modèles » est sélectionné le bas de la page affiche un tableau de saisie de valeurs de débit solide lorsqu'on a la chance d'en disposer.

## Donnees de validation

Q(m3/s)	Qs(g/s)
0.00	0.00
0.50	1.00
3.00	2.20
4.00	10.00

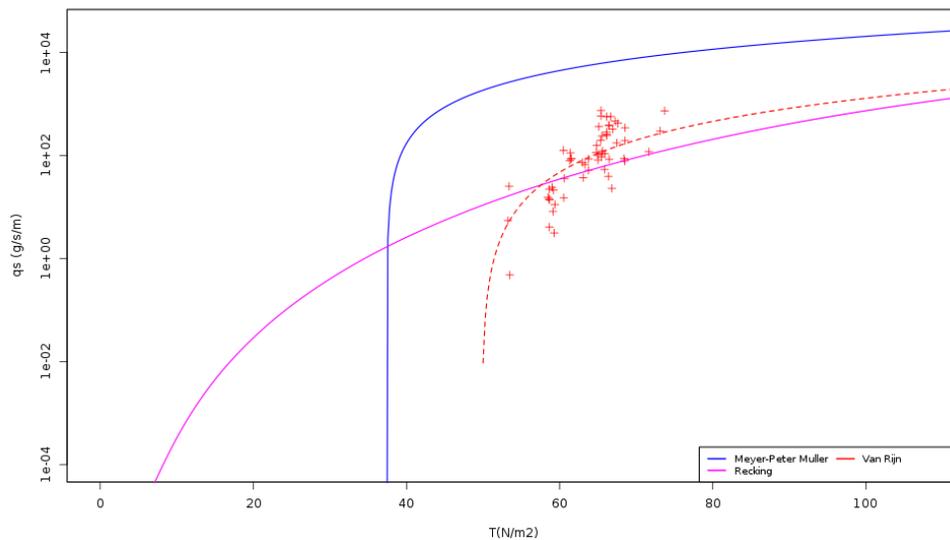
Les couples de valeurs débit/débit solide peuvent être saisis à la main directement dans le tableau.

Note : Il s'agit des valeurs totales sur la section (m3 et g/s) et non les valeurs par unité de largeur.

Le bouton « importer » permet aussi d'importer directement des données enregistrées au format texte sur deux colonnes séparées par des tabulations, avec titre (Q, Qs par exemple)

Importer

Les valeurs saisies vont se superposer aux modèles ce qui est un bon moyen de validation.

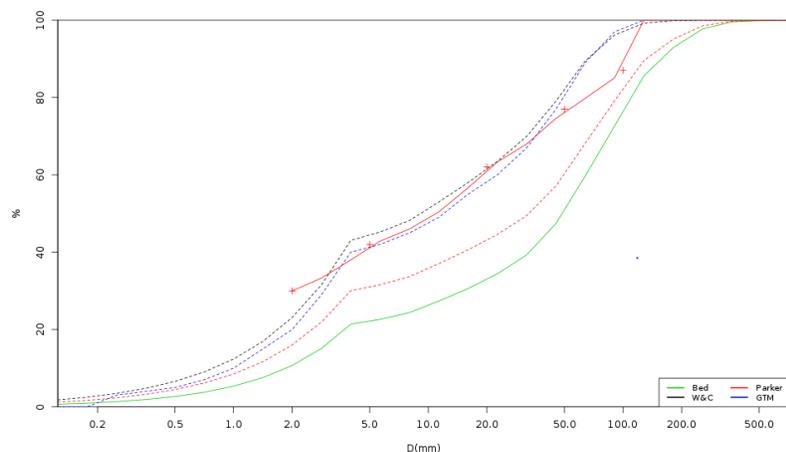


### 4.6.5 Saisie des données de validation de la granulométrie transportée

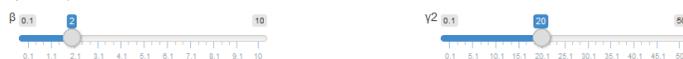
- Tout afficher
  Modèles
  Qs
  Granulométrie

De la même façon, lorsque le bouton « Granulométrie » est sélectionné, la page affiche un tableau de saisie de la granulométrie transportée lorsqu'elle est disponible.

## Validation de la granulometrie transportee



Ajuster les paramètres du modèle GTM:



$\beta$  détermine le percentile du plus gros élément transporté (pour  $T/T^*c < 1$ )  $\gamma_2$  détermine le transport partiel pour chaque fraction transportée\*

[Plus de paramètres](#)

### Saisie des données

Q(m<sup>3</sup>/s)

D (mm)	%
2.00	30.00
5.00	12.00
20.00	20.00
50.00	15.00
100.00	10.00

Importer

### GTM1

Gestion des données

T/Tc = 1.05

% plus fin	Lit	Data	W&C	Par	GTM
D5	0.93	NA	0.37	0.57	0.50
D10	1.87	NA	0.79	1.20	1.00
D16	2.99	NA	1.33	2.00	1.53
D25	8.70	NA	2.18	3.27	2.46
D50	49.18	11	9.26	32.93	12.09
D75	97.34	46	39.35	80.45	42.60
D84	123.44	85	54.13	107.94	56.19
D90	160.04	NA	66.05	132.30	67.31

Une courbe granulométrique transportée doit bien sûr être associée à un débit (car à débit nul la courbe granulo transportée est nulle). Par conséquent il est possible de saisir plusieurs courbes et les sauvegarder. Un code GTM+Numéro est associé à la sauvegarde. Ces données permettent de calibrer le modèle GTM.

