

Avant-projet d'aménagement du Largue et de la Laye en vue d'une meilleure protection contre les crues



AVP

N° de référence : GA20-146

Version 1

Sept 2021

SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

Maitre d'ouvrage

Communauté de Communes Haute Provence Pays de Banon
Place de l'Eglise
04300 Mane

04.92.75.04.13

mairie@mane-en-provence.com

Opération

Avant-projet d'aménagement du Largue et de la Laye en vue d'une meilleure protection contre les crues

GA20-146

Vincent ARNAUD

AVP

Emetteur

HYDRETTUDES - Alpes du Sud

25, rue du Forest d'Entrais

05000 GAP

Tél : 04.92.21.97.26

Mail : contact-gap@hydretudes.com



Document

AVP

Sept 2021

Indice	Date	Mise à jour	Rédigé par	Vérifié par
1			E. LALOT	V. ARNAUD
2				
3				
4				
5				

SOMMAIRE

1. SITUATION, RAPPEL DES OBJECTIFS ET ENJEUX	10
1.1. Secteur 1 :	11
1.1.1. Désordres.....	11
1.1.2. Enjeux.....	15
1.2. Secteur 2 :	16
1.2.1. Désordres.....	16
1.2.2. Enjeux.....	19
1.3. Secteur 3 :	20
1.3.1. Désordres.....	20
1.3.2. Enjeux.....	22
1.4. Etudes existantes	23
2. LES RESEAUX EXISTANTS	24
2.1. Secteur 1.....	24
2.1.1. Réseaux électriques.....	24
2.1.2. Réseaux AEP et EU.....	24
2.1.3. Gaz de ville.....	24
2.1.4. Réseau orange.....	24
2.1.5. Eau pluviale.....	24
2.1.6. Canalisation GEOSSEL	24
2.1.7. Autres.....	24
2.2. Secteur 2.....	26
2.2.1. Réseaux électriques.....	26
2.2.2. Réseaux d'eaux (AEP, EU,...)	26
2.2.3. Gaz de ville.....	26
2.2.4. Réseau orange.....	26
2.2.5. Eau pluviale.....	26
2.3. Secteur 3.....	27
2.3.1. Réseaux électriques.....	27
2.3.2. Réseaux AEP et EU.....	27
2.3.3. Gaz de ville.....	27
2.3.4. Réseau orange.....	27
2.3.5. Eau pluviale.....	27
2.3.6. Geosel	28
3. MORPHOLOGIE	28
3.1. Evolution morphologique des cours d'eau d'après les images aériennes	28

3.1.1.	Secteur 1	28
3.1.2.	Secteur 2.....	38
3.1.3.	Secteur 3.....	46
3.1.4.	Bilan général :	52
3.2.	Description morphologique.....	52
3.2.1.	Zones d'érosion et de dépôt.....	52
3.2.1.1.	Secteur 1 :	53
3.2.1.2.	Secteur 2 :	54
3.2.1.3.	Secteur 3 :	55
3.2.2.	Profil en long.....	56
3.2.2.1.	Secteur 1 :	56
3.2.2.1.	Secteur 2 :	58
3.2.2.2.	Secteur 3 :	59
3.2.3.	Largeur.....	59
3.2.3.1.	Secteur 1 :	59
3.2.3.2.	Secteur 2 :	60
3.2.3.3.	Secteur 3 :	61
4.	HYDROLOGIE	62
4.1.	Débits de crue du Largue et de la Laye	62
4.2.	Crues historiques.....	62
5.	MODELISATION HYDRAULIQUE	63
5.1.	PPR	63
5.2.	Modélisation du CEREMA et étude post-crue du PNR du Lubéron.....	64
5.2.1.	Secteur 1	64
5.2.2.	Secteur 2.....	65
5.2.3.	Secteur 3.....	66
5.3.	Paramétrisation	67
5.4.	Résultats.....	69
5.4.1.	Secteur 1	69
5.4.2.	Secteur 2.....	70
5.4.3.	Secteur 3.....	71
5.5.	Bilan	72
6.	TRANSPORT SOLIDE.....	75
6.1.	Granulométrie	75
6.2.	Transport solide en crue du Largue et de la Laye	76
7.	PROJETS RECENTS OU EN COURS.....	78
7.1.	Secteur 1.....	78

7.2.	Secteur 2.....	78
7.3.	Secteur 3.....	78
8.	CONTRAINTES REGLEMENTAIRES.....	79
8.1.	Secteur 1.....	79
8.2.	Secteur 2.....	79
8.3.	Secteur 3.....	79
9.	DESCRIPTION GENERALE DES TRAVAUX ENVISAGEABLES.....	80
9.1.	Secteur 1.....	80
9.2.	Secteur 2.....	81
9.3.	Secteur 3.....	82
10.	DETAIL DES AMENAGEMENTS.....	84
10.1.	Contraintes hydrauliques.....	84
10.1.1.	Largeur du lit.....	84
10.1.2.	Hauteurs d'eau en crue, forces tractrices et nature des protections de berge	85
10.1.3.	Profondeur d'affouillement possible en crue.....	87
10.1.4.	Evolution potentielle du fond du lit, niveaux d'eau en crue et calage altimétrique des protections de berge.....	88
10.1.4.1.	Secteur 1.....	88
10.1.4.1.	Secteur 2.....	88
10.1.4.1.	Secteur 3.....	89
10.2.	Description détaillée des travaux.....	90
10.3.	Secteur 1.....	90
10.4.	Secteur 2.....	94
10.5.	Secteur 3.....	96
11.	PLANNING ET DEROULEMENT DES TRAVAUX.....	101
11.1.	Le planning de travail.....	101
11.2.	Le déroulement de la phase travaux.....	101
11.2.1.	Secteur 1.....	101
11.2.2.	Secteur 2.....	102
11.2.3.	Secteur 3.....	103
11.3.	Pêche de sauvetage.....	103
12.	MONTANT ESTIMATIF DES TRAVAUX.....	104
13.	ANALYSE MULTI-CRITERES - CONCLUSION.....	112
14.	ANNEXES - PLANS.....	113

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond Scan 25 (Source : géoportail).....	10
Figure 2 : Vue des principaux désordres sur le secteur 1.....	11
Figure 3 : Anse d'érosion en amont du secteur.....	11
Figure 4 : Protection de berge en rive droite. A gauche, on visualise le début de contournement par l'amont et à droite le secteur érodé à l'aval avec des blocs désorganisés en pied.....	12
Figure 5 : Vue du secteur de l'atterrissement depuis l'aval.....	12
Figure 6 : Vue du seuil anthropique - vue de l'amont (gauche) et de l'aval (droite).....	12
Figure 7 : Ancienne protection de berge contournée, vue depuis l'aval.....	13
Figure 8 : Anse d'érosion en amont de la protection de berge rive droite (en haut à gauche), protection de berge en mauvais état (en haut à droite), érosion à l'amont de la culée du pont (en bas à gauche), blocs désorganisés en pied de culée (en bas à droite).....	13
Figure 9 : Protection de berge en mauvais état en rive droite.....	14
Figure 10 : Vue du seuil de castor amont (dessus) et aval (dessous).....	14
Figure 11 : Vue des principaux enjeux sur le secteur 1.....	15
Figure 12 : Vue des désordres sur le secteur 2.....	16
Figure 13 : Protections de berge effondrées en rive droite.....	17
Figure 14 : Erosion de la berge rive gauche à l'aval du seuil.....	17
Figure 15 : Vue de la berge érodée en rive droite (gauche) et de l'atterrissement (droite).....	17
Figure 16 : Protections de berges en mauvais état en rive gauche.....	18
Figure 17 : Vue de l'anse d'érosion en rive droite et de la canalisation.....	18
Figure 18 : Vue des principaux enjeux sur le secteur 2.....	19
Figure 19 : Vue des désordres sur le secteur 3.....	20
Figure 20 : Anse d'érosion à proximité de la voie communale.....	20
Figure 21 : Anse d'érosion qui s'est développée à l'aval des gabions.....	21
Figure 22 : Vue des enrochements bétonnés en mauvais état à l'amont du pont rouge.....	21
Figure 23 : Vue du pied de la culée, à l'aval (gauche) et depuis l'amont (droite).....	21
Figure 24 : Vue des enrochements sur la berge en rive gauche.....	22
Figure 25 : Vue du seuil depuis l'aval.....	22
Figure 26 : Vue des enjeux sur le secteur 3.....	22
Figure 27 : Localisation des réseaux.....	25
Figure 28 : Localisation des réseaux.....	27
Figure 29 : Localisation des réseaux.....	28
Figure 30 : Vue aérienne de 1944.....	29
Figure 31 : Vue aérienne de 1947.....	30
Figure 32 : Vue aérienne de 1969.....	31
Figure 33 : Vue aérienne de 1978.....	32
Figure 34 : Vue aérienne de 1986.....	33
Figure 35 : Vue aérienne de 1994.....	33

Figure 36 : Vue aérienne de 2000.....	34
Figure 37 : Vue aérienne de 2012.....	34
Figure 38 : Vue aérienne de 2018.....	35
Figure 39 : Vue aérienne actuelle (dessus) et de 1944 (dessous).....	37
Figure 40 : Vue aérienne de 1934.....	38
Figure 41 : Vue aérienne de 1947.....	39
Figure 42 : Vue aérienne de 1969.....	40
Figure 43 : Vue aérienne de 1978.....	41
Figure 44 : Vue aérienne de 1986.....	41
Figure 45 : Vue aérienne de 1994.....	42
Figure 46 : Vue aérienne de 1997.....	42
Figure 47 : Vue aérienne de 2004.....	43
Figure 48 : Vue aérienne actuelle (gauche) et vue aérienne de 1934 (droite).	44
Figure 49 : Vue aérienne de 1934.....	46
Figure 50 : Vue aérienne de 1947.....	47
Figure 51 : Vue aérienne de 1969.....	47
Figure 52 : Vue aérienne de 1947 (gauche) et de 1969 (droite), au droit du tournant aval.	48
Figure 53 : Vue aérienne de 1979.....	48
Figure 54 : Vue aérienne de 1986.....	49
Figure 55 : Vue aérienne de 1994.....	49
Figure 56 : Vue aérienne de 2009.....	50
Figure 57 : Vue aérienne de 2018.....	50
Figure 58 : Vue aérienne de 2018 (dessus) et 1934 (dessous).	51
Figure 59 : Schéma type de l'enfoncement du lit de la Lave et du Largue entre les années 1930 et l'heure actuelle.....	52
Figure 60 : Seuils naturels (jaune), seuils anthropiques (rouge) et érosions de berge (bleu)...	53
Figure 61 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 1.....	54
Figure 62 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 2.....	55
Figure 63 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 3.....	56
Figure 64 : Profil en long du Largue, des grandes forces hydrauliques de 1911.....	57
Figure 65 : Ligne d'eau du Largue et profil en long - relevé de 2021. Secteur 1.....	58
Figure 66 : Profil en long du fond du Largue - relevé de 2021. Secteur 2.	58
Figure 67 : Profil en long du fond du Largue - relevé de 2021. Secteur 3.	59
Figure 68 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 1.....	60
Figure 69 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 2.....	61
Figure 70 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 3.....	61

Figure 71 : Risque d'inondation à la confluence Laye-Lague. Risque d'inondation fort = T3, risque moyen = T2, risque faible = T1.	64
Figure 72 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (haut) et crue centennale (bas). Les laisses de crues relevés apparaissent sous la forme de points verts - Source : Modélisation du CEREMA.	65
Figure 73 : Figure extraite du rapport du PNR du Lubéron montrant les débordements en crue qui ont été observés en décembre 2019.	65
Figure 74 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (gauche) et crue centennale (droite) - Source : Modélisation du CEREMA.	66
Figure 75 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (haut) et crue centennale (bas). Les laisses de crues relevés apparaissent sous la forme de points verts - Source : Modélisation du CEREMA.	67
Figure 76 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q20 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 1.	69
Figure 77 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q50 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 2.	70
Figure 78 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q20 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 3.	71
Figure 79 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale en rive droite.	72
Figure 80 : Hauteurs d'eau modélisées en crue centennale - Source : Modélisation du CEREMA.	74
Figure 81 : Hauteurs d'eau en crue vicennale.	75
Figure 82 : Photo du pont et de la culée rive droite en 2009 à gauche (IPSEAU, 2009) et en 2019, à droite.	78
Figure 83 : Périmètre de protection du captage AEP de Dauphin (IPSEAU, 2009).	79
Figure 84 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.	81
Figure 85 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.	82
Figure 86 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.	83
Figure 87 : Fond du lit projet et fond du lit actuel.	88
Figure 88 : Fond du lit projet et fond du lit actuel.	89
Figure 89 : Fond du lit projet et fond du lit actuel.	90
Figure 90 : Vue en coupe des déblais envisagés, au droit du méandre amont (dessus) et au droit de l'atterrissement (aval).	91
Figure 91 : Coupe type du confortement à l'amont (dessus) et à l'aval (dessous).	91
Figure 92 : Radier béton à supprimer.	92
Figure 93 : Coupe type du confortement à l'amont (dessus) et à l'aval (dessous).	93
Figure 94 : Coupe type de la protection de berge envisagée (dessus), PT n°85. Etat actuel (dessous).	94
Figure 95 : Coupe type de la protection de berge envisagée (dessus), PT n°16. Etat actuel (dessous).	95
Figure 96 : Coupe type de l'élargissement et de la protection de berge prévue en rive droite.	95

Figure 97 : Coupe type de l'aménagement envisagé (dessus), PT n°25. Etat actuel (dessus).	96
Figure 98 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°1 (PT n°7). Etat actuel (dessus).	97
Figure 99 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°2 (PT n°24). Etat actuel (dessus).	98
Figure 100 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°2 (PT n°28-29). Etat actuel (droite).	98
Figure 101 : Coupe type de la protection de berge prévue en rive gauche.....	99
Figure 102 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé à l'aval du pont (PT n°34). Etat actuel (dessus).	100
Figure 103 : Accès possibles au secteur 1.....	102
Figure 104 : Accès possibles au secteur 2.....	102
Figure 105 : Accès possibles au secteur 3.....	103

LISTE DES TABLEAUX

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

1. SITUATION, RAPPEL DES OBJECTIFS ET ENJEUX

Suite aux fortes crues de décembre 2019 sur le bassin du Largue, la Communauté de Communes Haute Provence Pays de Banon (CCHPPB) a confié au bureau d'étude HYDRETUDES ALPES du SUD la réalisation d'un diagnostic, afin de recenser les désordres le long de la Laye et du Largue sur l'ensemble du territoire de la CCHPPB. Ce diagnostic a été rendu en octobre 2020.

