



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

GISER

Le simulateur de ruissellement

Un simulateur de ruissellement a été construit pour évaluer l'efficacité de différents barrages filtrants. Le phénomène d'érosion par ruissellement concentré est reproduit de manière artificielle et plusieurs paramètres expérimentaux peuvent être modifiés (débits, concentration en sédiments dans le flux, pente, type de barrages...). La capacité des barrages filtrants à retenir les sédiments et à diminuer la vitesse du flux est mesurée.

Convention GISER, UCL-ELLE et ULg-Gx ABT, financée par le SWP-DGO3-DDR.

Rapport « stand alone » mars 2015.

Résumé non technique disponible sur www.giser.be

Le simulateur de ruissellement : test d'efficacité de barrages filtrants

Introduction

Lorsqu'une commune fait appel à GISER pour des problèmes d'inondation par ruissellement et de coulées boueuses, la cellule « conseil-expertise » de GISER propose régulièrement l'installation de barrages filtrants tels que des fascines. Afin de valider les conseils donnés aux communes lors d'expertises, GISER a décidé de mettre en place un simulateur de ruissellement permettant de mesurer l'efficacité de plusieurs types de barrages filtrants.

Grâce à ce dispositif expérimental, le phénomène d'érosion par ruissellement concentré est reproduit de manière artificielle. De l'eau chargée en sédiments est envoyée via une rampe sur différents types de barrages filtrants. Les débits et les vitesses, avant et après l'élément filtrant, sont mesurés. La capacité à faire sédimenter en amont grâce à une diminution de la vitesse de l'eau est également évaluée. En fonction des besoins, plusieurs paramètres expérimentaux peuvent être modifiés. L'expérimentation devrait permettre de tirer les enseignements pratiques sur les conditions d'utilisation des différents barrages.

Description du simulateur de ruissellement

Le simulateur de ruissellement, installé au CRA-W de Gembloux avec sa collaboration, est composé d'une piscine d'eau claire et d'une cuve chargée en sédiments. Les flux de ces 2 réservoirs sont mélangés pour ensuite être envoyés sur un barrage filtrant via une rampe. Les débits et la charge en sédiments sont mesurés avant et après le barrage. Le plan complet du système ainsi qu'une photo se trouvent respectivement à la Figure 1 et 2. Chaque élément est détaillé ci-après.

