



HAL
open science

**Action Embâcle : sources, risques et mesures associés.
Outils et recommandations. Rapport final de la Tâche 4:
Retour d'expérience sur les pièges à bois flottant**

Swann Benaksas, Guillaume Piton

► **To cite this version:**

Swann Benaksas, Guillaume Piton. Action Embâcle : sources, risques et mesures associés. Outils et recommandations. Rapport final de la Tâche 4: Retour d'expérience sur les pièges à bois flottant. IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement. 2023, pp.43. hal-03926944

HAL Id: hal-03926944

<https://hal.inrae.fr/hal-03926944v1>

Submitted on 31 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Action Embâcle : sources, risques et mesures associés.

Outils et recommandations

Rapport final de la Tâche 4: Retour d'expérience sur les pièges à bois flottant

Rapport Vo.2 - 31 mars 2023

Swann BENAKSAS et Guillaume PITON

Accord cadre Agence de l'Eau Rhône – Méditerranée Corse / INRAE

Retours d'expérience de pièges à flottants du territoire Rhône-Méditerranée-Corse

Lors des crues intenses, il arrive que les flots transportent du bois en plus des sédiments. Bien que ce phénomène soit tout à fait naturel et qu'il présente une multitude de bénéfices écosystémiques, il peut dans certains cas accroître les risques associés aux crues. Le problème survient généralement lorsque des accumulations de bois (embâcles) se créent au niveau de verrous hydrauliques (ponts, ouvrages hydrauliques, sections étroites), pouvant engendrer des surcotes de la ligne d'eau ou des érosions. Pour faire face à cette problématique, quand il n'est pas possible de réaménager les verrous hydrauliques, une des solutions possibles est de mettre en place un ouvrage de type "piège à flottants". Souvent formé de pieux verticaux en forme de râtelier ou peigne ou d'un filet métallique en travers du cours d'eau, ces structures ont pour objectif de bloquer les flottants lors des crues sur un site où la rehausse de la ligne d'eau et les éventuelles érosions et dépôts n'entraînent pas de risques supplémentaires.

Certains cours d'eau du territoire Rhône-Méditerranée-Corse sont équipés de ce type d'ouvrage, il a alors été jugé pertinent de réaliser des retours d'expérience de ces pièges à flottants pour aider les structures qui seraient tentées par la mise en œuvre de ce mode de gestion, mais à qui ils manqueraient des informations pour se lancer.

Le piégeage des flottants par des pieux est en fait similaire à celui qui a lieu naturellement dans les ripisylves résistant au passage des crues. Une gestion ciblée de la ripisylve peut ainsi promouvoir cette dynamique naturelle. Afin d'informer les gestionnaires et concepteurs de quelques éléments disponibles sur ce processus peu documenté, un retour d'expérience portant sur ce sujet a été ajouté avant ceux portant sur des ouvrages anthropiques.

Caractéristiques et choix des sites d'étude

La localisation des sites étudiés est montrée dans la figure ci-dessous.

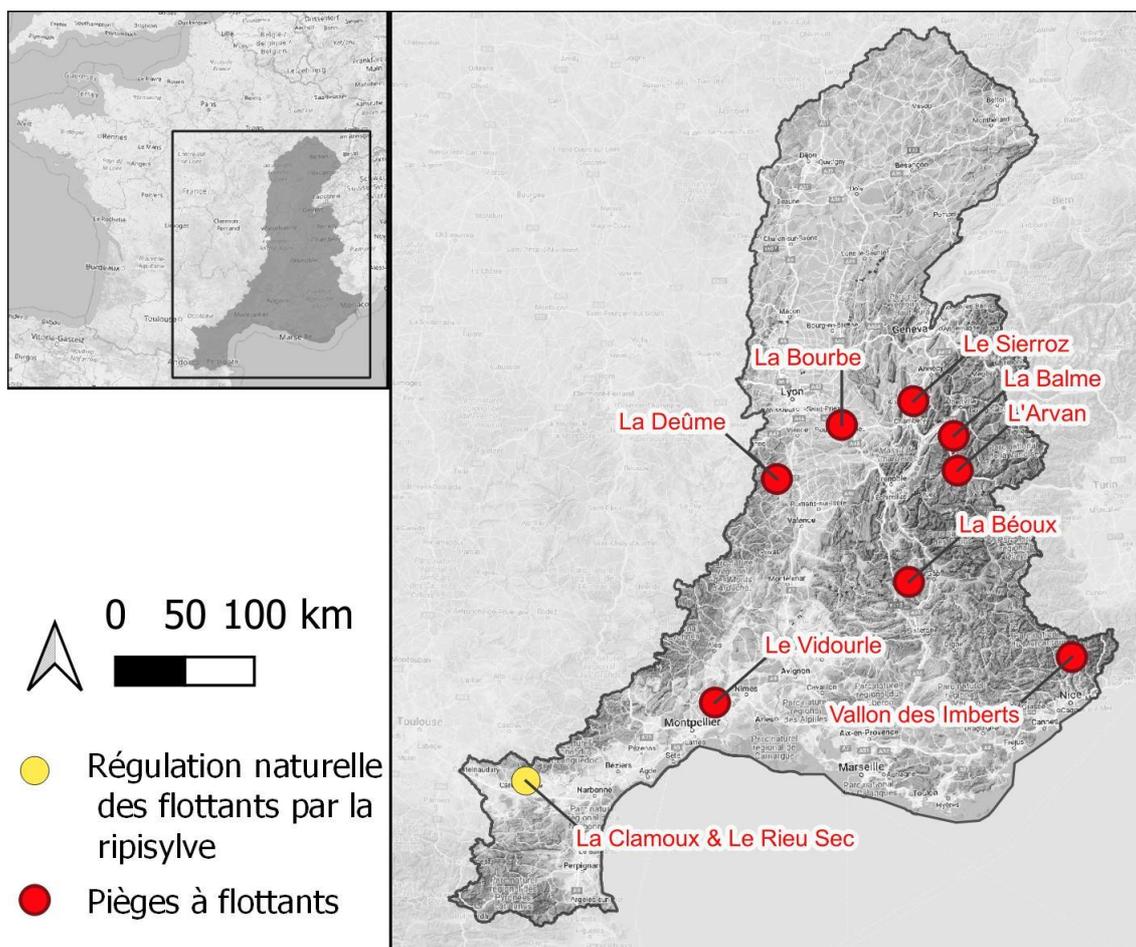


Figure 1 : Localisation des cours d'eau où un piège à flottants est présent et où un retour d'expérience a été réalisé

Ce rapport compile les fiches de retour d'expérience décrivant la dynamique naturelle de régulation des flottants observée dans le secteur de l'Aude ainsi que des fiches portant sur les huit ouvrages pour lesquels nous sommes parvenus à rassembler des données intéressantes. Les éléments principaux caractérisant les bassins versants des cours d'eau étudiés sont résumés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit principalement de rivières de piémonts et de torrents de montagne car pour plusieurs des sites étudiés, les pièges à flottants sont situés dans une plage de dépôt et ont une double vocation de piégeage du bois flottants ainsi que de régulations du transport sédimentaire.

Tableau 1 : Caractéristiques principales des cours d'eau étudiés

Cours d'eau	Types de cours d'eau	Surface bassin versant (km ²)	Largeur approximative du chenal (m)	Spécificités du bassin versant
La Clamoux	Rivières méditerranéennes	89	Moyenne (5<L<30)	Gestion ciblée de la ripisylve sur un bras secondaire piégeant naturellement les flottants
Le Rieu Sec		33		Crue extrême en 2018 (débit liquide > double du débit millénial) : production extraordinaire de flottants mais régulation naturelle totale
Vallon des Imberts	Torrent de montagne	3,7	Moyenne (5<L<30)	Bassin versant très végétalisé ; torrent actif
La Béoux	Torrent de montagne	63	Grande (L>30)	Rivière en tresse très active
L'Arvan	Torrent de montagne	223	Moyenne (5<L<30)	Bassin versant très végétalisé ; torrent actif
La Balme	Torrent de montagne	6,6	Moyenne (5<L<30)	Lave torrentielle ; très forte pente
Le Sierroz	Rivière de montagne	52	Moyenne (5<L<30)	Bassin versant très végétalisé ; ripisylve peu accessible
La Bourbre	Rivière de plaine	290	Moyenne (5<L<30)	Crues de plaine et crues rapides ; bassin versant rural
La Déûme	Rivière de plaine	183	Moyenne (5<L<30)	Bassin versant très réactif ; bassin versant rural
Le Vidourle	Rivière méditerranéenne	620	Grande (L>30)	Crues cévenoles ; bassin versant rural et végétalisé

Citation

Le présent rapport peut être cité de la façon suivante :

Swann Benaksas, Guillaume Piton. Action Embâcle : sources, risques et mesures associés. Outils et recommandations. Rapport final de la Tâche 4: Retour d'expérience sur les pièges à bois flottant. IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement. 2023, pp. 43. hal-03926944



GESTION ALTERNATIVE DE LA RIPISYLVE CONTRE LES INONDATIONS

Région : Occitanie

Département : Aude

Délégation : Montpellier

Communes concernées : Villegly, Conques-sur-Orbiel

Bassin versant : L'Orbiel (251km²)

Sous-bassin : La Clamoux (89km²),
Le Rieu Sec (33km²)

PRESENTATION DU RETOUR D'EXPERIENCE

MAÎTRE D'OUVRAGE

SMAC Syndicat Mixte Aude Centre

Za Coste Galiane 11600

Conques Sur Orbiel

CONTEXTE ET HISTORIQUE

La Clamoux (bassin versant de 89.4 km²) et le Rieu Sec (33.3 km²) sont deux affluents de l'Orbiel, lui-même affluent de l'Aude (Figure 1). Ces deux cours d'eau issus de la Montagne Noir ont des pentes relativement fortes et sont soumis à une hydrologie cévenole source de crues rapides, violentes et intenses. Ces deux cours d'eau ont connu chacune une crue majeure en 2018 (période de retour estimée à environ 200 ans). Des observations originales de piégeage naturel de bois flottant ont été réalisées à la suite de cette crue et sont l'objet de la présente note.

PARTENAIRES

INRAE Grenoble (rédaction de la présente note)

Univ. Paris 7 (collaboration historique avec le SMAC et études géomorphologiques et des risques inondations de la Clamoux)

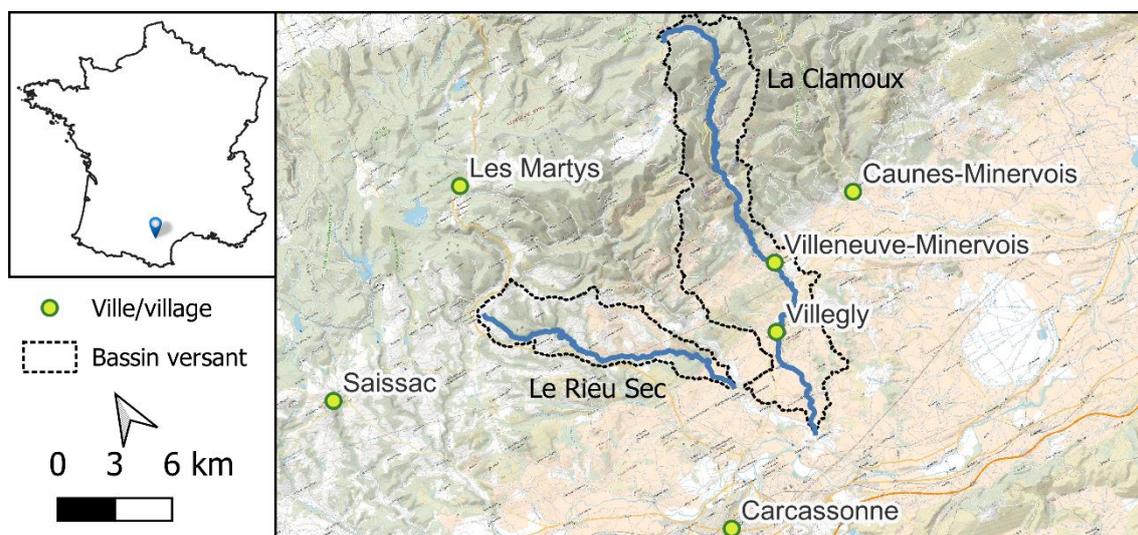


Figure 1 : Localisation de la Clamoux et du Rieu Sec

Le SMAC (Syndicat Mixte Aude Centre) est issu de la fusion de plusieurs syndicats qui se sont organisés suite aux crues exceptionnelles de 1999 dans l'Aude. Il est intégré à l'EPTB Aude SMMAR (Syndicat Mixte des Milieux Aquatiques et des Rivières) qui est reconnu EPTB depuis 2008 et s'occupe de la gestion de l'ensemble des bassins versant de la Berre, du Rieu et de l'Aude, donc de la Clamoux et du Rieu Sec.

Suite aux crues de 1999, le syndicat a mis en œuvre dès 2003 une stratégie d'achat des terrains inondables situés le long de la Clamoux dans le but d'y appliquer une gestion ambitieuse et cohérente dans l'esprit précurseur d'un Espace de Bon Fonctionnement. Plusieurs tronçons de la Clamoux situés entre Villeneuve-Minervois et Villegly étaient particulièrement corsetés. Les terrains agricoles attenants étaient ainsi soumis à des inondations fréquentes. Un corridor plus large que le lit résiduel a été rendu à la rivière dans le but de favoriser l'expansion des crues, mais aussi la régulation du transport solide, le piégeage naturel du bois flottant et de réduire la vulnérabilité et les dommages associés aux crues. Le bon fonctionnement de ces secteurs lors des crues suivantes, y compris celle de 2018, a encouragé le syndicat à poursuivre ce mode de gestion. De nouveaux secteurs ont ainsi été acquis et aménagés en aval de Villegly. La Clamoux regagne ainsi progressivement un Espace de Bon Fonctionnement adapté à son hydrologie méditerranéenne et à sa forte dynamique morphologique (Arnaud-Fassetta et Fort, 2009). Les agents du SMAC avait noté que les bois flottants transportés par la Clamoux avaient notamment naturellement tendance à être piégés dans un bras secondaire situé en amont de Villegly. Il a semblé intéressant de décrire la configuration de ce piège à flottant naturel et la gestion que le SMAC y pratique.

Le Rieu Sec est un cours d'eau qui était historiquement moins actif que la Clamoux. Son bassin versant est vallonné et très naturel. Le vallon dans lequel s'écoule le ruisseau était boisé de peuplements forestiers matures (chêne pubescent, frêne oxyphylle et commun, érable sycomore et champêtre) et peu entretenus. Son lit avant la crue dévastatrice de 2018 était caché sous les houppiers de la ripisylve et n'est que très ponctuellement visible sur les photos aériennes. Les enjeux situés le long du Rieu Sec sont peu nombreux : quelques ponts dans le bassin versant supérieur et quelques habitations éparses dans la plaine où s'écoulent les deux derniers kilomètres du ruisseau. Les pluies ayant généré la crue de 2018 ont été très fortes et concentrées sur le secteur du Rieu Sec (Figure 2). La crue associée a été d'une intensité extrême : les débits de pointe au débouché dans la vallée de l'Orbiel sont estimés à 245 m³/s à Raissac et à 251 m³/s à Salitis, soit deux fois le débit de pointe millénial estimé par la méthode Shyreg (124 m³/s) ! Plus en amont, cet ordre de grandeur est confirmé par les relevés de Lebouc et al. (2019) avec 200 m³/s ± 80 m³/s pour 20.1 km² de bassin versant et 165 m³/s ± 35 m³/s pour 11.2 km² de bassin versant. Dans ces secteurs aussi, les débits de pointe estimés sur les laisses de crues sont deux fois supérieurs aux valeurs prédites pour la crue millénaire.

Les effets morphogènes d'une telle crue, en particulier sur la ripisylve, ont été extraordinaires : des hectares entiers de forêts ont été arrachés par les flots. Pourtant, le volume de gros bois flottant ayant rejoint l'Orbiel est considéré comme négligeable. Le pont situé sur le Rieu Sec à la confluence avec l'Orbiel n'a par exemple pas été embâclé (photo fournie plus loin). Une régulation naturelle très efficace du transport de bois flottant a été observé sur le Rieu Sec. Ces observations, bien que concernant un événement d'une magnitude très supérieure à la crue subie par la Clamoux, mettent aussi en avant le potentiel de régulation naturel du transport de bois flottants et sont décrites en deuxième partie de cette note.

Cumul Antilope 24h
depuis le 14/10/2018
6hTU



0 3 6 km

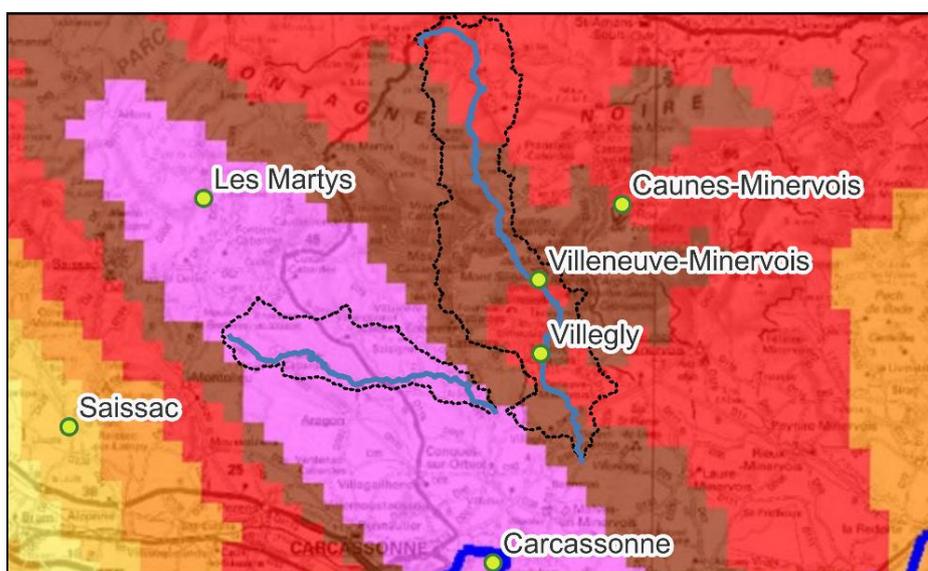


Figure 2 : Cumuls de pluie sur 24h de la crue de 2018 d'après les données Antilope (Météo France)

LE PIEGE A FLOTTANTS NATUREL DE VILLEGLY

Configuration générale des lieux

Le lit de la Clamoux contourne le village de Villegly par le sud après sa confluence avec le Ruisseau des Maillats. Le cours d'eau marque un coude franc à cet endroit. Lit mineur est dans ce secteur bien marqué et souligné par l'existence d'un merlon en rive droite, reliquat probable d'une ancienne digue. La topographie du site permet toutefois l'existence d'un bras secondaire bien identifié mais à sec en temps normal (Figure 3). Ce bras secondaire, situé en extrados du coude dans la zone inondable, est situé dans la trajectoire naturelle d'une partie du bois flottants transporté par la Clamoux. Etant bordée d'arbres (Figure 4) ayant une vingtaine d'années d'après les photos aériennes de l'IGN, cette zone d'écoulement en crue constitue un piège à flottants naturel. Ce fonctionnement est activement maintenu par le SMAC via l'entretien des peuplements riverains décrit page suivante. On peut noter qu'un second axe d'écoulement empruntant un bras mort est situé en aval du bras secondaire (en vert dans la Figure 3). Un piège à embâcle prenant la forme d'un râtelier en poutre IPN y a aussi été installé par le SMAC pour compléter le piégeage du bras secondaire. Ce dernier piège plutôt des flottants de petites taille qui empruntent le bras mort jusqu'à celui-ci.