A l'issu de ce rendu, la CCHPPB a missionné le bureau d'études HYDRETUDES ALPES du SUD pour la réalisation d'un avant-projet d'aménagement, objet du présent rapport, sur 3 secteurs sur lesquels des désordres importants ont été observés, sur les communes de Dauphin et de St-Maime. Il s'agit des secteurs suivants :

- 1. Secteur du camping de la Rivière à l'aval du pont de la RD 13 sur le Largue. On notera que la commune de St-Maime prévoit déjà une intervention sur le seuil qui s'est effondré au droit du pont de la RD 13, entraînant une rupture du réseau d'eau usée – Commune de St-Maime ;
- 2. Secteur du pont de la RD 16 sur la Laye, entre le pont et la déchèterie – Communes de St-Maime et Dauphin ;
- 3. Secteur du pont de la RD 5 (pont rouge) sur le Largue – Commune de Dauphin.

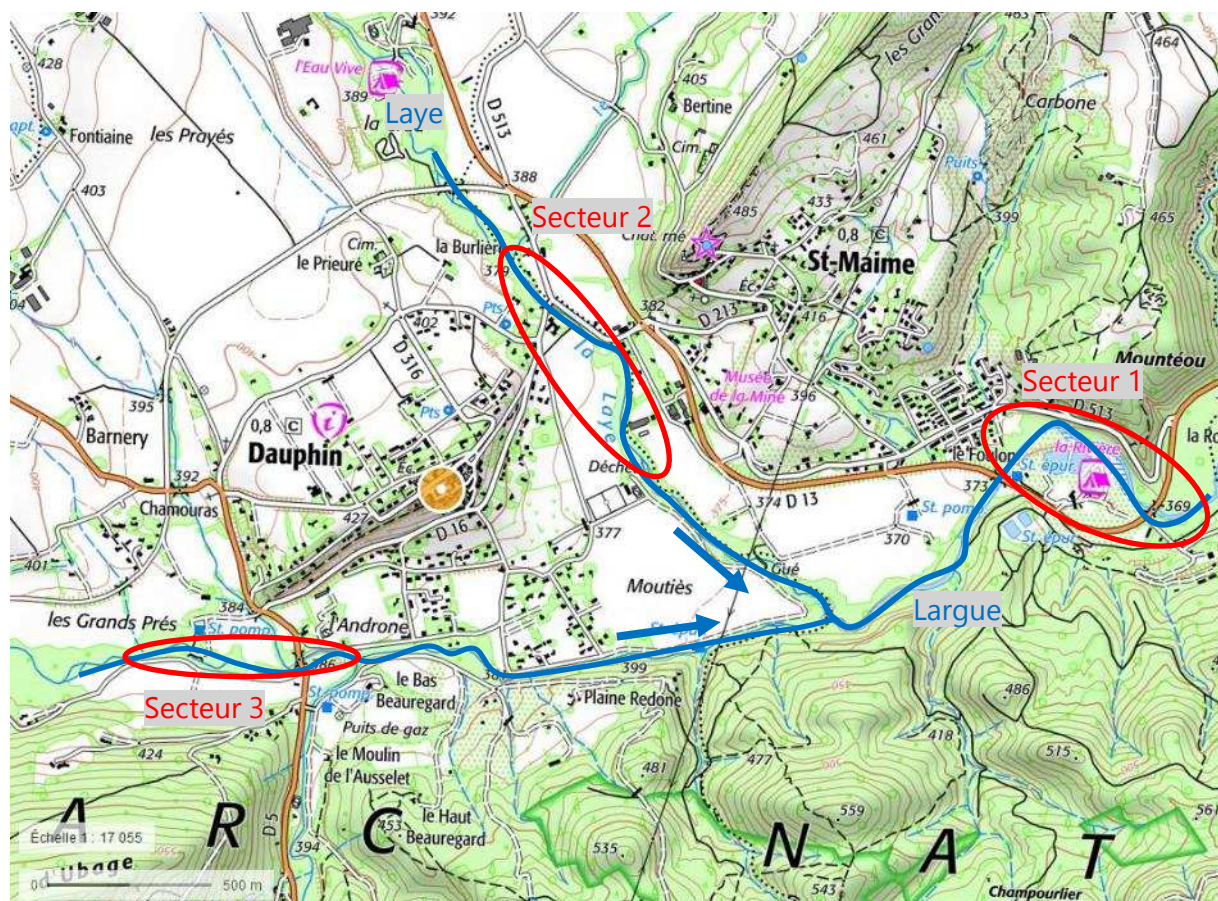


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond Scan 25 (Source : géoportail).

1.1. SECTEUR 1 :

1.1.1. Désordres

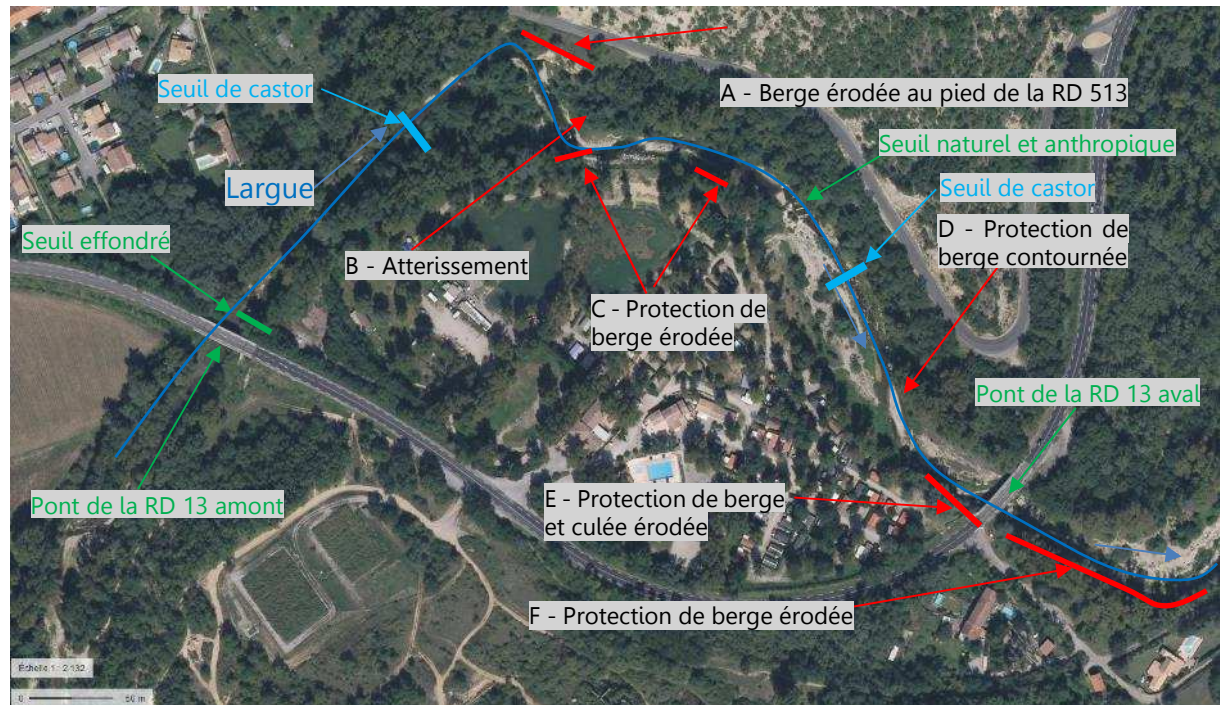


Figure 2 : Vue des principaux désordres sur le secteur 1.

Le Largue frappe perpendiculairement la berge rive gauche sous la RD 513, ce qui entraîne la formation d'une anse d'érosion (désordre n°A).



Figure 3 : Anse d'érosion en amont du secteur.

A l'aval, on observe un atterrissement (désordre n°B) et un renvoi des écoulements vers la rive droite. Ce renvoi facilite :

- L'érosion de la rive droite – une érosion est constatée à l'aval de la protection de berge actuelle, tandis que l'amont est en passe d'être contourné (désordre n°C) ; on notera que la protection de berge a d'ailleurs fait l'objet de travaux de confortement récents et qu'une brèche est présente dans l'ancienne digue ;
- Les débordements en rive droite, vers le camping de la Rivière, les deux bassins et la STEP – un point bas est présent sur la digue.



Figure 4 : Protection de berge en rive droite. A gauche, on visualise le début de contournement par l'amont et à droite le secteur érodé à l'aval avec des blocs désorganisés en pied.

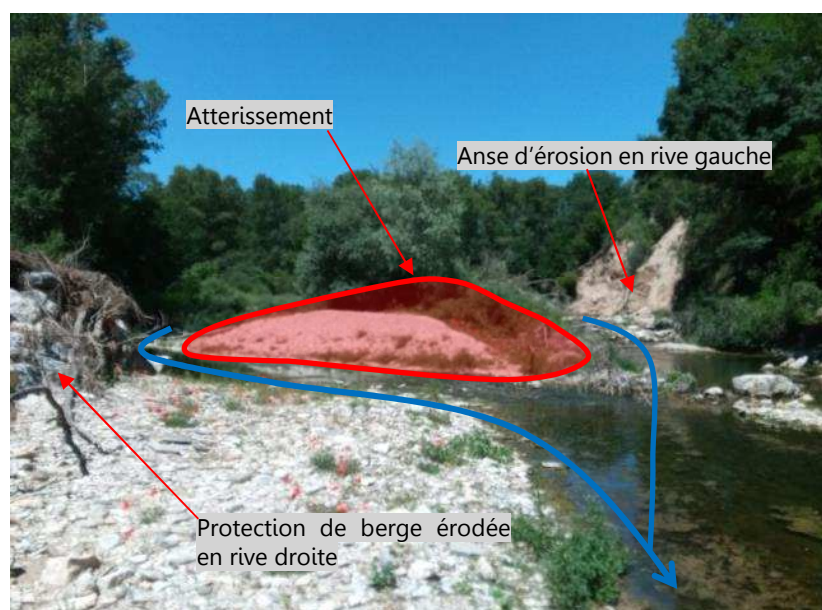


Figure 5 : Vue du secteur de l'atterrissement depuis l'aval.

A l'aval de cette première zone, un seuil anthropique contribue à tenir le profil en long. Ce seuil n'a plus aucun usage. On note que le tunnel de l'ancienne prise d'eau en rive gauche est toujours visible.

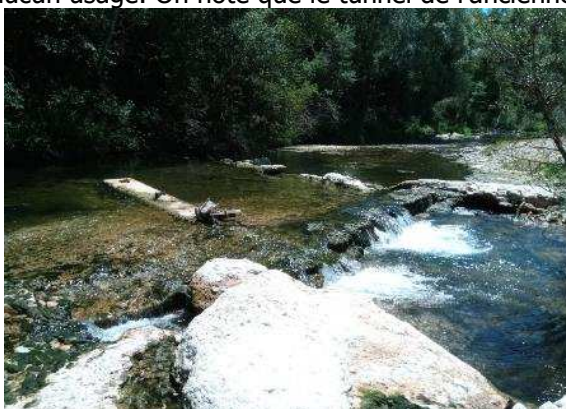


Figure 6 : Vue du seuil anthropique - vue de l'amont (gauche) et de l'aval (droite).

Plus à l'aval, en rive gauche, une protection de berge en enrochements libres s'est faite contournée. Les blocs sont maintenant dans le bras principal, ce qui entraîne la formation d'un atterrissement (désordre n°D).



Figure 7 : Ancienne protection de berge contournée, vue depuis l'aval.

A l'amont du pont aval, la rive droite s'est faite érodée (désordre n°E). Une anse d'érosion s'est développée à l'amont de la protection de berge existante. Des arbres présents en haut de berge sont tombés dans le cours d'eau. La protection de berge est dans l'ensemble désorganisée, surtout à l'amont du pont, où un début de contournement de la culée peut être observé, et au droit de la culée (présence de blocs anarchiques).



Figure 8 : Anse d'érosion en amont de la protection de berge rive droite (en haut à gauche), protection de berge en mauvais état (en haut à droite), érosion à l'amont de la culée du pont (en bas à gauche), blocs désorganisés en pied de culée (en bas à droite).

Enfin, à l'aval du pont, la rive droite est sub-verticale et la protection de berge existante est en très mauvais état (désordre n°F).



Figure 9 : Protection de berge en mauvais état en rive droite.

On notera également la présence de deux seuils créés par des castors qui ont été observés sur le secteur.



Figure 10 : Vue du seuil de castor amont (dessus) et aval (dessous).

1.1.2. Enjeux

Les principaux enjeux sur le secteur sont liés à :

- La présence de voiries – RD513 et RD13, avec deux ponts.
- La présence de réseaux, un réseau EU traverse le Largue à l'amont, tandis qu'une canalisation GEOSSEL longe le cours d'eau à l'aval (Cf 2).
- La présence d'habitations en rive droite et notamment le camping la Rivière.
- La présence des bassins de pêches en rive droite.