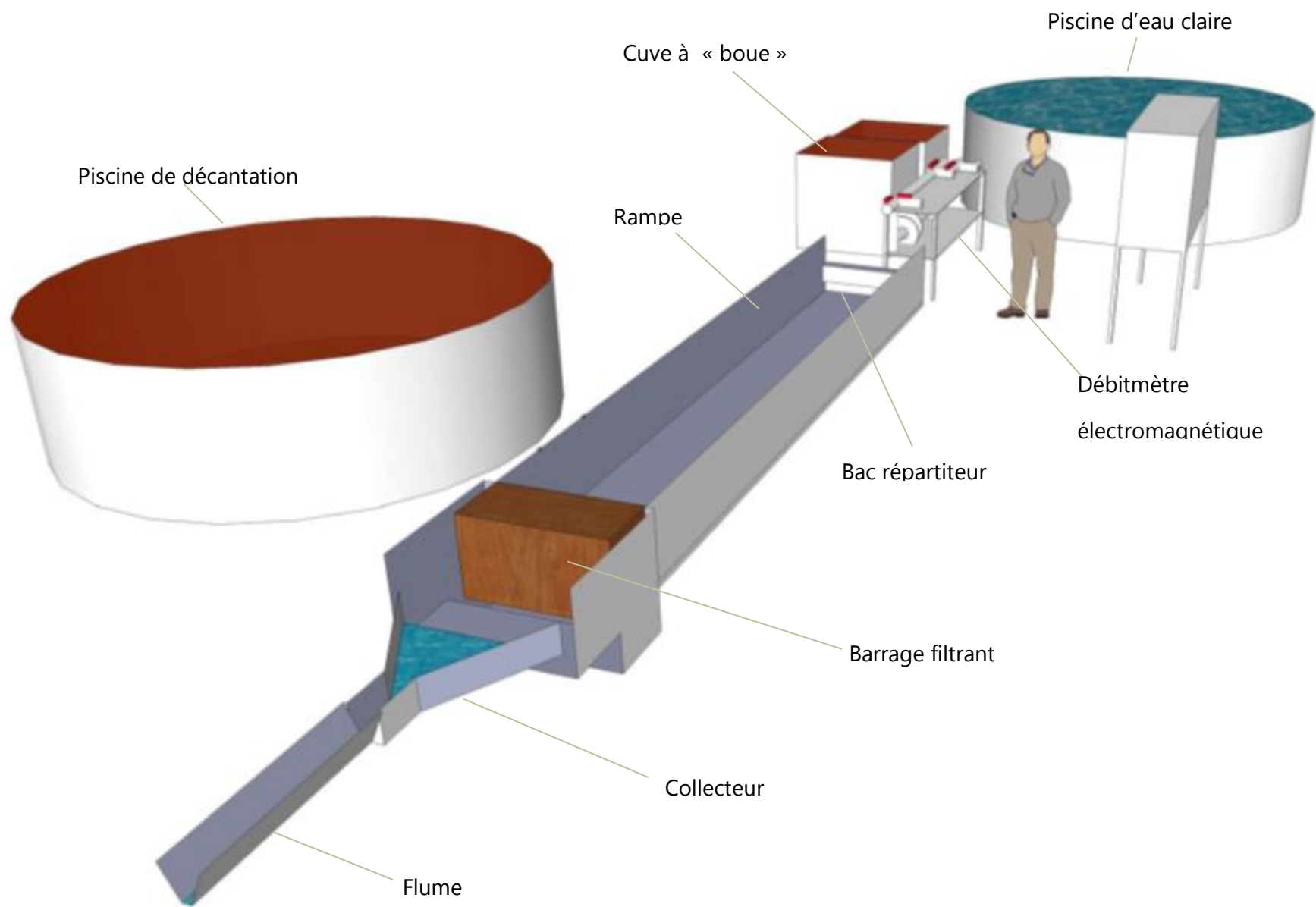


Figure 1 : Plan du simulateur de ruissellement



Figure 2 : photo du simulateur de ruissellement

Le réservoir d'eau claire et la cuve à boue

Un réservoir d'eau claire, une piscine de 14 m³ (Figure 3, à gauche), se trouve en amont du simulateur. Une pompe placée dans cette piscine permet d'envoyer de l'eau vers le barrage filtrant. A cet écoulement d'eau claire est ajouté un flux d'eau chargée en sédiments via une cuve connexe de 1 m³ contenant une concentration élevée en sédiments, appelée par la suite « cuve à boue » (Figure 3, à droite). Pour maintenir les sédiments en suspension dans cette cuve, deux pompes tournent en circuit fermé en générant de fortes turbulences. Au moment voulu, à l'aide d'une des deux pompes, la boue est refoulée dans le circuit d'eau claire. L'autre pompe maintient en mouvement les sédiments dans la cuve pour garder la concentration homogène. L'addition des 2 flux permet ainsi d'obtenir la concentration en sédiments voulue. Un système de vannes est placé à la sortie de chaque réservoir afin d'ajuster les débits et les concentrations définis dans le protocole.



Figure 3 : piscine d'eau claire (à gauche) et « cuve à boue » (à droite)

Le débitmètre électromagnétique

Les deux flux provenant de la « cuve à boue » et de la piscine d'eau claire se rejoignent ensuite dans une seule et même conduite. A la suite de celle-ci est placé un débitmètre électromagnétique de marque ABB (Figure 4), prêté par la Direction des Recherches Hydrauliques du SPW. Le débit est automatiquement enregistré toutes les 15 secondes durant tout le test. En sortant du débitmètre, l'eau chargée en sédiments est amenée au « bac répartiteur ».



Figure 4 : débitmètre électromagnétique

Le bac répartiteur

Après le débitmètre électromagnétique, l'eau chargée de sédiments arrive au « bac répartiteur » (Figure 5) qui est placé à l'intérieur de la rampe. Le bac répartiteur, disposé à l'entrée de la rampe, assure une répartition homogène du flux sur toute la largeur de celle-ci par débordement.

Au fond de ce bac se trouve un tuyau percé d'une série de trous, dont la surface totale ne dépasse pas 80% de la surface de la conduite principale. Les trous sont orientés vers le bas du bac. L'eau passant au travers de ce tuyau est ainsi mise sous pression et, en ressortant dans le bac, provoque des remous qui maintiennent les particules en suspension. Par débordement, l'eau s'écoule dans la rampe. Une première prise d'échantillons d'eau chargée est réalisée manuellement à hauteur du bac répartiteur.



Figure 5 : le bac répartiteur

La rampe

Le simulateur de ruissellement est composé d'une rampe (Figure 6) dont l'inclinaison est ajustable et au travers de laquelle l'eau chargée est envoyée sur un barrage filtrant. La rampe est composée de 6 modules en inox d'1 m de long sur 1 m de large. L'étanchéité entre les modules est assurée par de la toile isolante en aluminium. Des pieds réglables en hauteur sont fixés sur chaque module. Ils permettent de modifier l'inclinaison de la rampe pour atteindre une pente maximale de 10%. A l'intérieur de la rampe, les hauteurs d'eau et la position du ressaut hydraulique sont déterminées.



Figure 6 : la rampe

Le barrage filtrant

Un barrage filtrant est enchâssé dans une fosse creusée dans le sol en aval de la rampe (Figure 7). L'étanchéité sur la longueur entre le barrage et la rampe est assurée par un joint de bentonite. Les côtés du barrage sont rendus étanches à l'aide de mousse polyuréthane en veillant à garder un mètre utile de barrage pour le test. Le barrage est maintenu contre la rampe en comblant les espaces vides de la fosse par de la terre. Pour éviter que la terre ajoutée ne vienne perturber les mesures, un géotextile recouvrant celle-ci est placé à l'aval du barrage filtrant. Une coupe transversale de l'enchâssement du barrage filtrant est représentée de manière schématique à la Figure 7.