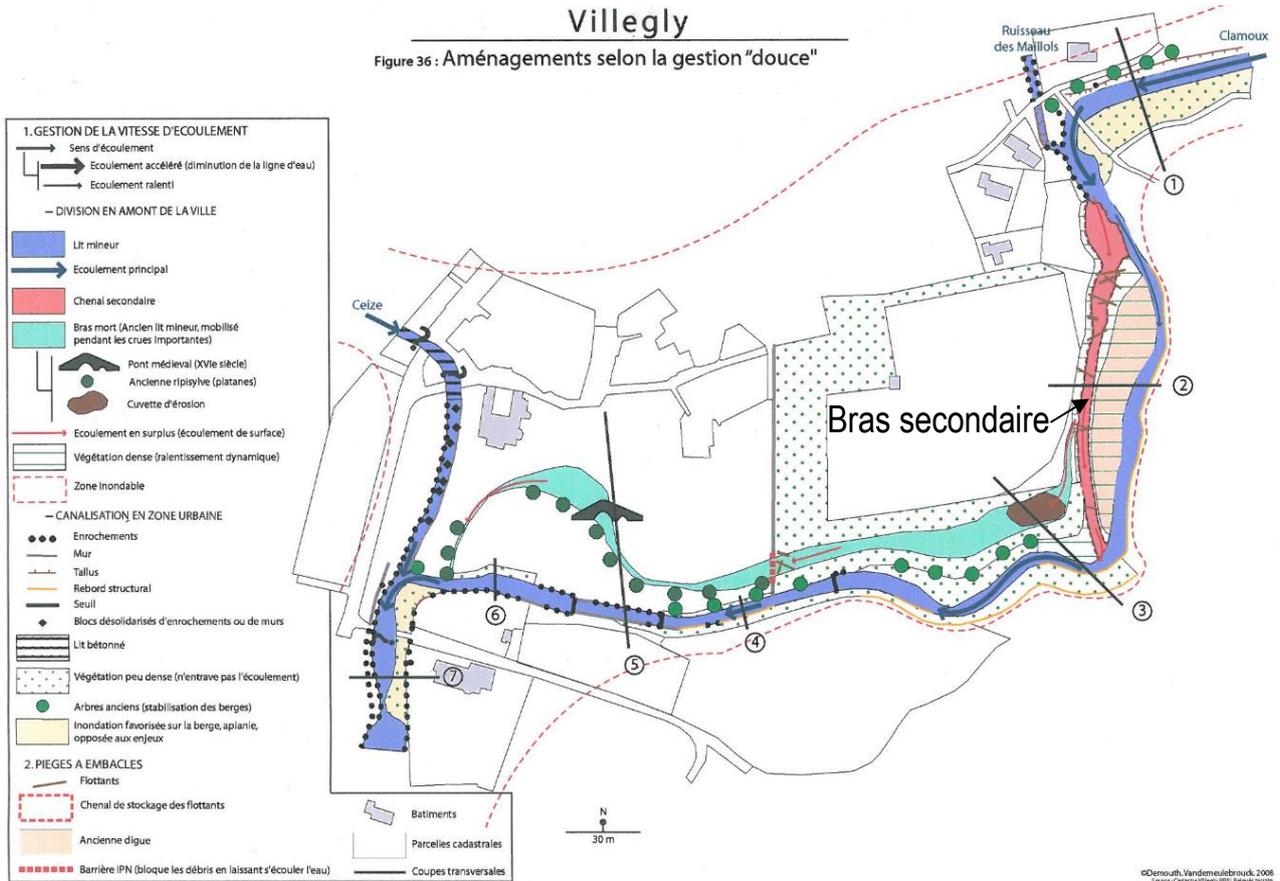


Figure 3 : Vue en plan des aménagements du secteur de Villegly, notamment le bras secondaire (Source : Demouth Vandemeulebroeck, Univ. Paris 7, 2008)



Figure 4 : Photographie du bras secondaire servant de piège naturel des bois flottants (source : SMAC)

Configuration du bras secondaire et mode d'entretien

Le bon fonctionnement du bras secondaire est lié à au moins trois facteurs :

1. Son implantation (en extrados d'un coude),
2. Son calage altimétrique qui contrôle son inondabilité (les écoulements qui y pénètrent doivent être suffisamment profonds et intenses pour transporter du bois flottants, voir par exemple la Figure 5). La hauteur d'eau n'est pas connue précisément : pour permettre le transport des flottants, la hauteur doit être supérieure à très supérieure au diamètre des flottants.
3. La présence des boisements de berges qui font office de "peigne" et retiennent les pièces de bois transportées.



Figure 5 : Photographie de la zone de défluece alimentant le piège naturel des bois flottants à Villegly sur la Clamoux (source : SMAC)

Afin de promouvoir et d'entretenir ce fonctionnement, le SMAC procède à un entretien sélectif de la ripisylve visant à :

1. Prévenir la croissance d'arbres matures à l'entrée du chenal secondaire (si des embâcles sont piégés à l'entrée, ils détournent vers le lit mineur les écoulements et les pièces transportées et le potentiel de piégeage du site n'est pas exploité) ;
2. Maintenir un renouvellement d'arbres matures bordants le chenal secondaire. Ces derniers sont espacés de façon adéquate pour faire office de râtelier naturel et piéger le bois flottant transporté (si les arbres sont trop espacés ou trop flexibles, le bois flottant risque de retourner au lit mineur en aval).

Le concept revient à maintenir une configuration en « entonnoir » afin de piéger progressivement les bois flottants sur toute la longueur du bras, jusqu'à ce que les arbres soient trop resserrés pour ne plus laisser passer d'éléments (Figure 6). Le système piège ainsi les éléments de gros bois ainsi que les éléments plus fins qui contribuerait à densifier les embâcles sur les ponts et ouvrages hydraulique (Figure 7).

Figure 6 : Schéma du piège naturel des bois flottants à Villegly sur la Clamoux : réouverture d'un bras secondaire et coupe sélective des arbres en entonnoir

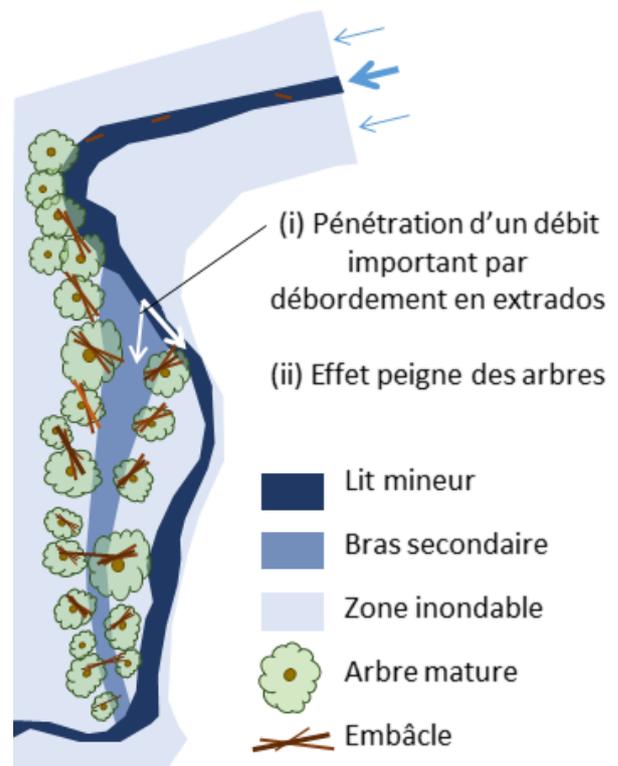


Figure 7 : Photos prises suites à la crue de 2018 des accumulations de petits et gros bois flottants dans le bras secondaire de Villegly (source : SMAC)

TRANSPORT EXCEPTIONNEL DE FLOTTANTS SUR LE RIEU SEC

LOCALISATION ET EXTENSION DE LA ZONE TOUCHÉE

Sur les 17 km de chenal du Rieu Sec, des arrachements extraordinaires de la ripisylve ont eu lieu entre les PK 10 et 15 (Figure 8a-b). Sur ces cinq kilomètres, le lit du cours d'eau est passé de quelques mètres de large à parfois plus de 20 m (quelques images sont fournies dans la Figure 9). La digitalisation manuelle des forêts présentes sur les photos aériennes de 2018 (ante-crise) et ayant disparu sur les photos aériennes post-crise permet d'estimer la surface de forêt disparue à 6.4 ha (voir deux exemples dans la Figure 8c-h). Ceci est équivalent à un élargissement moyen à 13 m sur un linéaire total de 4.9 km.

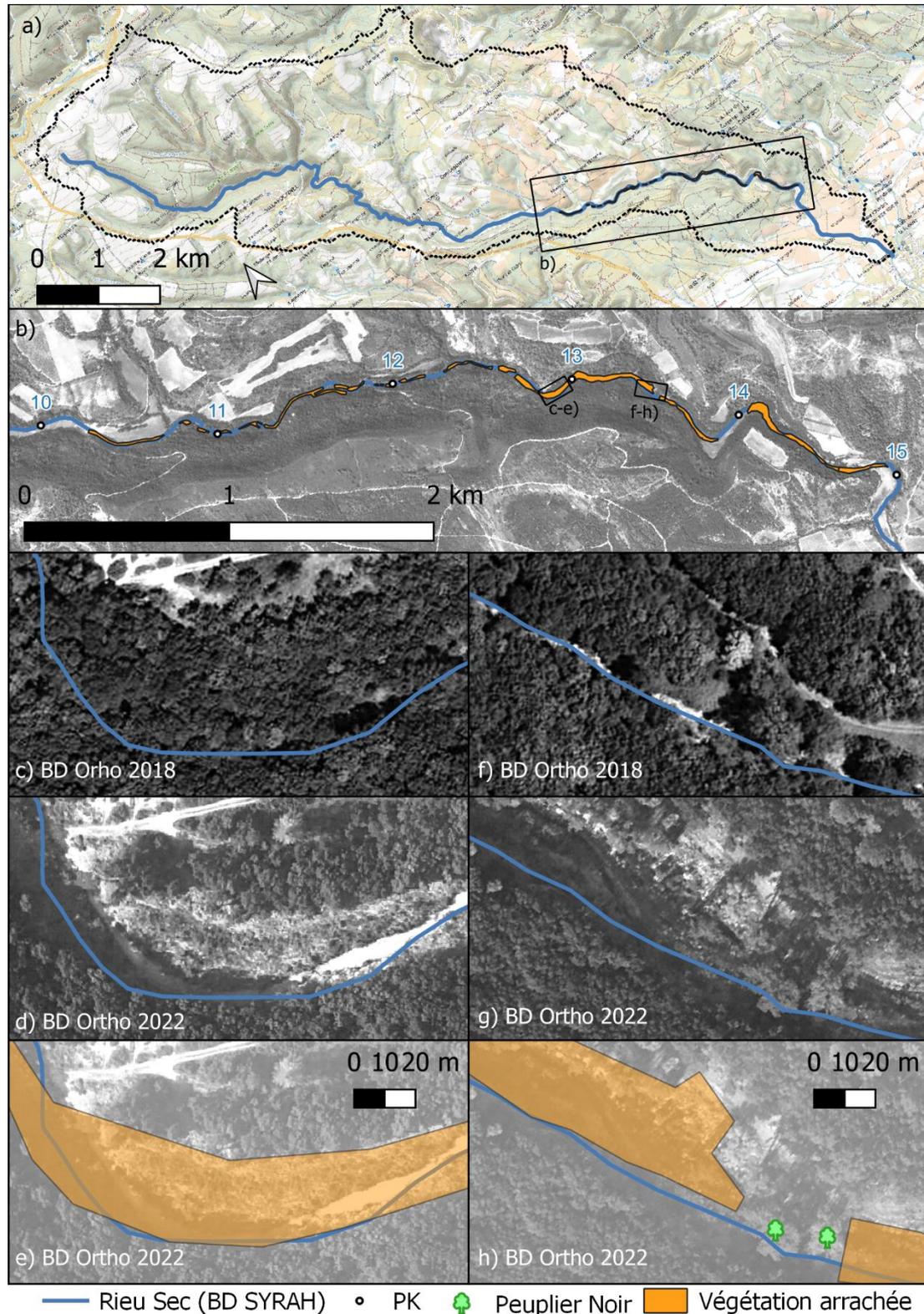


Figure 8 : Cartographie des zones d'arrachement de la ripisylve du Rieu Sec suite à la crue de 2018 : a) localisation du secteur touché, b) vue d'ensemble du secteur touché, c) zoom sur un secteur de la ripisylve avant la crue, d) même secteur après la crue, e) illustration de la digitalisation de la zone d'arrachement sur le même secteur, f) zoom sur un autre secteur de la ripisylve avant la crue, g) même secteur après la crue, h) illustration de la zone d'arrachement de ce second secteur



Figure 9 : Effets de la crue de 2018 sur le Rieu Sec : (a, b, c) érosions de berges et arrachement de la ripisylve dans le vallon, (d) placages sédimentaires dans la partie aval et e) comblement partiel du lit mineur, ouverture de nouveaux chenaux dans le lit majeur et inondation généralisée de ce dernier, f) mise en charge du pont en amont de la confluence avec l'Orbiel mais pas d'embâclement majeur (Source : SMAC)

EVALUATION DE LA PRODUCTION DE BOIS FLOTTANT ASSOCIEE

Le SMAC a mené à la suite de cette crue une opération de désembâclement d'ampleur (évacuation partielle, billonnage et broyage). Le volume total de bois traité par les entreprises missionnées par le SMAC n'a pas été quantifié précisément. La surface touchée peut toutefois permettre d'évaluer grossièrement le volume de bois associé en mobilisant les données forestières étudiées dans le guide de Quiniou et Piton (2022, p. 25). Les données de l'inventaire forestier national montrent que la plupart des forêts de la métropole présentent un volume de gros bois qui varie dans la gamme 150 – 450 m³/ha. Ceci correspond à un volume de bois de l'ordre de 1000 à 3000 m³ produit sur le Rieu Sec à l'occasion de la crue de 2018. Les embâcles étant largement constitués de vide (50% à 80%), en utilisant une hypothèse intermédiaire, de 60%, ceci correspond à des accumulations ayant un volume apparent de 2500 – 7500 m³.

Le guide Quiniou et Piton (2022, p. 19) liste par ailleurs des formules empiriques simples visant à estimer la production potentielle de bois flottant par les bassins versants (voir Figure 10, y compris une application au Rieu Sec). Pour chaque paramètre explicatif, quatre formules sont fournies : une estimation basse (scénario de faible production), un ajustement moyen (production moyenne), une estimation haute (scénario de forte production) et un scénario extrême. Ces formules, établies en Suisse, ont été jusqu'ici peu confrontées à des données issues de crues ayant eu lieu en France. Ces volumes doivent être comparés aux volumes solides de bois (sans les vides), c'est-à-dire 1000 – 3000 m³ pour ce cas d'étude. On constate que les prédictions du scénario haut (quantile 90%) fournis sur la Figure 10 sont proches de ces chiffres.

La leçon principale que nous retenons de cette application est que ces formules développées sur le territoire Suisse semblent bien applicables au territoire Français. Il faut avoir à l'esprit que les estimations fournies par les scénarios haut semblent représentatives de production exceptionnellement forte : en effet, il ne fait aucun doute que les effets géomorphologiques de la crue de 2018 sur le Rieu Sec, ainsi que la production de flottant associée, ont été tout à fait extraordinaires. Même à l'occasion

de crues de forte magnitude, dépassant des périodes de retour centennale, il est rare (mais pas unique) de constater de telles disparitions de ripisylves.

On note aussi que les formules prenant en compte les paramètres morphométriques (surface, longueur) donnent plutôt des volumes un peu inférieurs à celles prenant en compte des paramètres de magnitude de la crue (volume de pluie ou de crue, débit de pointe) : la magnitude de la crue étudiée a en effet été assez hors norme pour les caractéristiques du bassin versant et ceci a un effet sur les prédictions de production de bois flottant.

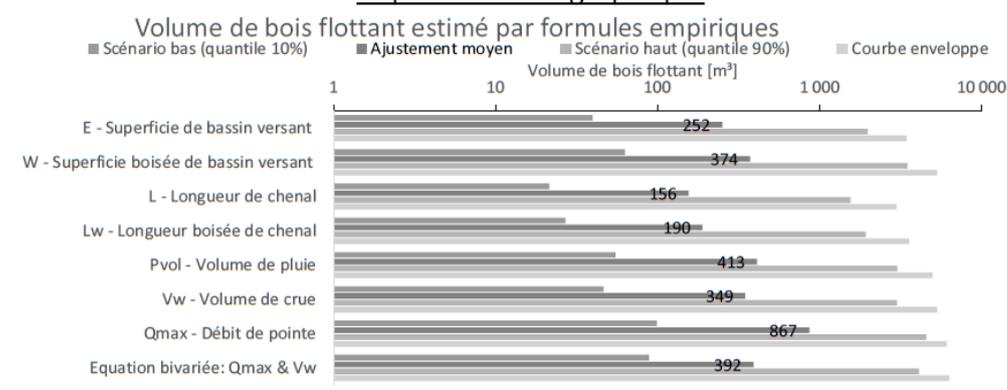
Equations

Paramètre	Scénario bas (quantile 10%)	Ajustement moyen	Scénario haut (quantile 90%)	Courbe enveloppe haute	n	[3;*3]	Qualité
E	$6 E^{0.54}$	$38 E^{0.54}$	$300 E^{0.54}$	$558 E^{0.52}$	209	50%	***
W	$13 W^{0.56}$	$77 W^{0.56}$	$720 W^{0.56}$	$1460 W^{0.46}$	179	52%	**
L	$5.5 L^{0.48}$	$40 L^{0.48}$	$400 L^{0.48}$	$860 L^{0.44}$	177	41%	*
L_w	$7 L_w^{0.5}$	$49 L_w^{0.5}$	$500 L_w^{0.5}$	$925 L_w^{0.5}$	175	44%	*
P_{vol}	$0.04 P_{vol}^{0.46}$	$0.3 P_{vol}^{0.46}$	$2.2 P_{vol}^{0.46}$	$8 P_{vol}^{0.41}$	164	51%	**
V_w	$0.04 V_w^{0.47}$	$0.3 V_w^{0.47}$	$2.6 V_w^{0.47}$	$6.2 V_w^{0.45}$	167	50%	*
Q_{max}	$0.65 Q_{max}^{0.91}$	$5.7 Q_{max}^{0.91}$	$30 Q_{max}^{0.91}$	$115 Q_{max}^{0.72}$	77	58%	***
$Q_{max} V_w$	$0.3 Q_{max}^{0.35} V_w^{0.25}$	$0.4 Q_{max}^{0.46} V_w^{0.33}$	$14 Q_{max}^{0.35} V_w^{0.25}$	$87 Q_{max}^{0.26} V_w^{0.19}$	166	51%	**

Application

Paramètre	Valeur	Unité	Scénario bas (quantile 10%)	Ajustement moyen	Scénario haut (quantile 90%)	Courbe enveloppe
E - Superficie de bassin versant	33,3	km ²	40	252	1 992	3 454
W - Superficie boisée de bassin versant	16,8	km ²	63	374	3 495	5 346
L - Longueur de chenal	17	km	21	156	1 558	2 992
L_w - Longueur boisée de chenal	15	km	27	190	1 936	3 583
P_{vol} - Volume de pluie	6 660 000	m ³	55	413	3 028	5 020
V_w - Volume de crue	3 330 000	m ³	47	349	3 024	5 339
Q_{max} - Débit de pointe	250	m ³ /s	99	867	4 563	6 127
Equation bivariable: Q_{max} & V_w			89	392	4 131	6 342

Représentation graphique



Source valeurs paramètres

E - Superficie de bassin versant	Cartographie automatique sur base de la BD Alti 25m de l'IGN.
W - Superficie boisée de bassin versant	Croisement emprise bassin versant et BD Forêt V2 IGN.
L - Longueur de chenal	Tronçon BD SYRAH de la branche principale.
L_w - Longueur boisée de chenal	Croisement tronçon BD SYRAH et BD Forêt V2 IGN.
P_{vol} - Volume de pluie	Donnée Antilope 24h
V_w - Volume de crue	Donnée Antilope 24h et hypothèse de coefficient de ruissellement de 0,5
Q_{max} - Débit de pointe	Données SMMAR

Figure 10 : Application des formules empiriques de prédiction du potentiel de production de bois flottants des bassins versants

REGULATION NATURELLE DU TRANSPORT DE BOIS FLOTTANT PAR LES PEUPLIERS NOIRS ET LES PLATANES

Malgré une production extraordinaire de bois flottant, une seconde observation de cette crue est particulièrement intéressante : très peu de grosses pièces de bois flottant sont arrivées jusqu'à la confluence avec l'Orbiel. Une régulation très efficace du transport de bois flottant a été observée sous la forme de très grosses accumulations de bois dépassant parfois 5 m de haut (Figure 11). Les zones larges où les écoulements peuvent inonder le lit majeur, déposer les grosses pièces de bois flottant et contourner ces dernières sont des secteurs naturels de dépôt. Mais dans le cas du Rieu Sec, les accumulations les plus volumineuses ont été retrouvées piégées par des peupliers noirs matures situés dans le vallon puis par une double rangée de platanes plantée perpendiculairement à l'axe des écoulements dans la basse vallée (localisations indiquées sur la Figure 12). Ces accumulations ont été par la suite traitées par des bucherons aidés d'engins de terrassement. Ces arbres ont évidemment été laissés en place par le SMAC afin qu'ils puissent éventuellement rendre à nouveau ce précieux service (Figure 13). Certains individus ont souffert des chocs causés par le piégeage des troncs transportés et en portent des cicatrices (Figure 13b).