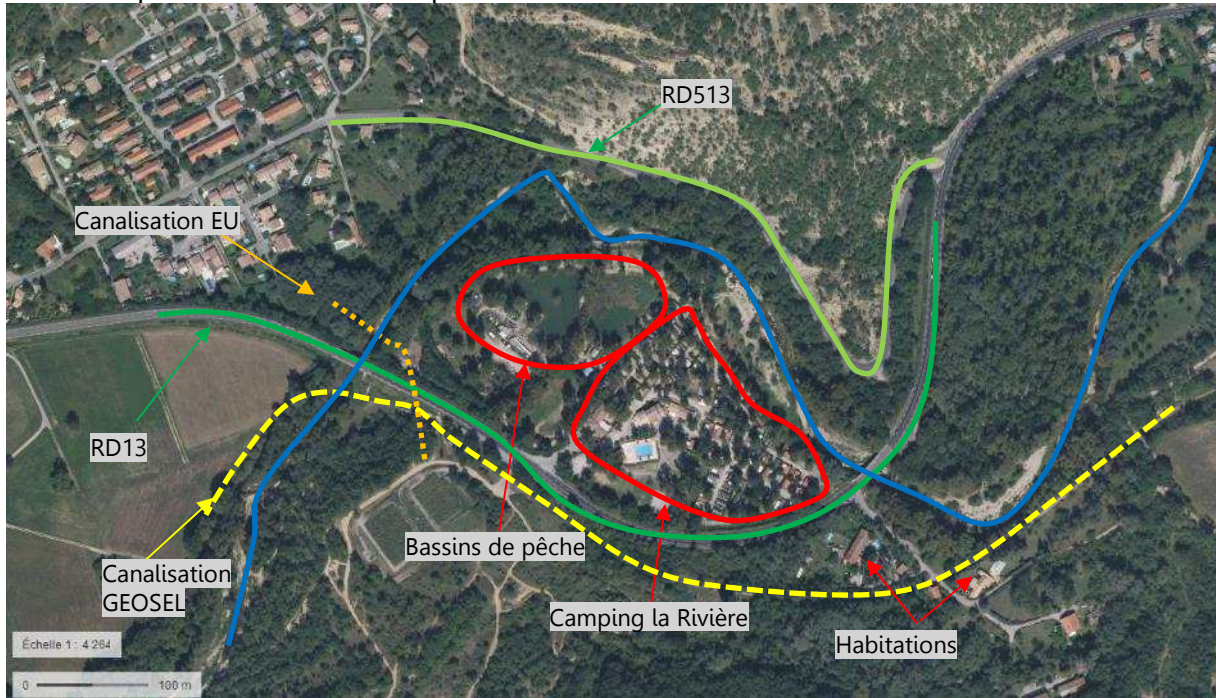


Figure 11 : Vue des principaux enjeux sur le secteur 1.

1.2. SECTEUR 2 :

1.2.1. Désordres

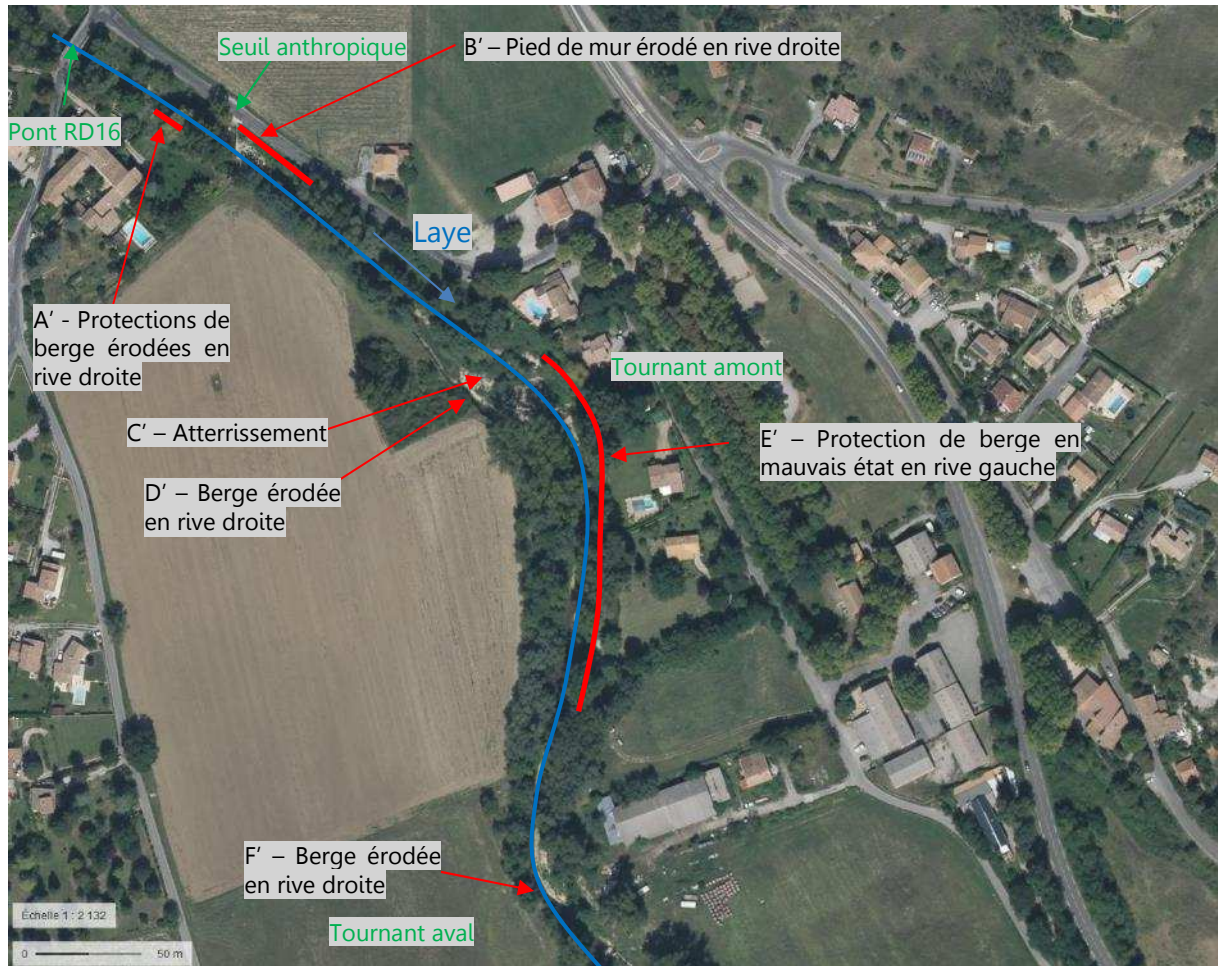


Figure 12 : Vue des désordres sur le secteur 2.

A l'aval du pont de la RD16, des protections de berge artisanales se sont effondrées en rive droite de la Laye (désordre n°A').



Figure 13 : Protections de berge effondrées en rive droite.

A l'aval de cette érosion, se situe un seuil anthropique. En pied de seuil, une érosion s'est développée en pied de rive gauche liée à l'insuffisance de la section (désordre n°B').



Figure 14 : Erosion de la berge rive gauche à l'aval du seuil.

A l'aval, à l'amont immédiat d'un tournant, le cours d'eau s'élargit. On observe, un atterrissement et une érosion de berge en rive droite en lien avec les débordements qui ont eu lieu sur le secteur (désordres n°C' et D').



Figure 15 : Vue de la berge érodée en rive droite (gauche) et de l'atterrissement (droite).

Dans le tournant et à l'aval, la protection de berge en rive gauche a été déstabilisée et est globalement en mauvais état, tandis que la bande active du cours d'eau se resserre fortement (désordre n°E). La rive droite, végétalisée, est aussi perchée.



Figure 16 : Protections de berges en mauvais état en rive gauche.

A l'aval de ce secteur étroit, une anse d'érosion s'est développée en rive droite, mettant à nu une canalisation (désordre n°F).



Figure 17 : Vue de l'anse d'érosion en rive droite et de la canalisation.

1.2.2. Enjeux

Les principaux enjeux sur le secteur sont liés à :

- La présence de voiries – RD513 en rive gauche et pont de la RD 16.
- La présence de réseaux, deux réseaux AEP traversent la Laye (Cf 2).
- La présence de champs en rive droite.
- La présence d'habitations sur les deux rives, surtout en rive gauche.
- La présence d'une déchèterie et de terrains de sports en rive droite.



Figure 18 : Vue des principaux enjeux sur le secteur 2.

1.3. SECTEUR 3 :

1.3.1. Désordres

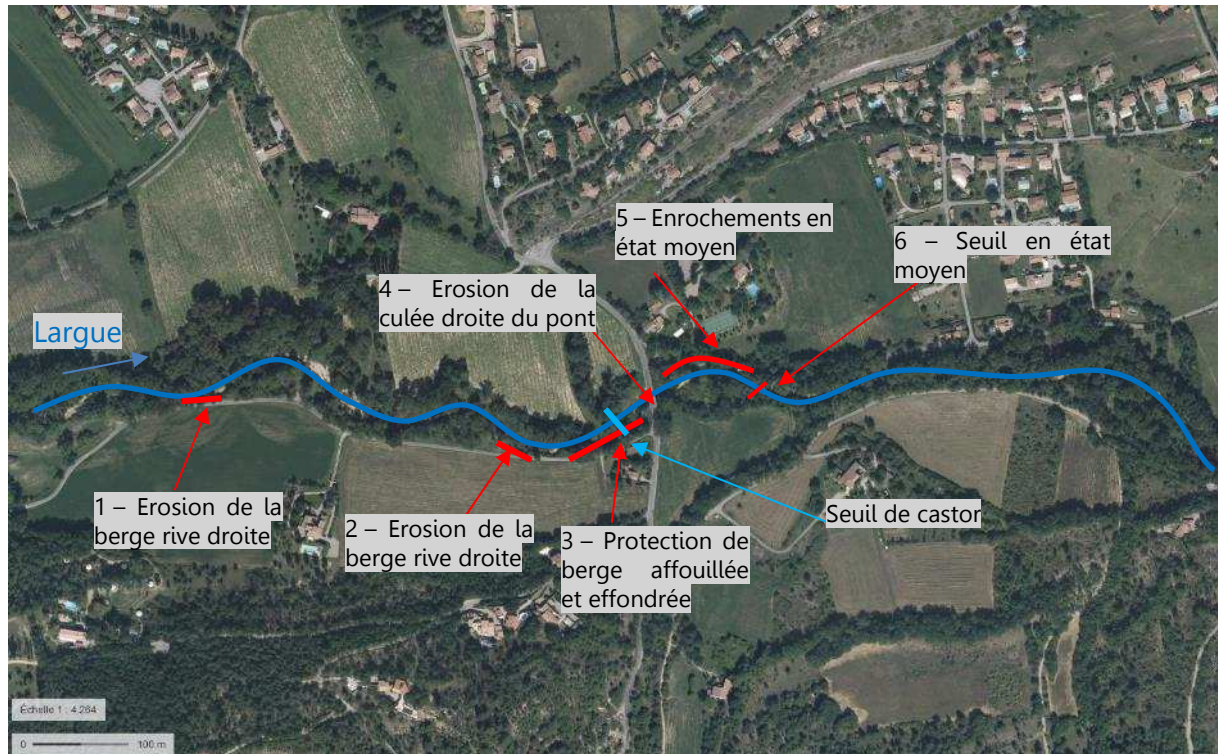


Figure 19 : Vue des désordres sur le secteur 3.

A proximité de la voie communale en rive droite, une anse d'érosion s'est développée, menaçant la route à court termes (désordre n°1).



Figure 20 : Anse d'érosion à proximité de la voie communale.

Plus à l'aval, à l'aval d'une protection existante en gabions, une anse d'érosion s'est développée (désordre n°2), menaçant la voie communale.



Figure 21 : Anse d'érosion qui s'est développée à l'aval des gabions.

La protection de berge à l'amont du pont rouge de la RD 5 est globalement en état moyen. Le pied est affouillé et un secteur s'est effondré (désordre n°3).



Figure 22 : Vue des enrochements bétonnés en mauvais état à l'amont du pont rouge.

La culée rive droite du pont rouge est affouillée en pied (désordre n°4).



Figure 23 : Vue du pied de la culée, à l'aval (gauche) et depuis l'amont (droite).

A l'aval du pont, les protections de berge sont en état moyens en rive gauche (désordre n°5) : enrochements raides, déstabilisés, ...



Figure 24 : Vue des enrochements sur la berge en rive gauche.

Le seuil est également en état moyen (désordre n°6). Il est constitué d'un vieux parement en maçonnerie abîmé et il est partiellement recouvert de blocs, surtout en rive gauche. Le seuil ne semble toutefois pas avoir beaucoup évolué depuis 2009, au vu de l'étude IPSEAU.



Figure 25 : Vue du seuil depuis l'aval.

On note également la présence d'un seuil de castor en amont du pont.

1.3.2. Enjeux

Les principaux enjeux sur le secteur sont liés à :

- La présence de voiries – RD5 (pont) et routes communales sur les deux rives.
- La présence de champs en rive gauche.
- La présence d'habitations en rive gauche.

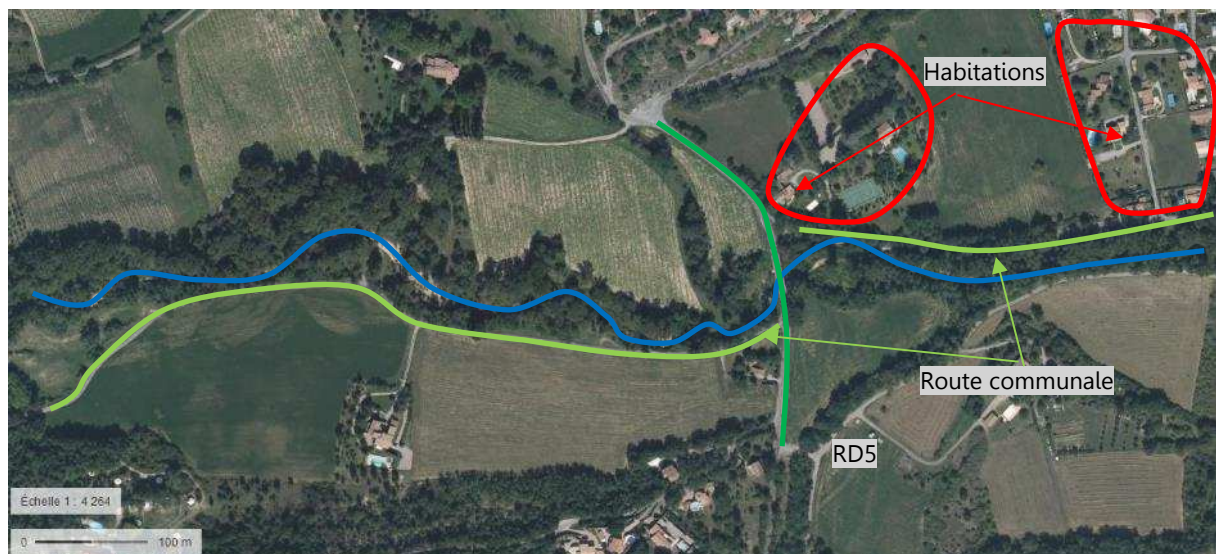


Figure 26 : Vue des enjeux sur le secteur 3.

