



Rencontres inter-réseaux Cours d'eau

Rivières en Tresses

11 octobre 2019 à Eyguians (05)



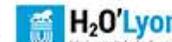
Visites de terrain – Après-midi

RECUEIL DES PRESENTATIONS

Réseaux coordinateurs



Partenaires



Sommaire

SITE DU BARRAGE DE ST SAUVEUR – enjeux globaux et opération de recharge sédimentaire

Présentation du Buëch et de ses grands enjeux Antoine Gourhand, <i>SMIGIBA</i> -----	5
Le barrage de St Sauveur Julie Mosseri, <i>EDF</i> -----	8
Le suivi des opérations de recharge sédimentaire Guillaume Brousse et Frédéric Liébault, <i>Université Paris 7 et Irstea Grenoble</i> -----	11

TRAVAUX d'essartement de végétation – Dynamique sédimentaire, enjeux physiques et écologiques

La dynamique sédimentaire du Buëch Michal Tal, <i>CEREGE</i> -----	17
L'opération d'essartement Antoine Gourhand, <i>SMIGIBA</i> -----	20

Avant-Propos

Contexte :

Ce séminaire d'échanges a été organisé à l'occasion de la sortie du guide sur « les rivières en tresses du bassin Rhône-Méditerranée » de la collection Eau et connaissance de l'Agence de l'eau RMC. Il fait suite à un projet de recherche multidisciplinaire de 4 ans de la Zone Atelier du Bassin du Rhône (ZABR) et apporte des connaissances sur les rivières en tresses, propose des outils pour évaluer leur santé tant au niveau géomorphologique qu'écologique, et donne des préconisations pour leur gestion.

Cet évènement entre dans le cycle des Rencontres Inter-réseaux scientifiques/professionnels des cours d'eau du bassin du Rhône, animées par le Graie en appui sur la ZABR et les réseaux professionnels de l'ARRA2, du RRGMA, du RésO, du réseau des CEN ou de FCEN. La rencontre est organisée en partenariat avec la Commune de Eyguians Garde-Colombe et le Syndicat Mixte de Gestion Intercommunal du Buëch et de ses affluents.

Objectifs :

Ce séminaire a trois finalités :

- Découvrir les outils permettant de caractériser la santé des rivières en tresses avec 2 ateliers pour les tester en présence des chercheurs qui les ont développés,
- Échanger sur l'un des terrains d'étude (Le Buëch) pour comprendre comment formuler un diagnostic et en déduire des préconisations,
- Identifier ensemble les actions à développer pour accompagner la prise en main des outils et plus largement pour favoriser la mise en lien des acteurs travaillant sur les rivières en tresses.

SUPPORTS D'INTERVENTIONS

Visites de l'après-midi

Présentation du Buëch et de ses grands enjeux

Antoine Gourhand, SMIGIBA



Présentation du Buëch

Réseaux coordinateurs



Partenaires



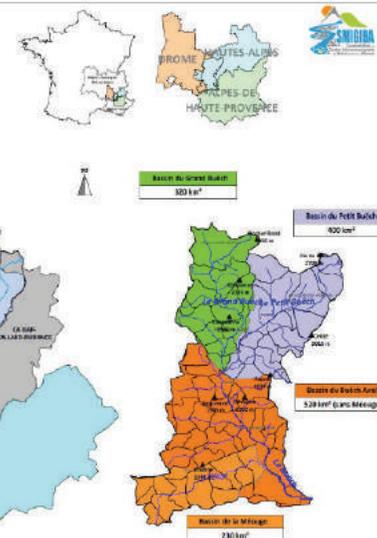
Localisation du bassin versant et découpage administratif

Quelques chiffres :

2 régions
3 départements
1 500 Km²
63 communes
30 000 habitants
Buëch : 120 Km /
affluents : 500 km
Module : 14m³/s
Q10 : 310 m³/s

- 4 EPCI membres / 24 élus
- Equipe technique 9 personnes (7.5 ETP) dont 3 animateurs N2000
- Contrat de rivière 2008-2015 + 2 ans
- PAPI intention 2018-2020

4 10 20 km
INMGA - Val d'Aoste - Direction INMGA 2013



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

Les Enjeux humains :

- 29 000 habitants permanents (13 % des habitants en ZI)
- Population saisonnière : 29 000 personnes
- 31 ERP et 20 campings en ZI
- 60 km d'ouvrages en mauvais état
- 20% des parcelles irriguées du RGA en ZI
- Infrastructures : Routes / Voies ferrées
- Transéthylène
- Complexe hydroélectrique EDF

Enjeux environnementaux :

- 9 sites Natura 2000 (dont 6 gérés / SMIGIBA)
- Espaces naturels sensibles
- 3 APPB
- Enjeux paysagers :
 - Sites classés et inscrits : Vallon de la Jarjatte, Château de Mison, Citadelle de Sisteron
 - Morphologie de rivière en tresse
- Vallée façonnée par l'agriculture : Terres gagnées dans l'espace de mobilité
50% du linéaire du cours d'eau principal bordé de terres agricoles