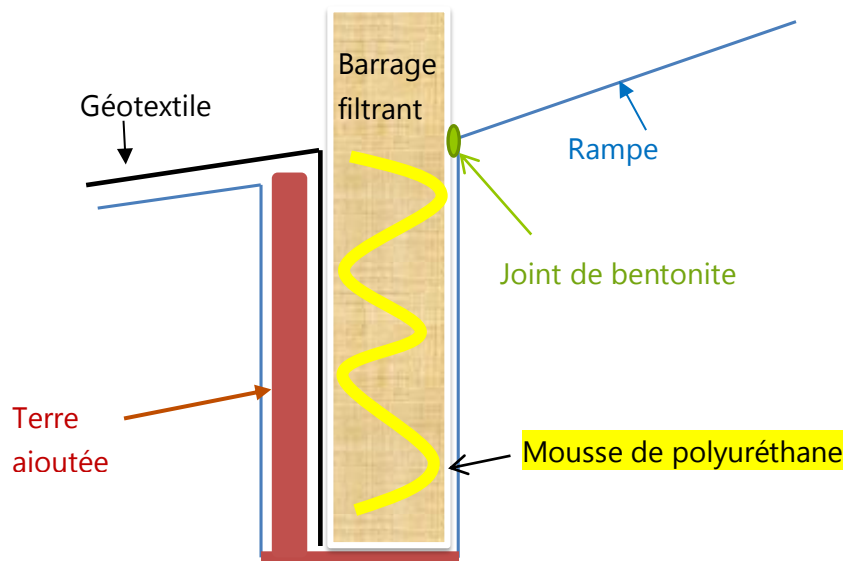


Figure 7 : Coupe transversale schématique de l'enchâssement du barrage filtrant

Le collecteur

A l'aval du barrage filtrant, un collecteur permet de canaliser l'eau qui le traverse (Figure 8). Une deuxième prise d'échantillons se fait manuellement directement à la sortie du collecteur.

Le débitmètre « canal jaugeur »

Après la prise d'échantillons, le débit de sortie est mesuré à l'aide d'un canal jaugeur avec sonde de pression (marque Eijkelkamp ; Figure 8). Ce débitmètre sera nommé « flume » dans la suite du document. Les données de débit sont enregistrées automatiquement toutes les 15 secondes. A la sortie du « flume », une fosse de récupération des eaux a été creusée.

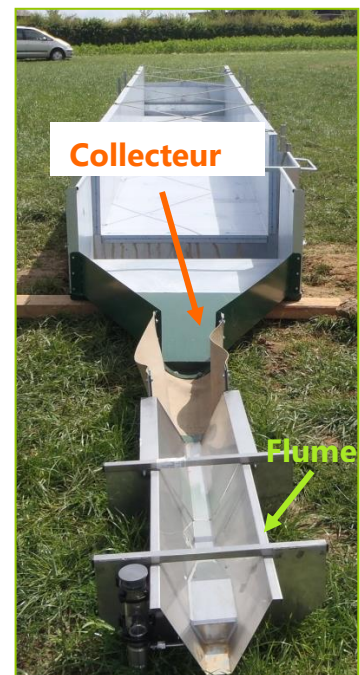


Figure 8: Le collecteur et le canal jaugeur "flume"

La fosse de récupération des eaux et la piscine de décantation

L'eau récupérée dans la fosse creusée dans le champ (Figure 9, à gauche) est envoyée via une pompe de relevage vers une autre piscine de 14 m³ qui permet la décantation (Figure 9, à droite). L'eau de la piscine de décantation est réutilisée pour remplir la « cuve à boue ».



Figure 9 : fosse de récupération des eaux chargées (à gauche) et piscine de décantation (à droite)

Protocole expérimental

Objectif et paramètres à mesurer :

L'objectif est de mesurer l'efficacité de rétention en sédiments de différents types de barrages filtrants. Le débit et la position du ressaut hydraulique permettront de déterminer les changements de vitesse suite à la mise en place d'un barrage. La sédimentation provoquée par celui-ci sera évaluée par les relevés de concentration à l'amont et à l'aval du barrage.

Les 4 combinaisons débits – concentrations (Q-C) seront testées selon l'ordre suivant :

1. Q (3 L/s) – C (5 g/L)
2. Q (9 L/s) – C (5 g/L)
3. Q (3 L/s) – C (30 g/L)
4. Q (9 L/s) – C (30 g/L)

Entre chaque combinaison, le barrage est retiré de la fosse, nettoyé à l'eau claire et puis replacé devant la rampe.

La justification du choix des débits et des concentrations ainsi que les mesures réalisées sont détaillés ci-dessous.

Débits à tester : (3L/s et 9L/s)

Les débits à tester ont été estimés par la méthode SCS du Curve Number (voir « Fiches Résultats GISER : module SCS-GISER ») pour des bassins versants de 2 ha, 5 ha, 10 ha, 25 ha et 50 ha avec des pentes moyennes de 3 %, 5 % et 10 %. Le choix de la taille des bassins versants pourra être affiné par la détermination de ceux pour lesquels des fascines ont été proposées par GISER lors d'expertises réalisées à la demande des communes.

Le paramètre CN considéré dans le modèle est celui pour un sol nu et un groupe hydrologique B. Le CN « sol nu » représente la situation la plus défavorable en cas d'inondation par ruissellement.