### 4.6.6 Sauvegarde

Toute la saisie (paramètres des modèles et données de validation) doit être sauvegardée avec le bouton « enregistrer ».

ATTENTION : pensez à la double sauvegarde (comme pour tous les autres onglets, la sauvegarde ne sera définitive qu'après la sauvegarde du projet).

## 4.7 Hydrologie

[Bienvenue](#)
[La base de données](#)
[Boite à outils](#)
[Aide](#)

---

[Votre projet](#)
[> Granulométrie](#)
[> Section](#)
[> Hydraulique](#)
[> Transport solide](#)
[> Hydrologie](#)
[> Bilan sédimentaire](#)
[> Analyse](#)

Cet onglet permet de saisir les données hydrologiques qui seront ensuite associés aux sections pour calculer des bilans sédimentaires. Deux options sont possibles :

**Option de calcul**

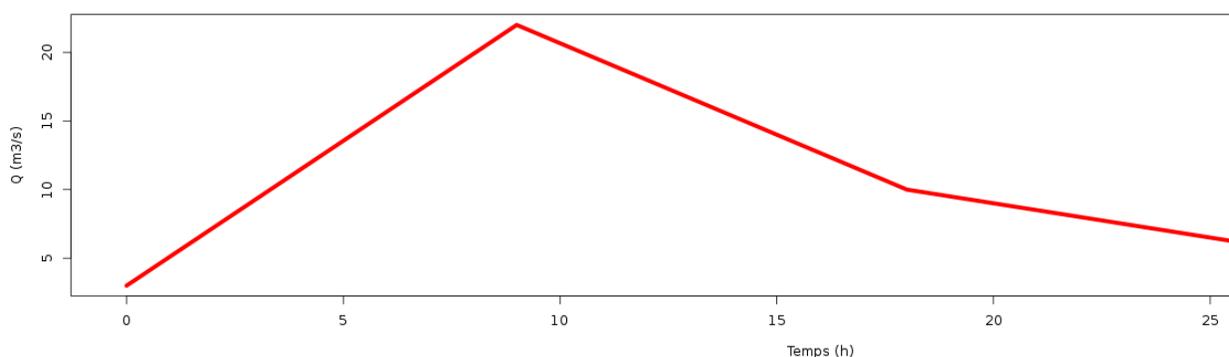
Hydrogramme

Débits classés

- Hydrogrammes  $Q(t)$ : série de valeurs de débits  $Q$  en fonction du temps  $t$
- Débits classés  $Q(T)$ : débits associés à leur période de retour  $T$

## 4.7.1 Saisie d'un hydrogramme

Cette option permet de saisir des séries de valeur  $Q(t)$ .



**Option de calcul**

Hydrogramme

Débits classés

t(h)	Q(m3/s)
0	3
9	22
18	10
32	3

**Unites**

l/s  m3/s

s  mn  h  j

La page qui s'affiche permet plusieurs options de saisie :

- Les données peuvent être saisies directement dans le tableau de saisie.
- Un fichier peut être importé au format texte (2 colonnes avec titre t/Q séparées par des tabulations)
- Un petit outil permet de construire rapidement un hydrogramme théorique triangulaire

**Saisie de l'hydrologie**

Construire un hydrogramme

Paramètres

Importer un fichier

Browse...
No file selected

Lorsque des données sont saisies, l'hydrogramme est directement dessiné.

Quel que soit le mode de saisie, il est important de définir les unités

**Unites**

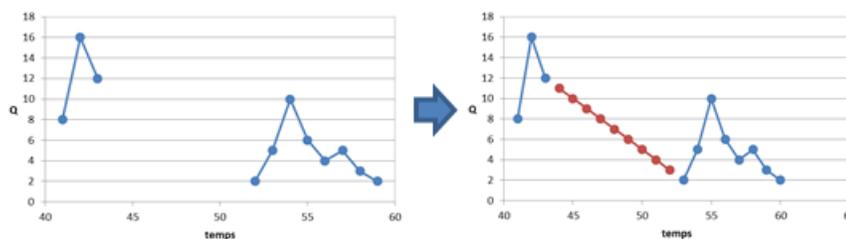
l/s  m3/s

s  mn  h  j

Une fois la saisie réalisée, le programme reconstruit un hydrogramme pour chaque calcul; pour cela :