Caractéristiques morphologiques du Buëch

3 grands sous bassins à fonctionnement variable

Le Grand Buëch :

- Alternance de duses et de zones de respiration
- Contraintes latérales importantes par les endiguements (Routes et terres agricoles)
- Extractions importantes jusqu'à début 2000
- Forte végétalisation des versants
- Diminution des apports
- Phénomènes d'incision importants
- Perte de connexion latérale
- Dégradation importante des ouvrages (végétation et affouillement)



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)



Le Petit Buëch :

- Zones de respiration importantes
- Un tronçon endigué important
- Extractions importantes jusqu'à début 2000
- Végétalisation des versants mais zones productives préservées
- Diminution des apports
- Développement forêt alluviale
- Etiage sévère
- Annexes hydrauliques

Le Buëch aval :

- Morphologie en tresses
- Présence du barrage
- Extractions importantes jusqu'à début 2000
- Piège à graviers
- Forte divagation latérale des chenaux
- Développement forêt alluviale
- Etiage sévère
- Annexes hydrauliques



Le transport solide au barrage : environ 45 000 m³ annuel. Débit de début d'entraînement < 40m³/s.

Le barrage de St Sauveur

Julie Mosseri, EDF



Le barrage de St Sauveur

Julie MOSSERI

EDF

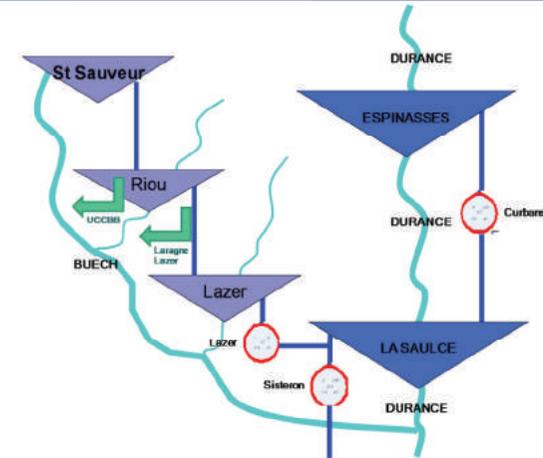
Réseaux coordinateurs



Partenaires



Les aménagements du Buech



Une dérivation du Buech (30 m³/s)

pour la Production Hydroélectrique (Lazer : 13,7 MW) et l'Irrigation (3000 Ha)

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

Rappel historique

Extraction dans la bande active

- > 3 Mm³ en amont (70 ans de TS)
- > 6 Mm³ en aval (140 ans de TS)



Rectification et recalibrage

Accélération du TS



Le barrage de Saint-Sauveur

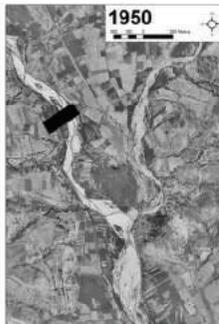
Création entre 1991 et 1992
Extraction de 600 000 m³
(14 ans de TS)



Tendance générale à la diminution de la fourniture sédimentaire



Perturbations du transport solide



Des ajustements rapides

- La queue de retenue s'engraisse
- Incision et contraction de la bande active en aval
- Affleurement du substratum mameux
- Disparition des formes en tresses

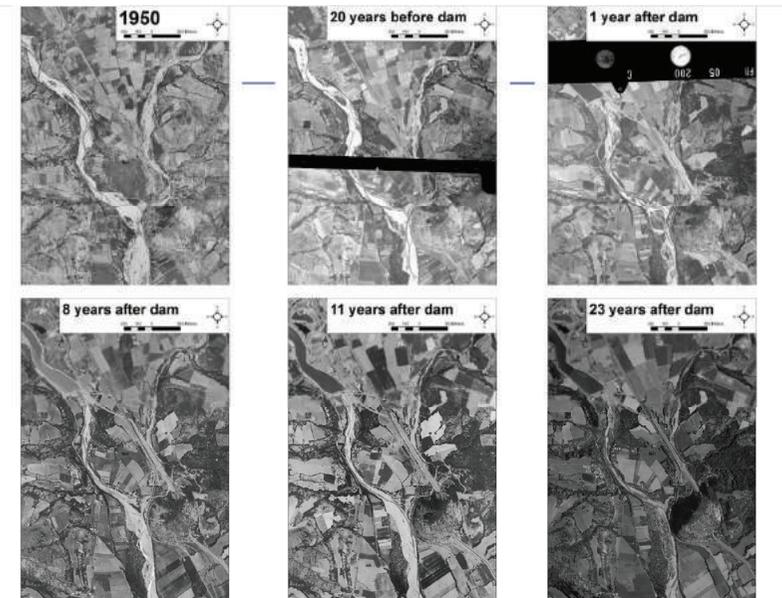
Deux problématiques

- Risque inondation en amont
- Continuité sédimentaire



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

Des actions concrètes engagées

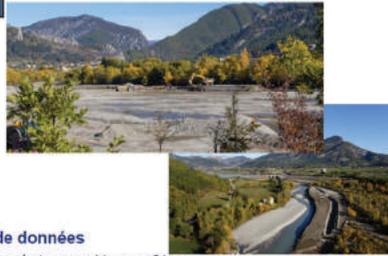
1 Modification des consignes de crue pour optimiser la continuité sédimentaire