Pour le paramètre « temps de concentration », variable en fonction de la taille du bassin versant, une pluie courte doit être privilégiée vu les événements orageux qu'on souhaite représenter. La situation la plus critique en termes de débit a lieu lorsque la durée de la pluie est égale ou supérieure au temps de concentration. Pour les bassins hydrographiques de la Dyle et de la Meuse, il a été mis en évidence que plus de 90% des bassins versants secs ont un temps de concentration inférieur à une heure. Les données de pluies utilisées (Annexe 1) correspondent donc à des pluies d'une heure, pour des périodes de retour de 6 mois, 2 ans, 5 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans pour la commune de Gembloux.

Les débits de pointe calculés pour des longueurs de fascine de 15, 25 et 40 m sont exprimés par mètre linéaire de fascine. L'estimation des différents débits de pointe se trouve en Annexe 2 et permet de se faire une première idée de la gamme de débits à tester sur les objets, en fonction de la taille des bassins versants et des périodes de retour.

Afin de valider la mise en œuvre du système expérimental, la gamme des plus faibles débits sera privilégiée dans un premier temps. En effet, pour envoyer des débits importants en régime continu sur les différents barrages filtrants, des quantités d'eau nettement plus importantes seraient nécessaires. Une

fois le système expérimental éprouvé, de plus grands débits pourront être testés. Les deux débits retenus pour l'expérimentation sont 3 L/s et 9 L/s.

Les débits d'entrée (avant le barrage filtrant) sont mesurés par le débitmètre électromagnétique (Figure 3). Les débits de sortie (après le barrage filtrant) sont déterminés par le canal jaugeur « flume » (Figure 7). Les données sont enregistrées automatiquement toutes les 15 secondes.

Dans un premier temps, les hauteurs d'eau et la position du ressaut hydraulique sont mesurées manuellement à l'aide d'un mètre. Dans une seconde phase de l'expérimentation, quatre sondes seront placées devant le barrage filtrant pour automatiser le système.

Concentrations en sédiments à tester (5 g/L et 30 g/L)

Afin de déterminer les concentrations en sédiments de l'eau chargée à envoyer sur les différents barrages filtrants, les premiers relevés de sédiments du bassin versant de Chastre ont été étudiés.

Les concentrations en sédiments maximales, minimales et moyennes, depuis le début du fonctionnement des échantillonneurs positionnés en deux endroits sur le bassin jusqu'au mois de décembre 2013, se trouvent dans le Tableau 1

Tableau 1: concentrations en sédiments (moy, max, min) du bassin versant de Chastre (décembre 2013)

Concentrations en sédiments (g/L)		
	Point 1: amont	Point 2 : intermédiaire
Moy	1.5	4.2
Max	3.2	24.3
Min	0.5	1.0

Les données reprises dans le Tableau 1 correspondent à des événements pluvieux avec des périodes de retour faibles.

Comme discuté dans le rapport final de la convention GISER 2009-2011, les concentrations en sédiments retrouvées dans la littérature pour de l'érosion diffuse en région limoneuse dépassent rarement les 200 g/L (Steege et al., 2000) (Figure 10). D'autres mesures de concentrations en sédiments effectuées dans le cadre du projet PROSENSOLS (Maugnard et Biélders, 2009) fournissent des valeurs maximales de 227 g/L en culture de pommes de terre pour une pluie avec une période de retour de 50 ans.

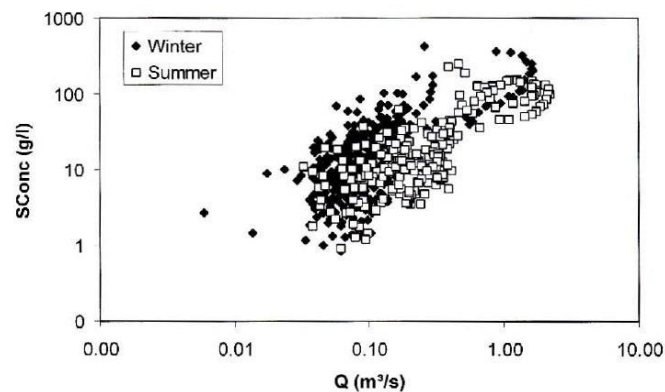


Figure 10: concentrations en sédiments à l'exutoire d'un bassin versant de la région limoneuse durant l'été et l'hiver (STEEGEN ET AL., 2000).

Lors de la détermination de l'efficacité des bandes enherbées, comme expliqué dans le rapport de la convention GISER 2013, des concentrations en sédiments entrantes dans chaque bande enherbée ont été déterminées. Le Tableau 2 montre la répartition des concentrations maximales en sédiments pour les 11 790 bandes enherbées. On remarque que la majorité des bandes enherbées (87,2%) reçoit une classe de concentrations en sédiments de 25-50 g/L. Peu de bandes enherbées sont concernées par des concentrations supérieures à 50-75 g/L.

Tableau 2 : Distribution des bandes enherbées de Wallonie en fonction des concentrations en sédiments entrantes (Rapport GISER 2013)

classe de concentrations en sédiments (g/L)	% de bandes enherbées
0-25	8.9
25-50	87.2
50-75	2.6
75-100	0.8
100-125	0.3
125-150	0.1
150-175	0.1
175-200	0.0
200-225	0.0
>225	0.0

Au vu de l'ensemble des données disponibles, le choix des concentrations s'est porté sur 5 et 30 g/L.