1.4. ETUDES EXISTANTES

On peut citer les études et rapports suivants :

Rapport de présentation du PPR de la commune de St-Maime, GEOLITHE, 2007.

Reconstruction du pont sur le Largue à Dauphin, Note hydraulique et dossier loi sur l'eau – IPSEAU, 2008.

Modélisation 1D du Largue et de la Laye - CEREMA, 2017.

Etude hydraulique au niveau du camping l'eau vive - ALP'GEORISQUES, 2017.

Etude hydraulique au niveau du camping la Rivière - ALP'GEORISQUES, 2017 - *Nous n'avons pas eu accès à cette étude.*

Dossier de déclaration loi sur l'eau pour des travaux de protection de la berge du Largue le long de la voie communale en amont du pont rouge. ATP environnement, 2017.

Etude hydraulique – Incidence sur les écoulements de la Durance de la création d'un parc photovoltaïque à Volx - Ingérop, 2018.

Etude sur la sécurisation du barrage de la Laye et la gestion de l'eau du bassin du Largue – Conseil général, juin 2019.

Réseaux des mines du Bois d'Asson – St-Maime – Inventaire des réseaux spéciaux et particuliers, 2020.

Analyse hydrologique au droit du barrage de la Laye pour le dimensionnement de l'évacuateur de crue – ARTELIA, 2020.

Etude de la crue du 1^{er} décembre 2019 sur le Largue et la Laye - PNR du Lubéron, 2020.

Diagnostic et étude de faisabilité de l'aménagement de la Laye et du Largue sur le territoire de la CCHPPB – HYDRETTUDES, 2020.

Topographie :

Relevé topographique de Salla-Lecomte sur le secteur 1, printemps 2021.

Relevé topographique de Philippe Richard sur les 3 secteurs, Juin 2021.

RGE alti 1 m de l'IGN

2. LES RESEAUX EXISTANTS

Les déclarations de travaux (DT) ont été réalisées auprès de l'ensemble des gestionnaires de réseaux. Le présent chapitre reprend ces DT.

2.1. SECTEUR 1

2.1.1. Réseaux électriques

Un réseau HT passe sous la RD 513, côté Largue. Un réseau torsadé aérien traverse le Largue au voisinage du seuil effondré. Un réseau HT aérien traverse également le Largue à l'aval du secteur d'étude.

2.1.2. Réseaux AEP et EU

Sans objet.

2.1.3. Gaz de ville

Un réseau de gaz passe sous la RD513.

2.1.4. Réseau orange

Un réseau ORANGE passe sous la RD 513 et sous l'ancienne voie ferrée en rive droite, à l'aval. Un réseau aérien passe au droit du pont de la RD 13 aval, tandis que le réseau est enterré au niveau du pont de la RD 13 amont.

2.1.5. Eau pluviale

Sans objet.

2.1.6. Canalisation GEOSEL

Une canalisation d'eau GEOSEL emprunte l'ancienne voie ferrée en rive droite du Largue, derrière le secteur érodé à l'aval (secteur F). Elle franchit le Largue à l'amont du pont de la RD13 amont.

2.1.7. Autres

On note l'existence de l'ancien tunnel d'alimentation en eau de la Mine du Bois d'Arson. L'entrée de ce tunnel, bien que partiellement éboulée, ne semble pas obturée.



Un tunnel (ancienne galerie de mine ?) est également présent sous la canalisation GEOSSEL et la voie ferrée, dans le secteur F.



Bilan des réseaux :

Aucun réseau n'est a priori susceptible d'être impacté dans le cadre de travaux dans le Largue. On notera toutefois la présence de la canalisation GEOSSEL en sommet de berge rive droite à l'aval du pont de la RD13 aval.

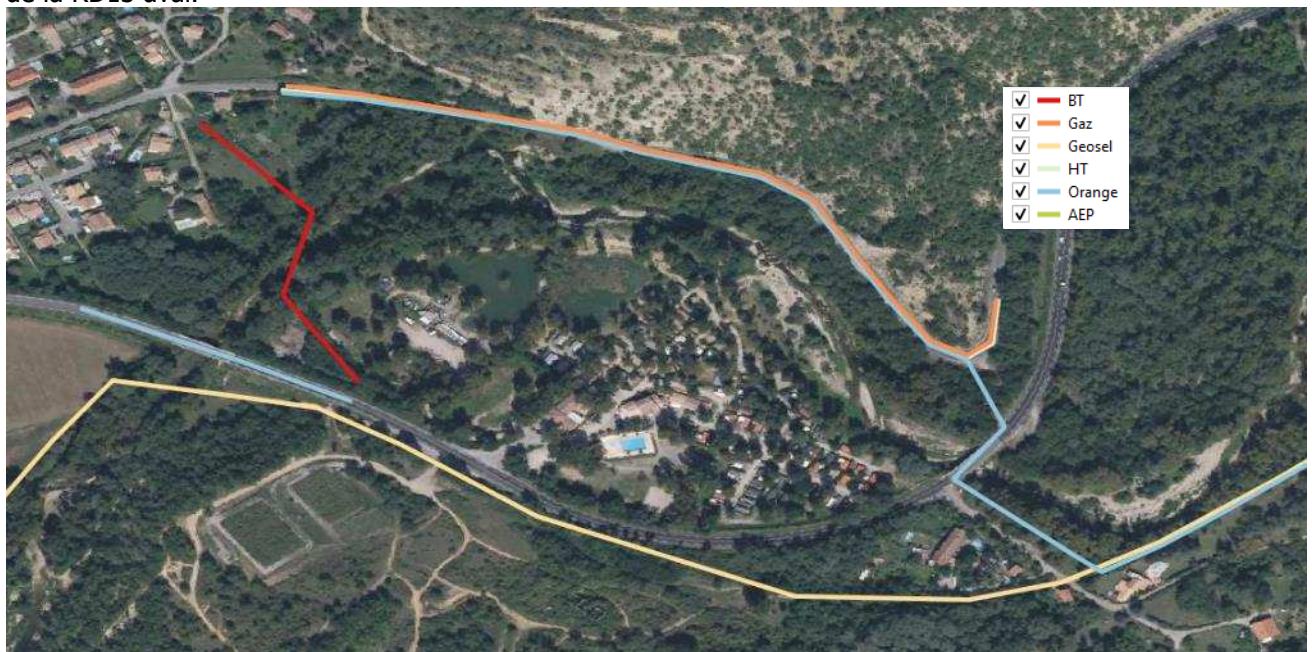


Figure 27 : Localisation des réseaux.

2.2. SECTEUR 2

2.2.1. Réseaux électriques

Un réseau torsadé franchit la Laye au-dessus de la RD 16 et à l'amont immédiat du pont.
Un réseau HT aérien franchit la Laye à l'aval du seuil.

2.2.2. Réseaux d'eaux (AEP, EU,...)

Le seuil présent à l'aval du pont de la RD 16 permet le passage d'une canalisation d'eau AEP DN 400.

Un autre réseau AEP franchit la Laye dans le tournant aval (DN250 à DN 315) :

On notera qu'un réseau est visible en rive droite, au droit de l'anse d'érosion actuelle. Il se jette dans la Laye. Des écoulements sont visibles vers la Laye, provenant certainement d'une fuite dans ce réseau. **La nature de la canalisation sortante n'est pas connue.**



2.2.3. Gaz de ville

Un réseau de gaz passe en encorbellement du pont de la RD 16 et se prolonge sous la RD513, en rive gauche de la Laye.

2.2.4. Réseau orange

Un réseau ORANGE passe au droit du pont de la RD16.

2.2.5. Eau pluviale

Sans objet.

Bilan des réseaux :

Le principal réseau qui pourrait être impacté par des travaux dans le cours d'eau est un réseau AEP, qui traverse la Laye à l'aval. La profondeur d'enfouissement de ce réseau est inconnue. Un tuyau sortant, de nature inconnue est visible en berge sur le secteur.

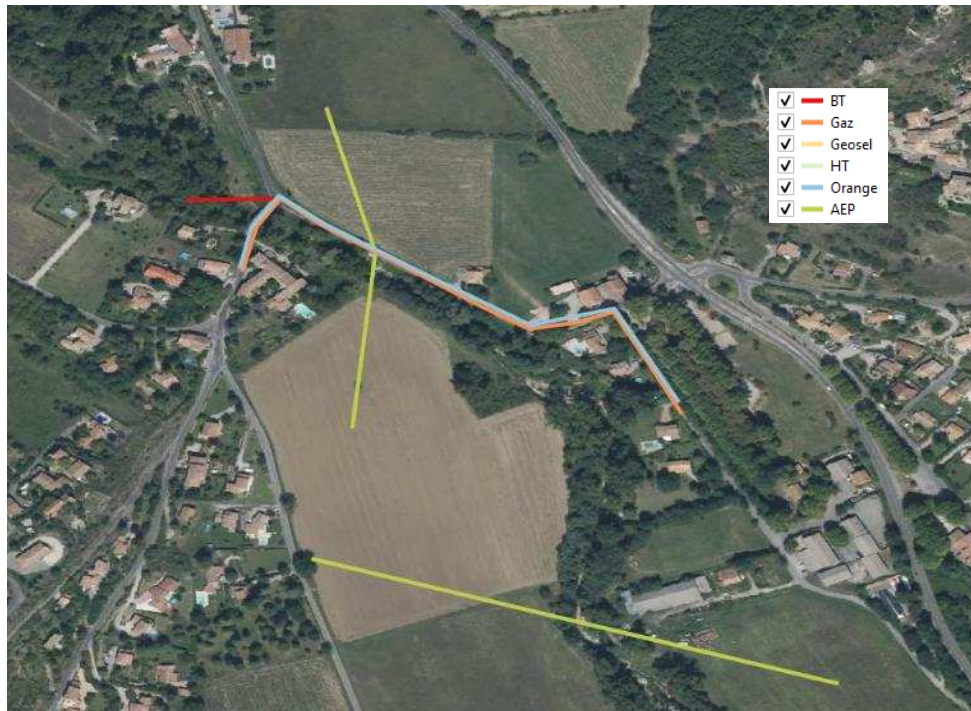


Figure 28 : Localisation des réseaux.

2.3. SECTEUR 3

2.3.1. Réseaux électriques

Un réseau HT aérien et un réseau BT aérien franchissent la Lave au voisinage de la station de pompage. Deux autres réseaux HT traversent le Largue au voisinage du pont et un réseau BT traverse le Largue à proximité du seuil.

2.3.2. Réseaux AEP et EU

Un réseau AEP et un réseau EU traversent apparemment le Largue dans le tablier du pont. Ces réseaux n'apparaissent pas dans les DR reçus.

Un réseau AEP DN500 traverserait également le Largue à l'amont du pont. La profondeur de ce réseau n'est pas connue.

2.3.3. Gaz de ville

Sans objet.

2.3.4. Réseau orange

Un réseau ORANGE passe au droit du pont, puis longe en aérien la voie communale rive droite, côté cours d'eau.

2.3.5. Eau pluviale

Sans objet.

2.3.6. Geosel

Une canalisation GEOSSEL traverse le Largue à l'aval du ravin de l'Aussetlet.

Bilan des réseaux :

Le principal réseau potentiellement impacté par des travaux dans le cours d'eau serait un réseau AEP, qui se situerait en amont du pont de la RD5. On notera l'absence d'informations sur la profondeur d'enfouissement de ce réseau. Il convient également de noter la présence du réseau HT aérien.



Figure 29 : Localisation des réseaux.

3. MORPHOLOGIE

3.1. EVOLUTION MORPHOLOGIQUE DES COURS D'EAU D'APRES LES IMAGES AERIENNES

Les photos aériennes historiques sont issues du site « remonter le temps » de l'IGN.

3.1.1. Secteur 1

La plus vieille photo aérienne date de 1944. On notera l'existence des deux ponts et de la RD 513. Une anse d'érosion marquée apparaît déjà contre la RD 513. Le seuil est encore en activité et il permet l'alimentation d'une prise d'eau en rive gauche (dédiée à la Mine du Bois d'Asson). Le lit à l'aval de la prise d'eau est totalement à sec. En amont du seuil, un atterrissement est présent.

En revanche, la RD 13, le camping la Rivière et la STEP n'existent pas encore. D'une manière générale, la bande active est beaucoup plus large qu'actuellement, notamment à l'aval du secteur d'étude. Sur ce secteur, on observe une exploitation des granulats, sans doute en lien avec les activités minières du Bois d'Asson.