Figure 11 : Photos d'accumulations massives de bois flottant contre des arbres ayant résisté (Source : SMAC)

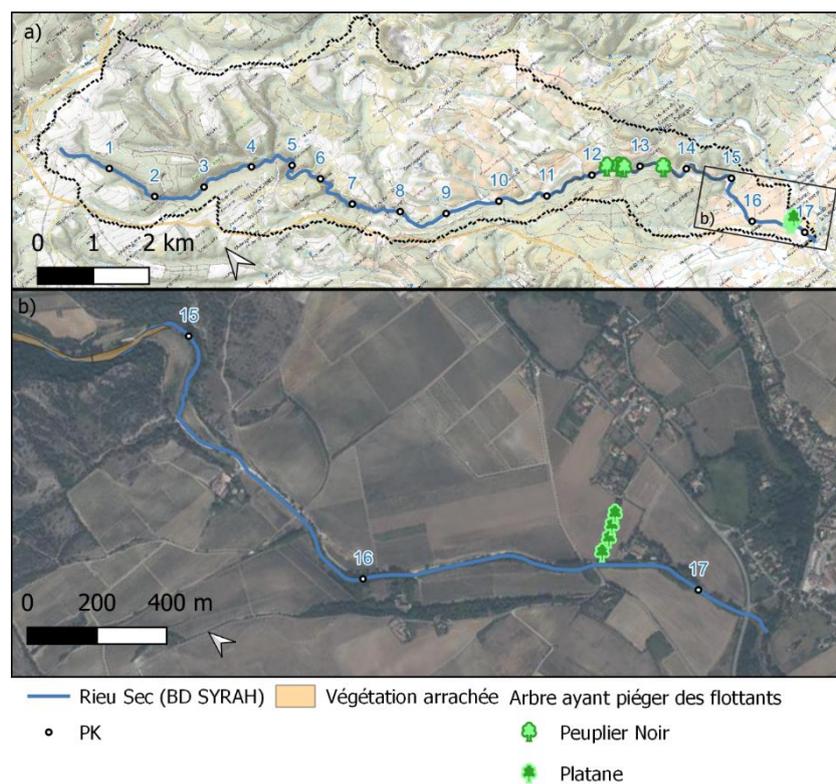


Figure 12 : a) Carte localisant les peupliers noirs ayant piégé de grandes quantités de bois flottants et b) zoom sur la basse vallée du Rieu Sec et l'implantation des platanes ayant piégé aussi des flottants



Figure 13 : Peupliers noirs matures ayant piégés de grandes quantités de flottants dans le vallon du Rieu Sec (a, b, c) et allée de platanes ayant fait office de peigne à flottant dans la vallée en amont de la confluence avec l'Orbiel

Il est ainsi constaté de façon récurrente par le SMAC que les peupliers noirs et les platanes présentent des résistances très bonnes aux crues et constituent des obstacles à la propagation des flottants, piégeant ainsi souvent ces derniers. De ce point de vue, certaines essences sont à privilégier pour piéger naturellement les embâcles car plus résistantes aux crues intenses et aux sécheresses. Le peuplier noir qui est déjà remarquable d'un point de vue écologique, est l'essence présentant le plus grand intérêt pour piéger le bois flottant : en effet, en plus d'avoir des racines très profondes (ce qui le rend résistant à la sécheresse et aux contraintes pendant les crues), d'être une espèce longévive, ces arbres sont moins source de bois flottant que d'autres espèces (comme les Aulnes) car moins sensibles à l'arrachement. Les platanes développent aussi souvent des systèmes racinaires très résistants. A l'occasion de crues très morphogènes, il reste toujours possible que ces arbres soient emportés, en particulier en cas d'incision très prononcée du lit qui permet aux écoulements de sous-caver les systèmes racinaires et d'affouiller les arbres. Les arbres matures et bien ancrés sont toutefois en général en mesure de résister aux écoulements, en particulier si le cours d'eau n'est pas excessivement corseté et que l'énergie des écoulements peu se dissiper en lit moyen et lit majeur. Ces arbres présentent donc de multiples intérêt écologiques, paysagers et de réduction des risques inondations par le piégeage des bois flottants.

SOURCES

- Echanges directs avec Mathieu Dupuis du SMAC en septembre 2022
- Fiche Shyreg du Rieu Sec tiré de <https://shyreg.recover.inrae.fr/> (Identifiant MO396, surface 33.3 km², quantiles Shyreg 2019)
- Arnaud-Fassetta, G., & Fort, M. Novembre 2009. *Dix ans de recherches hydrogéomorphologiques dans le département de l'Aude et une question: comment parvenir à réduire le risque de crue en domaine méditerranéen*. Actes du colloque international « Risques naturels en Méditerranée occidentale » (pp. 16-21).
- Demouth O., Vandemeulebrouck P., 2008 : *Opportunités, mise en place et résultats de la gestion « douce » face au risque d'inondation sur le bassin versant de l'Orbiel*. Mémoire de Master 1 Géographie, spécialité Environnement, université Paris-Diderot (Paris 7), 143 p.
- Lebouc, L., Payrastré, O., Bourgin, F. 2019. *Reconstitution des débits de pointe des crues du 15 octobre 2018 dans le bassin de l'Aude*. Convention DGPR-Ifsttar 2018 n°2201132931 du 22 Mai 2018 – Action 7 appui au SCHAPI. IFSTTAR, 14 p. hal-02110612
- Quiniou M., Piton G. 2022. *Embâcles : concilier gestion des risques et qualité des milieux. Guide de diagnostic et de recommandations*. Rapport de synthèse ISL Ingénierie – INRAE. 135 p. [en ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03621373v1>



PIEGE A FLOTTANTS ET PLAGE DE DEPOT AU NIVEAU DU CIMETIERE DE ROQUEBILLIERE

Région : Provence-Alpes-Côte d'Azur

Département : Alpes Maritimes

Délégation : Marseille

Commune concernée : Roquebillière

Bassin versant : Le Cervagné (8,4km²)

Sous-bassin : le Vallon des Imberts (3,7km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Mairie Roquebillière
Place Corniglion-Molinier
06450 Roquebillière

PARTENAIRES

ONF-RTM 06 (conception ; partenaires de financement, visites de contrôle de l'ouvrage)
INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

Le Vallon (ou Ravin) des Imberts est un torrent encaissé, sinueux, encombré de blocs et très végétalisé du bassin versant de la Vésubie, au porte du Parc National du Mercantour. Son bassin versant de 3.7 km² est principalement occupé par des boisements et des pâturages. Des zones de placages morainiques sont les sources principales de sédiments mais sont déconnectées du réseau hydrographique sauf pendant les crues majeures. Le lit du torrent est envahi de végétation susceptible d'être emporté pendant les crues mobilisant de fortes charges solides. Peu accessible, son entretien préventif serait difficile et très lourd.

Le cours d'eau traverse le village de Roquebillière à 605 m d'altitude et a occasionné d'importants dégâts par le passé. La crue torrentielle de 1993 a notamment obstrué deux buses : une buse (Φ2200) permettant le franchissement de la route d'accès au cimetière par-dessus les Imberts, puis plus à l'aval une autre buse de même diamètre permettant le franchissement de la route de l'hôpital (Figure 1). Suite à cet événement, durant lequel la buse de la route de l'hôpital a été obstruée et détruite, il a été décidé de mettre en place une plage de dépôt sédimentaire munie d'un piège à flottants. L'ouvrage a été construit en 1997.

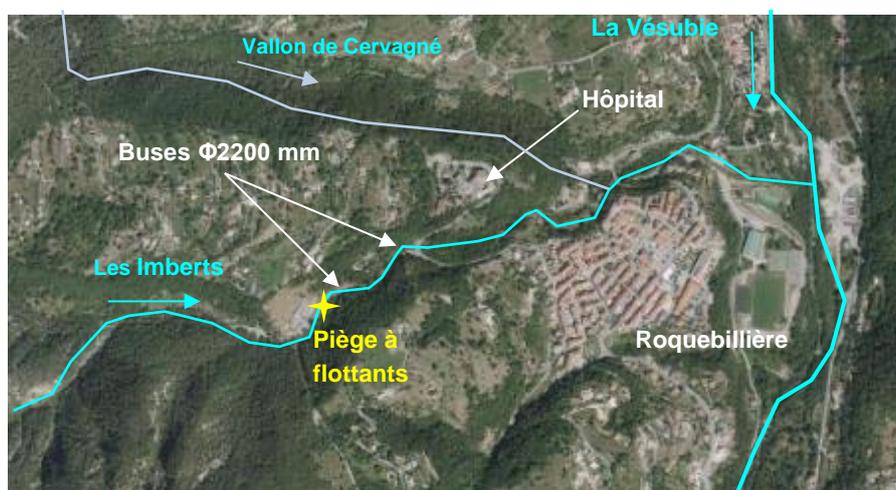


Figure 1 : Vue aérienne des Imberts et localisation du piège à flottants (Source : géoportail.gouv.fr)

Caractéristiques du piège

La plage de dépôt a été installée au niveau du cimetière à l'amont des deux buses de $\Phi 2200$ permettant l'accès à l'hôpital. Elle a un volume théorique de 5000 m^3 , nettement inférieur au volume solide de la crue de 1993 ($14\,000 \text{ m}^3$). Son objectif est de promouvoir le dépôt de sédiments grossiers évitant ou retardant l'obstruction des buses aval. Elle consiste principalement en l'élargissement du lit à une largeur de l'ordre de 10 à 30 m. Un enrochement liaisonné supporte la berge au droit du parking du cimetière (Figure 2).

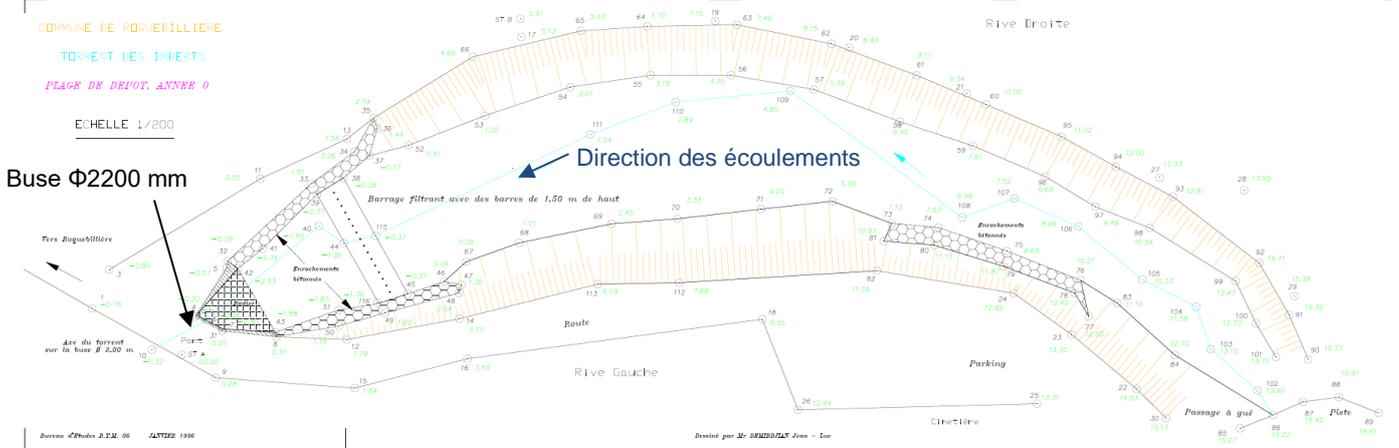


Figure 2 : Plan masse de la plage de dépôt et de l'implantation des pieux (Source : ONF-RTM 06)

Le piège à flottant constitue l'ouvrage de fermeture de la plage de dépôt. Son objectif est de piéger les gros bois flottants, en particulier ceux d'une longueur supérieure à 2 m (c'est-à-dire le type de flottants qui peuvent être vraisemblablement responsables de l'obstruction des buses). Le piège est constitué de 15 pieux pleins disposés sur 16 ml de large perpendiculairement à l'écoulement. L'écartement entre les pieux est de 1 m. Les pieux sont de longueur 2 m, dépassent de 1,5 m du sol et font 120 mm de diamètre (Figure 3). Ils sont ancrés dans un coffrage de béton armé de 4 m de large (Figure 3). Les berges situées de part et d'autre de l'ouvrage sont protégées par des enrochements liaisonnés dont le niveau est surélevé en rive gauche de 0,5 m par rapport au haut des pieux, et de 1,5 m en rive droite (extrados du coude).

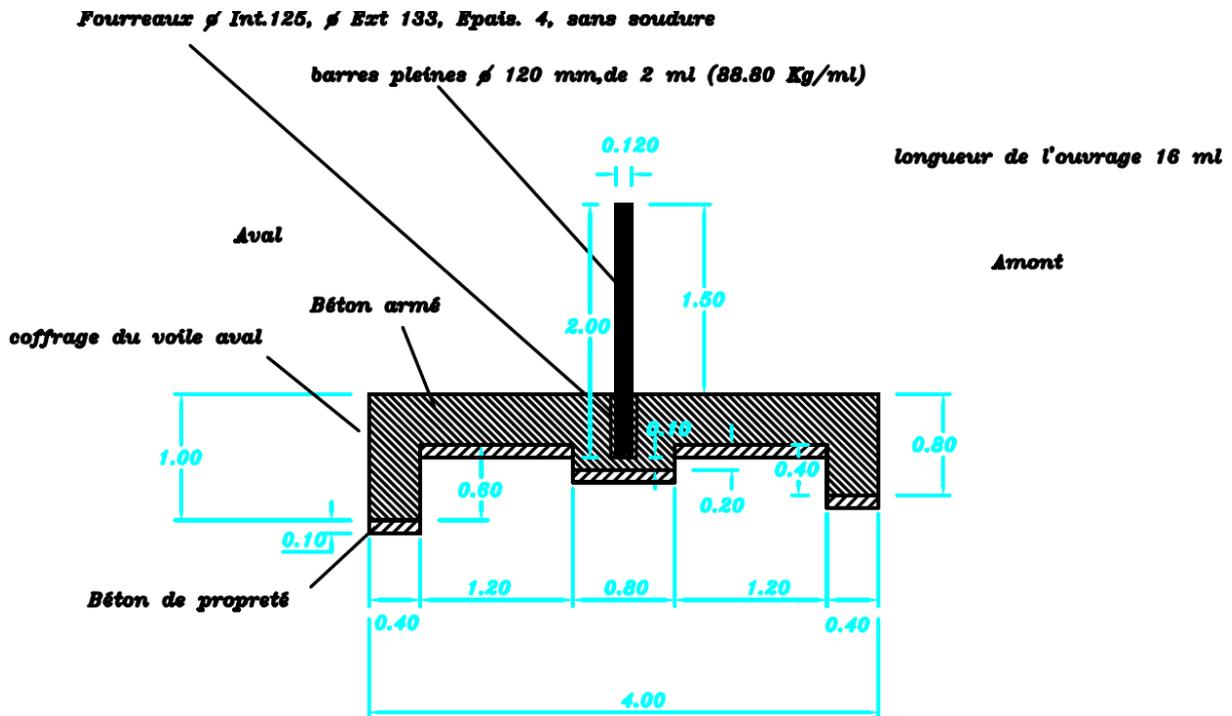


Figure 3 : Coupe en travers du piège à flottants (Source : ONF-RTM 06)

Fonctionnement du piège

Depuis sa construction en 1997 et jusqu'à la tempête Alex d'octobre 2020, le vallon des Imberts n'a pas subi de crue torrentielle majeure. Les ouvrages n'ont pas été entretenus. Le piège à flottants et la plage de dépôts ont été progressivement envahi par la végétation. Les ouvrages ont ainsi perdu peu à peu leur transparence aux crues fréquentes (Figure 4 à 7). Le transport solide en hors des crues majeures semble toutefois faible, le cas échéant un colmatage et des dépôts auraient été observés, encouragés par la végétation se développant dans l'ouvrage.



Figure 4 : Photographies du piège à flottants de Rochebillière lors de sa construction en 1997 – a) vue vers l'amont et la plage de dépôt. Une protection de berge a été mise en œuvre en rive gauche de la plage de dépôt pour protéger la route du cimetière. b) vue vers l'aval, le piège à flottant et la buse à protéger en aval. Les berges autour du râtelier ont aussi été protégées contre les érosions par des encochements liaisonnés au béton (Source : ONF-RTM 06)



Figure 5 : a) Photographie du piège à flottants et de la plage de dépôt en 2002 et b) zoom sur le dépôt amont (Source : ONF-RTM 06). Le piège à flottants n'a pas piégé de grands flottants. A contrario quelques dépôts ont eu lieu dans la plage de dépôt comme en témoigne le remplissage légèrement plus important que sur la Figure 4a. L'incision d'un chenal au niveau du lit ancien est le signe d'un auto-curage partiel, c'est-à-dire de l'érosion des dépôts antécédents par les écoulements plus récents.



Figure 6 : Photographies de l'ouvrage en 2008 (Source : ONF-RTM 06) : a) plage de dépôt amont et b) piège à flottants. Les dépôts sédimentaires étaient en cours de végétalisation et le chenal creusé par incision avant 2002 est toujours visible au second plan. L'ouvrage ne semble pas avoir subi de crues majeures ni aucune opération d'entretien significative.

La plage de dépôt et le piège à flottants ont été entièrement comblés de sédiments durant la tempête Alex (Oct. 2020). La buse située en aval a à nouveau subi une obstruction complète et des dommages. Il est donc difficile d'évaluer l'efficacité du piège à flottants pour de magnitude intermédiaire car ce dernier n'a subi qu'une crue exceptionnelle. Bien que peu entretenu, cet ouvrage semble bien conçu et est vraisemblablement adapté aux évènements contre lesquels qu'il est censé protéger les enjeux.