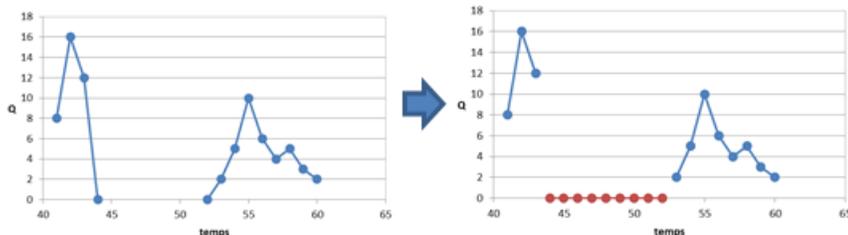
- 1) les deux bornes temporelles de l'hydrogramme ( $t_{\text{minimum}}$  et  $t_{\text{maximum}}$ ) saisi par l'utilisateur sont lues
- 2) une matrice  $[t, Q]$  est discrétisée au pas de temps unitaire choisi (minute, heure ou jour) entre ces deux bornes
- 3) les débits de cette matrice sont extrapolés depuis l'hydrogramme saisi par l'utilisateur

T	Q
42	16
43	12
53	2
54	5



Il est donc très important de vérifier la cohérence de l'hydrogramme saisi. S'il y a des trous dans la série temporelle, il faut **les borner par des zéros** pour ne pas engendrer un calcul inapproprié. Dans l'exemple précédent cela reviendrait à insérer des débits nuls aux temps 44 et 52:

T	Q
43	12
44	0
52	0
53	2



**Les valeurs vides (ou NA) doivent aussi être remplacées par des zéro.**

Il appartiendra ensuite à l'utilisateur de tenir compte de ces lacunes dans l'analyse des bilans sédimentaires réalisés.

## 4.7.2 Assistance pour construire un hydrogramme

### Saisie de l'hydrologie

Construire un hydrogramme

Paramètres

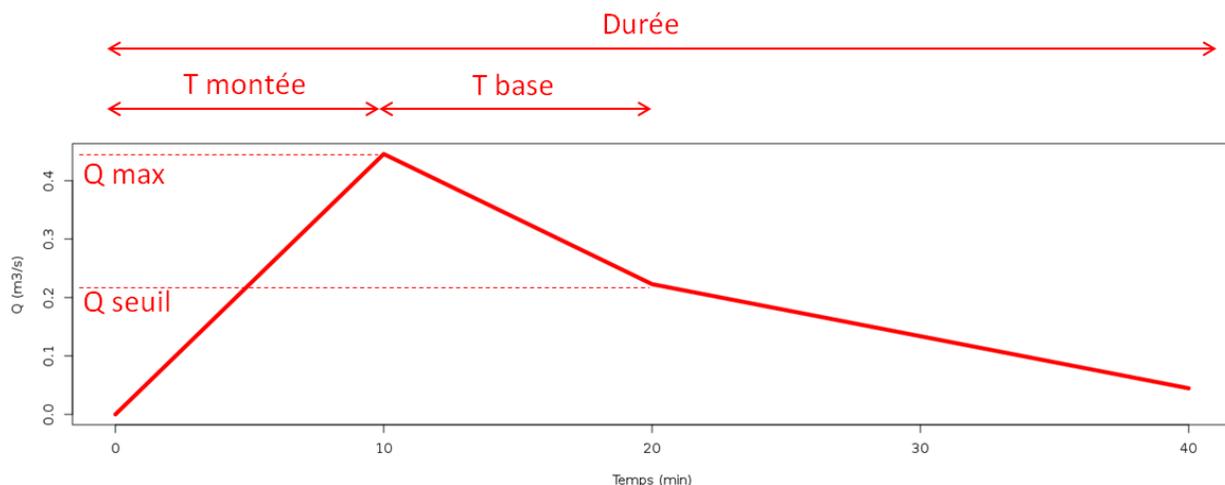
T Montee (min)  Q pointe (m3/s)

Tbase (min)  Qseuil (m3/s)

Durée (min)  Qmin (m3/s)

Lorsqu'on clique sur l'option « Construire un hydrogramme » une fenêtre de saisie s'ouvre permettant de définir un hydrogramme théorique triangulaire. Il suffit alors de changer les valeurs proposées.

Bien que l'hydrogramme ainsi construit pourra être utilisé avec n'importe quelle section, le Qmax proposé est calculé pour être compatible avec la section active (ouverte) au moment de la saisie.



### 4.7.3 Saisie de débits classés

Les débits classés sont issus d'une analyse statistique des données hydrologiques à la station ce qui suppose disposer d'au moins 30 ans de données.