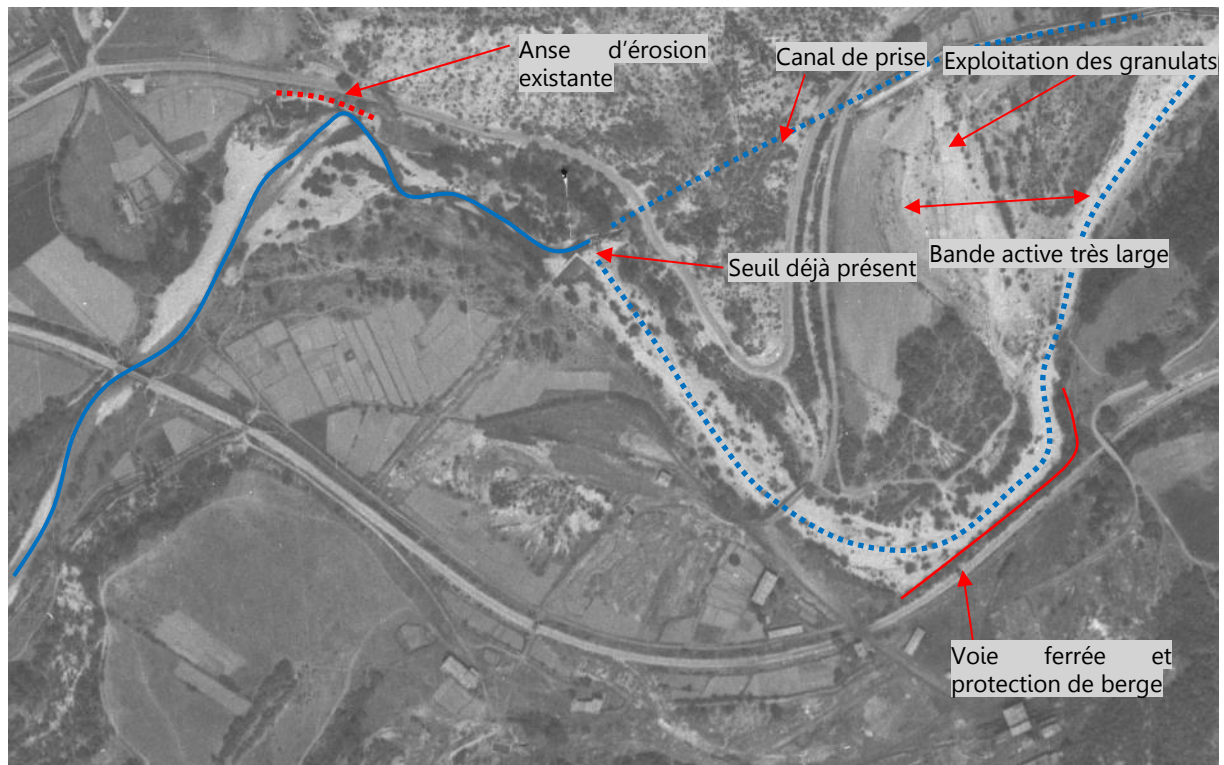


Figure 30 : Vue aérienne de 1944.

En 1947, le cliché est de meilleure qualité et on observe déjà quelques évolutions.

A l'aval du pont aval, une plateforme a été construite, empiétant dans le cours d'eau et le déviant vers la rive gauche. Deux épis sont visibles à l'amont du pont aval, en rive droite, tandis que des enrochements libres sont visible en protection de la voie ferrée.

L'actuel camping est un site de déchets miniers provenant des sites du Collet Rouge et du Foulon (IRSP, 2020). On notera l'existence d'une passerelle permettant le passage des matériaux depuis le site du Foulon, qui se situe en rive gauche.

Des matériaux graveleux sont visiblement également prélevés sur le secteur, ce qui n'empêche pas la végétalisation de l'atterrissement en amont du seuil.

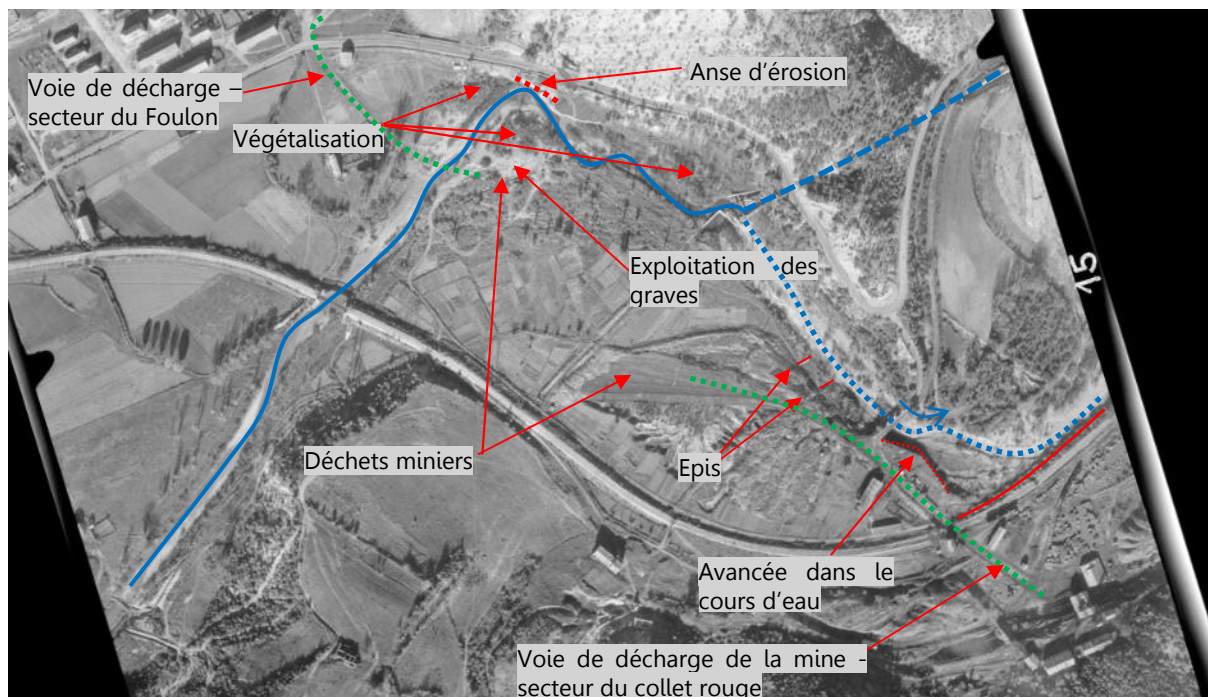


Figure 31 : Vue aérienne de 1947.

En 1969, on observe des changements majeurs :

- La prise d'eau n'est plus exploitée (suite à la fermeture de la mine en 1949), ainsi que la voie ferrée.
- L'anse d'érosion amont visible en 1944 s'est complètement végétalisée, tandis que l'atterrissement en amont du seuil s'est dévégétalisé, en lien avec le déplacement de l'anse d'érosion vers l'aval. Ce déplacement vers l'aval a pu être facilité par les prélèvements de matériaux réalisés et le déstockage des matériaux en amont du seuil, ce qui a entraîné l'avulsion du méandre.
- Entre le seuil et le pont aval, le cours d'eau a érodé la rive droite, remobilisant les dépôts miniers. Cette érosion peut s'expliquer par le fait que le cours d'eau butte en rive gauche contre le reste du seuil, ce qui le renvoie vers la rive droite.
- A l'aval du pont aval, un cordon végétalisé est au contraire apparu, protégeant la voie ferrée. La formation de ce cordon s'explique par l'existence d'un point dur en amont du pont, qui contribue à renvoyer les écoulements vers la rive gauche. L'avancée dans le cours d'eau visible en 1947 a en revanche disparu.

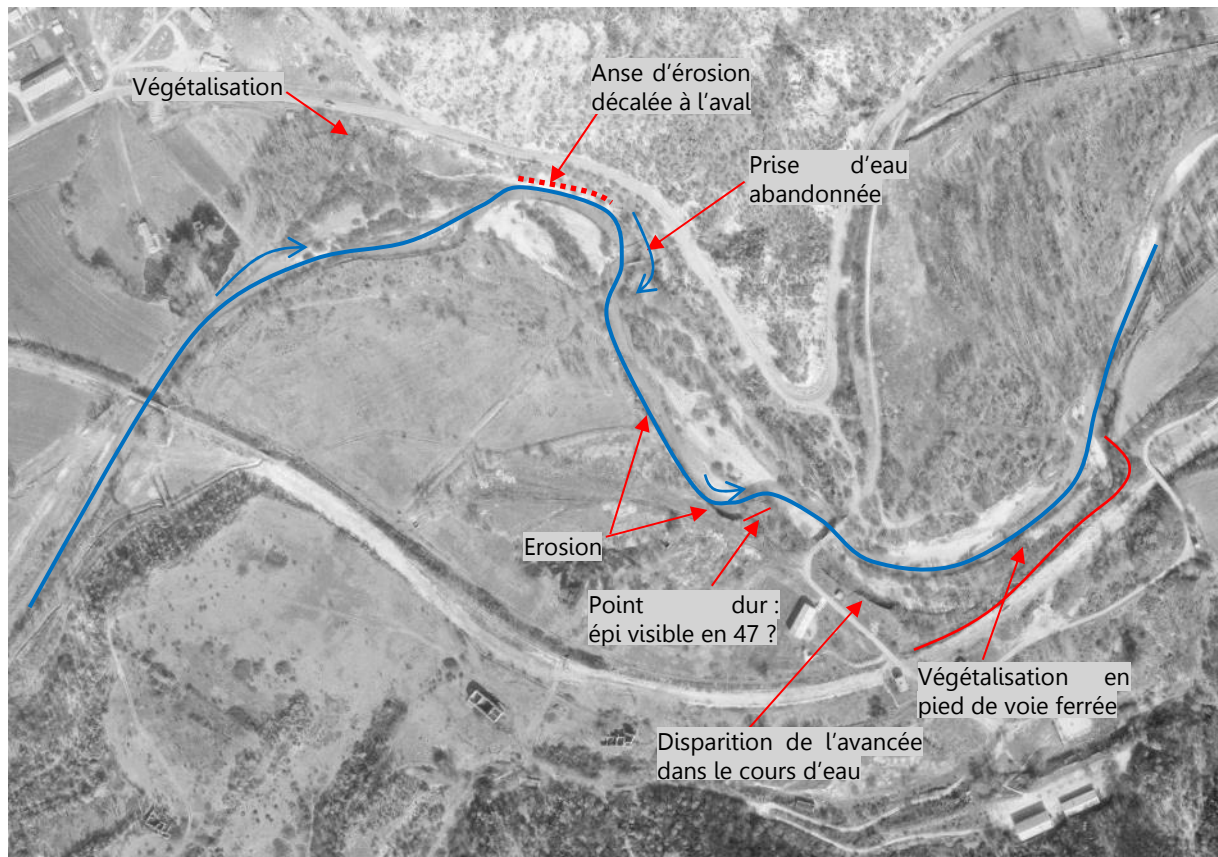


Figure 32 : Vue aérienne de 1969.

En 1978, le poste de relevage de la STEP est apparu, ainsi que le seuil sur le Largue. La RD 13 est construite, avec un nouveau pont à l'aval. Des blocs sont présents devant les culées et la section passante semble avoir diminuée. L'ancien pont est toujours visible.

Une carrière semble s'être ouverte au-dessus de la RD513, au droit de l'ancien secteur de Mine du Foulon et une plateforme a été créée entre la RD 513 et le cours d'eau. Des prélèvements de matériaux sont également visibles à proximité du poste de relevage.

L'anse d'érosion s'est encore décalée à l'aval, jusqu'au seuil, tandis qu'un retalutage de la rive droite est observable au droit de la zone de dépôts miniers. La configuration du cours d'eau n'a pas trop évolué sinon. L'ancienne prise d'eau et l'épi aval sont toujours responsables d'un déport du cours d'eau vers la rive opposée.

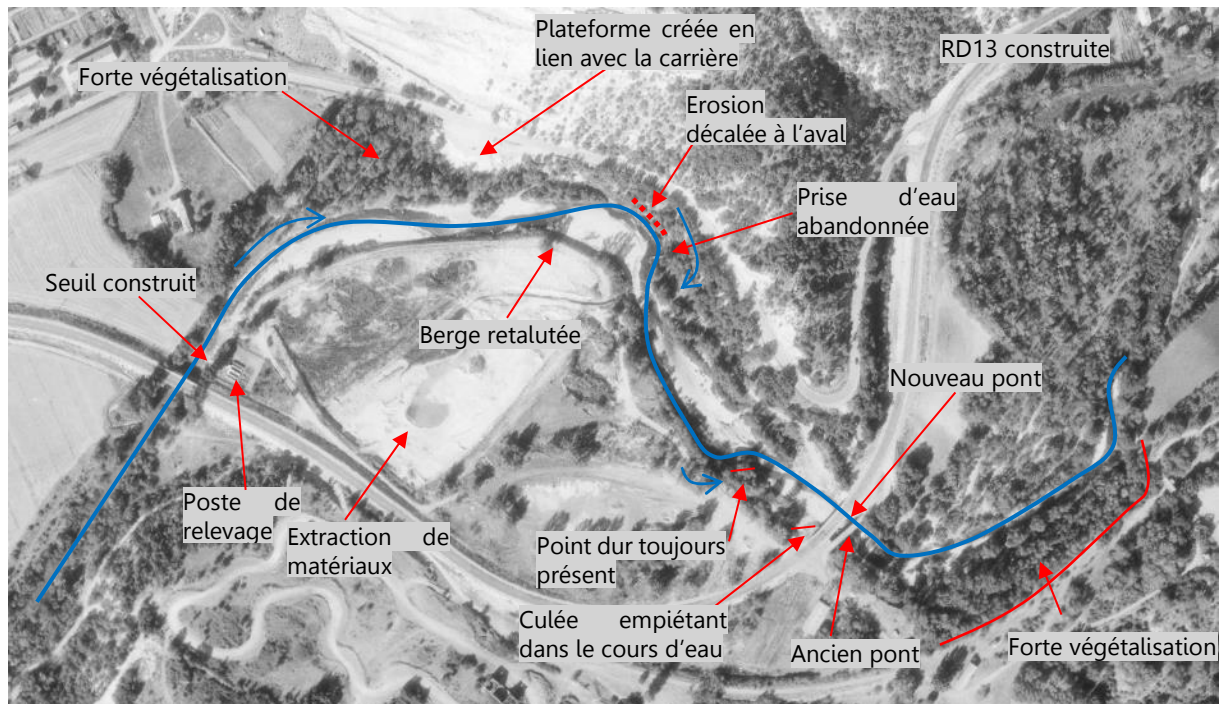


Figure 33 : Vue aérienne de 1978.

En 1986, les bassins sont apparus suite à l'extraction, ainsi que le camping. La carrière semble déjà abandonnée.

On observe un début de changement dans la localisation des méandres.

La zone végétalisée à l'amont commence à être remobilisée par le cours d'eau. Ce phénomène pourrait s'expliquer par :

- Le dépôt de matériaux réalisé lors de la construction de la plateforme, pour permettre l'accès à la carrière ;
- Un déficit en matériaux provoquant une diminution de la pente à l'amont de l'ancienne prise d'eau. Ce déficit est probablement favorisé par le seuil construit au droit de la STEP. Les matériaux stockés en amont de l'ancienne prise d'eau ont certainement déjà été repris en grande partie ;
- La crue d'avril 1986.