- 2015
- Abaissement du seuil d'effacement du barrage de 120 ...à 80 m³/s
 - Augmentation des sur-débits en aval à 60 m³/s pour mieux anticiper les pics de crue



2 Curage avec expérimentation de réinjection aval pour résorber du passif en se basant sur la nouvelle consigne

- 2016
1. Limiter le risque inondation en amont
 2. Rééquilibrer le bilan sédimentaire en aval et stopper l'incision



+ Suivi/Acquisition de données

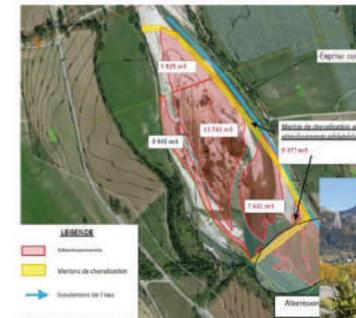
Levés bathymétrique tous les 2 ans/ Levés topographiques x 2/an
Engagement dans une thèse (2017-2020)



4

Le curage dans la retenue

- Un curage de 44 000 m³
- 8 semaines de travaux
- 7 tracto-bennes (4500 rotations)
- Cadence = 2500 m³/js



La réinjection en aval du barrage

- Une opération expérimentale
- Un suivi défini sur 5 ans (2017-2021)
- Un partenariat scientifique pour le suivi avec Univ. P7 / AFB / IRSTEA (thèse G. Brousse sur les opérations de restauration sédimentaire)
- Une réinjection de 44 000 m³



- Redépense initiale en 2016
- Repousse des matériaux en 2018 (9500 m³)



6

Coût de l'opération

- Travaux 2016 + suivi initial (2016-2021) : 650 k€ (50% AE)
- Travaux + suivis complémentaires EDF : 150 k€



7

Le suivi des opérations de recharge sédimentaire

Guillaume Brousse et Frédéric Liébault, Univ Paris 7 et Irstea Grenoble



Le suivi des opérations de recharge sédimentaire

Guillaume Brousse – Frédéric Liébault

Université Paris 7 - IRSTEA

Réseaux coordinateurs



Partenaires



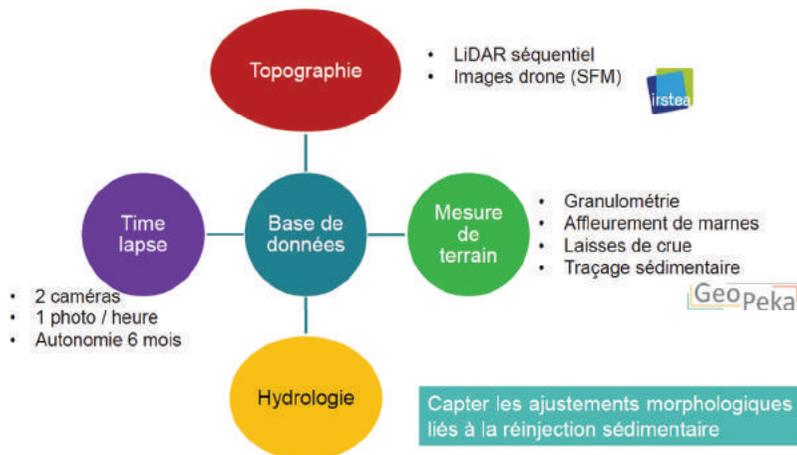
Sommaire

- Outils mobilisés
- Cadre spatio-temporel des suivis et contexte hydrologique
- REX après la crue de novembre 2016
- Trajectoire d'évolution

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

Les outils mobilisés



Les outils mobilisés

Les données LiDAR

Post traitement des données LiDAR

- Interpolation sur les surfaces en eau
- Vérification de l'alignement du nuage de points et réalignement (Lallias-Tacon *et al.*, 2014)
- DEM à 0,5 m de résolution
- DoD → DEM of difference

Indices classiques

- 1 profil en travers tous les 50 m
- Zmin
- Zmoy
- Bilan sédimentaire par sous tronçon de 50 m

Indices spécifiques

Volume de remblai non érodé

$$PR = \left(1 - \frac{ER}{R}\right) 100$$

Largeur non érodée

$$WR = \left(1 - \frac{\sum We}{\sum Wb}\right) 100$$

Diffusion

$$LR = \frac{L}{Lb}$$

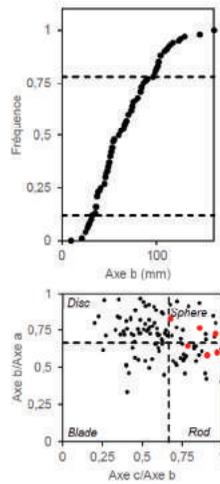
RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