Frequences de non dépassement x 100	Q(m3/s)
99.9945	120.00
99.9863	100.00
99.9726	90.00
99.9452	79.00
99.863	62.00
99	51.10
98	43.70
95	35.80
90	29.00
80	20.20
70	13.70
60	8.90
50	5.56
40	3.89
30	2.94
20	2.35
10	1.90
5	1.61
2	1.33
1	1.14

Les données peuvent être saisies à la main dans le tableau, sur deux colonnes :

- Colonne1: les fréquences de non dépassement FND x 100
- Colonne2: les débits associés  $Q$  en m<sup>3</sup>/s

Les données peuvent aussi être importées au format texte sur deux colonnes avec titres (par exemple F, Q) et séparées par tabulation

Pour mémoire, la fréquence de non dépassement est reliée à la période de retour T et à la fréquence de dépassement FD par :

$$T=1/FD \quad (9)$$

$$FD=1-FND \quad (10)$$

Le nombre de jours où un débit classé Q de fréquence de non dépassement FND sera dépassé en moyenne au cours d'une année quelconque est:

$$FD(j/an)=(1-FND)*365 \quad (11)$$

FND100	FD	T	Durée	Q
0.999945	0.020075	49.8132005	0.020075	120
0.999863	0.050005	19.9980002	0.02993	100
0.999726	0.10001	9.9990001	0.050005	90
0.999452	0.20002	4.99950005	0.10001	79
0.99863	0.50005	1.99980002	0.30003	62
0.99	3.65	0.2739726	3.14995	51.1
0.98	7.3	0.1369863	3.65	43.7
0.95	18.25	0.05479452	10.95	35.8
0.9	36.5	0.02739726	18.25	29
0.8	73	0.01369863	36.5	20.2
0.7	109.5	0.00913242	36.5	13.7
0.6	146	0.00684932	36.5	8.9
0.5	182.5	0.00547945	36.5	5.56
0.4	219	0.00456621	36.5	3.89
0.3	255.5	0.00391389	36.5	2.94
0.2	292	0.00342466	36.5	2.35
0.1	328.5	0.00304414	36.5	1.9
0.05	346.75	0.00288392	18.25	1.61
0.02	357.7	0.00279564	10.95	1.33
0.01	361.35	0.0027674	3.65	1.14

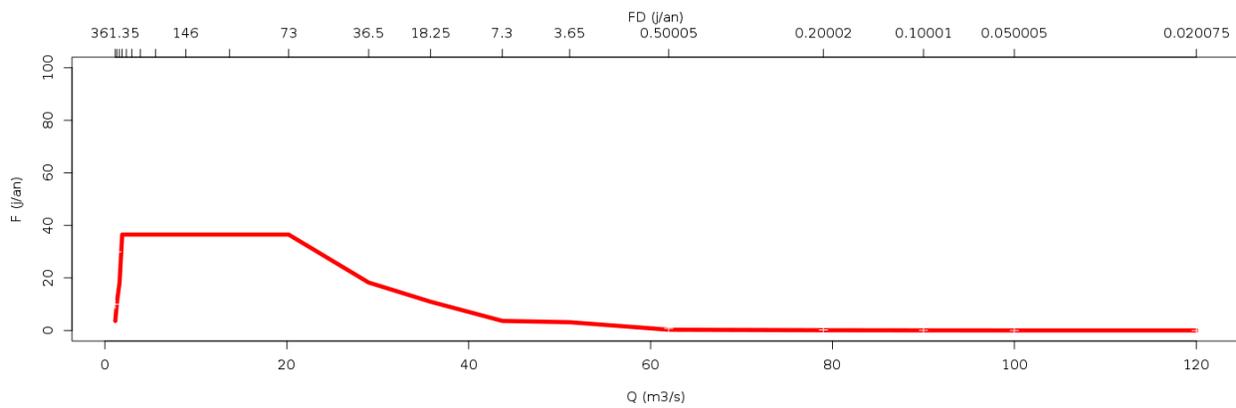
La durée moyenne d'occurrence d'un débit classé au cours d'une année est la différence des valeurs de dépassement FD encadrant ce débit : pour la ligne i, la durée d'occurrence de Q(i) est FD(i)-FD(i-1) en jour par an.

L'affichage graphique fait apparaître en abscisse les débits classés, et en ordonnée, le nombre moyen de jours par an où chacun des débits est dépassé.

Un second axe des abscisses met en correspondance les débits avec (au choix) la fréquence de non dépassement FND, la fréquence annuelle cumulée de dépassement FD, ou la période de retour T.

Afficher en X:

FND  FD  T



On verra dans la partie suivante comment ces débits peuvent être utilisés dans l'établissement d'un bilan sédimentaire.

#### 4.7.4 Nommer la série hydrologique

Nom de l'hydrogramme

Nom de la station

Longitude

Latitude

Commentaire (court)

À chaque sauvegarde le programme va automatiquement associer un code à la série hydrologique.

Cependant, tout comme pour les courbes granulométriques ou pour les sections, il est conseillé de donner un nom explicite à chaque série.

Des informations complémentaires peuvent également être saisies comme le nom de la station hydrologique, ses coordonnées, et même un petit commentaire de quelques mots.