La texture utilisée pour les essais sera un limon, texture majoritaire des sols de la zone limoneuse belge. Pour rappel, cette texture est la plus sensible à l'érosion.

La terre utilisée pour les tests

Des placettes de terre d'une longueur de 2.5 m sur une largeur d'1.5 m et sur une profondeur de 20-25 cm ont été prélevées sur le site du CRA-W de Gembloux. La terre provenant de chacune est ensuite tamisée pour éviter que de trop grosses pierres n'abîment les pompes ou ne bouchent le système au niveau du répartiteur. La taille du grillage du tamis est fonction de la plus petite ouverture du système (trous de 8 mm du tuyau répartiteur). La terre tamisée est stockée dans des bacs.

Le traitement des échantillons

La cuve à boue est préparée 24h avant chaque test. Une quantité déterminée de terre et 1000 L d'eau sont mélangés grâce aux 2 pompes à l'intérieur de la cuve. Au bout de 30 min de mise en mouvement des sédiments dans la cuve, un échantillon de 500 ml est prélevé manuellement. De cet échantillon, 3 sous-échantillons de 100 ml sont mis à l'étuve à 215 °C pendant 16h pour déterminer la concentration moyenne de la « cuve à boue ».

Lors du test de l'efficacité du barrage filtrant, connaissant au préalable la concentration de la « cuve à boue » et grâce aux réglages des vannes provenant du réservoir d'eau claire et de la « cuve à boue », des concentrations de 5 g/L ou de 30 g/L, à des débits de 3 L/s ou 9 L/s sont envoyés sur le barrage filtrant. Des échantillons du flux de 500 ml sont prélevés à hauteur du répartiteur et derrière le collecteur toutes les 30 secondes. Les trois sous-échantillons sont traités comme pour la détermination de la concentration de la « cuve à boue ».

Un cône de sédimentation se forme à l'amont du barrage filtrant (Figure 11, à gauche). La hauteur de cône est déterminée à l'aide d'un pied à coulisse de façon systématique selon un maillage de 5 cm. La granulométrie du dépôt en amont et en aval (Figure 11, à droite) selon un maillage défini va être réalisée. Le dépôt en amont est totalement prélevé, séché et pesé.

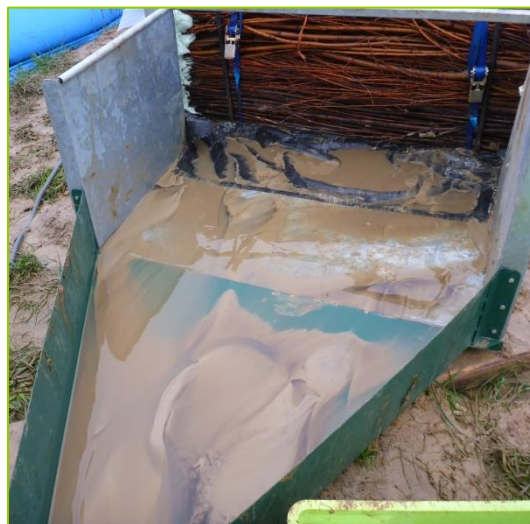


Figure 11 : cône de sédimentation en amont de la fascine (à gauche) et dépôt en aval de la fascine (à droite)

Barrages filtrants

Les types de barrage filtrant à tester

Les objets suivants seront testés avec pour priorité la numérotation indiquée ci-dessous :

1. Fascine morte, type « entrepreneur »
2. Fascine morte, type « GISER »
3. Filtre à paille (type F. Robinet)
4. Bac à broyat
5. Gabion

La fascine morte « entrepreneur » est réalisée à partir de fagots fournis par un entrepreneur qui a l'habitude d'installer des fascines. La fascine morte « GISER » correspond à une fascine « idéale » réalisée par les soins de l'équipe GISER, c'est-à-dire une fascine dont les fagots sont constitués de branches dont le diamètre respecte celui recommandé par l'AREAS.

Trois répétitions par objet sont effectuées.

Une double rangée de panneaux tressés en noisetier type « BRICO », du géotextile ou un boudin de rétention de coco sont des objets qui pourraient être testés dans une autre phase de l'expérimentation.

Caractérisation physique de chaque barrage filtrant

Les caractéristiques mesurées pour chaque barrage filtrant sont reprises ci-dessous :

1. Fascine morte « entrepreneur » - « GISER » :
 - la longueur, la hauteur et la largeur de la fascine à l'état tassé;
 - le nombre de branche / m² et le diamètre moyen des branches qui sont déterminés par imagerie sur une coupe transversale ;
 - la masse totale de la fascine ;
 - la porosité totale de la fascine : avec la densité du bois et la masse de la fascine, on peut calculer le volume occupé par les branches. Connaissant le volume total de la fascine, on peut alors déterminer par différence le volume occupé par les pores, et ensuite la porosité.
2. Filtre à paille (type DAFoR)
 - la longueur, la hauteur et la largeur du filtre à l'état tassé ;
 - la masse totale du filtre ;
 - la porosité totale du filtre.
3. Bac à broyat:
 - la longueur, la hauteur et la largeur du bac ;
 - la masse totale du bac;
 - la porosité totale du bac ;
 - la description (granulométrie) des broyats.
4. Gabion:
 - la longueur, la hauteur et la largeur du gabion;

- la masse totale du gabion;
- la porosité totale de la structure ;
- le calibre des roches.