Les outils mobilisés



148 traceurs RFID actifs



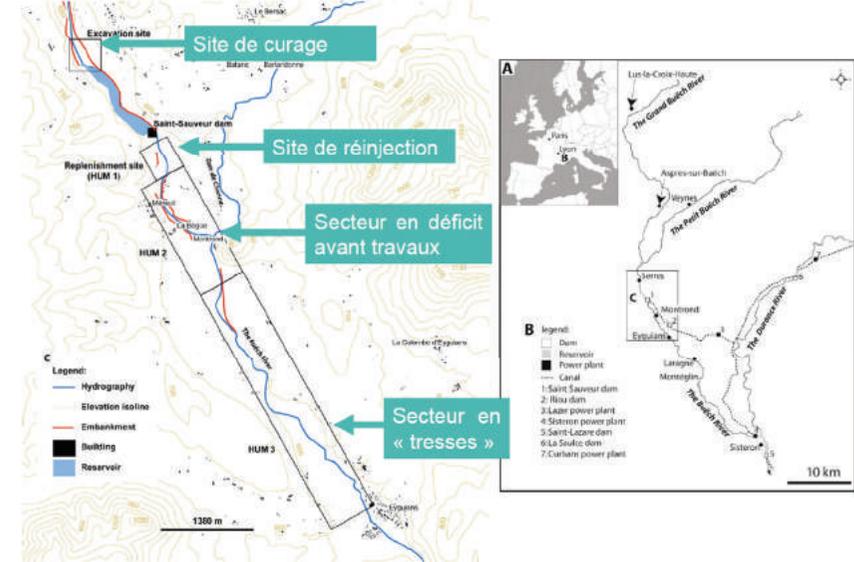
Disposés sur 9 transects en amont du barrage

Objectif initial caractériser la continuité



Grain sizes (in mm)	32-45	45-64	64-80
Number of tracers	43	70	35
A axes (in mm)	53-75	85-94	94-105
B axes (in mm)	38-44	51-61	72-87
C axes (in mm)	37-40	48-49	59-62
Weight (in g)	146-228	296-377	513-766
Volume (in cm ³)	54-85	111-140	195-288
Density	2.69	2.67-2.69	2.63-2.65

Cadre spatio-temporel des suivis et contexte hydrologique



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

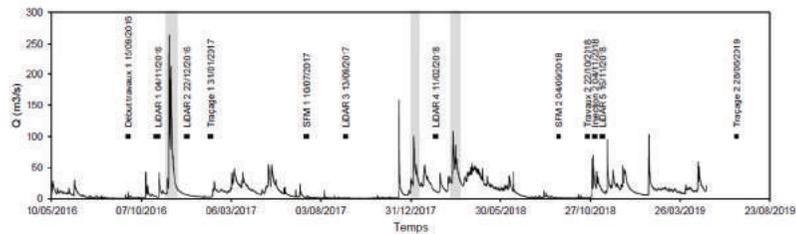
11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

Cadre spatio-temporel des suivis et contexte hydrologique

Période	ID crue	Q _{max} (m ³ /s)	Transparence	Suivi topographique	
				Avant	Après
21/11/2016 - 28/11/2016	C1	265	oui	oui	oui
11/12/2017 - 12/12/2017	C2	159	non	oui	non
04/01/2018 - 11/01/2018	C3	100	oui	non	oui
11/03/2018 - 19/03/2018	C4	109	oui	oui	non
01/11/2018	C5	70	non	non	oui
23/11/2018 - 24/11/2018	C6	95	non	oui	non
01/02/2019 - 02/02/2019	C7	104	non	non	Non*



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016



RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016

Situation quelques jours après la crue

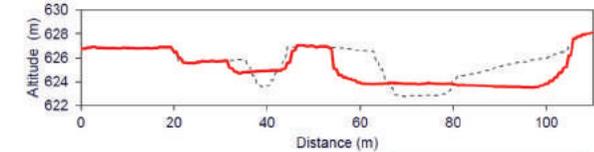


RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

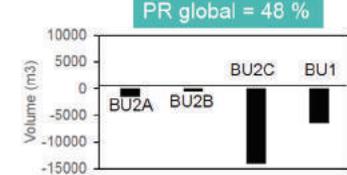
REX après la crue de novembre 2016

Evolution du site



- Total = 22 650 m³
- BU1 = 6450 m³
- BU2A = 14 100 m³
- BU2C = 1550 m³
- BU2B = 550 m³

- Dépôt dans le chenal secondaire
- Aggradation du chenal principal (0,5 m)
- Dépôts homogènes dans le chenal principal



1er constat : Une érosion importante mais pas optimale

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

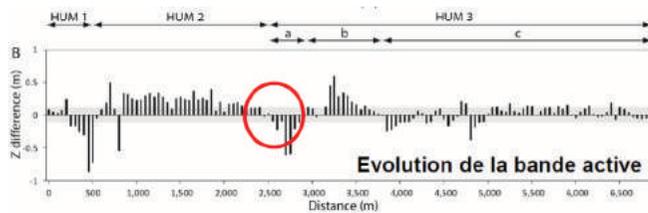
REX après la crue de novembre 2016

Zone d'influence de la réinjection

Un front de nappe de charriage a été identifié à 2,3 km du barrage



Ce front correspond à la zone de dépôt distale des traceurs

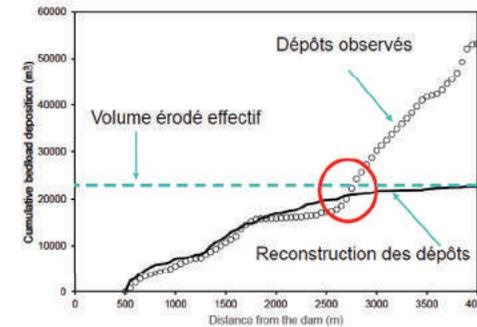


RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016

Zone d'influence de la réinjection



Reconstruction des dépôts à partir des données de traçage et des volumes de remblais érodés