Figure 7 : a) Photographie du piège à flottants des Imberts en 2018 et b) photographie de la plage de dépôts suite au comblement associé à la tempête Alex en 2020 et réapparition de pieux enterrés (Source ONF-RTM DRN et : ONF-RTM 06)

Budget travaux et financements

Le coût des travaux comprenant la plage de dépôt et le piège à flottants est de : 328 430 FF HT (en 1996) soit 69 400 €HT en 2021. Cela revient à des coûts unitaire d'environ (y compris installation et repli de chantier, le seuil de fondation, les terrassements associés au bassin amont et les enrochements en amont et ceux liaisonnés au béton sur les rives de l'ouvrage) :

- ➔ 4 300 €HT par mètre linéaire de piège à embâcle,
- ➔ 4 600 €HT par pieu de 2 m de long hors-sol.

Les financements ont été partagé comme suit :

- ➔ 30% autofinancement de la commune
- ➔ 25% Département
- ➔ 45% Etat (fonds R.T.M)

Principales leçons

- ➔ Les apports de flottants sont rares dans un torrent comme celui des Imbert où le transport solide est faible hors des épisodes majeurs (1996 et 2020).
- ➔ Un piège à flottant dans un tel torrent ne nécessite donc que peu d'entretien. Un débroussaillage occasionnel du râtelier reste souhaitable afin d'en faciliter le suivi.
- ➔ Un écartement de pieux de 1 m ne génère que peu de piégeages de flottants de petite dimensions (branches, feuille mortes) dans un torrent si peu actif.
- ➔ En cas d'apport sédimentaire massif, un tel ouvrage est simplement enseveli. Il perd sa fonctionnalité de piège à flottants momentanément mais le curage de la zone permet de restaurer celle-ci rapidement.

SOURCES

- Photos et fascicule de présentation du sentier de découverte des Imberts – ONF-RTM 06, non daté
- Certificat de paiement N°2 décompte général des travaux – ONF-RTM 06, 1996
- Etude du bassin versant du Cervagne à Roquebillière – ONF-RTM 06, 2014
- Comptes rendus des retours d'expériences approfondis sur les torrents Imberts (06). Annexe 9 du rapport de « Mise à jour inventaire et retour d'expériences sur les plages de dépôt » - ONF-RTM & IRSTEA ETNA, 2019. MIG MTES –Action C2
- Echanges directs avec le service ONF-RTM 06, été 2022.



PIEGE A FLOTTANTS SUR LE TORRENT DE LA BEOUX A VEYNES

Région : Provence-Alpes-Côte d'Azur

Département : Hautes-Alpes

Délégation : Marseille

Commune concernée : Veynes

Bassin versant : Le Petit Buëch (390 km²)

Sous-bassin : La Béoux (63 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Mairie de Veynes

Place de la République

05400 Veynes

PARTENAIRES

SMIGIBA (suivi de l'ouvrage)

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

La Béoux est un torrent très actif issu du massif du Dévoluy. Son bassin versant est peu végétalisé et présente des zones d'éboulis, de roches fracturées et d'érosions : ces facteurs expliquent la très forte charge sédimentaire du cours d'eau. Son lit présente un faciès de tresse relativement rectiligne dont la pente moyenne varie de 2% à 5%. A son arrivée dans la commune de Veynes, le cours d'eau a une pente de 2,5% et il est contraint de traverser la route départementale RD994 et un pont SNCF (Figure 1). Le torrent conflue ensuite un peu plus en aval dans le Petit Buëch.

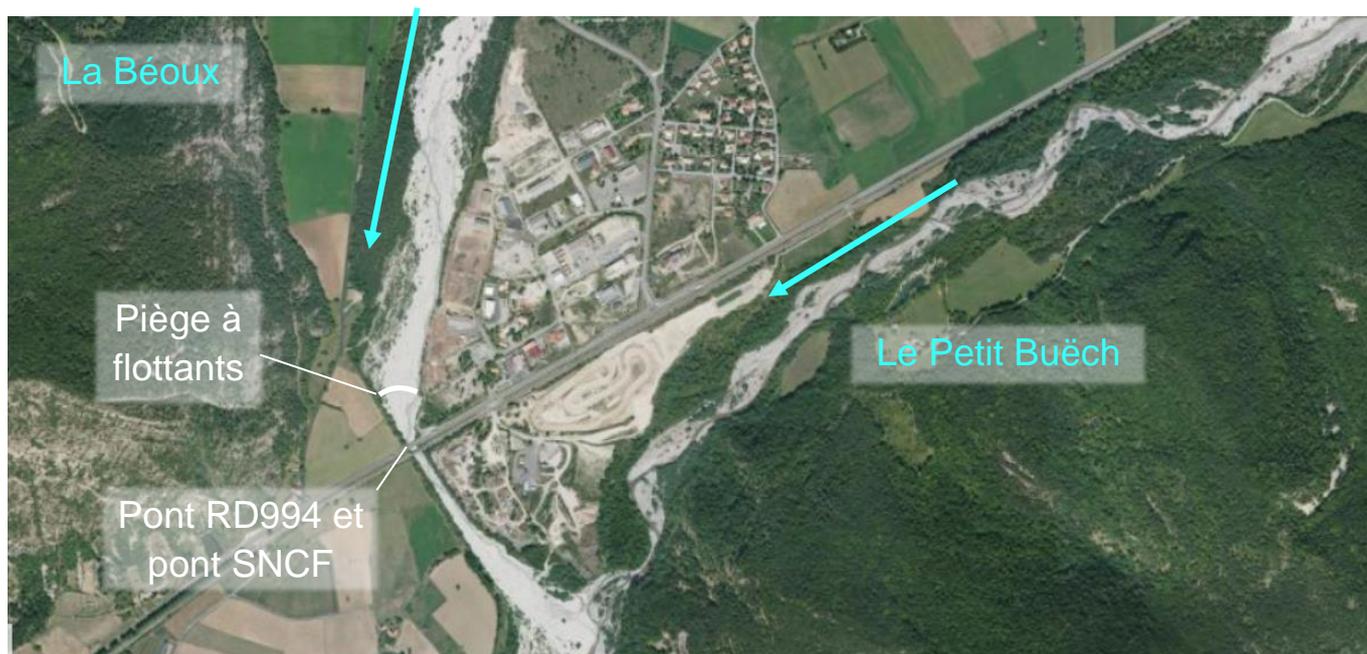


Figure 1 : Localisation du piège à flottants (Source : géoportail.gouv.fr)

Le premier pont composé de trois arches est le plus limitant (Figure 2). Un risque d'obstruction de ce dernier a été évalué pour la crue centennale (débit de pointe : 125 m³/s) selon l'étude du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN). Le fort transport sédimentaire du cours d'eau, la présence de zones arborées en bordure du lit, la contraction de la largeur du lit qui passe de 75 – 100 m à l'amont à moins de 20 m au droit des ponts, la présence de piles en rivières et la faible largeur des arches sont les facteurs principaux influençant ce risque d'obstruction.

Malgré l'absence de débordement depuis la construction du pont 165 ans plus tôt, l'ensemble de la commune était cartographié au PPRN comme soumise à un risque d'inondation. Un Schéma Directeur pour la Protection de la Plaine de Veynes a été commandé par la mairie de la commune en 2003 pour proposer des solutions dans le but d'améliorer la situation. L'étude a préconisé l'implantation d'un piège à flottants en amont du pont de la RD994 en guise de protection, le PPRN a pu ensuite être modifié.



Figure 2 : Vue d'amont du pont de la RD994

Caractéristiques du piège

L'ouvrage a été étudié sur modèle physique au 1:40 pour choisir la configuration de piège à flottants la plus adaptée. Plusieurs dispositions ont été testées (convexité inverse et écartement entre pieux doublé), celle retenue est présentée ci-après.

Le piège à corps flottants a été construit en 2006. Situé une centaine de mètres à l'amont du pont de la RD994, l'ouvrage est relativement discret dans le paysage (Figure 4 et 4). Son implantation a notamment été retenue car des accès étaient déjà présents, facilitant ainsi le déplacement d'engins pour l'entretien.



Figure 3 : Ouvrage vue de l'aval depuis le pont de la RD994 en 2015



Figure 4 : Ouvrage vue de l'aval depuis le pont de la RD994 après la crue de décembre 2009 (source : ONF-RTM 05)

Le râtelier a une longueur totale d'environ 100 m. Il est composé de 35 pieux espacés de 3 m. Ils sont disposés en arc de cercle (concavité tournée vers l'aval – Figure 5a). Les pieux sont fondés sur des pieux forés tubés directement dans le lit alluvial (Figure 5b). Ce type de fondation a été jugé plus adapté à la reprise d'efforts horizontaux que des pieux façonnés à l'avance. Les pieux enterrés mesurent 7 à 9 m de long et 800 mm de diamètre. Ils sont couronnés d'une tête de pieux carrée de 0,9 x 0,9 x 0,6. Les pieux émergés font 3 – 4 m de haut et 300 mm de diamètre.

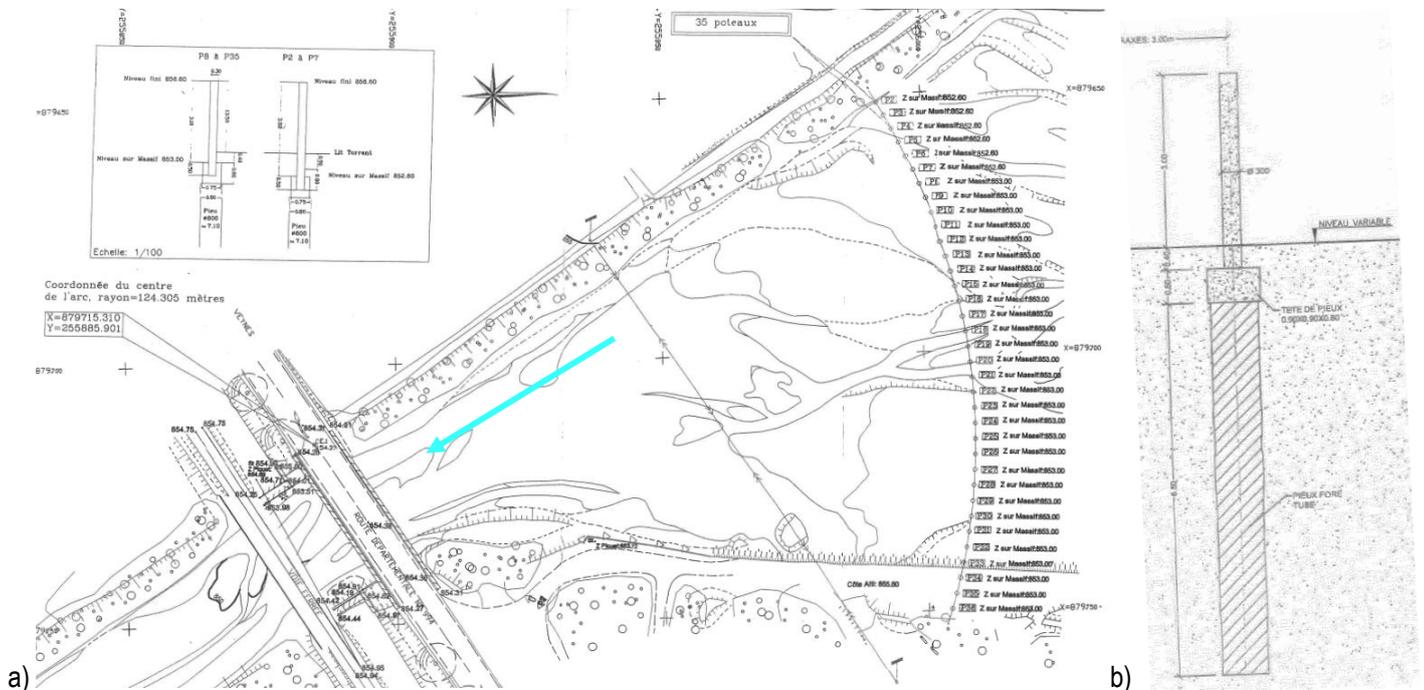


Figure 5 : Plans de l'aménagement : a) Plan de masse du piège à flottants en amont de la RD994 et b) coupe type d'un pieux (source : Groupement Gardiol TP – Franki Fondation, 2006)

Fonctionnement du piège

Les techniciens de la ville de Veynes s'occupent du retrait du bois retenu par l'ouvrage, ils ont intervenu à plusieurs reprises à l'aide de mini-pelles ou de tractopelles depuis la création du piège. Un cas post-crise a notamment été bien documenté par l'ONF-RTM 05 : à la fin du mois de Décembre 2009, le torrent de la Béoux a connu une crue importante suite à des précipitations élevées (175 – 200 mm) sur un sol enneigé et donc pré-saturé, augmentant ainsi le volume d'eau ayant ruisselé jusqu'à au cours d'eau. Des dépôts de bois flottants allant jusqu'à 1,50 m de hauteur ont été piégés (Figure 6 et 7). La majorité du bois retrouvé dans le lit a été stoppé par le piège. Quelques pièces ont traversé l'obstacle et se sont déposés en aval (Figure 6b).

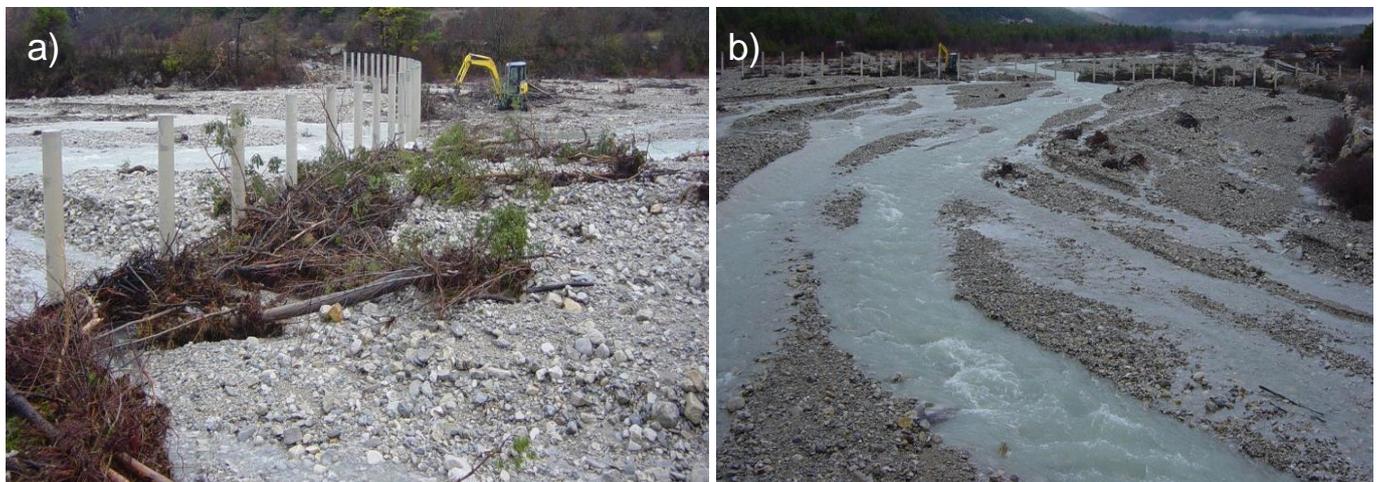


Figure 6 : Dépôts de bois flottants suite à la crue de Décembre 2009 : a) à l'amont des pieux, b) entre le piège et la RD 994 ; (source : ONFR-RTM 05, 2010)



Figure 7 : Accumulations de bois flottants retirées du piège suite à la crue de décembre 2009 et mise en dépôt sous forme de tas en attente d'évacuation (source : ONFR-RTM 05, 2010).

Les embâcles formés sur les pieux ont favorisé le dépôt de matériaux sédimentaires à l'amont, entraînant un exhaussement moyen du lit s'étendant sur environ 100 m à l'amont. Ces matériaux ont été majoritairement repris par les crues suivantes suite au retrait du bois, un rehaussement du fond du lit moyen de 0,70 m par rapport au niveau initial a été néanmoins mesuré en Mars 2010 à l'amont des pieux. Des levés topographiques menés au droit de l'ouvrage montrent que le niveau du lit varie régulièrement dans une gamme de ± 50 cm au gré de divagation du torrent. Le volume restant stocké en 2010 était évalué à 7 000 – 8 000 m³. Des dépôts de matériaux ont également été observés à l'aval du piège, probablement dû à la réduction de la section du torrent induite par le pont, le développement de la zone artisanale rive gauche et la faible pente du torrent sur ce tronçon. Ce genre de variation et de stockage / déstockage est normal dans un torrent aussi actif que la Béoux mais des suivis topographiques sont nécessaires pour identifier d'éventuels dépôts chroniques. Des curages sont réalisés lorsque la topographie de référence est dépassée, les matériaux retirés sont alors réinjectés plus à l'aval. La dernière opération de ce type a été effectuée en 2020.



L'absence d'un seuil ou radier continu entre les pieux permet à un certain affouillement de se créer sous les accumulations de flottants laissant ainsi passer une partie notable de la charge sédimentaire charriée. Cette configuration est très adaptée à cet ouvrage dont la fonction est d'interférer avec le transit des flottants mais dont il faut minimiser l'effet sur la charge sédimentaire : la digue située en rive gauche n'est pas très élevée. La grande largeur de l'ouvrage permet par ailleurs aux chenaux de divaguer largement jusqu'à s'écouler dans les zones non embâclées du piège pendant les crues : ce phénomène limite aussi la rehausse des lignes d'eau et le taux d'obstruction de l'ouvrage et donc les dépôts en amont.

Aucun entretien de la ripisylve n'était réalisé à l'amont ou à l'aval du piège avant sa construction, c'est encore le cas aujourd'hui. La création de l'ouvrage n'a donc naturellement pas entraîné un changement de la gestion du bois sur la Béoux.

Budget travaux et financements

Le coût des études amont comprenant l'étude Loi sur l'eau et les études de conception du piège à flottants y compris le modèle physique a été de l'ordre de 58 000 € HT.

Les financements ont été partagés comme suit :

- 15% autofinancement
- 23% Département
- 45% Région
- 17% Etat

Le coût des travaux du piège à flottants est de : 200 000 € HT en 2003. Cela revient à des coûts unitaires de sensiblement 5 700 € HT par pieu et de 2 000 € HT par mètre linéaire d'ouvrage.

Les financements ont été partagés comme suit :

- 30% Département
- 50% Région
- 20% Etat

Principales leçons

- ➔ Les apports massifs de bois flottants sont rares même dans un torrent aussi actif que la Béoux.
- ➔ L'activité morphologique du torrent empêche naturellement l'installation d'une végétation ligneuse hors des marges du torrent. Un piège à flottant dans un tel torrent ne nécessite donc aucun entretien hors apport massifs de flottants.
- ➔ Un écartement de pieux de 3 m génère peu de piégeages de flottants de petite dimensions (branches, feuille mortes) mais piège la majorité des flottants en cas de crue de magnitude intermédiaire. L'étude sur modèle physique a montré que doubler l'écartement des pieux à 6 m réduisait significativement l'efficacité de piégeage.
- ➔ L'absence de seuil sous l'ouvrage lui confère une grande transparence sédimentaire ce qui est très important compte tenu du transit naturel de ce cours d'eau. La topographie du lit est suivie épisodiquement et varie naturellement dans une gamme de ± 0.5 m, ce qui est normal dans un cours d'eau en tresse de ce type.