Le point dur à l'amont du pont aval est moins visible, ce qui peut s'expliquer par :

- L'érosion progressive de l'épi en rive droite à l'amont du pont ;
- L'élargissement de la zone de diminution de la section à l'aval, au droit du nouveau pont ;

En conséquence de cette absence de point de blocage et de l'élargissement longitudinal de la section réduite sous le pont aval, le cours d'eau tend à rester perpendiculaire au pont.

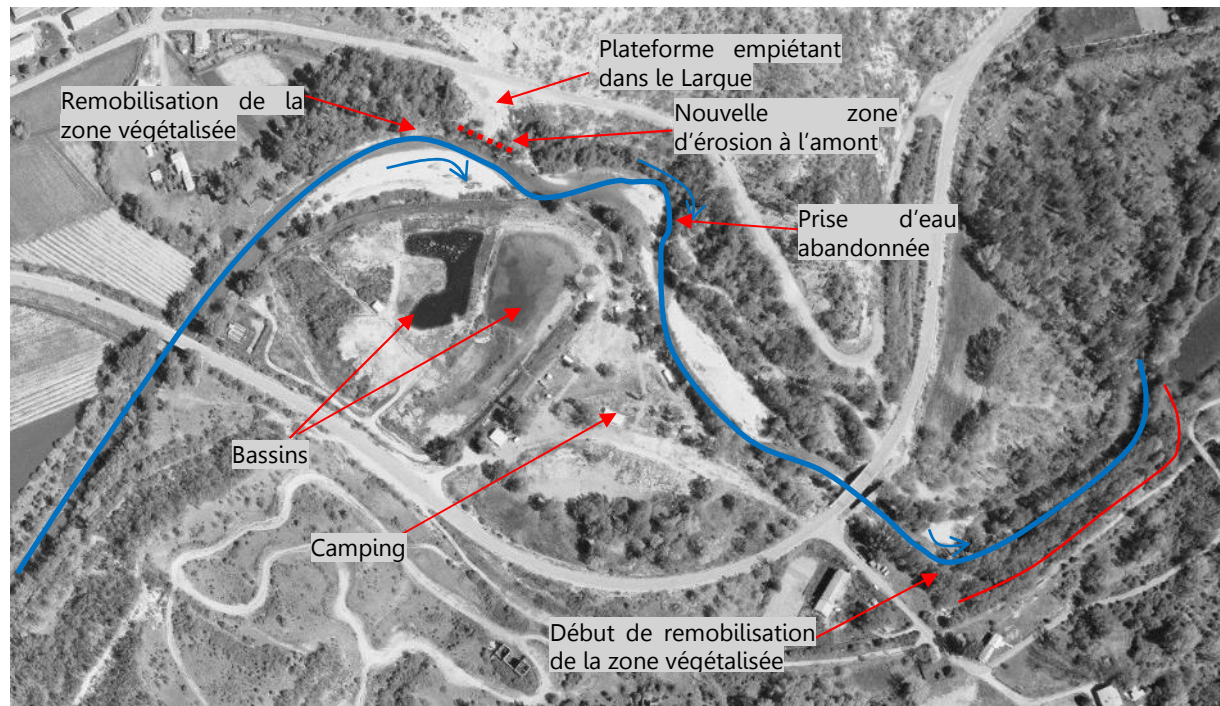


Figure 34 : Vue aérienne de 1986.

La vue aérienne de 1994 permet de visualiser l'impact de la crue de janvier.

La plateforme le long de la RD513 a été érodée et le Largue coule complètement contre la rive gauche. Les matériaux déposés ont donc été entièrement repris.

La végétalisation du lit a partout diminué.

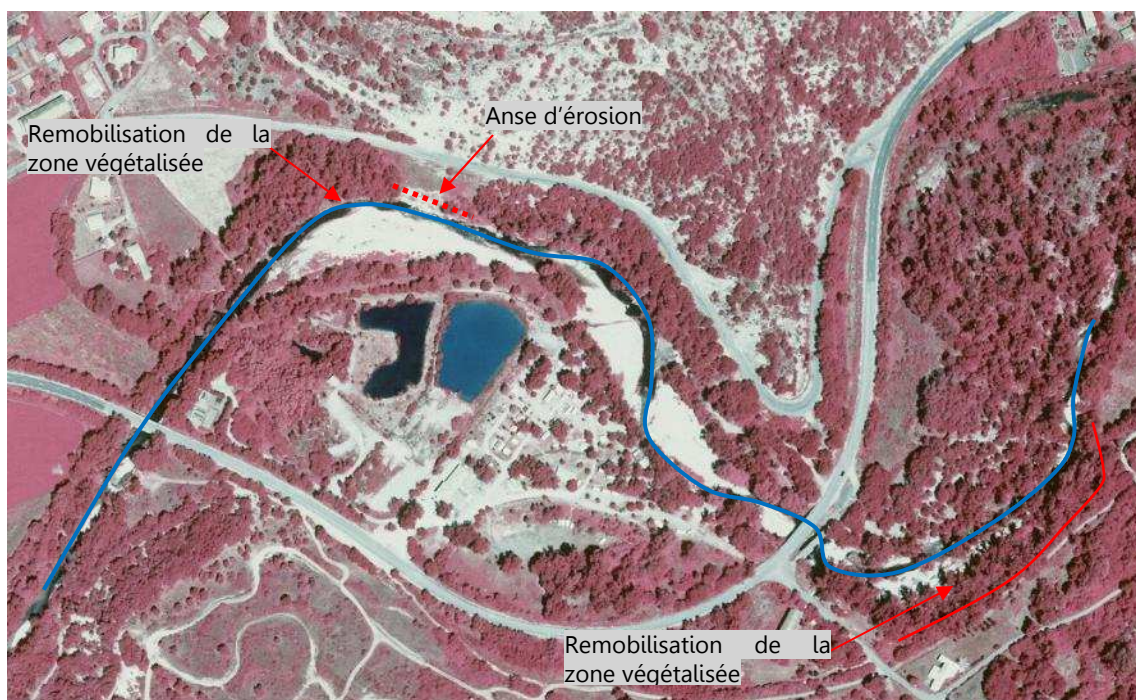


Figure 35 : Vue aérienne de 1994.

En 2000, la progression de l'anse d'érosion vers l'amont se poursuit, ce qui entraîne une redirection de l'écoulement vers la berge rive droite au droit des bassins.

Des enrochements semblent avoir été posés en rive gauche, à l'amont du pont, probablement suite à la crue de 1994.

Le lit se végétalise de nouveau en l'absence de crues majeures, sauf à l'aval du pont où l'érosion de la rive droite se poursuit.

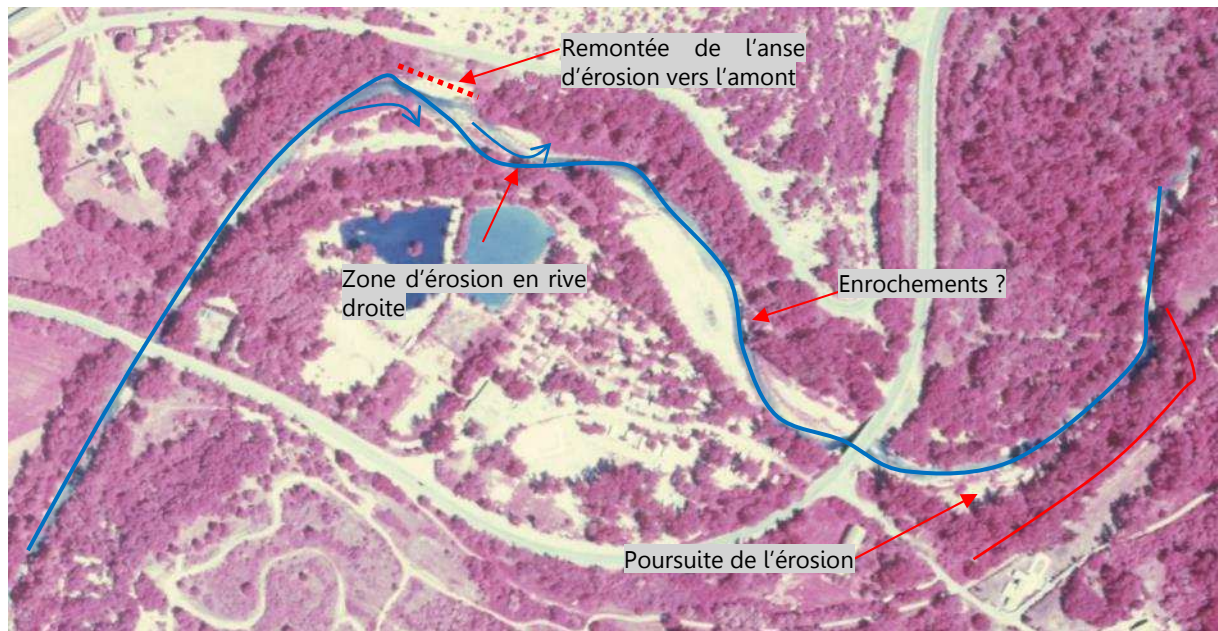


Figure 36 : Vue aérienne de 2000.

Le phénomène se poursuit en 2012. On note la forte végétalisation de la zone située entre l'anse d'érosion amont et les bassins.

Au contraire, la zone végétalisée en rive droite à l'aval du pont aval est érodée.

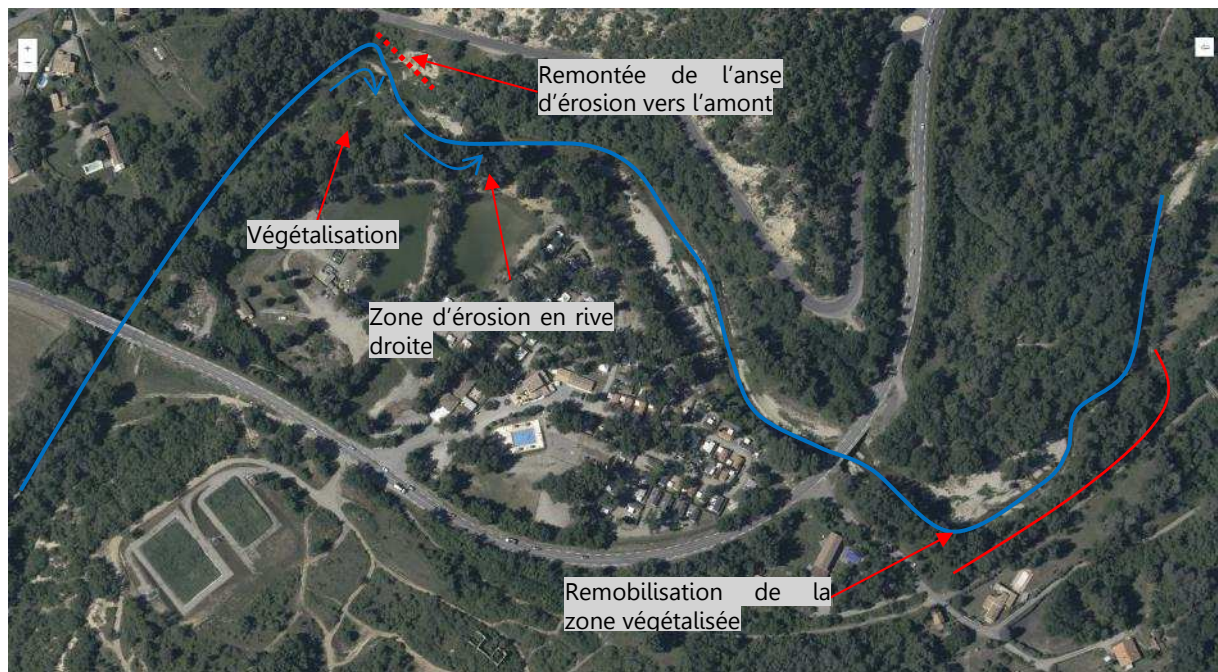


Figure 37 : Vue aérienne de 2012.

En raison de ce phénomène de redirection des écoulements vers la rive droite, la crue de 2016 a provoqué une brèche dans la digue du bassin.

La vue aérienne de 2018 montre qu'une protection de berge a été mise en place au droit du bassin suite à la crue de 2016. Cette protection semble déjà contournée par l'amont. Cela s'explique par l'enfoncement de l'anse d'érosion dans le versant, à l'amont, ce qui augmente l'angle du renvoi.

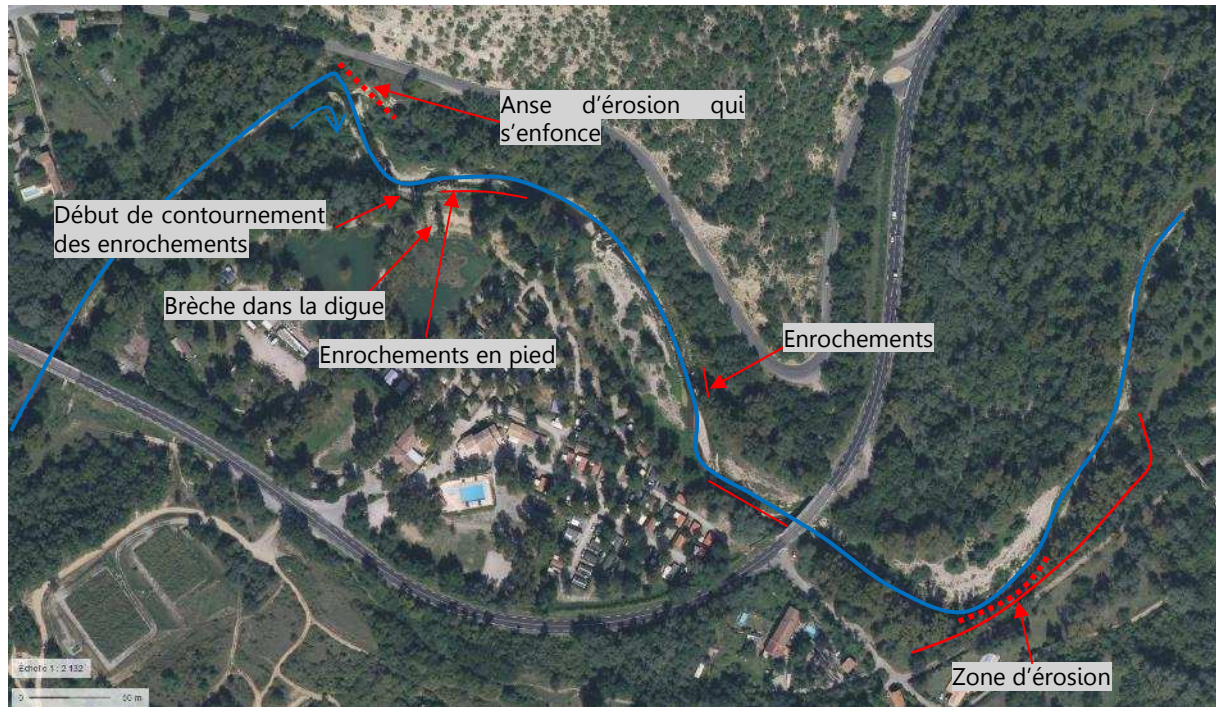


Figure 38 : Vue aérienne de 2018.