Convergence des indices vers une distance de 2,5 km

LR = 5,6
Sur le Rhin à Kembs LR = 3

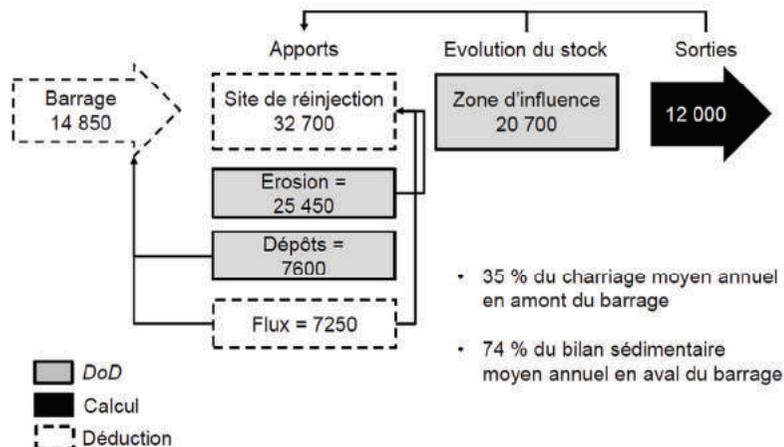
RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016

Zone d'influence de la réinjection

$$I = \Delta S + O$$



- 35 % du charriage moyen annuel en amont du barrage
- 74 % du bilan sédimentaire moyen annuel en aval du barrage

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016

Efficacité par rapport à d'autres opérations

Reference	Heckmann et al. 2017	Arnaud et al. 2017	This paper
River	Isar River		Büech River
Site	3rd sill	Steinbock Monument	Saint-Sauveur
Replenishment date	2013	2010	2016
Mean annual sediment deficit (D, in m ³ y ⁻¹)	10 000	10 000	16 300
Replenishment volume (R, in m ³)	4010	6312	23 000
Design	Single volume	Single volume	Single volume
Replenishment design	High flow stockpiles		
Peak flow (in m ³ s ⁻¹) of the first flow event after replenishment	150	1340	265
Flood frequency (Q _r)	0.5	0.5	0.2
PR (in %)	60	87	50
Effective replenishment (ER, in m ³)	1600	800	11 500
Deficit recovery rate (DR, in %)	16	8	71
Sediment storage change in restored reach	Erosion	Stability	Deposition

- Peu de références scientifiques
- Comparaison limitée

- Parmi les cas connus le Büech est le plus efficace du fait d'un design et d'une hydrologie bien plus favorable

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

REX après la crue de novembre 2016

Point de vue exploitant

- Coût important
- Continuité sédimentaire
- Consigne de crue efficace sur les débits Q_5-Q_{10}
- Un projet efficace pour rééquilibrer le bilan sur 2,5 km

Des questions

- Efficacité dans d'autres contextes hydrologiques avec ou sans transparence
- Erosion du stock résiduel
- Durabilité des effets - trajectoire

REX scientifique

- Importance de la proximité remblais/chenal et de la hauteur d'eau
- La pente du talus est un facteur secondaire en position parallèle
- La meilleure disposition demeure incertaine du fait du chenal secondaire
- Explorer la modélisation hydro-sédimentaire pour anticiper l'efficacité d'un chenal secondaire
- Un engraissement favorable à la conservation du tressage en aval

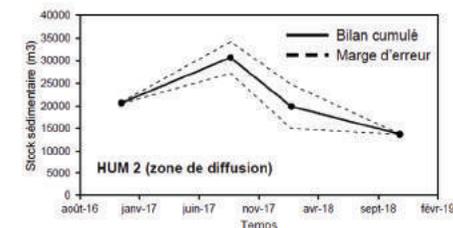
RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

Trajectoire depuis la crue de novembre 2016

Evolution des stocks sédimentaires

Période	Tronçon	Bilan sédimentaire (m ³)
09/2017-12/2016	HUM1	-100 (±600)
	HUM2	10000 (±3480)
	HUM3	8800 (±18010)
02/2018-09/2017	HUM1	-2000 (±940)
	HUM2	-10800 (±4850)
	HUM3	7900 (±16450)
11/2018-02/2018	HUM1	-1000 (±11)
	HUM2	-6100 (±34)
	HUM3	13700 (±110)
Bilan post-crue 2016	HUM1	-4600 (±200)
	HUM2	-6200 (±750)
	HUM3	27400 (±2850)
Bilan post-travaux 2016	HUM1	-16600 (±50)
	HUM2	16000 (±60)
	HUM3	24300 (±1550)