SOURCES

- Rapport Avant-projet, Société du Canal de Provence (SCP) Ingénierie, 2005
- Rapport des missions spécialisées relatives au modèle réduit hydraulique, Société du Canal de Provence (SCP) Ingénierie, 2005
- Dossier de récolement, Pièges à embâcles, Veynes. Groupement Gardiol TP – Franki Fondation, 2006
- Rapport pour l'année 2010, Piège à flottants sur la Béoux, ONFR-RTM 05, 2010
- Echanges directs avec le SMIGIBA et le Département des Hautes-Alpes, été 2022.

Date de rédaction : Octobre 2022



PLAGE DE DÉPÔT ET PIÈGE À FLOTTANTS À L'AMONT DE LA TRAVERSÉE DE SAINT-JEAN-DE-MAURIENNE

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Département : Savoie

Délégation : Lyon

Commune concernée : Saint-Jean-de-Maurienne

Bassin versant : L'Arc (2000 km²)

Sous-bassin : L'Arvan (223 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Syndicat de Pays de Maurienne

ANCIEN ÉVÊCHÉ

Place de la cathédrale - Aile Nord

73300 SAINT-JEAN-DE-MAURIENNE

PARTENAIRES

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

L'Arvan est un grand torrent alpin qui se jette dans l'Arc à Saint-Jean-de-Maurienne. Sa pente, $\approx 4\%$ quelques kilomètres en amont de la confluence, diminue jusqu'à 2% dans la traversée urbaine à l'amont immédiat de l'Arc. De nombreux enjeux sont présents dans cette dernière portion (Figure 1), de nombreux bâtis mais aussi le franchissement du torrent par trois routes départementales (Figures 2, 3 et 5), des voies SNCF (Figure 4), une passerelle piétonne et la proximité directe avec l'autoroute A43 (France – Italie). Lors de ses crues majeures, l'Arvan charrie des volumes considérables de sédiment qui ne sont parfois pas immédiatement repris par l'Arc (volume solide associé à la crue centennale estimé à $130\,000\text{ m}^3$ – Koulinski et Richard, 2008). Le lit à la confluence des deux cours d'eau subit alors des exhaussements qui génèrent d'importants risques de débordement. Afin de protéger le secteur, un piégeage de la charge solide est nécessaire lors des crues majeures. Le lit de l'Arvan est toutefois sensiblement à l'équilibre en l'état et la plage de dépôt doit être très perméable au transport solide pour éviter des incisions en aval de l'ouvrage. L'Arvan passe par un tronçon boisé juste avant de traverser la zone urbaine, ce qui augmente d'autant plus le risque de formation d'embâcles en aval. Il a donc été décidé de concevoir une plage de dépôt utilisant un piège à embâcle comme ouvrage de fermeture pour réguler le transport solide et protéger les ponts contre le risque d'obstruction.

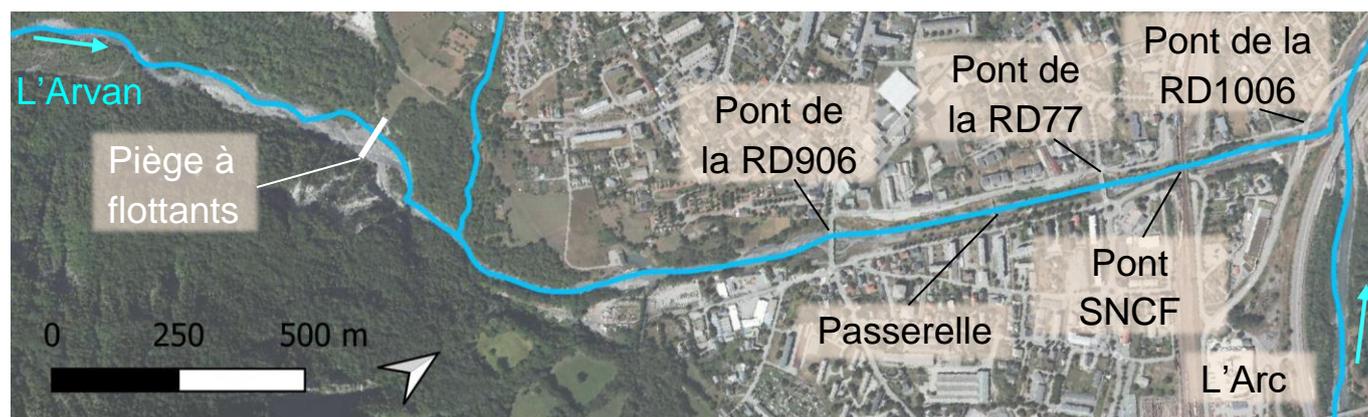


Figure 1 : Vue aérienne de l'Arvan dans la traversée de Saint-Jean-de-Maurienne et localisation du piège à flottants



Figure 2 : Pont d'Arvan de la RD906 vu depuis l'aval (source : mapio.net)



Figure 3 : Pont Cizeron de la RD77 vu depuis l'aval (source : GoogleStreetView)



Figure 4 : Pont de la SNCF vu depuis l'amont (source : Wikipédia, photographie de Florian Pépellin)



Figure 5 : Pont de la RD1006 vu depuis l'amont, le viaduc de l'autoroute A43 passant sur l'Arc est visible au fond de la photo (source : GoogleStreetView)

Caractéristiques du piège à flottant

Le piège à embâcle et la plage de dépôt sont situés à l'amont de la zone urbaine de Saint-Jean-de-Maurienne. L'ouvrage vise à la fois à piéger les grands flottants pour empêcher la formation d'embâcles sur les ponts qui y sont présents et à piéger une partie des apports solides lors des crues majeures un évitant un exhaussement du lit au niveau de la confluence avec l'Arc. Comme le décrit Koulinski et Richard (2008) dans un article décrivant l'étude sur modèle physique de l'ouvrage : "En cas de forte crue, les apports de flottants sont très importants étant donné l'état du lit en amont. Ils sont arrêtés par un système de peigne, ce qui préserve les ponts aval. Par contre, aucun blocage ne se produit pour les petites crues qui n'apportent qu'un volume modéré de bois. Il est en effet essentiel que le transport solide ordinaire transite en aval afin de prévenir un affouillement du lit dans l'ensemble de la traversée urbaine et pour limiter l'entretien de la plage de dépôt." Le site a été retenu car un accès était existant pour les véhicules d'entretien, et car l'absence d'enjeux directs assure que les remous liquides et solides qui peuvent être causés par l'obstruction de l'ouvrage ne génèrent pas un risque pour des propriétés ou des infrastructures.

Construit en 2011 – 2012, le râtelier d'une longueur totale de 63 m est composé de 10 pieux de diamètre 1500 mm espacés de 7 m et disposés dans le lit mineur perpendiculairement à l'écoulement (Figure 6). Cette distance inter-pieux élevée rend l'ouvrage très transparent lors des petites crues qui transportent des quantités modérées de bois. Chaque pieu est foré tubé moulé et mesure 13,5 m de long : 10,5 m enterré, 3 m émergé (Figure 7).

Le râtelier est implanté sur un seuil en enrochements bétonnés d'épaisseur 2,5 m à parement aval incliné. Le seuil est enterré sous le niveau du lit moyen en temps normal (Figure 8). Sa hauteur totale de chute de 3,5 m pour une pente de 1H/2V vise à absorber l'incision aval à l'ouvrage lors de crues majeures piégeant significativement la charge solide amont. Des protections de berges en enrochements bétonnés empêchent le contournement latéral de l'ouvrage. Un sabot parafeuilles de 4 m de long et de 4 m d'épaisseur en enrochements libres de 3-5 tonnes complète le dispositif. Au total, l'ouvrage a nécessité 8 000 m³ d'enrochements, 2 000 m³ de béton, 106 t d'acier et 22 000 m³ de terrassement.

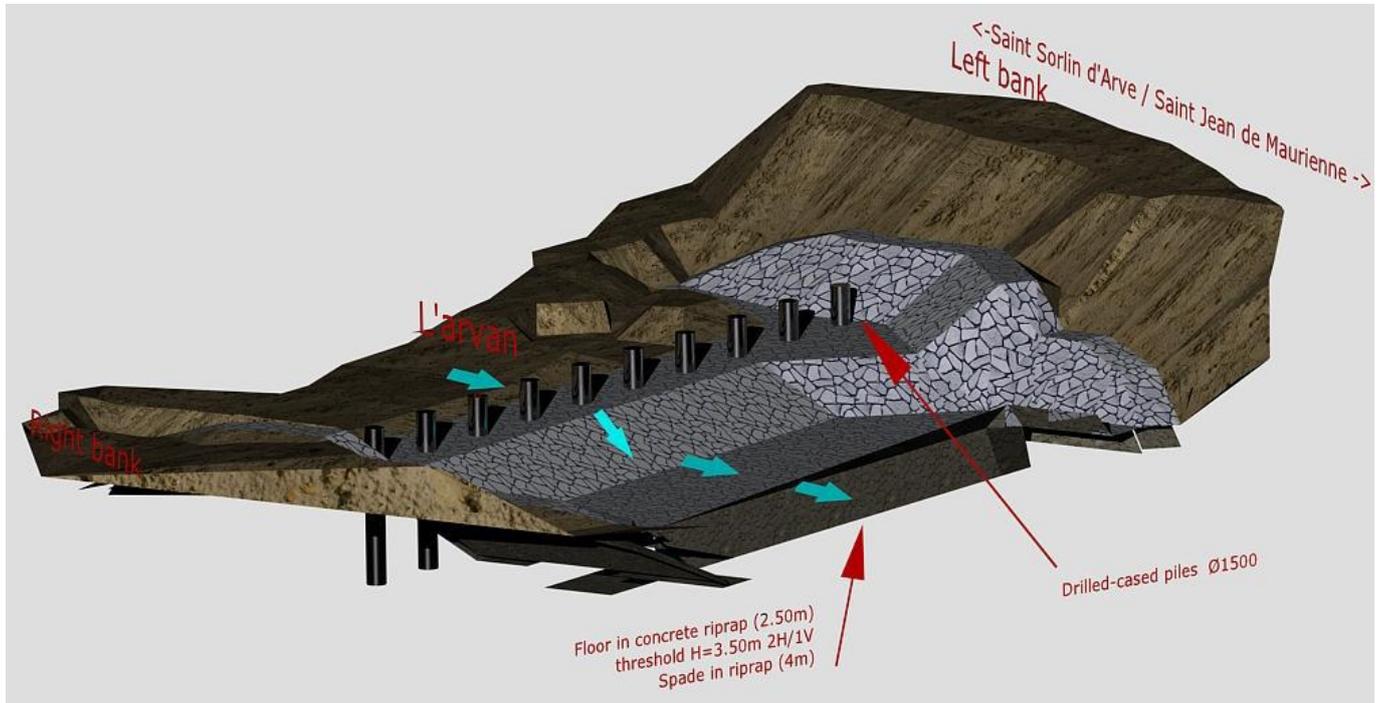


Figure 6 : Infographie 3D du piège à flottants (source : Koulinski, Fontanière, & Fourreau, 2012)

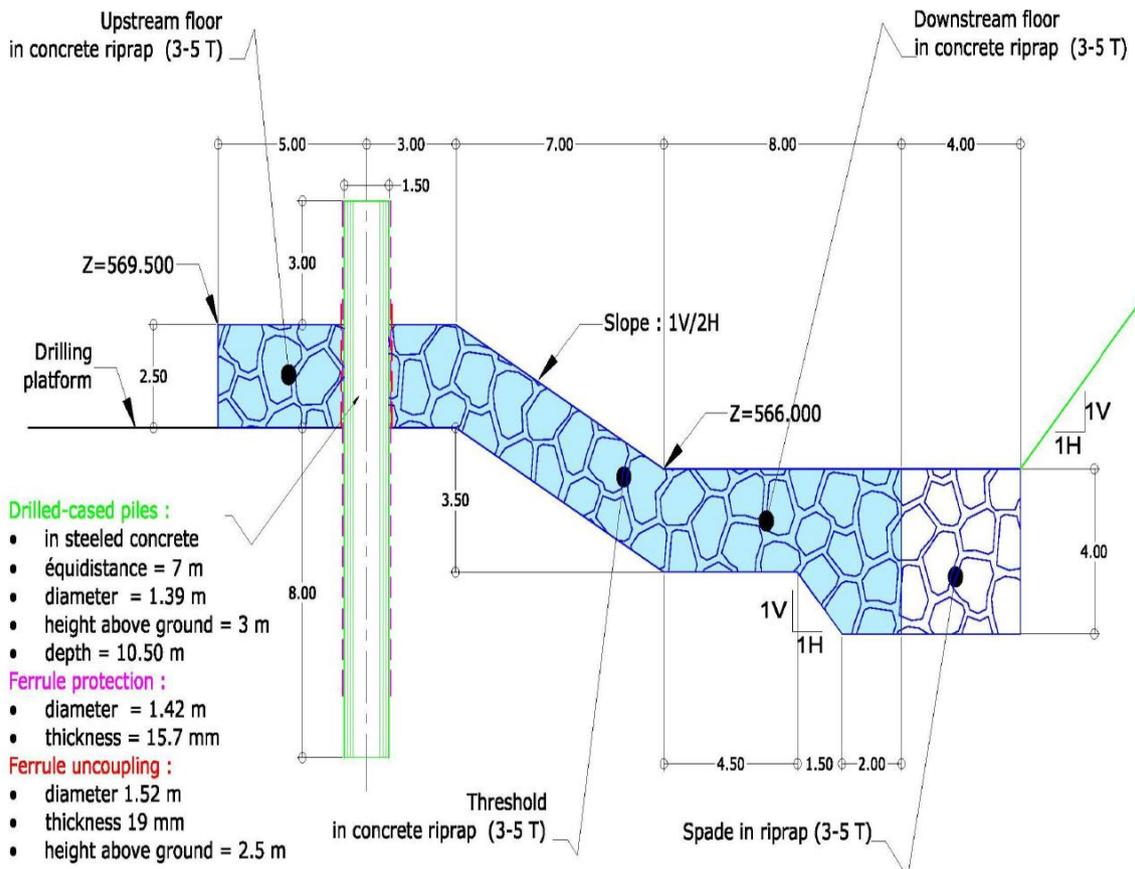


Figure 7 : Coupe longitudinale du piège à flottants (source : Koulinski, Fontanière, & Fourreau, 2012)



Figure 8 : Vue de l'ouvrage en Octobre 2014 : a) depuis la rive gauche et b) depuis l'amont

Le tronçon situé à l'amont du piège à flottants est une zone alluviale où le lit actif, d'une largeur de 30 à 60 m, divague dans une ripisylve mature. De grands peupliers poussent sur des terrasses alluviales peu élevées. Il est considéré certain qu'en cas de crue majeure de l'Arvan, une partie de ces grands arbres seront recrutés par les écoulements. Pendant de telles crues, sous l'influence aval du piège à flottant, le tronçon amont a vocation à faire office de plage de dépôt. Il est anticipé que l'obstruction du râtelier par le bois créera un remous hydraulique à l'amont dans lequel se déposera une partie significative du transport solide. Le processus a été étudié sur modèle physique au 1:80 (Figure 9), complétées par des modélisations numériques hydrosédimentaire en aval (Kouliniski et Richard, 2008). L'écartement important de l'espace entre les pieux permet de s'assurer que le transit sédimentaire est maintenu pour les crues plus modérées, prévenant ainsi une incision généralisée du lit à l'aval de la plage de dépôt, ainsi que des opérations de curage incessantes sur le tronçon amont.



Figure 9 : Etude de l'ouvrage sur modèle physique : a) accumulation de flottants contre l'ouvrage et remous liquide associé au pic de crue, b) état du lit après la crue (source : Kouliniski et Richard, 2008)

La mise en place de l'aménagement de la plage de dépôt – piège à flottant a été accompagnée d'aménagements sur le tronçon aval : mise en place d'épis visant à limiter les divagations de l'Arvan dans la traversée de Saint-Jean-de-Maurienne, ainsi que de quatre seuils visant à limiter les incisions dans le même secteur lors des crues majeures (côte des ouvrages calés au niveau du fond du lit, ouvrages enterrés sous les alluvions en temps normal), protection des ponts contre les affouillements par la mise en place de radiers en enrochements libres ainsi que des protections de berges au droit des seuils et en amont des ponts.

Fonctionnement du piège

Aucune information concernant le fonctionnement n'a été retrouvée. Concernant l'entretien, les arbres de plus de 10 m de haut sont censés être entretenus et retirés du tronçon de rivière située en aval de l'ouvrage de piégeage mais peu d'entretien préventif de la végétation n'est mené en amont du site : cet entretien est réalisé par les riverains ainsi que ponctuellement par les équipes de la ville, sans plan de gestion, mais la majeure partie du linéaire est non entretenue car trop important.

Budget travaux et financements

Le coût des travaux d'aménagement de l'ouvrage râtelier fermant la plage de dépôt a été de l'ordre de 912 000 € HT réparti en deux lots : (i) terrassements et enrochements (540 000 € HT répartis comme suit : 3% de frais généraux et d'installation de chantier, 10% de terrassements et 87% d'enrochements) ; et (ii) pieux forés et béton armé (372 000 € HT répartis comme suit : 20% de frais généraux et d'amenée et repli de l'atelier de forage, 50% de forage et mise en place des pieux et 30% de béton armé de remplissage des pieux). Ceci revient à des coûts unitaires y compris l'aménagement du seuil (sensiblement 60% du coût) d'environ 91 000 € HT par pieux et d'environ 14 000 € HT par mètre linéaire d'ouvrage.

SOURCES

- Kouliniski V, Richard P. 2008. Apports des modèles réduits pour la gestion des sédiments et des flottants en torrents et rivières torrentielles [Scale models contribution to the sedimentation processes and floating debris transit]. Houille Blanche 4 : 90-97. DOI: 10.1051/lhb:2008044
- Kouliniski, V., R.Fontanière, J.Fourreau, The Arvan torrent Construction phase. Poster présenté à la conférence Interpraevent, 2012



PIEGE A FLOTTANTS SUR LE TORRENT DE LA BALME A ARGENTINE

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Département : Savoie

Délégation : Lyon

Commune concernée : Argentine

Bassin versant : L'Arc (2000 km²)

Sous-bassin : La Balme (6.6 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Syndicat de Pays de Maurienne

Maison de l'Intercommunalité

Avenue d'Italie

73300 SAINT-JEAN-DE-MAURIENNE

PARTENAIRES

ONF-RTM 73 (maître d'œuvre)

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

La Balme est un torrent dont les crues les plus dommageables peuvent se produire sous forme de lave torrentielle ou sous forme de crue liquide très chargées en sédiments charriés. Le relief très marqué de son bassin versant et sa géologie constituée de schistes granitiques sont les principales causes de ce transport solide intense. La pente du profil en long du cours d'eau est supérieure à 40% à l'amont du village d'Argentine, puis diminue à environ 16% dans la traversée du village et s'abaisse à 1% sur les derniers 500 m avant la confluence avec l'Arc. Cette diminution drastique de pente se développe sur la longueur de son cône de déjection qui fait sensiblement 1.5 km de rayon (Figure 1).