## 4.7.5 Sauvegarder et gérer les séries hydrologique

### Gestion des données hydrologiques

Sélectionner:

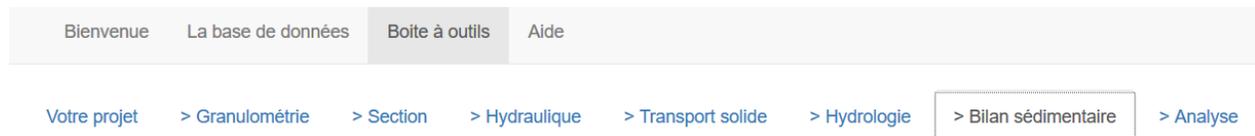
Chaque nouvelle série hydrologique doit être sauvegardée. Un code sera automatiquement associé à chaque série, avec les lettres HYD pour les hydrogrammes et QCL pour les débits classés.

Encore une fois on insiste sur le principe de la double sauvegarde : un fichier ne sera définitivement sauvegardé qu'avec la sauvegarde du projet.

Le menu de gestion des données hydrologiques est identique aux menus précédents.

Les boutons « supprimés » ou « répliquer » agissent sur la série ouverte.

## 4.8 Bilan sédimentaire



Le bilan sédimentaire va utiliser tout ce qui a été défini dans les précédent onglets et **s'applique à la section active** (celle ouverte dans l'onglet « section »).

A ce stade, le travail de saisie est quasiment terminé. Les modèles pour le calcul hydraulique et le transport solide associés à la section ont déjà été construits.

## 4.8.1 Associer une série hydrologique

**Option de calcul**

Hydrogramme  
 Débits classés

**HYD4 (Ev\_20111102)**

Sélectionner:

Ouvrir

La première chose à faire est d'associer une série hydrologique à la section.

Cette série est à choisir grâce au menu déroulant parmi les hydrogrammes ou les débits classés.

Puis il faut l'ouvrir pour lancer le calcul.

**Hydrologie local** ?

BV de reference (km2) 122

BV section (km2) 87

Coefficient de Myer 0.8

La seconde zone de saisie permet d'adapter l'hydrogramme (mesuré à une station de référence qui n'est pas forcément situé à l'emplacement de la section de calcul) à la surface réelle drainée par la section de calcul.

La correction des débits au prorata des surfaces se fait grâce à la formule de Myer qui s'écrit :

$$Q = Q_{Ref} \left( \frac{A}{A_{Ref}} \right)^\alpha \quad (12)$$

Où :

- $Q_{Ref}$  est le débit de référence tel qu'il a été saisi dans l'hydrogramme par l'utilisateur
- $A_{Ref}$  est la superficie du bassin versant ayant généré  $Q_{Ref}$
- $A$  est la superficie du bassin versant drainé par la section de calcul
- $Q$  est le débit corrigé qui sera utilisé pour la section de calcul

L'hydrogramme entier est adapté à la section de calcul selon ce principe.

## 4.8.2 Principe de calcul

Lorsqu'un hydrogramme est concerné, pour chaque temps  $t_i$  on calcule  $Q_s(Q_i)$  c'est-à-dire le débit solide  $Q_s$  associé au débit  $Q_i$ , puis un volume  $V_i$  transporté sur la durée  $dt=t_i-t_{i-1}$  :

$$V_i=Q_s(Q_i)*(t_i-t_{i-1}) \quad (13)$$

Le volume total transporté pour la série hydrologique est la somme de ces volumes élémentaires :

$$V=\sum V_i \quad (14)$$

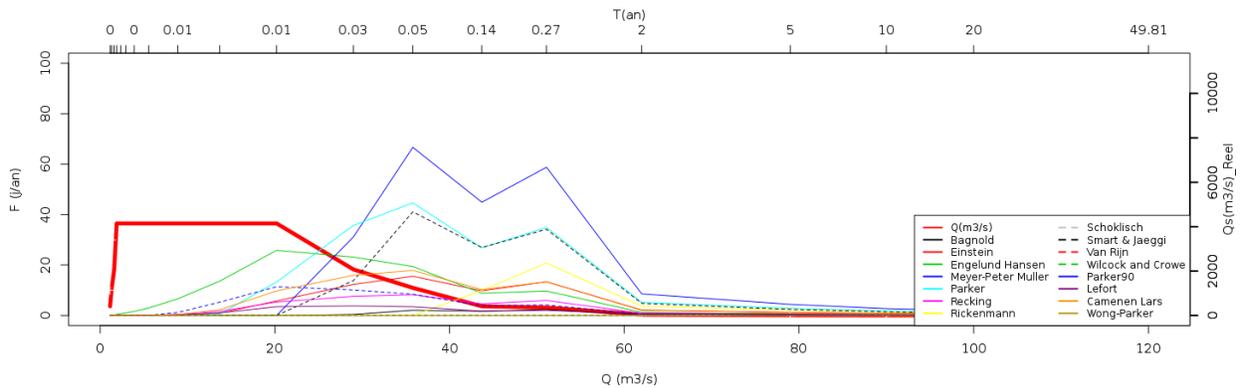
Pour les débits classés la méthode est un peu différente. À chaque débit classé est associé un nombre de jours moyen de dépassement annuel. Les débits correspondant aux bornes des intervalles d'occurrence, c'est la valeur médiane  $Q_i$  est considérée pour le calcul. A ce débit  $Q_i$  est associé un débit solide  $Q_s$  et pour chaque ligne on calcule un volume moyen transporté :