Impossible de différencier l'impact d'une crue avec ou sans transparence

Mais :
1 transparence + 1 crue sans transparence
>
1 Crue avec transparence

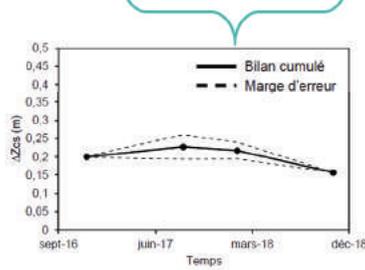
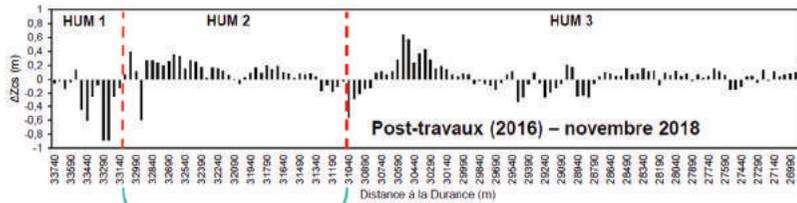
Les 2 transparences de 2018 n'ont pas permis d'améliorer le bilan sédimentaire en aval mais ont pu limiter l'érosion et maintenir l'effet positif de la crue de novembre 2016

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

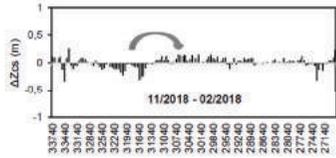
11 OCTOBRE 2019 - EYGUIANS (05)

Trajectoire depuis la crue de novembre 2016

Evolution de l'altitude de la bande active



- Tendence globale à l'érosion mais le bilan reste positif depuis les travaux
- L'exhaussement induit par la crue de novembre 2016 dans le tronçon aval est toujours visible
- Diffusion vers l'aval



Pour aller plus loin

Received 28 February 2019 | Revised 15 July 2019 | Accepted 1 August 2019
DOI: 10.1002/rra.3527

SPECIAL ISSUE PAPER

WILEY

Channel response to sediment replenishment in a large gravel-bed river: The case of the Saint-Sauveur dam in the Buëch River (Southern Alps, France)

Guillaume Brousse¹ | Gilles Arnaud-Fassetta¹ | Frédéric Liébaut² | Mélanie Bertrand² | Gabriel Melun³ | Remi Loire⁴ | Jean-René Malavot⁵ | Guillaume Fantino⁶ | Laurent Borgniet⁴

¹UMR 5176 (PRODIG), Université Paris-Dauphine, Paris, France

²France, ENA, University of Grenoble Alpes, Grenoble, France

³UMR, Agence Nationale pour la Biodiversité, MTE, Mirebeau, France

⁴OPREO, EDF, Lyon, France

⁵IGN, Paris, France

⁶France, IZESM, University of Grenoble Alpes, Grenoble, France

Correspondence: G. Brousse, Université Paris-Dauphine, UMR 5176, PRODIG, Paris 75013, France. Email: guillaume.brousse@dauphine.fr

Funding information: Agence Nationale pour la Biodiversité, Recherche en France, TERRAC, Agence Nationale pour la Biodiversité

Abstract

The Saint-Sauveur dam was built in 1992 in the middle section of the Buëch River. Downstream of the dam, a channel incision by several meters was observed. A gravel replenishment operation was planned in order to restore the active channel. An equivalent of two times the mean annual bedload transport capacity (43,000 m³) was replenished downstream of the dam in September 2016. The aim of this paper is to quantify morphological change associated with sediment replenishment in order to evaluate the efficiency of the restoration works. The monitoring was based on a combination of (a) change detection using sequential high-resolution digital elevation models from airborne LiDAR data, (b) bedload tracing using active ultrahigh-frequency radio-frequency identification technology, and (c) complementary field surveys of channel grain-size distribution and morphology for bedload transport computation. Field monitoring allows us to capture a net aggradation along a 2 km reach after the first post-replenishment flood. A sediment balance analysis was performed to back-calculate bedload supply coming from the channel operation during the flood. Although the sediment replenishment operation clearly had a positive impact on the morphological conditions of the starved river reach, the effective bedload supply from artificial bars (22,650 m³) was insufficient to initiate substantial channel shifting along the restored reach and a subsequent re-equilibration of the sediment exchange. The combination of high-resolution topographic surveys and sediment tracing was successful to evaluate the downstream propagation of sediment replenishment effects.