Imagerie de la coupe transversale

Le barrage filtrant fascine type « entrepreneur » a été construit à l'aide des fagots de saule fournis par l'entrepreneur qui a installé les fascines sur le site de démonstration de l'UCL (Voir « Fiches Résultats GISER : l'aménagement du site de démonstration au Centre A. de Marbaix »).

Les fagots sont coupés à l'aide d'une tronçonneuse et sont ensuite insérés dans une structure métallique. Un poids de 80 kg est posé au-dessus des fagots avant de sangler la fascine. Une fois sanglée, la fascine est enchâssée devant la rampe.

Afin d'évaluer la proportion des petites et des grosses branches, des photos de la coupe de la fascine ont été traitées par imagerie à l'aide d'un script mis au point dans Matlab. La Figure 12 montre à gauche une photo de la coupe de la fascine et à droite la détection des centres des branches ainsi que leur périmètre.

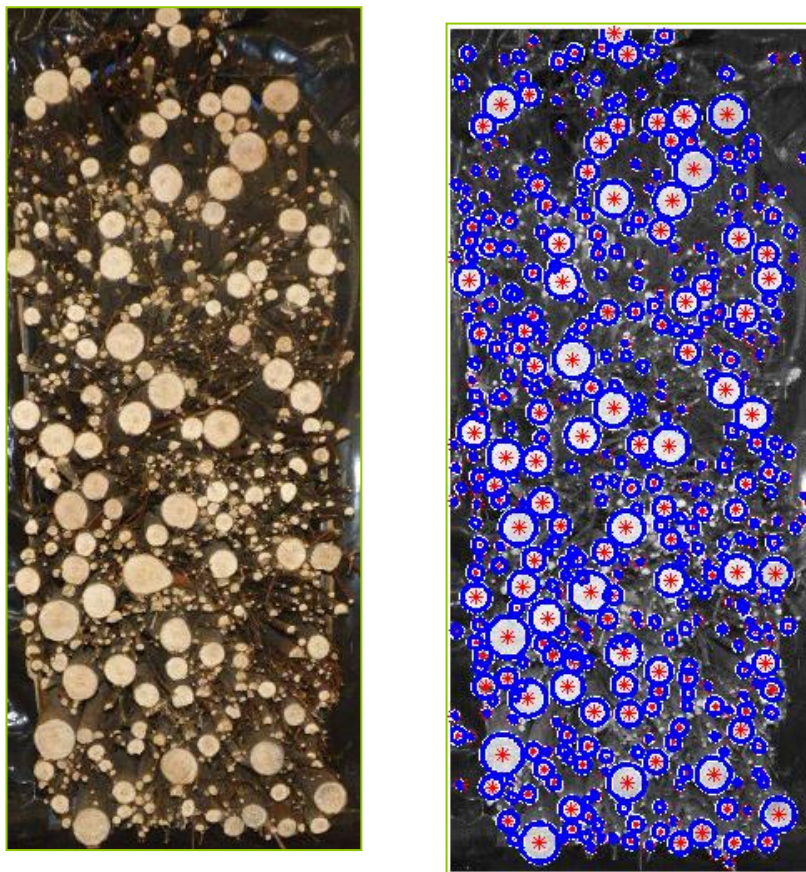


Figure 12: photo de la coupe de la fascine et détection des centres des branches et de leur périmètre

La Figure 13 représente le nombre de branches (occurrence) en fonction du diamètre de la branche. La fascine est composée de 428 branches, avec une limite de détection pour les branches inférieures à 0,4 cm. La section des branches ne dépasse jamais les 4 cm.