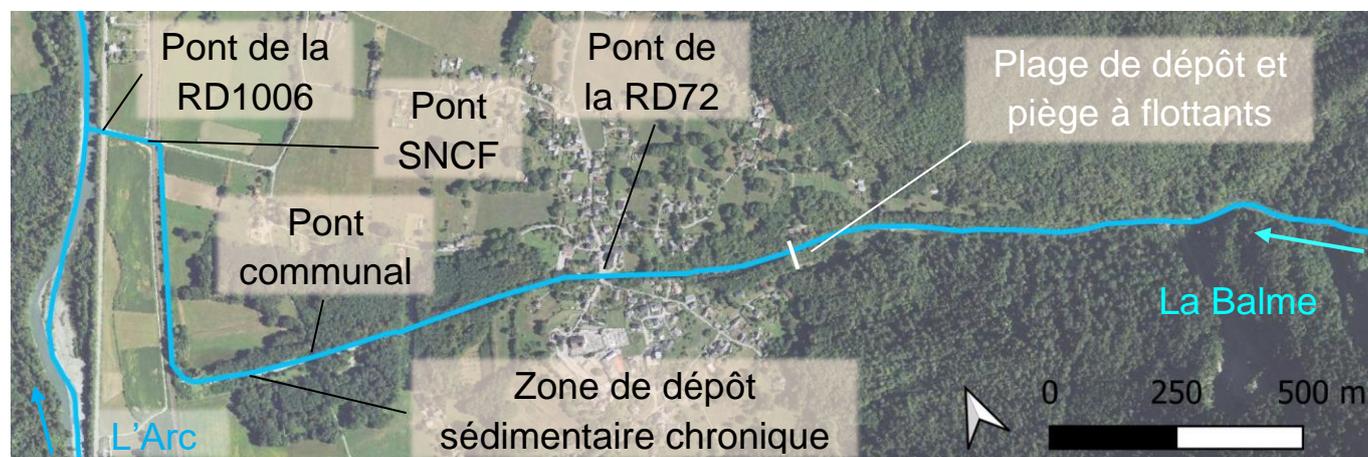


Figure 1 : Vue aérienne de la partie basse du torrent de la Balme

Le cours d'eau est globalement étroit et même chenalisé sur certaines sections, le transit sédimentaire est donc relativement assuré jusqu'à la sortie du village. En revanche, à l'aval d'Argentine où la pente se réduit fortement (et plus précisément à l'aval du pont communal), la très grande majorité des matériaux transportés depuis l'amont se déposent et engravent le lit du cours d'eau (Figure 2) : s'en suit une problématique d'engravement systématique, aggravant fortement les risques d'inondations dans la partie terminale du cône de déjection où sont situés des réseaux de transport : voie ferrée France – Italie et RD1006. Dans sa partie terminale avant la confluence avec l'Arc, le torrent de la Balme n'est plus qu'un petit fossé agricole à la capacité de transport négligeable.



Figure 2 : Engravement du lit de la Balme entre fin 2013 et début 2017 à l'aval du pont de la route communale, fortement lié à la crue de Mai 2015 (source : ONF-RTM 73, 2020)

La quasi-totalité du bassin versant étant composé de forêts, et les berges étant également boisées sur toute la traversée d'Argentine, les sources de bois flottants sont importantes et le risque d'obstruction des ponts de la route départementale RD72 et de la route communale est avéré. La formation d'embâcle favoriserait par ailleurs le dépôt de matériaux et entraînerait des exhaussements et des débordements dans la traversée du village. L'obstruction du pont communal par des embâcles pourrait par ailleurs détourner le lit du torrent qui déposerait alors ses sédiments hors de la zone de dépôt visible sur la Figure 2.

La présence de nombreux enjeux et l'aléa torrentiel fort de la Balme ont motivé la réalisation d'une plage de dépôt et d'un piège à flottants à l'amont d'Argentine. La fonction de cet ouvrage est double :

1. Du point de vue sédimentaire, il ne doit pas retenir l'intégralité des matériaux, mais réguler le transport solide, en particulier les épisodes de laves torrentielles, et favoriser des dépôts, notamment de la fraction granulométrique la plus grossière, par des divagations du torrent dans une zone où le lit est élargi et endigué. Le tronçon situé en aval sera ainsi partiellement déchargé du transport solide amont lors des épisodes les plus intenses, le transport solide résiduel se déposant tout de même dans la partie terminale du cône de déjection où il est prévu d'être curé.
2. Du point de vue du bois flottant, l'ouvrage vise à stopper une grande partie des flottants afin d'éviter d'obstruer le chenal dans son tronçon intermédiaire, notamment au droit du pont de la RD72.

Caractéristiques de l'ouvrage

Le piège à flottants a été construit en 2020 juste à l'amont de la plage de dépôt qui se situe environ 400 m à l'amont du pont de la RD72. La commune a acquis les terrains sur lesquels ont été bâtis les ouvrages.

Le piège à flottant est composé de 3 pieux formés de poutres IPN HEB240 de 6 m de long, enterrés sur 4 m et hors sol sur 2 m (Figure 3 et 4). La distance inter-pieux est de 3,5 m. Le piège est implanté sur un seuil en enrochement bétonné. Des protections de berges empêchent son contournement éventuel et les affouillements qui pourraient être causés par l'obstruction du piège. La berge en rive droite a également été rehaussée d'environ 1,5 m pour éviter des débordements induits par le piège. En rive gauche, une route d'accès permet la desserte d'un réservoir d'eau potable.



Figure 3 : Piège à flottant vu d'aval a) à la fin des travaux (source : Syndicat du Pays de Maurienne, 2020) et b) en Octobre 2022

La plage de dépôt a été conçue en dérivation en rive gauche de l'axe du torrent. Elle a été décaissée sur une trentaine de mètres de large dans une zone de dépôt historique. Les déblais ont été menés 0,5 m au-dessus du fond du lit mineur. Sa pente longitudinale, identique à celle du torrent, est très raide : 15%. Ce paramètre, ainsi que la section hydraulique du lit mineur résiduel de 4 – 5 m² permettent à tous les matériaux solide de transiter à l'aval pour les crues courantes, mis à part les dépôts induits par le piège à flottants (Figure 4). Le but de cet élargissement du lit majeur est d'arrêter des gros blocs transportés par les laves torrentielles.

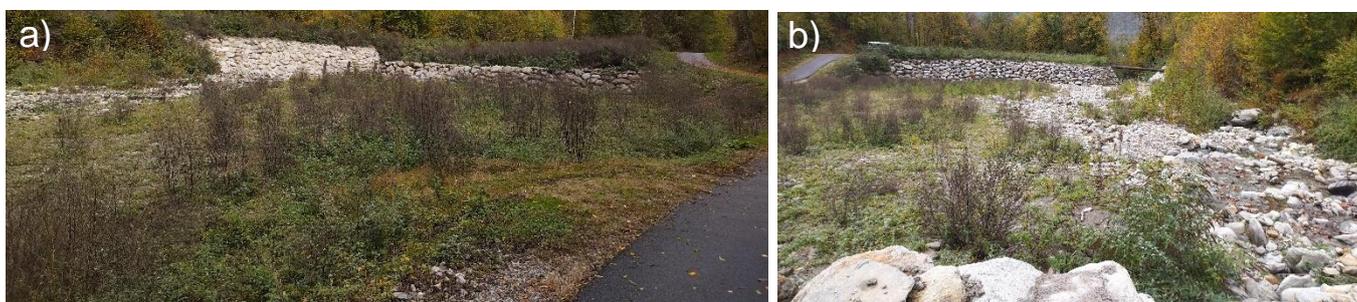


Figure 4 : Plage de dépôt en octobre 2022 : a) vue d'aval vers le bassin et le piège à flottant et b) vue d'amont vers la digue de fermeture

Fonctionnement de l'ouvrage

L'ouvrage a été construit en 2020 et le torrent de la Balme n'a pas connu de crue majeure depuis. Il n'y a donc pas d'information relative au fonctionnement ou à l'entretien du piège.

L'entretien de la végétation à l'amont du piège est principalement à la charge de l'ONF (forêt domaniale), et il ne semble pas que leurs pratiques aient changé depuis la création de l'ouvrage. A l'aval l'entretien revient aux riverains, le syndicat n'intervient alors que ponctuellement en cas de nécessité sur la végétation de la zone de dépôt ou pour éventuellement en curer les matériaux.

Budget travaux et financements

Le coût des travaux comprenant la plage de dépôt et le piège à flottants a été d'environ : 185 000 € HT, dont 44 000 € HT uniquement pour le piège à flottants. Soit sensiblement 15 000 € HT par pieux ou environ 6 000 € HT par mètre linéaire d'ouvrage en considérant une largeur de 7 m. Il est à noter que les frais conjoints à la plage de dépôt et au piège n'ont pas été pris en compte (préparation et installation du chantier, réception, etc).

Les financements ont été partagé comme suit :

- 1,5% autofinancement
- 30% Département
- 22,2% Syndicat du Pays de Maurienne
- 46,3% Etat

SOURCES

- Déclaration environnementale, ONF-RTM 73, 2020
- Profil en long, ONF-RTM 73, 2020
- Plan de récolement, Eiffage, 2020
- Site internet du Syndicat du Pays de Maurienne



PIEGE A FLOTTANTS SUR LA COMMUNE DE GRESY-SUR-AIX

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Département : Savoie

Délégation : Lyon

Commune concernée : Grésy-sur-Aix

Bassin versant : Le Sierroz (133 km²)

Sous-bassin : Le Sierroz en amont de la Deysse (52 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Communauté d'Agglomération GRAND LAC

1500 Boulevard Lepic

73100 Aix-les-Bains

PARTENAIRES

ONF-RTM 73 (conception et suivi de réalisation)

CISALB (dossier administratif loi sur l'eau)

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

Le Sierroz prend sa source au pied du massif du Revard dans les Bauges et se jette dans le lac du Bourget. Son bassin versant total est de 133 km². En amont de la confluence avec la Deysse et des premiers enjeux de son court inférieur, le Sierroz s'écoule dans des gorges molassiques très boisées et a un bassin versant de 52 km² (Figure 1). La pente moyenne sur ce secteur amont est de 2% et le débit centennal est estimé à 57 m³/s. Le Sierroz dans ce secteur transporte régulièrement du bois flottant.

Des enjeux urbanisés et de plusieurs ouvrages de traversée équipés de pile en rivière sont présents à l'amont de la confluence, notamment le pont de la RD911 qui présente de forts risques d'obstructions (Figure 2). Plus en aval, d'autres ouvrages et enjeux se succèdent jusqu'à la traversée d'Aix-les-Bains et le lac du Bourget. Dans les gorges, les difficultés d'accès au lit du cours d'eau rendent l'éventuel entretien préventif de la ripisylve très coûteux et complexe. En Juin 2008, une crue a transporté des grandes quantités de bois flottant, obstruant partiellement le pont de la RD911 qui a ainsi été submergé pendant plusieurs heures. Suite à cet événement et compte tenu de la difficulté de la gestion de la ripisylve, il a été décidé de mettre en place un tri-bois (ou piège à flottants) et d'abandonner les travaux préventifs d'entretien.

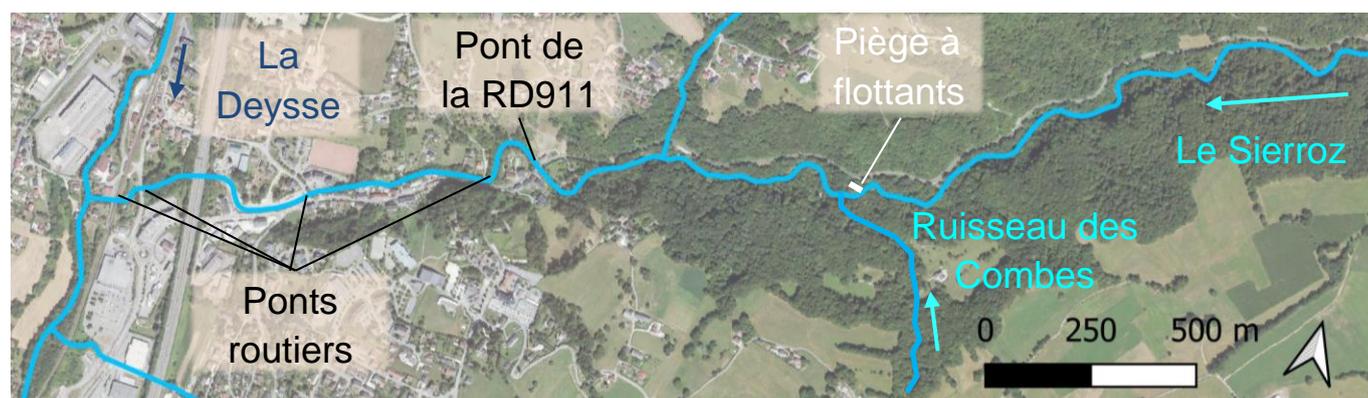


Figure 1 : Vue aérienne de la partie terminale des gorges du Sierroz et de la confluence avec la Deysse. Zone boisée difficile d'accès suivie de nombreux enjeux et ouvrages de traversées.



Figure 2 : Pont de la RD911 à l'entrée de de Grésy-sur-Aix, a) vue d'amont après la crue du 10 juin 2008 (source : CISALB, 2018) et b) vue d'aval le 25 octobre 2022 en condition d'écoulement normal.

Caractéristiques du piège

L'ouvrage a été construit en 2018 à l'amont de la confluence du Sierroz avec le ruisseau des Combes, il se situe environ 900 ml à l'amont du pont de la RD911. L'ouvrage est un râtelier constitué de 6 pieux en aciers disposé en dérivation, c'est-à-dire hors du lit mineur (Figure 3). Il est implanté à 45° par rapport à la berge rive droite, en extrados d'une courbe bien marqué du lit du cours d'eau (Figure 4). Cette disposition lui permet d'être transparent pour les débits inférieurs à 5 m³/s. Elle favorise par ailleurs le piégeage du bois flottant transporté en crue sans obstruer l'ensemble de la section, évitant une rehausse de la ligne d'eau trop importante. Quand le débit augmente, l'écoulement submerge le banc alluvial (en jaune sur la Figure 4) et dirige le bois flottant vers l'entonnoir du piège. Pour les débits très importants, le torrent pourra s'écouler dans le lit majeur boisé en rive droite derrière l'ouvrage si les niveaux d'écoulement dépassent le niveau de cette terrasse alluviale située sensiblement deux mètres au-dessus du fond du lit. Il est anticipé ainsi un piégeage complémentaire de bois flottant dans la ripisylve mature située sur cette terrasse alluviale.



Figure 3 : Etat de l'ouvrage à la fin des travaux, le tracé bleu indiquant la direction de l'écoulement (Source : ONF-RTM 73, 2018)

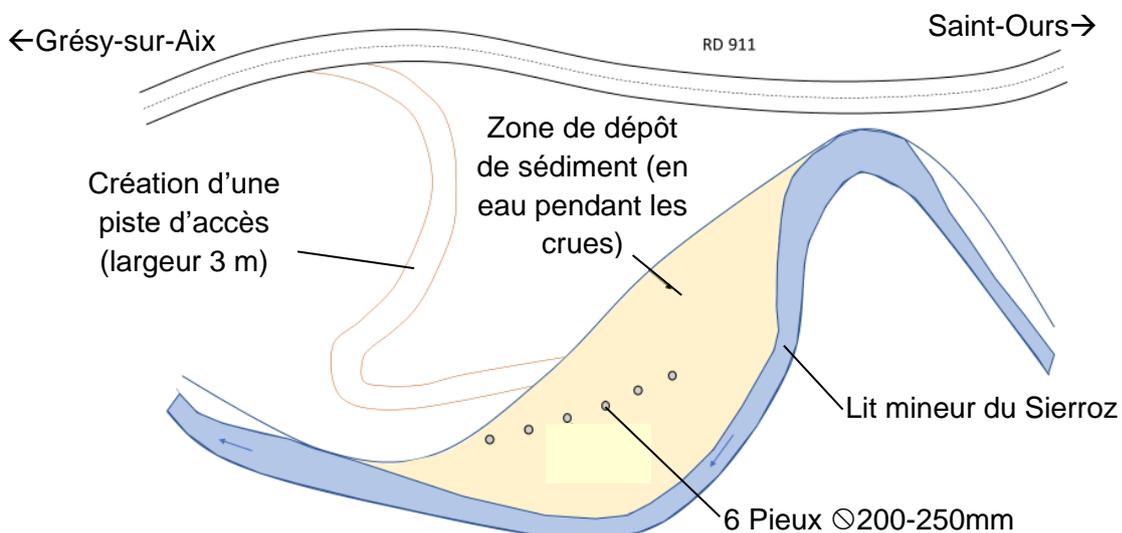


Figure 4 : Schéma de l'implantation des pieux dans le cours d'eau (Source : CISALB, 2018)

Le râtelier en dérivation fait environ 10 ml. Les six pieux en aciers sont constitués de tubes en acier de diamètre 177,8 mm et d'épaisseur 10 mm (contrainte admissible égale à 56 daN/mm²). Ils ont une hauteur hors-sol variant de 1 à 2 m selon l'épaisseur des alluvions. Ils sont espacés de 2 m. La partie souterraine des tubes mesure entre 2,5 et 3 m. Elle est enfoncée dans la molasse dans des forages de 300 mm. Du ciment a été injecté dans les tubes jusqu'au niveau du toit de la molasse pour éviter toute contamination avec l'eau (utilisation de ciment haute résistance pour béton en milieu agressif de type CEM I 52.5 N SP5 PM-CP2 HTS). La méthode de fixation des tubes peut être récapitulée comme suit :

- Mise en place d'un tube de forage \varnothing 250-300mm jusqu'à 2.5 – 3 m de profondeur,
- Forage dans le tube de forage afin d'extraire la molasse,
- Insertion d'un tube acier \varnothing 200-250mm dans le trou et retrait du tube de forage,
- Injection de coulis de béton dans le tube acier jusqu'au niveau du toit de la molasse. Le coulis scelle le tube acier dans le forage en durcissant.
- Mise en place d'une platine sommitale pour éviter les intrusions d'eau ou de la faune.

Les matériaux alluvionnaires qui constituaient la terrasse sur laquelle est implantée le râtelier ont été partiellement dégagés pour faciliter l'opération de forage dans la molasse (Figure 5). Après les travaux, les alluvions du banc ont été ramenés à leur place initial et la berge a été reconstitué enterrant assez significativement les pieux comme illustré sur la Figure 3.



Figure 5 : Photographies des travaux (Source : ONF-RTM 73, 2018)

Fonctionnement du piège

Le piège à flottants datant d'Octobre 2018, il n'a pas encore connu de crue majeure mais a quand même fonctionné à la suite de quelques crues de magnitude intermédiaire, notamment en Janvier et Mai 2021. Quelques dizaines de m³ de bois ont été retiré à l'aide d'une pelle mécanique avec pince suite à ces crues.

Budget travaux et financements

Le coût des études de conception et de géotechnique de cet aménagement très léger a été de l'ordre de 9 500 € HT. Le coût de réalisation de l'ouvrage, y compris la création de la piste d'accès, a été de l'ordre de 39 000 € HT. Cela revient à un coût unitaire de l'ordre de 6 500 € HT par pieux ou à environ 3 900 € HT par mètre linéaire d'ouvrage. Ils ont été totalement autofinancé par la Communauté d'Agglomération Grand Lac.

Entretiens

La création du piège à flottants avait pour objectif d'arrêter l'entretien de la ripisylve à l'amont de l'ouvrage, car le manque d'accès rendait les opérations trop complexes et coûteuses. Aujourd'hui, 4 ans après la mise en place du piège, le syndicat ne mène plus de travaux régulier sur le tronçon amont, seulement une surveillance y est menée pour vérifier que le bois flottant dans le cours d'eau ne présente pas de danger majeur.

Procédure réglementaire

Les travaux de mise en place de l'ouvrage ont nécessité qu'une note technique envoyées aux services de l'Etat.