$$V(m^3)=Q_s(m^3/j)*Durée(j) \quad (15)$$

FND100	FD	Tretour	Durée(j/an)	Q(m3/s)	Qi(m3/s)	Qs(g/s)	V(m3)
0.999945	0.020075	49.8132	0.020075	120	120	15120.0	303.5
0.999863	0.050005	19.9980	0.02993	100	110	11646.3	348.6
0.999726	0.10001	9.9990	0.050005	90	95	7502.0	375.1
0.999452	0.20002	4.9995	0.10001	79	84.5	5279.3	528.0
0.99863	0.50005	1.9998	0.30003	62	70.5	3066.0	919.9
0.99	3.65	0.2740	3.14995	51.1	56.55	1582.4	4984.4
0.98	7.3	0.1370	3.65	43.7	47.4	931.8	3401.2
0.95	18.25	0.0548	10.95	35.8	39.75	549.6	6017.7
0.9	36.5	0.0274	18.25	29	32.4	297.6	5431.3
0.8	73	0.0137	36.5	20.2	24.6	130.3	4754.5
0.7	109.5	0.0091	36.5	13.7	16.95	42.6	1555.3
0.6	146	0.0068	36.5	8.9	11.3	12.6	460.8
0.5	182.5	0.0055	36.5	5.56	7.23	3.31	120.7
0.4	219	0.0046	36.5	3.89	4.725	0.92	33.7
0.3	255.5	0.0039	36.5	2.94	3.415	0.35	12.7
0.2	292	0.0034	36.5	2.35	2.645	0.16	5.9
0.1	328.5	0.0030	36.5	1.9	2.125	0.08	3.1
0.05	346.75	0.0029	18.25	1.61	1.755	0.05	0.9
0.02	357.7	0.0028	10.95	1.33	1.47	0.03	0.3
0.01	361.35	0.0028	3.65	1.14	1.235	0.02	0.1

Le volume total annuel est la somme des volumes calculés pour chaque débit classé.

Cette méthode met en général en évidence que, dans la vie d'une rivière, les débits extrêmes transportent peu de sédiments en moyenne (flux importants mais sur de courtes durées => volumes faibles). On considère ainsi qu'ils n'ont pas un rôle morphologique majeur sur le long terme. Cela n'empêche pas qu'à court terme, leur effet sur la morphologie et les populations peut être très importants.



Plus l'analyse statistique sera détaillée et plus le résultat sera précis. Cependant cette approche par débits classés se heurte en général au manque de données pour un traitement statistique fiable et permettant d'accéder aux fréquences rares.

### 4.8.3 Options de calculs

On considère à ce stade que vous avez défini vos modalités de calculs (dans la page précédente) et vous n'avez plus accès aux options concernant les équations de transport.

- Autoriser calcul au delà de la cote maximum de la section
- Corriger la contrainte
- Corriger les effets de parois en canal
- Supprimer la fraction sableuse pour calcul avec Parker90

Seule l'option « autoriser calcul au-delà de la cote maximum de la section » est modifiable.

Les autres options de calculs ont été saisies dans l'onglet « transport solide »

*Paramètres à définir dans l'onglet 'Transport Solide'*

Avant calcul, le programme vérifie que les débits de l'hydrogramme sont compatibles avec la capacité hydraulique de la section. Si ce n'est pas le cas il vous propose d'étendre le calcul au-delà de la côte maximum de la section.

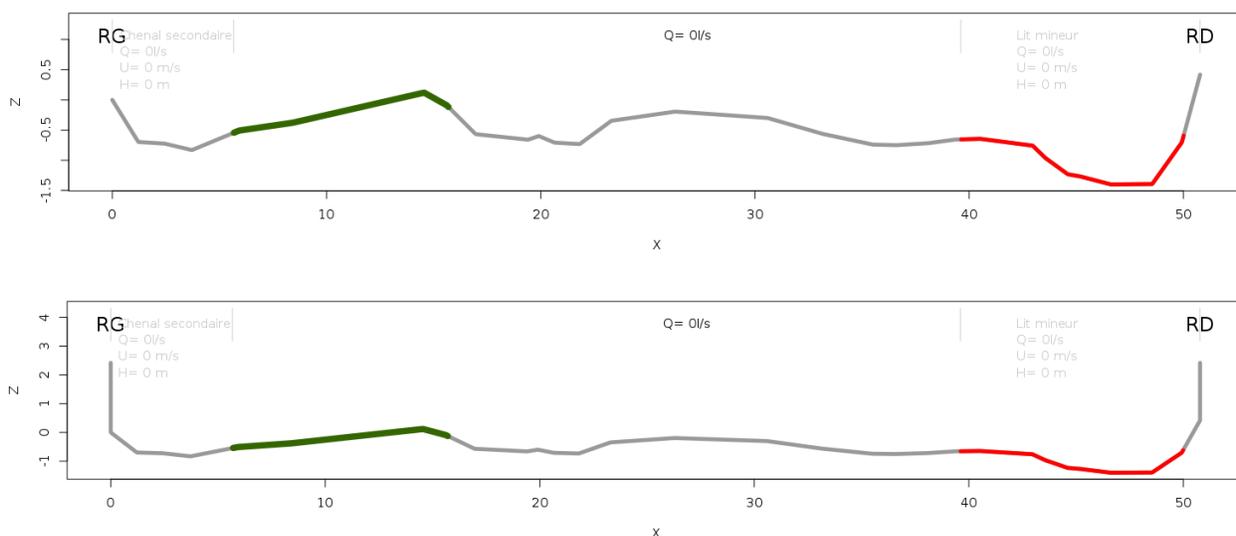
Autoriser calcul au delà de la cote maximum de la section