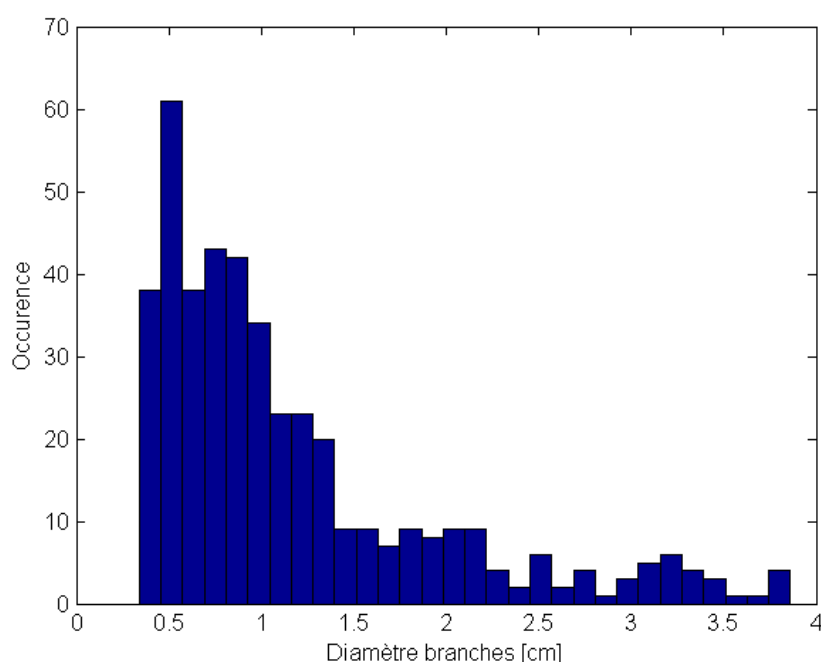


Figure 13 : nombre de branches en fonction du diamètre de la branche

La Figure 14 représente la proportion cumulée des branches en fonction de leur diamètre. On peut observer que, de manière globale, 75 % des branches ont un diamètre inférieur 1,5 cm et que 50 % de la fascine est composée de branches dont le diamètre est inférieur à 1 cm. Selon Ouvry et al. (2012), la fascine doit être composée de branches de 1 à 3 cm de diamètre. On remarque que cette fascine ne correspond pas exactement à cette recommandation de fabrication car plus de 50 % des branches ont un diamètre inférieur à 1 cm.

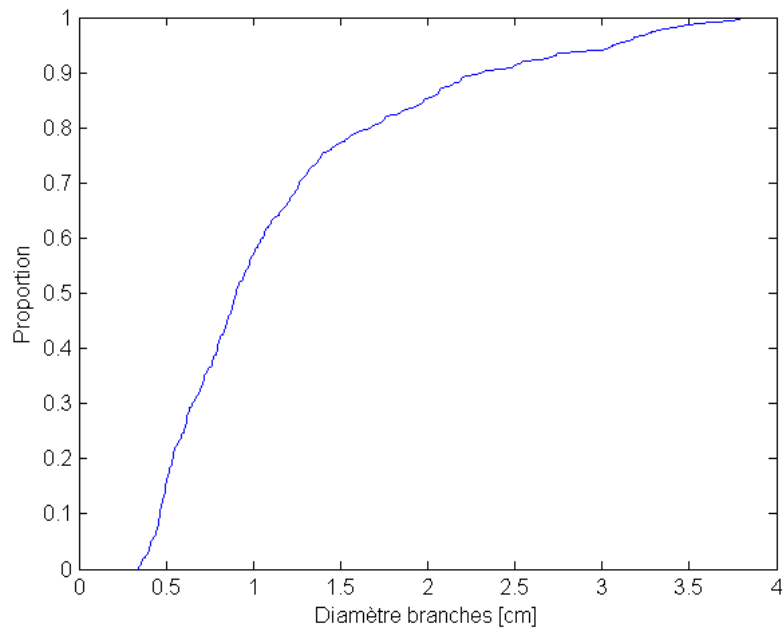


Figure 14 : Nombre de branches en fonction du diamètre de la branche

Pente de la rampe

Une pente moyenne de 5% sera testée dans un premier temps.

Conclusions et perspectives

Le simulateur de ruissellement est maintenant opérationnel. Comme défini dans le protocole de départ, les différentes concentrations en sédiments (5 g/L et 30 g/L) et les débits (3 L/s et 9 L/s) ont été fixés. La prochaine étape de l'expérimentation est de tester les différents barrages filtrants (fascine, filtre à paille, ...) et de pouvoir ainsi caractériser leur efficacité.

BIBLIOGRAPHIE

Maugnard A., Biielders C., Réduire le ruissellement et l'érosion en culture de pommes de terre. Rapport d'essais. Projet PROSENSOLS. Université catholique de Louvain. 21 p., 2009

Ouvry JF., Richet JB., Bricard O., Lhériveau M., Bouzid M., Saunier M., 2012. *Fascines et haies pour réduire les efforts du ruissellement érosif : caractérisation de l'efficacité et conditions d'utilisation*, Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols (AREAS)

Stegen, A., Govers, G., Nachtergaele, J., Takken, I., Beuselinck, L., & Poesen, J. (2000). Sediment export by water from an agricultural catchment in the Loam Belt of central Belgium. *Geomorphology*, 33(1-2), 25–36. doi:10.1016/S0169-555X(99)00108-7

Annexes

Annexe 1 : valeurs extrêmes pluvieuses estimées pour une gamme de périodes de retour (T) comprises entre 2 mois et 200 ans et une gamme de durées (D) comprises entre 10 min et 1 mois pour la commune de Gembloux

D\T	2 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans	200 ans
10 min	4	5.1	7.1	9.1	11.2	13.8	15.9	18	19.2	20.7	22.8	24.9
20 min	5.4	6.9	9.6	12.2	14.9	18.5	21.2	24	25.6	27.6	30.4	33.2
30 min	6.3	8	11.1	14.2	17.2	21.4	24.5	27.6	29.5	31.8	35	38.2
1 heure	7.9	10.1	13.7	17.4	21.2	26.1	29.9	33.7	35.9	38.7	42.6	46.5
2 heures	9.6	12.1	16.3	20.6	24.8	30.5	34.9	39.2	41.8	45	49.4	53.9
6 heures	12.6	15.5	20.4	25.4	30.4	37	42.1	47.2	50.2	54	59.1	64.3
12 heures	15	18.1	23.5	28.9	34.4	41.6	47.1	52.7	56	60.1	65.8	71.4
1 jour	18.1	21.6	27.6	33.6	39.6	47.7	53.8	60	63.6	68.2	74.5	80.8
2 jours	22.7	26.7	33.6	40.5	47.4	56.6	63.7	70.8	74.9	80.2	87.4	94.6
3 jours	26.5	30.9	38.5	46.1	53.8	64	71.8	79.6	84.2	90.1	98	106
4 jours	29.9	34.7	42.9	51.2	59.5	70.6	79.1	87.5	92.5	98.9	107.5	116.1
5 jours	33	38.2	47	55.9	64.8	76.7	85.7	94.8	100.2	107	116.2	125.5
7 jours	38.8	44.6	54.5	64.4	74.5	87.8	98	108.2	114.2	121.8	132.2	142.6
10 jours	46.7	53.3	64.6	76.1	87.6	103	114.5	126.3	133.2	141.9	153.8	165.7
15 jours	58.6	66.5	80	93.6	107	126	139.3	153.3	161.5	171.9	186	200.3
20 jours	69.6	78.6	94.1	110	125	146	162	178	187.3	199.2	215.4	231.7
25 jours	80.1	90.2	107.4	125	142	166	183.3	201.1	211.6	224.8	242.9	261.1
30 jours	90.2	101.2	120.2	139	159	184	203.5	223.1	234.7	249.2	269.1	289.1