Principales leçons post-travaux tirées par l'ONF-RTM 73 suite aux travaux de réalisation de l'ouvrage

- ➔ Une plate-forme de positionnement aussi régulière que possible est nécessaire à la bonne stabilisation de l'engin de forage. Sur le chantier du Sierroz, la tranchée faite pour la recherche du toit de la molasse a gêné les opérations;
- ➔ La présence de la couche d'alluvions n'est pas une gêne pour le forage, les galets de grosse taille présents au sein de la couche sont cassés par la tête foreuse ;
- ➔ Prévoir une protection renforcée de la berge la plus sollicitée à l'arrière du râtelier : mise en œuvre d'enrochements présentant une taille adaptée aux crues attendues ;
- ➔ Pour le pieu d'extrémité côté cours d'eau, envisager un dimensionnement plus fort que pour les autres, on suppose que les contraintes que ce dernier pourrait subir pourraient être plus élevées que pour les autres.

SOURCES

- *Rapport Etude ouvrages filtrants sur le Sierroz, ONF-RTM 73, 2018*
- *Note technique, projet d'implantation d'un tri-bois sur le Sierroz, CISALB, 2018*
- *Echanges directs avec le service ONF-RTM 73, février 2019*

Date de rédaction : Mai 2022



PIEGE A FLOTTANTS L'AMONT DE LA TRAVERSEE DE BOURGOIN-JALLIEU

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Département : Isère

Délégation : Lyon

Commune concernée : Bourgoin-Jallieu

Bassin versant : La Bourbre (750km²)

Sous-bassin : La Bourbre en amont du Bion (290km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Mairie de Bourgoin-Jallieu

1 Rue de l'Hôtel de Ville

38 300 Bourgoin-Jallieu

PARTENAIRES

SMABB (gestion du bassin versant)

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

La Bourbre est une rivière de plaine affluent du Rhône, qui s'écoule sur 72 km de long et de pente moyenne 0,8%. La rivière connaît des crues de plaine ainsi que des crues rapides. Les deux événements de crue de référence sont ceux de 1988 et de 1993 qui ont résulté de pluies longues sur des sols déjà saturés en eau (80 mm à Bourgoin-Jallieu le 5/10/1993, 570 mm durant les deux mois précédents). Le débit estimé de la crue de 1993 a été de 90 m³/s, soit une période de retour centennale. Durant cet événement, des témoignages d'obstruction par embâcle ont été recueillis : par exemple à Cessieu, une commune juste à l'amont de Bourgoin-Jallieu, où un embâcle s'est formé sous le pont de l'autoroute A43 ; un autre dans la commune de Bourgoin-Jallieu, où une passerelle piétonne semble avoir été submergée à cause d'une accumulation de bois flottant. La Bourbre passe à travers la ville de Bourgoin-Jallieu où de nombreux ouvrages de traversée permettent de joindre ses deux rives (Figure 2).



Figure 1 : Ponts routiers et passerelle situés en aval du piège à embâcle dans la traversée de Bourgoin Jallieu



Figure 2 : Vue aérienne de la traversée de Bourgoin-Jallieu par la Bourbre

Ces ponts sont en limite de capacité pour une crue du type de celle de 1993, les ouvrages étant en charge ou avec un tirant d'air très limité. Suite à la crue de 1993, un piège à flottant en dérivation a été mis en place dans un méandre situé à l'entrée de Bourgoin-Jallieu. Cet ouvrage est décrit dans la présente note.

Le SMABB a toutefois poussé la réflexion sur les pièges à flottants plus loin. Les modélisations numériques menées dans le cadre de l'élaboration d'un PAPI (programme d'actions de prévention des inondations) ont intégré les effets potentiels de la présence de bois flottant en considérant deux sous-scénarios de crue bi-centennal : un premier avec les ponts non-embâclés et un second avec les ponts obstrués à 50% par les flottants (Figure 3). Il a ainsi été montré que les embâcles pouvaient considérablement augmenter les dommages causés par les crues et le nombre de personnes inondées (augmentation de 41% des dommages estimés et multiplication par 3.5 du nombre de personnes inondées).



Figure 3 : Exemple de résultat obtenu par un modèle hydraulique suivant un scénario avec embâcle (surface bleu claire) et un scénario sans (surface bleu foncée) au niveau de la commune de Pont-de-Chéruy (source : SMABB, 2019)

Suite à ces conclusions, il est prévu au PAPI du SMABB de mettre en place six autres pièges à flottants à l'amont de verrous hydrauliques situés dans diverses localités pour un coût total estimé à 440 000 €TH. Ces ouvrages constituent un des trois piliers sur lesquels se repose le SMABB vis-à-vis des aménagements de réduction du risque inondation en complément d'aménagements visant à optimiser l'écrêtement des crues via des sur-inondation de zones humides et d'aménagement de digues dans les zones vulnérables.

Caractéristiques du piège à flottant

Le piège a été mis en place en XXX dans un extrados de méandre sur une berge abaissée permettant des débordements à partir d'une crue de période de retour d'environ 2 ans (Figure 4). Le piège à flottants a pour fonction de piéger les bois flottants qui pourraient obstruer les ponts et passerelles présents dans la traversée urbaine. Il se situe dans le premier méandre adéquat, localisé 400 m à l'amont du premier verrou hydraulique (Figure 2). La proximité du piège avec la route permet l'accès aux véhicules, ce qui facilite l'entretien de l'ouvrage en post-crue.



Figure 4 : Piège à flottants de Bourgoin-Jallieu vu depuis l'amont avant plantation des berges (source : SMABB, 2019)

L'ouvrage est composé de 18 pieux IPN disposés sur 20 m de large hors du lit mineur. Les pieux sont implantés en "L" (Figure 5) : d'abord longeant la rivière puis perpendiculaire à la direction de l'écoulement. Les écoulements débordants naturellement dans le lit majeur, en particulier les courants tourbillonnaires associés à la présence d'un méandre bien marqué, entraînent les flottants dans le piège. Le râtelier empêche leur retour dans l'écoulement principal en interceptant ces derniers en limite de lit mineur. Cette disposition lui permet de stocker une quantité importante de flottants tout en étant transparent aux écoulements pour les débits courants. Les pieux sont espacés 2 – 2.5 le long du cours d'eau et de 1.5 m dans la zone transversale. Ce sont des poutres acier IPN enfoncées de 4 m dans le sol et dépassant de 2,5 m au-dessus du terrain (soit 4 m au-dessus du fond du lit). Le haut des pieux est calé à la cote 240.5 mNGF, ce qui est sensiblement 1.3 m sous la cote des premiers enjeux (241.8 mNGF). L'ouvrage sera donc surversé avant l'inondation des enjeux situés à proximité (Figure 6)

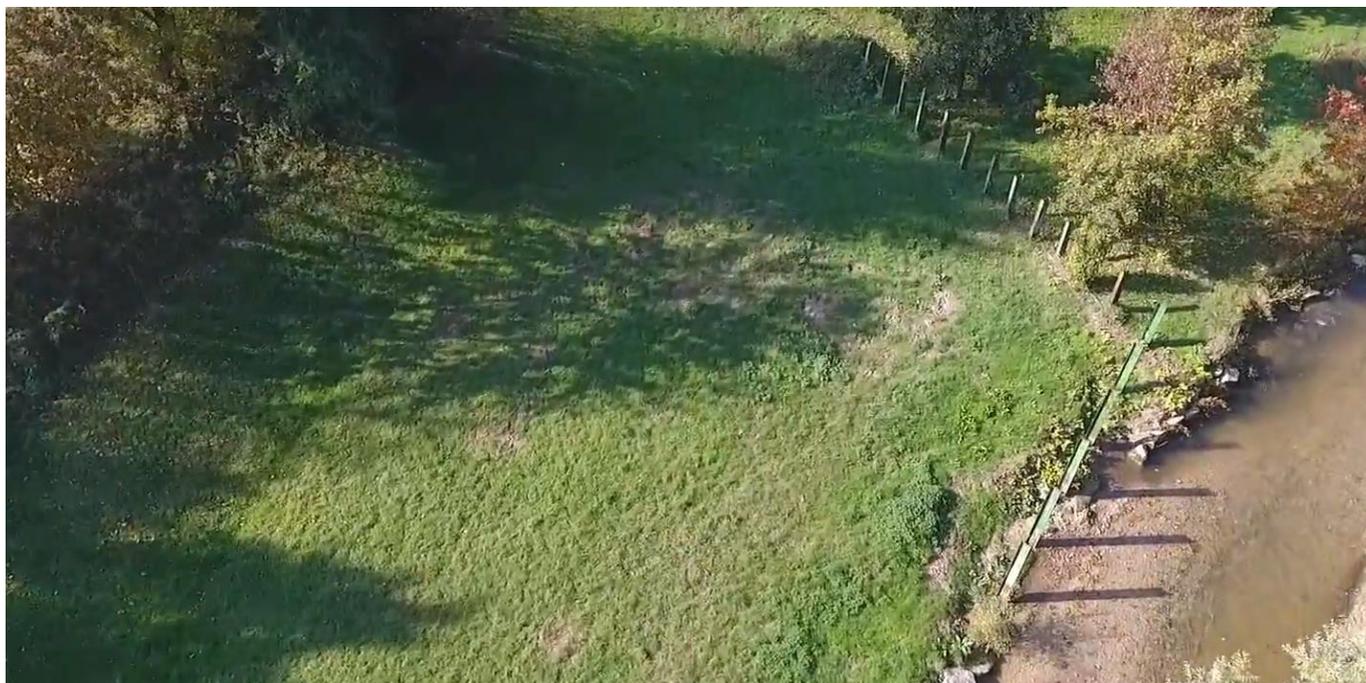


Figure 5 : Vue de drone du râtelier de fermeture de l'ouvrage (source : extrait d'une [vidéo](#) SMABB, 2017)

Le niveau de la terrasse au droit de l'ouvrage est sensiblement 1.5 m au-dessus du fond du lit. Cela réduit son impact sur le milieu, limite son entretien en laissant transiter les petits flottants et évite les remous dans le chenal principal. Le piège est conçu sur une terrasse façonnée en contre-pente légère : de 0,5 m par rapport au fond du lit en son extrémité amont où les débordements s'initient, elle passe progressivement à 1,5 m au-dessus du fond à son extrémité aval. Elle a aussi une pente en travers puisque son niveau s'élève de 0,5 m entre la berge de la Bourbre et son extrémité rive gauche coté talus. La berge rive droite est très haute et non submersible, garantissant les débordements en rive gauche.



Figure 6 : Photographie du piège à flottants de Bourgoin-Jallieu vu depuis la berge gauche (source : SMABB, 2019)

Fonctionnement du piège

Depuis la dernière crue exceptionnelle en 1993 de magnitude sensiblement centennale, la Bourbre a connu une crue cinquantennale en Novembre 2002 pour laquelle le piège a fonctionné (Figure 7). Les flottants étant naturellement guidés vers les interstices de l'accumulation de bois où la majorité du flux d'eau parvient à passer, le remplissage de l'ouvrage se fait naturellement de manière homogène. Ce fonctionnement a été considéré tout à fait satisfaisant et a encouragé le SMABB à proposer des mises en places d'autres ouvrages analogues sur le bassin versant.



Figure 7 : Photographies du piège en fonctionnement pendant la crue de Novembre 2002 (source : archives SOGREAH)

Entretiens

Le syndicat inspecte deux fois par an le piège, plus des visites additionnelles ponctuelles à la suite de crues. L'entretien de la végétation de la terrasse au niveau du piège est fait dans tous les cas annuellement par les équipes en régie. A l'amont de l'ouvrage, le lit majeur est principalement urbain et la ripisylve est alors peu présente, aucun entretien n'est prévu sur ce secteur. Plus à l'amont de la zone urbaine, l'entretien est réalisé par les riverains.

SOURCES

- Présentation "Le bois flottant dans les rivières urbaines : Quels risques ? Quelles connaissances ? Quelles pratiques de gestion ?" (Séminaire de restitution du projet BOIFIMU, INSA, Lyon), SMABB, 2019
- Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) pour le bassin de la Bourbre, Vidéo du SMABB Syndicat d'Aménagement du Bassin de la Bourbre: <https://www.youtube.com/watch?v=xI5yeN3G-UU> Mars 2017
- Echanges directs avec le SMABB en juin 2021 et avec SOGREAH en juin 2013

Date de rédaction : Octobre 2022



PIEGE A FLOTTANTS A L'AMONT DE LA TRAVERSEE D'ANNONAY

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Département : Ardèche

Délégation : Lyon

Commune concernée : Annonay

Bassin versant : La Cance (380 km²)

Sous-bassin : La Déûme (183 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

Mairie Annonay

1 Rue de l'Hôtel de Ville

07 104 Annonay

PARTENAIRES

Syndicat des 3 Rivières (gestion et entretien de l'ouvrage)

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

La Déûme en Ardèche, aussi appelée Déôme dans la Loire où elle y prend sa source, est un affluent de la Cance, la confluence se situant à la sortie d'Annonay, puis du Rhône. Son bassin versant réagit très rapidement aux fortes précipitations et ses crues qui se déroule généralement en période automnale et hivernale peuvent s'apparenter à des épisodes cévenols.

Le centre-ville d'Annonay, en particulier la traversée couverte sur environ 780 ml, constitue un enjeu majeur soumis aux risques d'inondation (Figure 1 et 2). La traversée se met en charge à partir de 150 m³/s (crue de période de retour entre 20 ans et 30 ans) et surverse pour un débit de 200 m³/s (crue trentennale). Pour la crue centennale de débit de pointe estimé à 336 m³/s, le débit transitant dans la partie couverte est de 210 m³/s. La surverse peut se produire pour des crues d'occurrences plus faibles s'il y a formation d'embâcles, c'est ce qui a motivé la création d'un piège à flottants en 2010.



Figure 1 : Amont du passage couvert de la Déûme à travers le centre-ville d'Annonay : a) à l'étiage en Mai 2022 ; b) lors d'une crue de période de retour sensiblement vingtennale le 02/12/2003 (source : Syndicat des 3 Rivières)

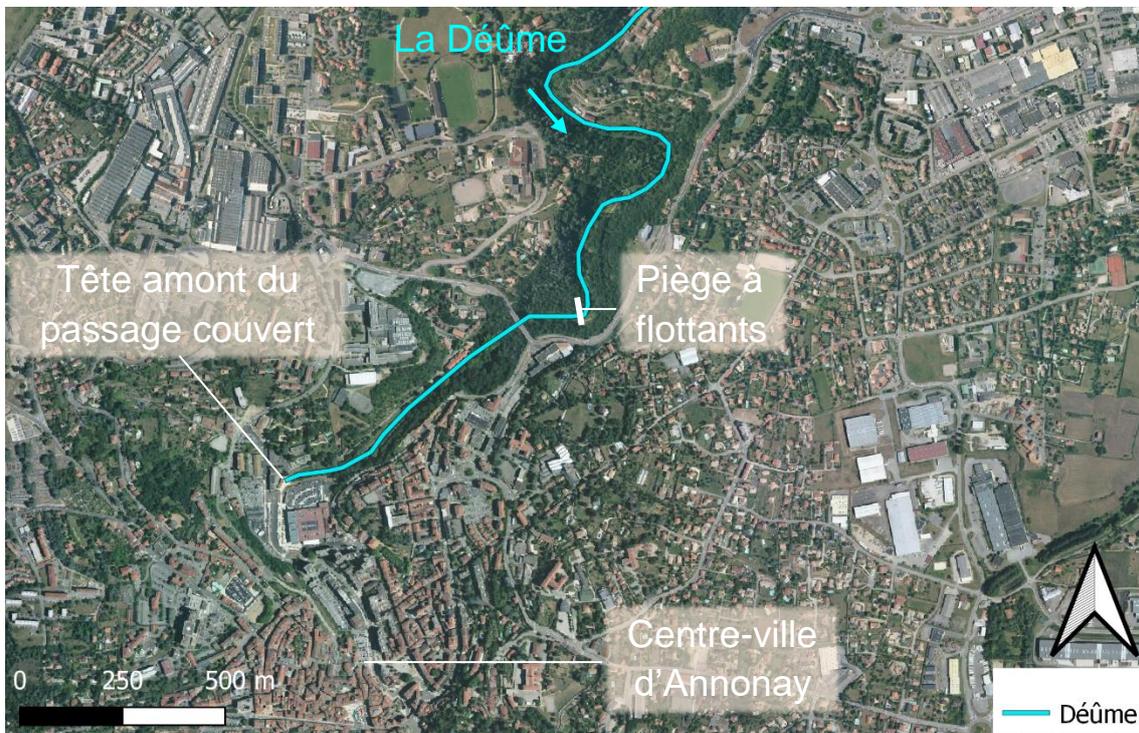


Figure 2 : Vue aérienne de la Déûme dans la traversée d'Annonay et localisation du piège à flottants

Caractéristiques du piège à flottant

Le piège à flottants a pour fonction de piéger les bois flottants qui pourraient obstruer l'entrée du passage couvert. Il se situe dans le premier méandre adéquat, localisé 1,05km à l'amont du passage couvert. L'ouvrage est positionné en biais en extrados de méandre (Figure 3). Il fait sensiblement 25 m de long. Il est composé de 9 pieux de 812 mm de diamètre (épaisseur 16 mm), espacés de 2,2 m et mesurant 3,5 m de haut (Figure 4a). Ils sont scellés par des platines sur un radier en béton armé de 0.6 m d'épaisseur ancré dans le substratum granitique sub-affleurant par des micropieux de 2 m de long (Figure 4c).