Hauteur des murs

2

Lorsqu'on clique sur l'option « autoriser calcul au-delà de la côte maximum de la section » il faut définir la hauteur des murs latéraux.

Lorsqu'on autorise d'étendre le calcul, le programme considère deux murs latéraux en limite gauche et en limite droite.



## 4.8.4 Affichage

Il est possible de choisir les unités d'affichage des résultats des calculs

- Volume réel
- Volume apparent
  
- g    Kg    m3    t

Les équations de transport calculent un volume « réel » de roche transportée c'est-à-dire sans prise en compte des vides entre les grains (densité  $\rho_s = 2650 \text{ Kg/m}^3$ ). En réalité, la comparaison avec des mesures de terrain doit tenir compte de l'espace occupé par les pores du mélange sédimentaire (mélange air+roche de densité  $\rho_{sa} 2000\text{kg/m}^3$ ). La conversion est réalisée par :

$$Volume\ apparent = \frac{\rho_s}{\rho_{sa}} \times Volume\ réel \quad (16)$$

Soit, avec  $\rho_s \approx 2650\text{ Kg/m}^3$  et  $\rho_{sa} \approx 2000\text{kg/m}^3$ ,  $V_{apparent} = 1.3V_{réel}$ .

Les résultats sont affichés dans le tableau et peuvent être téléchargés.

L'affichage graphique permet de représenter soit la chronique temporelle soit les volumes cumulés, pour les équations choisies.

### Options graphiques

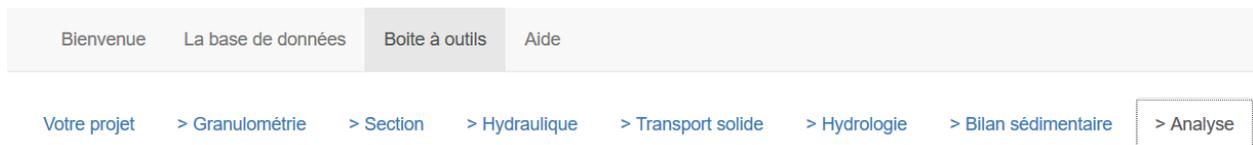
- Hydrogramme
- Volume transporté

## 4.8.5 Sauvegarde

La saisie des données, et en particulier l'association section / hydrogramme, est sauvegardée avec le bouton « **Enregistrer** ».

La double sauvegarde est nécessaire pour une sauvegarde définitive dans le projet.

## 4.9 Analyse



### 4.9.1 Objectif

L'objectif est d'aider à aller vers une conclusion l'étude de bilan sédimentaire.

On peut conclure une analyse de bilan sédimentaire non pas sur la base d'une seule équation de transport, mais à partir de plusieurs équations qui semblent adaptées au contexte.

Par ailleurs il est intéressant lorsqu'on étudie plusieurs sections, de comparer les volumes transportées d'une section à l'autre ; on peut alors conclure:

- Si les volumes ne sont pas significativement différents : qu'on est dans la marge d'erreur du calcul et que les sections ont un comportement similaire
- Si les volumes transportés en amont sont supérieurs aux transportés volumes en aval : qu'il y a stockage intermédiaire

- Si les volumes transportés en amont sont inférieurs aux volumes transportés en aval : qu'il y a déstockage intermédiaire

## 4.9.2 Modalités

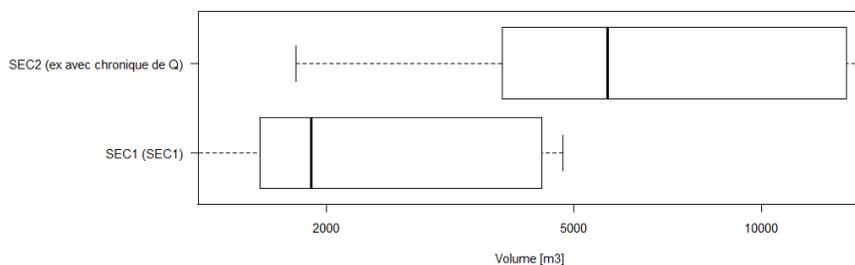
A ce stade plus aucun calcul n'est réalisé et **seuls les bilans sédimentaires préalablement sauvegardés sont pris en compte.**

<p>Sections à considérer</p> <input type="text"/>	<p>Equations à considérer</p> <input type="text"/>
---	--

Si vous n'avez sauvegardé aucun bilan sédimentaire, la boîte de sélection « Sections à considérer » sera vide.