On rappellera que les évolutions notables suite à la crue de 2019 sont :

- L'effondrement du seuil de la STEP ;
- Le prolongement de la protection de berge des bassins vers l'amont, en lien avec la remontée de la zone érodée – la brèche a de nouveau permis le passage du Largue lors de la crue ;
- Le contournement des enrochements en rive gauche, suite à la réouverture du lit ;
- L'érosion de la rive droite à l'amont du pont – cette érosion s'explique par l'importance de la crue, l'insuffisance de la section sous le pont et le mauvais agencement de la protection de berge.
- La poursuite de l'érosion de la rive droite à l'aval du pont.

Bilan sur le secteur 1 :

On peut distinguer deux grandes périodes :

1944-1978 :

Sur cette période, l'anse d'érosion le long de la RD513 descend progressivement vers l'aval, tandis que la rive droite s'érode au droit du camping et se végétalise à l'aval du pont.

Ces évolutions s'expliquent probablement par :

- L'abandon de la prise d'eau et les extractions de matériaux dans le lit, entraînant un abaissement du lit à l'amont de la prise et un changement du lit ;
- La faiblesse des protections de la rive droite en amont du pont et la présence d'épis qui tendent à rediriger les écoulements vers la rive gauche en aval du pont.

1978-2020 :

Depuis 1978 la situation s'est inversée :

- Remontée de l'anse d'érosion le long de la RD 513, ce qui entraîne une érosion de la rive opposée (droite) sur le secteur des bassins (cette érosion remonte également) ;
- Relative stabilité de la rive droite au droit du camping ;
- Érosion de la rive droite à l'aval du pont de la RD13.

Ces évolutions pourraient s'expliquer par :

- La persistance d'un seuil au droit de l'ancienne prise d'eau, avec pour conséquence un stockage des matériaux à l'amont, ce qui favorise le méandrage. Cela pourrait aussi s'expliquer par la fin du déstockage des matériaux déposés en amont de l'ancienne prise d'eau et le retour à l'état d'origine (scénario le plus probable, cf chap.3.2).
- La présence d'une terrasse élevée en rive droite à l'amont du pont (ancienne décharge minière), avec des protections de berge, ce qui réduit l'érosion et limite les possibilités de renvoi du cours d'eau vers la rive gauche. La contraction au droit du pont aval et la présence d'un point dur en fond tendent à faire de cette zone une zone de dépôt.
- Le gabarit du nouveau pont de la RD13 qui est plus important (longitudinalement par rapport au cours d'eau) que celui de l'ancien pont, ce qui favorise le passage du cours d'eau dans l'axe, avec pour conséquence l'érosion de la rive droite à l'aval. Cette érosion est potentiellement facilitée par un déficit relatif en matériaux dans le Largue.

La tendance observée sur cette période risque donc de se poursuivre.

Depuis 1944, la tendance globale est à la diminution de la bande active (de 40 m en moyenne à 20 à 30 m). La diminution est surtout importante au droit du méandre amont et à l'aval du pont aval :



Figure 39 : Vue aérienne actuelle (dessus) et de 1944 (dessous).

3.1.2. Secteur 2

La plus vieille photo aérienne exploitable date de 1934. La RD et le pont sont déjà construits.

A l'aval du pont, le chenal semble déjà corseté, surtout en rive gauche. On observe en particulier le mur de la RD et des épis à l'aval, qui expliquent les deux tournants observés.

La bande active est très large, surtout en amont du pont de la RD 16, et des bancs de graviers sont visibles sur tout le linéaire, y-compris à l'aval du pont, ce qui traduit une tendance globale au dépôt. La largeur de la bande active dépasse 60 m en amont du pont et atteint encore 25 à 30 m dans le secteur des épis. Sur ce dernier secteur, l'espace de mobilité historique dépassait vraisemblablement 90 m, au vu de l'emprise des champs.

Aucun seuil naturel ou anthropique n'apparaît au droit du pont. La ripisylve est peu développée.

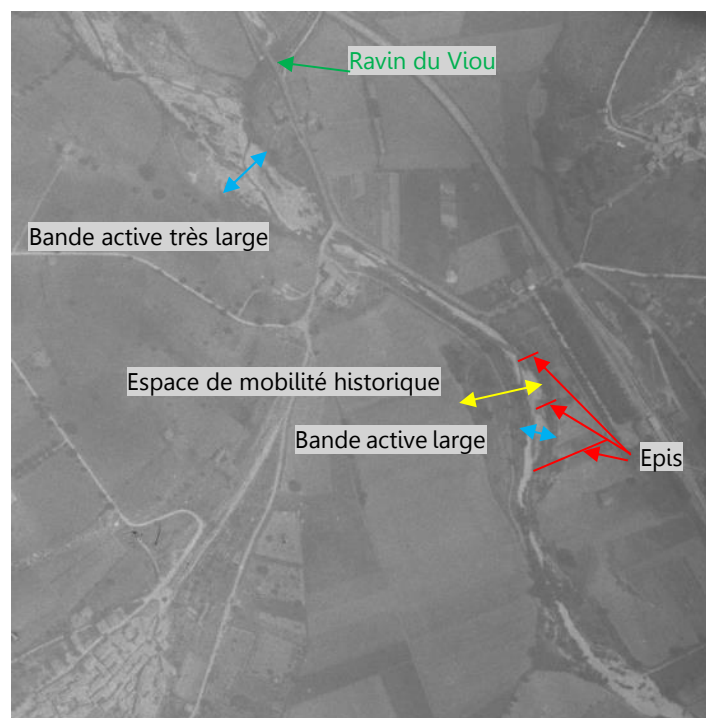


Figure 40 : Vue aérienne de 1934.

La vue aérienne de 1947 montre que la bande active commence déjà à se rétracter, que ce soit en amont du pont de la RD 16, ou en aval.

Les épis semblent avoir été efficaces pour fixer la berge et la végétation.

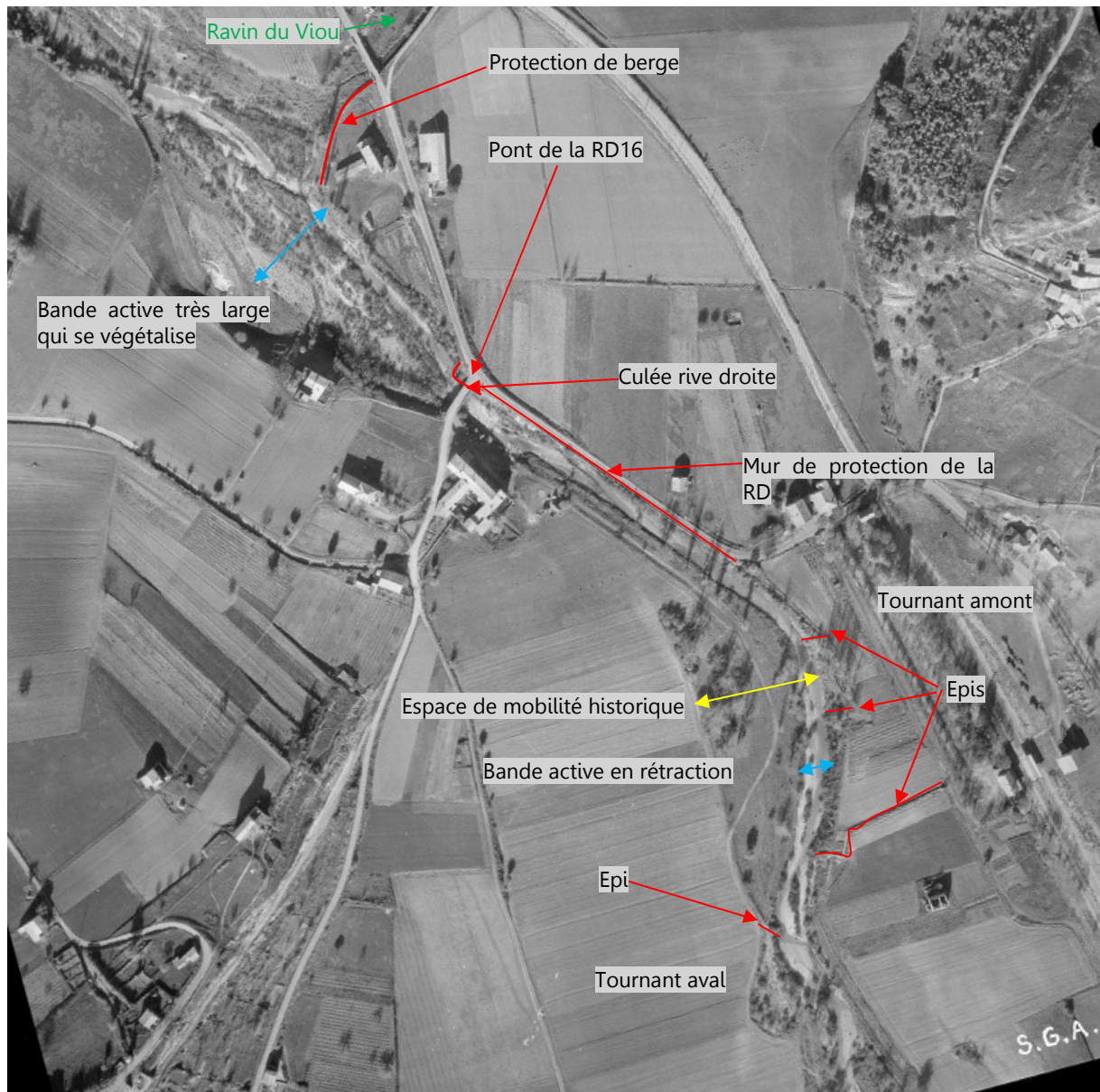


Figure 41 : Vue aérienne de 1947.

En 1969, on observe la construction d'une première habitation en rive gauche, sur le secteur aval.

La tendance à la rétraction de la bande active est nette sur l'ensemble du cours d'eau. A l'aval du pont de la RD 16, un nouveau seuil naturel semble pouvoir être identifié, tandis que la zone située à la confluence avec le Viou se végétalise.

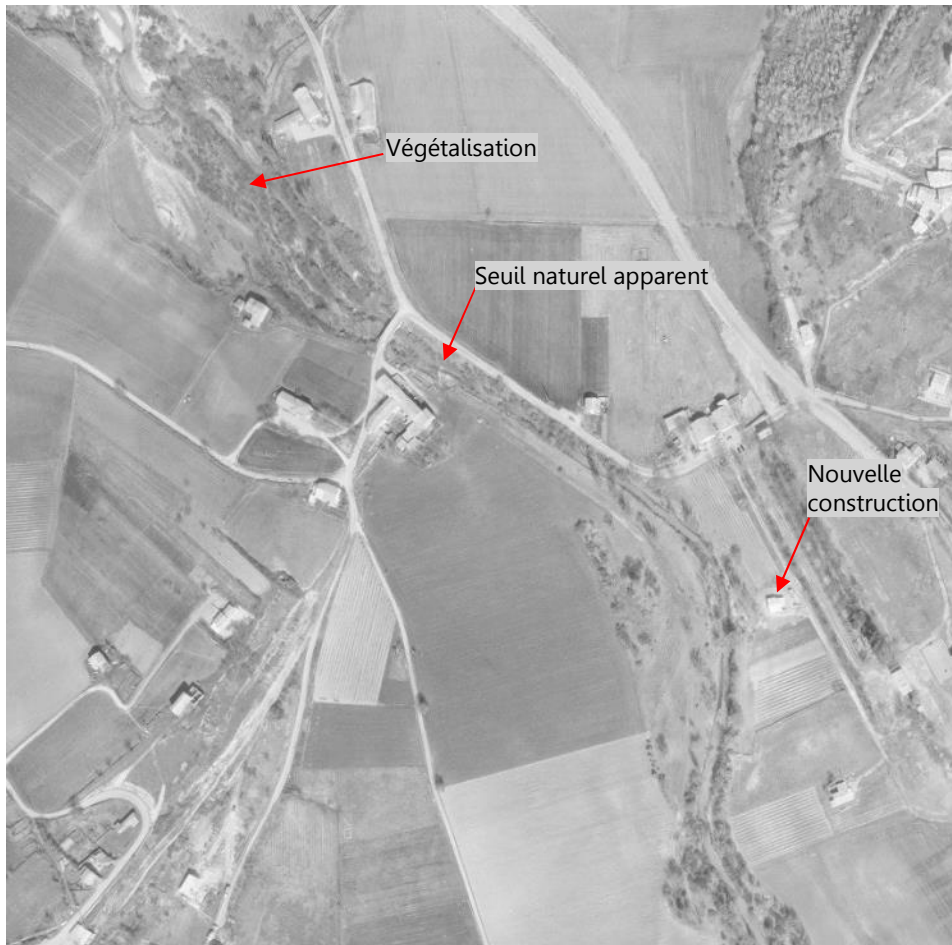


Figure 42 : Vue aérienne de 1969.