KEYWORDS

bedload flux, dam impact, restoration, river management, sediment replenishment

Vers un nouveau REX avec la finalisation des travaux en 2018



La dynamique sédimentaire du Buëch

Michal Tal, CEREGE



Evolution morphologique du Buëch

Antoine Gourhand

SMIGIBA

Réseaux coordinateurs



Partenaires



Outils d'analyse :

- Comparaisons diachroniques
- Levés topographiques

Evolution Buëch aval barrage

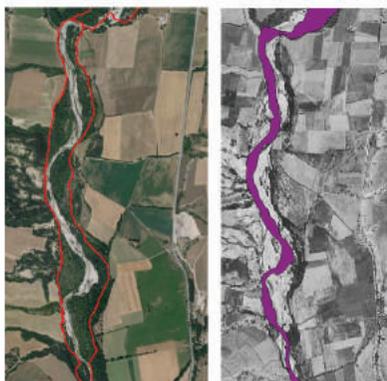
Evolution	1950	2003	2015	2018	Evolution (1950 à 2018)
Bande active (ha)	954,97	736,89	699,36	704,15	-26,26%
Zones végétalisées (ha)	184,07	104,85	183,48	171,88	-6,62%
Proportion végétalisée/B.A	19,28%	14,23%	26,24%	24,41%	

Evolution Grand Buëch

Evolution	1950	2003	2015	Evolution (2003 à 2015)	Evolution (1950 à 2015)
Bande active (ha)	230,61	170,81	157,83	-7,60%	-31,50%
Zones végétalisées (ha)	32,50	32,87	43,14	31,25%	32,77%
Proportion végétalisée/B.A	14,09%	19,24%	27,33%		

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

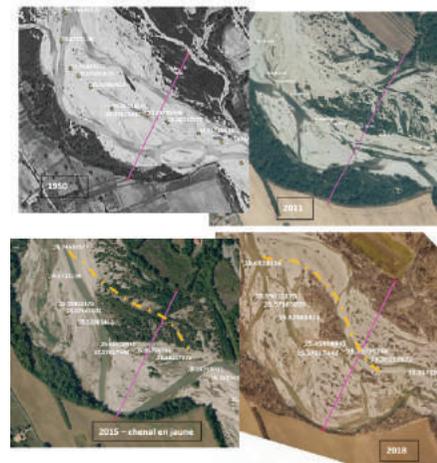


Comparaison ortho :

- 1) Ortho 2015 avec bande active 1950
- 2) Ortho 1950 avec Bande active 2015

Le Grand Buëch en aval d'Aspremont

Secteur de visite N°2

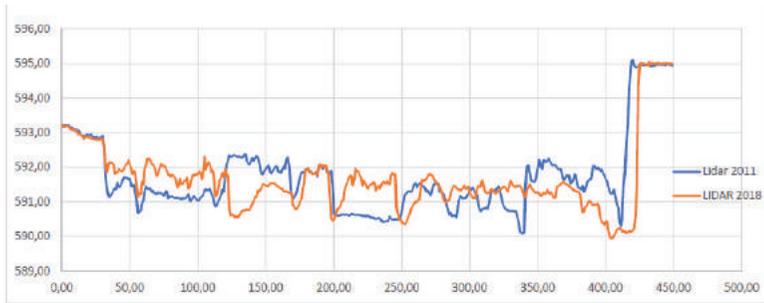


RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)

RENCONTRES INTER - RESEAUX COURS D'EAU

11 OCTOBRE 2019-EYGUIANS (05)



L'opération d'essartement

Antoine Gourhand, SMIGIBA



Dynamique sédimentaire du Buëch Aval

Michal Tal

Aix-Marseille université - CEREGE

Réseaux coordinateurs



Partenaires



Dynamique sédimentaire du Buëch Aval

1. Le Buëch aval

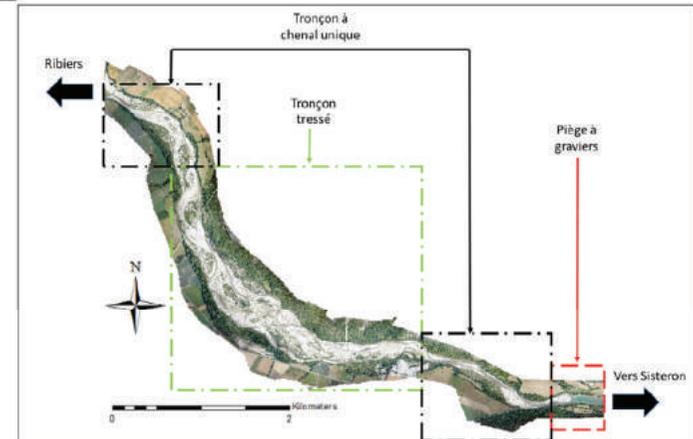


Figure 1: Orthophoto de la bande active du Buëch entre le piège à graviers et le pont de Ribiers

2. Lien entre morphologie et transport sédimentaire

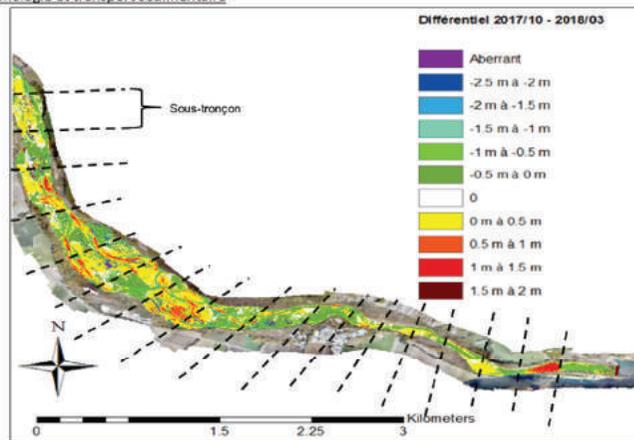


Figure 2: Différentiel de Modèle Numérique de Terrain (MNT) entre 2017/10 et 2018/03. Donnée issue de Campagnes de photogrammétrie. Description spatialement continu sur la bande active de la dynamique de dépôt-érosion-transfert du Buëch aval. Résolution de 20 cm. Représentation des sous tronçon d'étude, utilisé pour l'analyse du budget sédimentaire pointillé.