La page affichera une série de graphiques synthétisant les résultats obtenus pour les sections et les équations sélectionnées.

<p>Sections à considérer</p> <input type="text" value="SEC1 (SEC1) SEC2 (ex avec chronique de Q)"/>	<p>Equations à considérer</p> <input type="text" value="Bagnold Camenen-Larson Einstein-Brown Engelund Lefort17"/>
---	--



Plusieurs options d'affichage sont disponibles.

## 4.9.3 Comment choisir une équation ?

BedloadWeb construit des modèles sédimentaires  $Q_s(Q)$  pour toutes les équations. La grande difficulté pour l'utilisateur consiste à faire un choix parmi ces équations. Comment faire ?

Une première méthode consistera à prendre en considération le domaine de validité des équations en question. Cependant ce n'est pas trivial, car il existe une vraie ambiguïté sur ces domaines de validité, qui souvent ne sont même pas définis.

Une seconde méthode consiste à utiliser la base de données pour sélectionner un jeu de données mesurées sur des cours d'eau présentant des caractéristiques similaires au cours d'eau étudié, puis de tester les équations sur ce jeu de données.

Sélectionner une rivière  Sélection multicritère 

Résultat de la sélection : Table <> Graphe

Show  entries Search:

Rivière	Pente (m/m)	D50(mm)	D84(mm)	Largeur (m)	Morphologie	Technique
70 N Fork Toutle River near Kid Valley	0.0041	2.5	20	40.25	Rifle-pool	Helley-Smith 76 mm
78 Pony creek near Antero Res	0.005	2.5	6	1.1	Rifle-pool	Helley-Smith 76 mm

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous  Next

Terrain

Rifle-pool

Technique de mesure

Pente (m/m):

D50 (mm):

Une troisième méthode consistera à tester les équations sur des données mesurées sur le cours d'eau étudié. Ces mesures peuvent être soit des mesures ponctuelles (voir la note de présentation sur les méthodes de mesures), soit des volumes déposés.

Quelle que soit la méthode choisie, les équations peuvent éventuellement être ajustées (calage).

#### 4.9.4 Sauvegarde

Cette page est essentielle dans l'analyse et sa conclusion, et la sauvegarde permet de conserver vos choix (section + équations).

Cela peut être utile si le projet doit être partagé avec n autre utilisateur.

Inutile de rappeler à ce stade la nécessité de la double sauvegarde.

## 5 AIDE

---

La page d'aide propose un lexique des paramètres utilisés.

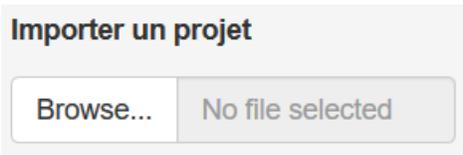
Différents documents téléchargeables au format pdf. Les liens seront mis à jour au fur et à mesure de la disponibilité des documents.

### Documents à télécharger

[Manuel d'utilisation.pdf](#)

[Fichier exemple.txt](#)

Un fichier exemple est également téléchargeable au format texte : sauvegardez ce fichier sur votre PC et ouvrez le avec le bouton « Importez un projet » dans le menu « Votre Projet » >> « Sauvegarde locale ».



## 6 REFERENCES

---

Ashmore, P., W. Bertoldi, and J. T. Gardner (2011), Active width of gravel-bed braided rivers, *Earth Surface Processes and Landforms*, 36, 1510-1521.

Bunte, K., and S. R. Abt (2001), Sampling surface and subsurface particle-size distributions in Wadable and cobble bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics and streambed monitoring, *Report*, 450 pp, USDA Report RMRS-GTR-74, Fort Collins.

Ferguson, R. (2007), Flow resistance equations for gravel and boulder bed streams, *Water Resources Research*, 43(W05427), 1-12.

Leduc, P. (2013), Etude expérimentale de la dynamique des macroformes sédimentaires en territoires de montagne: cas des rivières en tresses, 255 pp, PhD thesis, UJF.

Piton, G., and A. Recking (2017), The concept of “travelling bedload” and its consequences for bedload computation in mountain streams, *Geomorphology*.

Recking, A. (2013), An analysis of non-linearity effects on bedload transport prediction, *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*, 118, 1-18.

Recking, A. (2016), A Generalized Threshold Model for computing bedload grain size distribution, *Water Resour. Res.*, doi:10.1002/2016WR018735.

Recking, A., P. Frey, A. Paquier, P. Belleudy, and J. Y. Champagne (2008), Feedback between bed load and flow resistance in gravel and cobble bed rivers, *Water Resources Research*, 44, 21.

Rickenmann, D., and A. Recking (2011), Evaluation of flow resistance in gravel-bed rivers through a large field dataset, *Water Resources Research*, 47, 1-22.

Wolman, M. G. (1954), Method of sampling coarse river bed material, *Transactions of the American Geophysical Union*, 35(6), 951-956.