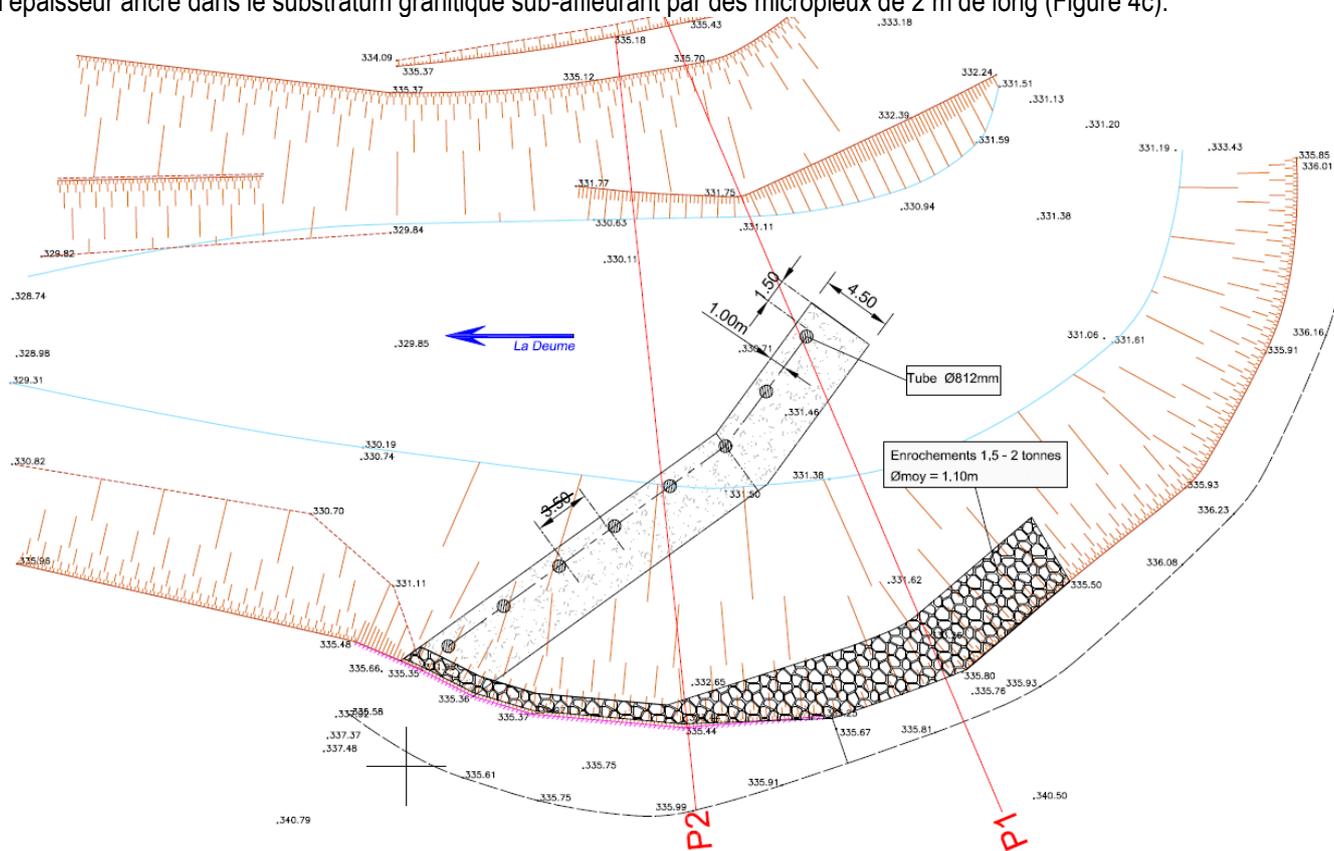


Figure 3 : Plans de projet de l'ouvrage : vue en plan (Source : BCEOM 2005). La piste d'accès n'est pas représentée. Remarque : les dimensions affichées ne sont pas nécessairement celles retenues, se référer au texte pour les valeurs exactes

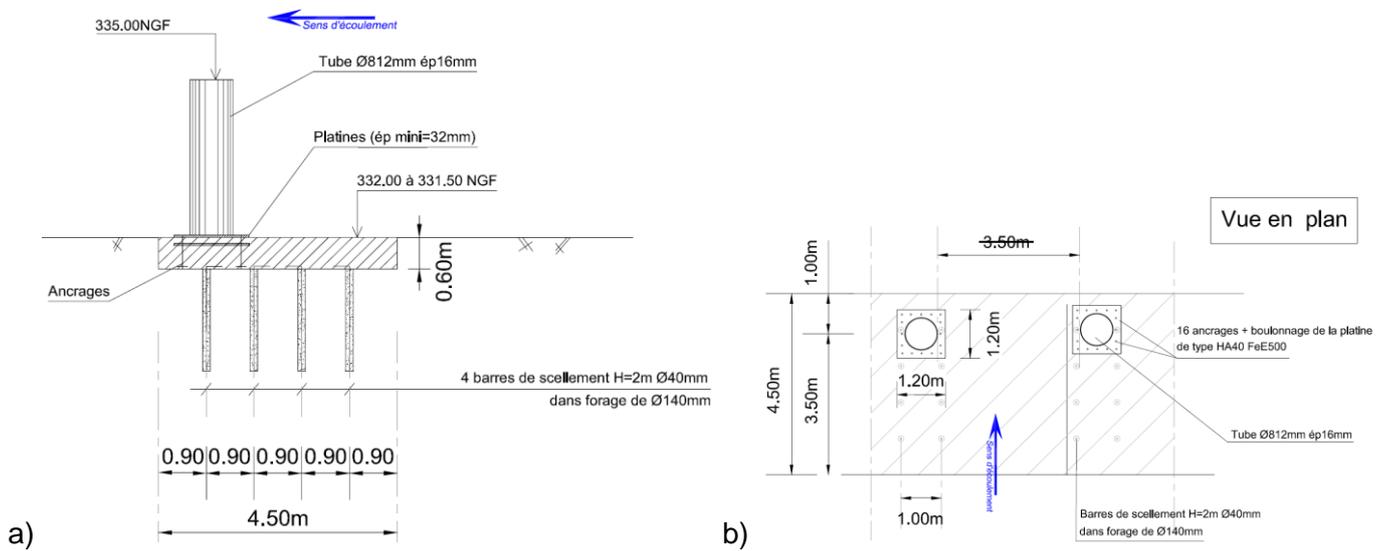


Figure 4 : Plans de projet de l'ouvrage :a) coupe longitudinale de l'ouvrage ; c) vue en plan détaillée des dimensions du radier (Source : BCEOM 2005). Remarque : les dimensions affichées ne sont pas nécessairement celles retenues, se référer au texte pour les valeurs exactes

Sa situation en extrados le rend transparent à l'écoulement pour les débits courants : le niveau du radier est calé sensiblement 1 m au-dessus du fond du lit. Cela réduit son impact sur le milieu et limite son entretien en laissant transiter les petits flottants (Figure 5).

Des enrochements en rive gauche ont été installés en rive gauche au bout du râtelier pour éviter le contournement de l'ouvrage et l'érosion du talus due aux turbulences et au détournement des écoulements engendrés par les pieux et les embâcles piégés. Une rampe d'accès en rive gauche permet à des véhicules d'accéder au piège pour effectuer l'entretien (Figure 5b).



Figure 5 : Photographies du piège à flottants en Mai 2022 vu a) depuis l'amont et b) depuis l'aval

En crue, la terrasse alluviale sur laquelle est située le piège est inondée progressivement. Pour des événements de magnitude faible, des branchages et flottants de petite dimension sont éventuellement arrêtés par les pieux comme ils pourraient l'être par des arbres du lit majeur (Figure 6).



Figure 6 : Photographies de début de piégeage de petit bois : a) crue du 3 novembre 2010 et b) crue du 18 mai 2013 (source : Syndicat des 3 Rivières). Arrêt de branches et petit bois contre les pieux, début de blocage de plus gros éléments entre les pieux.

Le positionnement du râtelier en biais permet de concentrer les flottants vers la berge (Figure 7). Sa plus grande longueur qu'une position perpendiculaire à l'écoulement en augmente la capacité de piégeage. Pour des crues de magnitude suffisantes, les flottants naturellement dirigés vers la berge peuvent éventuellement être extraits depuis la piste attenante. Des flottants restent toutefois bloqués contre l'ensemble de l'ouvrage comme en témoigne la différence de niveau entre l'amont et l'aval du piège et les écoulements concentrés en "jets" que l'on distingue sur la Figure 7. Selon les modélisations hydrauliques monodimensionnelles réalisées lors de l'étude de conception, il était estimé que l'ouvrage pourrait générer une rehausse des lignes d'eau de l'ordre de 2.9 m en crue décennale et de 2.2 m en crue centennale. Il est ainsi estimé que la cote de la ligne d'eau en crue centennale sera affleurante avec la piste d'accès attenante à l'ouvrage. Le remous liquide associé devrait s'atteindre jusqu'à un seuil situé 200 m en amont de l'ouvrage.



Figure 7 : Crue d'Octobre 2014 : a) vue dans l'axe du râtelier, b) râtelier vue d'amont (source : Syndicat des 3 Rivières). Concentration des flottants contre la rive gauche au fond du piège. Quelques flottants, vraisemblablement de plus grand gabarit peuvent être distingués entre les premiers pieux en rive droite et participe à élever la ligne d'eau en amont de l'ouvrage

Budget travaux et financements

Le coût des travaux du piège à flottants a été de : 261 706€ HT en 2010. Cela revient à un coût unitaire d'environ 29 000€ HT par pieux de 3.5 m de haut ou à un coût d'environ 10 500 € HT au mètre linéaire d'ouvrage.

Les financements ont été partagé comme suit :

- 40% Etat
- 40% Conseil général
- 20% autofinancement par la commune

Entretiens

Depuis sa construction en 2010, le piège a subi quelques crues dont une crue décennale en Octobre 2014. L'entretien est réalisé par le Syndicat des 3 Rivières par l'équipe « Rivières » composée de trois agents et consiste en deux visites de suivis annuelles et des visites post-crue permettant de lancer une intervention si nécessaire. Aujourd'hui et depuis la création de l'ouvrage, seules deux interventions spécifiques de retrait du bois ont été menées sur le piège suite à des crues. Sinon, lors des visites annuelles, les équipes retirent ou billonnent les troncs présents au droit et à l'aval du piège.

Le matériel utilisé lors des interventions est composé de tronçonneuses, outils de débardage, débroussailleuses et de camions pour évacuer les rémanents. De 2010 à 2022, un seul petit curage a été effectué pour évacuer les sédiments stockés à l'amont du piège.

Concernant la gestion de la ripisylve et du bois mort dans le cours d'eau, la régularité de l'entretien varie entre l'aval et l'amont du piège : au niveau du piège et à l'aval, un entretien annuel est mis en place ; à l'amont, les opérations régulières sont réalisées tous les 2-3 ans.

Principales leçons

- ➔ Les apports de flottants de grandes dimensions sont rares sur un cours d'eau comme la Déume. Même suite à une crue sensiblement décennale comme en Octobre 2014, les apports piégés dans l'ouvrage ont été limités.
- ➔ Un piège à flottant dans une telle rivière ne nécessite donc que peu d'entretien.
- ➔ Un écartement de pieux de 2.2 m génère un peu de piégeages de flottants de petite dimensions (branches, feuille mortes).

SOURCES

- Mission Géotechnique G11 – Mise en œuvre de piège à corps flottants sur la rivière DEUME, EGSA btp. Juillet 2005
- Plans des aménagements – Mise en œuvre de piège à corps flottants sur la rivière DEUME. Juillet 2005
- Dossier d'Autorisation au titre de l'article L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement - Mise en œuvre de piège à corps flottants sur la rivière DEUME, Commune d'Annonay. Février 2006
- Dossier de Consultation des Entreprises - Mise en œuvre d'un piège à corps flottants sur la rivière Deûme, Ville d'Annonay et EGIS eau, Mars 2010
- Echanges directs avec le Syndicat des 3 Rivières, été 2022.



PIEGE A FLOTTANTS ET ZONE D'EXPANSION DE CRUES

Région : Occitanie

Département : Gard

Délégation : Montpellier

Commune concernée : Sommières

Bassin versant : Le Vidourle (800 km²)

Sous-bassin : Le Vidourle à Sommières (620 km²)

PRESENTATION DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE

EPTB Vidourle

216, chemin de Campagne

30251 SOMMIÈRES

PARTENAIRES

INRAE Centre de Grenoble (rédaction de la présente note)

CONTEXTE ET HISTORIQUE

Le Vidourle est un fleuve côtier qui prend sa source dans les Cévennes. Il s'étend sur une longueur de 65 km pour un bassin versant de 800 km². Son tronçon supérieur est un torrent cévenol à forte pente. Il s'élargit ensuite grâce à de nombreux affluents et sa pente diminue. Sommières se trouve sur ce deuxième tronçon, avec une pente de 1%. De par sa géographie et son climat, le Vidourle a connu de nombreuses crues cévenoles, c'est à dire très intenses et soudaines. Sommières est une ville régulièrement touchée par ses débordements. Les inondations les plus importantes sont celles de 1907, 1933, 1958 et 2002 (Figure 1 et 2).



Figure 1 : Crue de 1907 à Sommières (Source : Mairie de Sommières)



Figure 2 : Crue de Septembre 2002 à Sommières : a) inondation de la Place du Marché (Source : Mairie de Sommières) et b) mise en charge et surverse sur le pont Romain © 'Union Sportive Sommiéroise)

La ville de Sommières est inondée dès l'occurrence de crues de magnitude très faible (350 à 450 m³/s, correspondant à une période de retour de 3 à 5 ans). Dans le centre-ville, le Vidourle peut être traversé seulement par deux passerelles submersibles (Figure 3) et par un pont romain (Figure 4). Un viaduc plus moderne permet la traversée du Vidourle au nord de la ville (Figure 5). L'obstruction des arches du pont romain accentue les débordements et augmente le risque d'inondation pour le centre-ville.



Figure 3 : Passerelles submersibles de la traversée de Sommières



Figure 4 : Pont romain de Sommières

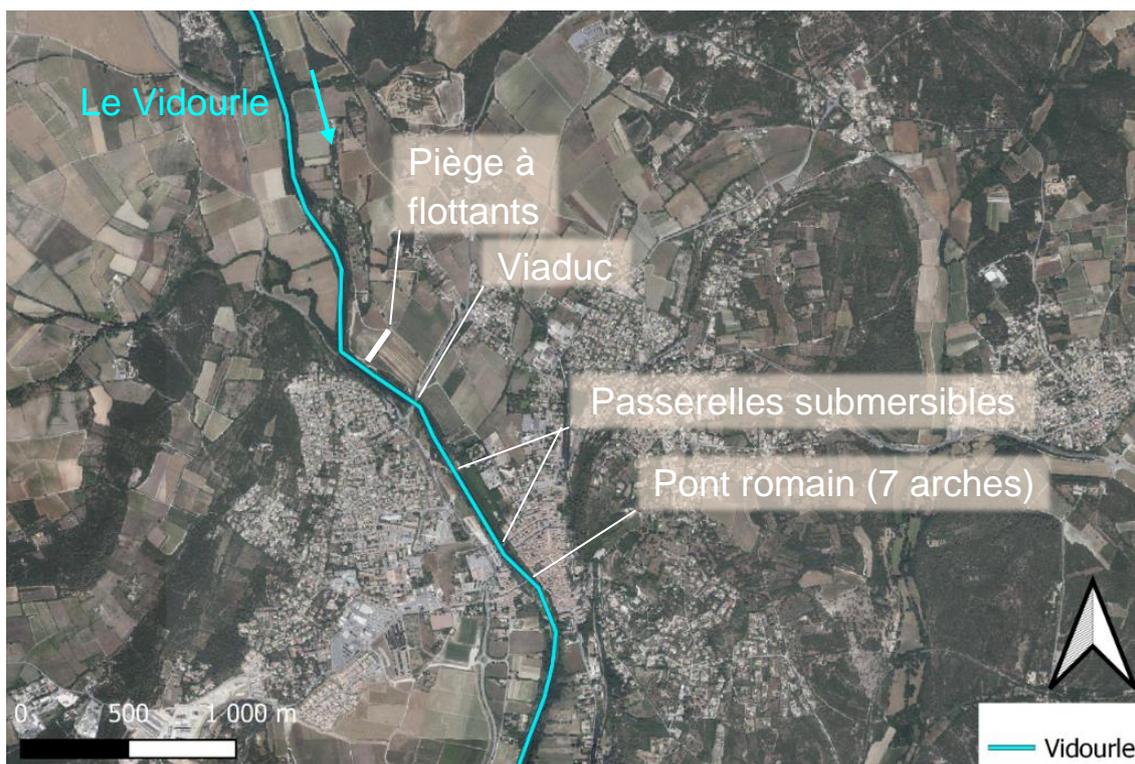


Figure 5 : Vue aérienne du Vidourle dans la traversée de Sommières et localisation du piège à flottants

Caractéristiques du piège

Les travaux ont été réalisés à la suite à la crue exceptionnelle de septembre 2002 (débits de 2 300 m³/s) qui correspondait à une période de retour de 200 à 400 ans. C'est la crue de référence sur le Vidourle vis-à-vis de la gestion des risques inondation.

L'ouvrage a été construit en 2008. Il vise en particulier à prévenir l'obstruction des arches du pont romain d'éventuelles obstructions associées à des embâcles. Le piège est situé en sortie d'un méandre en rive gauche du fleuve et mesure 160 ml. L'ouvrage a été implanté au cœur d'une zone d'expansion de crue de 10 ha nouvellement créée (Figure 6). Sa création a impliqué 72 000 m³ de terrassement. Elle est désormais exploitée en agroforesterie en aval de l'ouvrage et intègre un nouveau bras mort.



Figure 6 : Vue aérienne du piège à flottants à l'amont de Sommières (source: EPTB Vidourle)

L'ouvrage est composé de 75 pieux disposés en quinconce et espacés de 2 mètres (Figure 7). Les pieux de diamètre 720 mm font 11 m de long. Ils sont fichés de 6,5 – 7 m dans le sol et ont une hauteur hors sol d'au moins 4 m. Le sommet des pieux a été calé sensiblement au niveau de la laisse de crue de Septembre 2002 et n'intègre pas la rehausse de la ligne d'eau qui sera induite par le blocage des flottants contre l'ouvrage.

Des becs en fer ont été montés sur le haut des pieux afin d'empêcher un relargage massif des flottants en cas de crue dépassant l'évènement de projet (Figure 7b). Un tel phénomène a été observé lors d'essais en laboratoire d'ouvrages génériques de type râtelier : quand la ligne d'eau dépasse le haut des pieux, l'embâcle formé peut persister tout en dépassant la hauteur du piège. Toutefois, à partir d'une certaine élévation du niveau d'eau, une très grande quantité de bois peut être relarguée soudainement, risquant d'obstruer le pont que le piège est censé protéger (Quiniou et Piton, 2022).



Figure 7 : Piège à flottants à l'amont de Sommières : a) vue d'amont et b) vue de près sur les pieux

Fonctionnement du piège

La zone d'expansion des crues commence à être alimentée pour un débit du Vidourle de 250 m³/s. Sa plage de fonctionnement optimal est entre 650 m³/s et 900 m³/s qui correspond environ une crue décennale. Les écoulements passent alors en lit majeur et traverse le piège à embâcles avant de revenir au lit mineur pour traverser la ville (Figure 8).



Figure 8 : Vue générale de l'aménagement depuis le viaduc situé en aval, crue de Février 2009 (source : EPTB Vidourle)

Le Vidourle a connu deux crues notables de période de retour \approx 5 ans depuis la construction du piège en 2008 : en Février 2009 avec un débit de 610 m³/s, et en Septembre 2014 avec un débit de 720 m³/s. Un peu de bois flottants ont été retenu lors de ces épisodes. Il a notamment été noté le piégeage d'un tronc suite à la crue de 2014 (Figure 9). Le peu de bois relevé est probablement lié à la magnitude assez faible des crues rencontrées : des recrutements massifs de bois flottants ayant généralement lieu pour des crues de magnitude beaucoup plus fortes (Quiniou et Piton, 2022)



Figure 9 : a) Piège à embâcles lors de la crue de 02/2009 et b) tronc piégé lors la crue de 09/2014 (source : EPTB Vidourle)

L'entretien de la ripisylve à l'amont ou à l'aval du piège n'a pas changé suite à la création de l'ouvrage, si ce n'est juste à l'amont où un débroussaillage et abattage est réalisé annuellement pour faciliter l'écoulement d'eau et de bois vers le piège.

Budget travaux et financements

Le coût des travaux de l'ensemble de la zone d'expansion des crues y compris le piège à flottants (mais sans le foncier) a été de l'ordre de 1 115 000 € HT, le lot concernant le battage des pieux pesant sensiblement 232 000 € HT. Ceci correspond sensiblement à un coût unitaire d'environ 3 100 € HT par pieux et de 1 400 € HT par mètre linéaire, sans compter les aménagements annexes. Les financements de l'ensemble de l'opération ont été partagé comme suit :

- 40% Etat
- 24% Europe
- 16% Agence de l'Eau
- 10% Département de l'Hérault
- 10% Département du Gard

SOURCES

- Site internet de l'EPTB du Vidourle : <https://www.vidourle.org/papi-vidourle/ouvrages-retention/>
- Echanges directs avec l'EPTB du Vidourle, été 2022.
- Quiniou M, Piton G. 2022. Embâcles : concilier gestion des risques et qualité des milieux. Guide de diagnostic et de recommandations. ISL Ingénierie - INRAE [en ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03621373>



Centre Center Lyon-Grenoble - Auvergne-Rhône-Alpes
2 rue de la Papeterie BP 76,
38 402 St-Martin-d'Hères - France

Rejoignez-nous sur :



<https://www.inrae.fr/centres/lyon-grenoble-auvergne-rhone-alpes>



INRAE