Source : Service Public de Wallonie, direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques, rubrique Hydrologie données et statistique, extrêmes pluvieux

Annexe 2: gamme de débits de pointe ($L\ s^{-1}$ (mètre linéaire) $^{-1}$) estimés par la méthode curve number SCS

Superficie [ha]	Periode de retour [an]	Pente [%]	Débit [$L/s/ml$]		
			Longueur fascine [m]		
			15	25	40
2	0.5	3	0.9	0.6	0.4
		5	1.2	0.7	0.5
		10	1.7	1.0	0.6
	2	3	3.1	1.9	1.2
		5	4.0	2.4	1.5
		10	5.7	3.4	2.1
	5	3	5.1	3.1	1.9
		5	6.6	4.0	2.5
		10	9.3	5.6	3.5
	10	3	6.9	4.1	2.6
		5	8.9	5.3	3.3
		10	12.5	7.5	4.7
	25	3	8.8	5.3	3.3
		5	11.4	6.8	4.3
		10	16.1	9.7	6.0
	50	3	11.6	7.0	4.4
		5	15.0	9.0	5.6
		10	21.2	12.7	7.9
5	0.5	3	1.6	1.0	0.6
		5	2.1	1.3	0.8
		10	3.0	1.8	1.1
	2	3	5.4	3.3	2.0
		5	7.0	4.2	2.6
		10	9.9	5.9	3.7
	5	3	8.9	5.3	3.3
		5	11.5	6.9	4.3
		10	16.2	9.7	6.1
	10	3	11.9	7.1	4.5
		5	15.3	9.2	5.8
		10	21.7	13.0	8.1
	25	3	15.3	9.2	5.7
		5	19.7	11.8	7.4
		10	27.9	16.7	10.5
	50	3	20.1	12.1	7.5
		5	26.0	15.6	9.7
		10	36.7	22.0	13.8
10	0.5	3	2.5	1.5	0.9
		5	3.2	1.9	1.2
		10	4.5	2.7	1.7
	2	3	8.2	4.9	3.1
		5	10.6	6.4	4.0
		10	15.0	9.0	5.6
	5	3	13.4	8.1	5.0
		5	17.4	10.4	6.5
		10	24.5	14.7	9.2
	10	3	18.0	10.8	6.8
		5	23.2	13.9	8.7
		10	32.9	19.7	12.3
	25	3	23.1	13.9	8.7
		5	29.9	17.9	11.2
		10	42.3	25.4	15.8
	50	3	30.5	18.3	11.4
		5	39.3	23.6	14.8
		10	55.6	33.4	20.9

Superficie [ha]	Periode de retour [an]	Pente [%]	Débit [L/s/ml]		
			Longueur fascine [m]		
			15	25	40
25	0.5	3	4.3	2.6	1.6
		5	5.5	3.3	2.1
		10	7.8	4.7	2.9
	2	3	14.3	8.6	5.3
		5	18.4	11.0	6.9
		10	26.0	15.6	9.8
	5	3	23.3	14.0	8.7
		5	30.1	18.0	11.3
		10	42.5	25.5	16.0
	10	3	31.2	18.7	11.7
		5	40.3	24.2	15.1
		10	57.0	34.2	21.4
	25	3	40.1	24.1	15.0
		5	51.8	31.1	19.4
		10	73.2	43.9	27.5
	50	3	52.8	31.7	19.8
		5	68.2	40.9	25.6
		10	96.4	57.8	36.1
50	0.5	3	6.5	3.9	2.4
		5	8.4	5.0	3.1
		10	11.9	7.1	4.5
	2	3	21.6	13.0	8.1
		5	27.9	16.7	10.5
		10	39.5	23.7	14.8
	5	3	35.3	21.2	13.2
		5	45.6	27.4	17.1
		10	64.5	38.7	24.2
	10	3	47.3	28.4	17.7
		5	61.1	36.6	22.9
		10	86.3	51.8	32.4
	25	3	60.8	36.5	22.8
		5	78.5	47.1	29.4
		10	111.0	66.6	41.6
	50	3	80.0	48.0	30.0
		5	103.3	62.0	38.7
		10	146.1	87.7	54.8