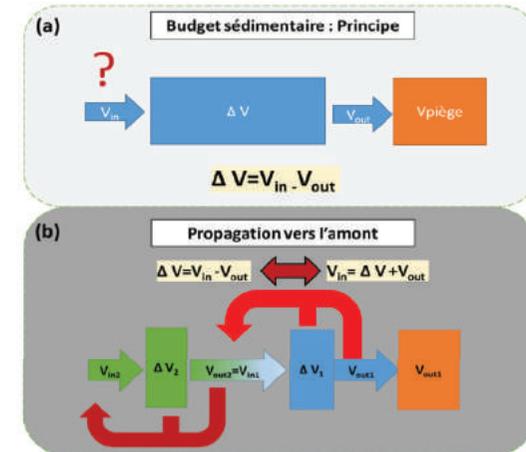
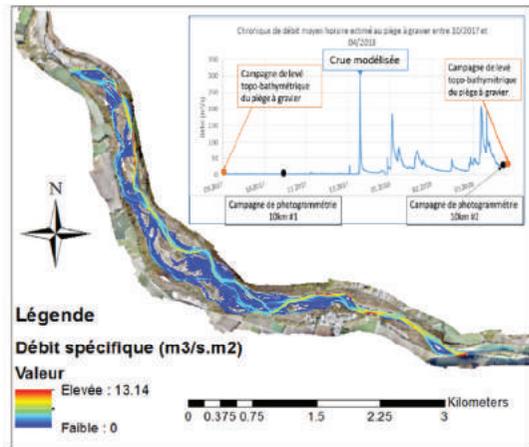
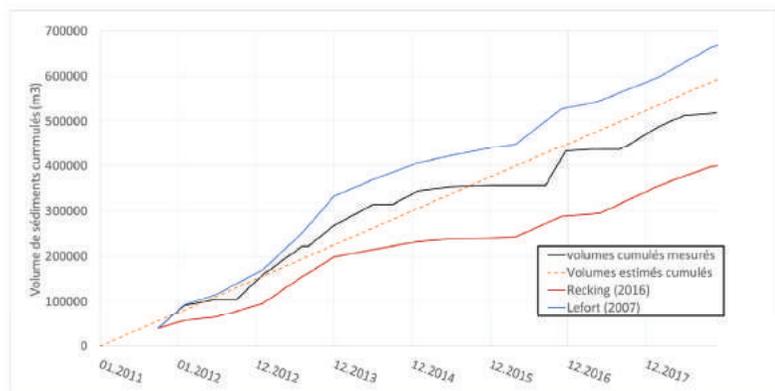
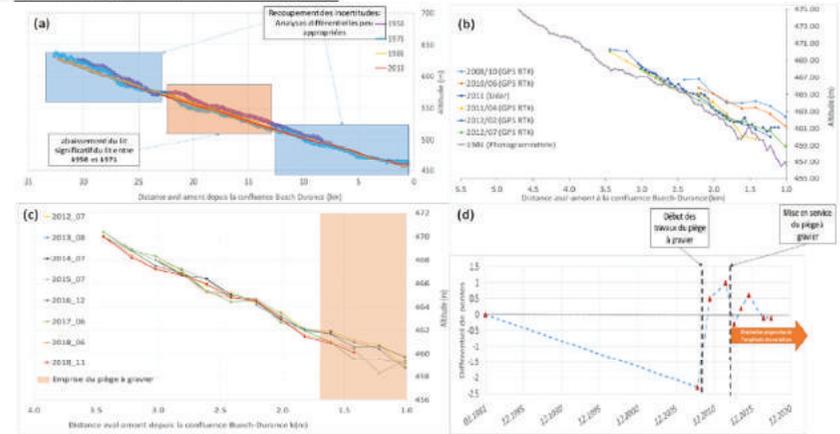


Figure 3: Schéma de calcul du Budget sédimentaire. (a) explication de la méthode dans un tronçon unique; (b) Propagation des calculs vers l'amont. On cherche à caractériser le vol des sédiments entrant (V_{in}) dans chaque sous-tronçon d'études afin de caractériser la dynamique sédimentaire longitudinale du Buëch. Le point pour lequel $V_{in}=0$ correspond au piège à graviers



3. Évolution du lit du Buech entre 1958 et 2018





graie

Campus LyonTech la Doua
66 bd Niels Bohr – CS 52132
F-69603 Villeurbanne Cedex
Tel : 04 72 43 83 68 – Fax : 04 72 43 92 77
e-mail : asso@graie.org - www.graie.org