En 1978, le lit s'est fixé au droit de la confluence avec le Viou en raison de la forte végétalisation des berges. A l'aval du pont de la RD 16, la ripisylve est également fortement développée.

Une nouvelle habitation s'est construite à l'aval.

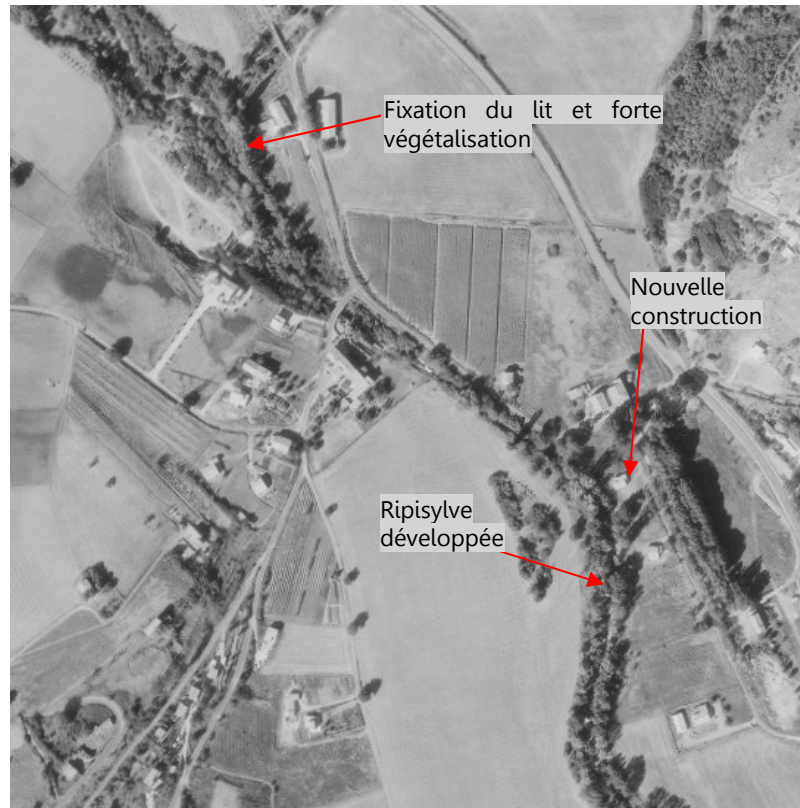


Figure 43 : Vue aérienne de 1978.

En 1986, on note la construction de bâtiments agricoles à l'aval, en rive gauche. Une portion de la berge en rive gauche semble avoir été confortée, tandis que la berge à la confluence avec le Viou semble avoir été élargie au détriment du lit du Viou.

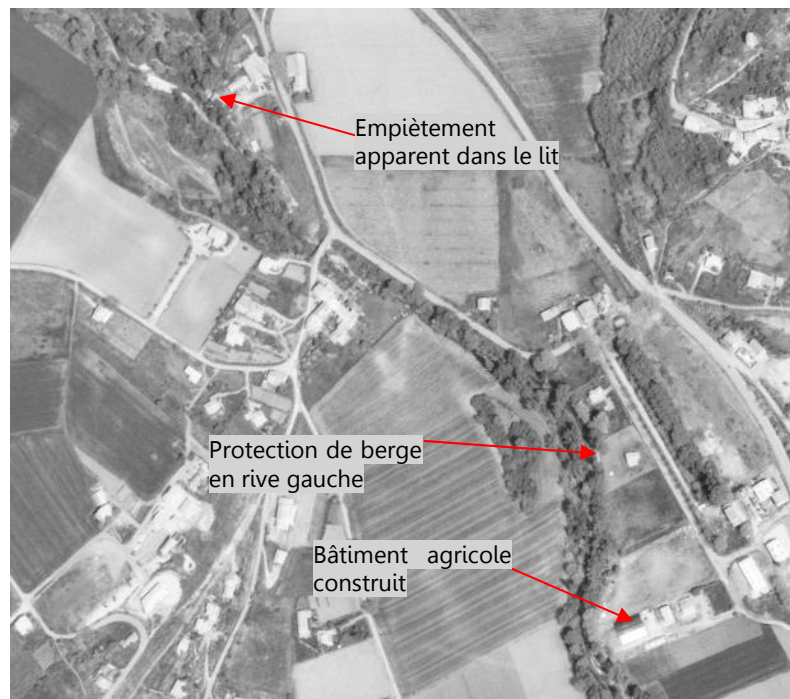


Figure 44 : Vue aérienne de 1986.

La crue de 1994 a provoqué des dégâts, dénotant l'insuffisance de la largeur du cours d'eau. De nombreuses érosions de berges peuvent être observées, principalement sur les secteurs suivants :

- Au droit du mur de la RD ;
- Dans le tournant amont ;
- A l'aval du tournant amont, sur les deux rives – un débordement a eu lieu en rive droite.

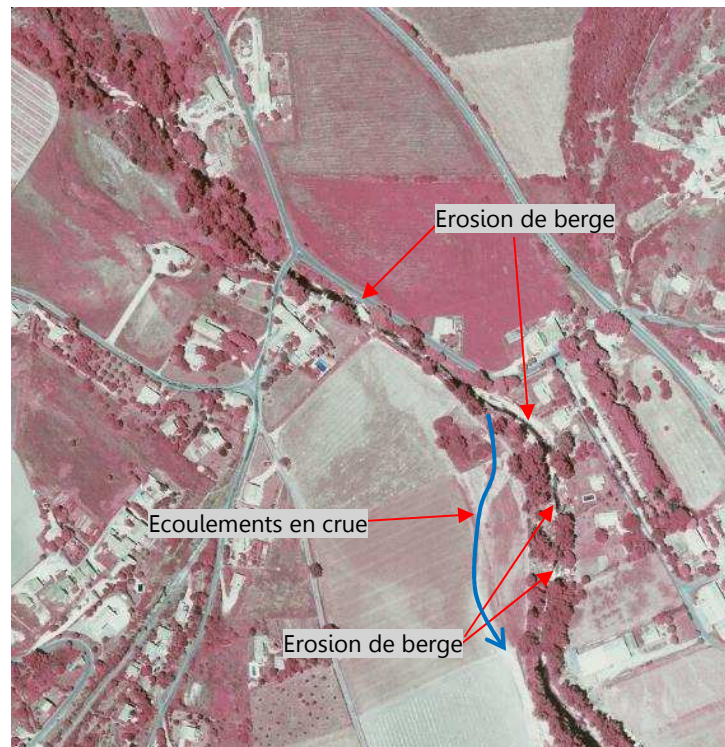


Figure 45 : Vue aérienne de 1994.

Suite à cette crue, un seuil a été mis en place à l'aval du pont, au droit de la zone érodée en 1994, tandis qu'un nouveau seuil naturel semble apparaître à l'amont du pont. A l'aval du pont, la ripisylve a disparue. Elle a probablement été coupée.

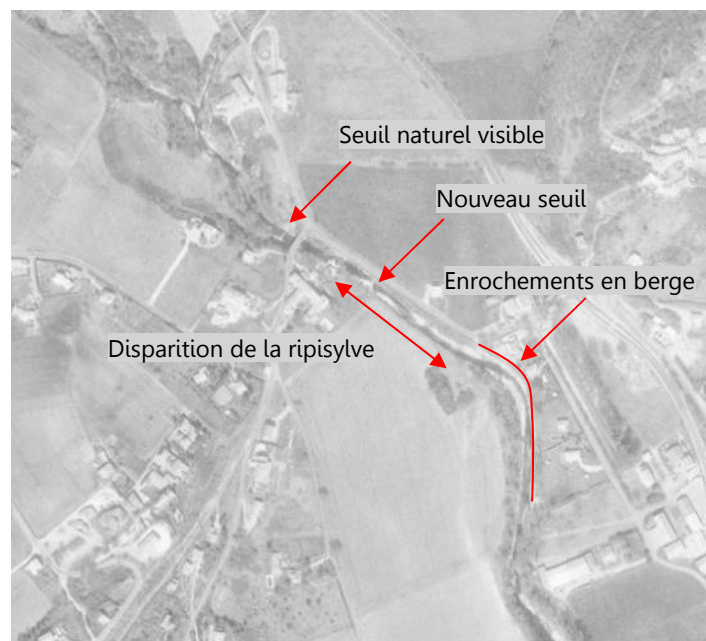


Figure 46 : Vue aérienne de 1997.

La vue aérienne de 1997 montre également qu'une protection de berge en enrochement a été aménagée dans le tournant, qui constituait la principale zone érodée en 1994.

En 2004, le développement d'une anse d'érosion en amont du tournant peut être observée. Cette anse se situe en amont du paléo-bras réactivé lors de la crue de 1994.

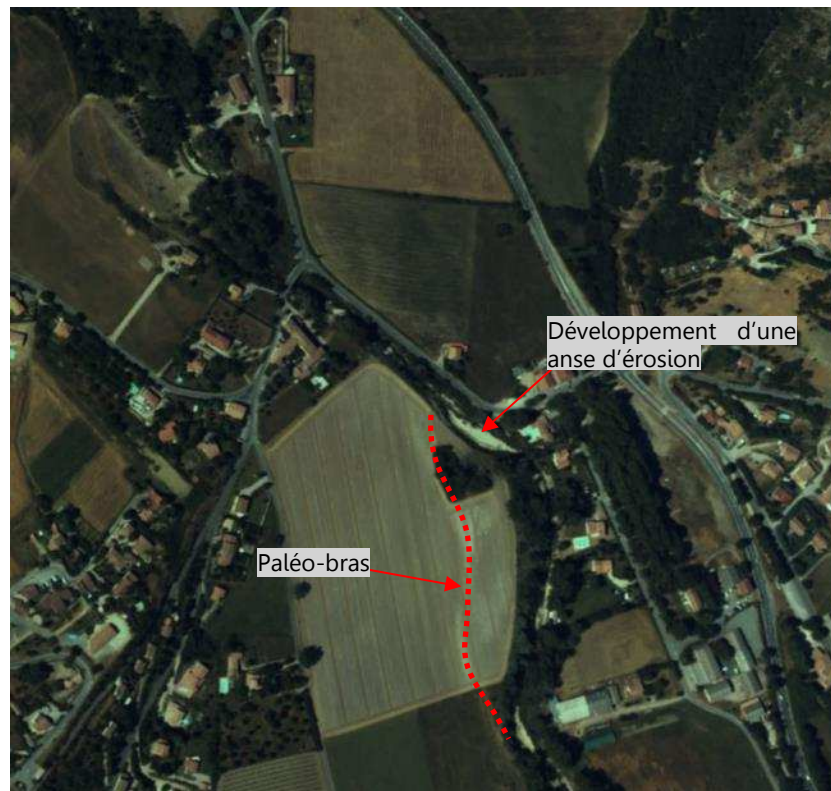


Figure 47 : Vue aérienne de 2004.

Après la crue de 2019, on rappellera les évolutions suivantes :

- L'érosion du pied du mur de protection de la rive gauche, au pied du seuil créé en 1994 ;
- La formation d'un atterrissement au sein de l'anse d'érosion – des débordements en rive droite ont été observés en crue sur ce secteur ;
- L'affouillement des protections de berges dans le tournant amont.
- L'érosion de la berge en rive droite dans le tournant aval, mettant à jour une canalisation.

Bilan :

Sur ce secteur, le fond du lit de la Laye semble globalement s'être enfoncé depuis 1934 :

- Apparition du substrat au droit du pont (nouveaux seuils visibles) ;
- Construction d'un seuil à l'aval du pont (pour le passage de réseaux) ;

Le phénomène se poursuit, en témoigne l'affouillement des enrochements posés suite à la crue de 1994 et du mur de protection de la RD.

Cet enfoncement peut être expliqué par :

- La diminution des apports solides depuis l'amont (en lien avec la construction du barrage sur la Laye et la diminution globale de la largeur de la bande active du cours d'eau).
- La nette diminution de la largeur du lit liée aux protections de berges (aval du pont surtout où les épis ont fortement contribué à diminuer la largeur du cours d'eau) et à la végétalisation naturelle des berges (amont du pont). **La bande active est passée de 60 m à l'amont du pont et 30 m à l'aval à, localement, moins de 10 mètres. L'espace de mobilité historique à l'aval du pont atteignait au moins 90 m ! Le style du cours d'eau a changé, du tressage au méandrage.**

En l'absence d'élargissement du lit, la crue de 2019 a eu à peu près le même effet que la crue de 1994. La construction de protections de berge en rive gauche et d'un seuil n'a pas eu d'effet positif sur l'enfoncement du lit, qui s'est poursuivi.



Figure 48 : Vue aérienne actuelle (gauche) et vue aérienne de 1934 (droite).

L'érosion observée à l'amont et à l'aval des deux tournants a toutefois une autre explication que le simple enfoncement du lit.

L'érosion de la berge dans le tournant aval s'explique probablement par :

- La disparition de l'épi visible en 1947 (des gabions en mauvais état sont visibles en haut de berge) ;
- La position en extrados ;

- L'étrouitesse du lit à l'amont, qui facilite son enfoncement ainsi que l'affouillement des berges et contribue à accroître les vitesses ;
- Le retour des écoulements débordants depuis l'anse d'érosion amont.

La formation initiale de l'anse d'érosion au droit du tournant amont s'explique potentiellement, outre l'étrouitesse du lit, par :

- Une coupe probable de la ripisylve dans le cadre des travaux conduits sur la rive opposée ;
- L'existence d'un point bas favorisant les débordements et donc les dépôts de matériaux.

En raison de la surlargeur locale et du point dur constitué par la protection de berge en rive gauche, des dépôts de matériaux se poursuivent actuellement sur le secteur, facilitant les débordements et accentuant l'érosion. Le même phénomène de dépôt se déroule à l'aval du tournant aval, jusqu'à la confluence avec le Lague. Le cours d'eau subit une brusque augmentation de sa section, ce qui se traduit par des dépôts. Ces dépôts sont favorisés par les débordements sur les deux rives, qui diminuent la capacité de transport du cours d'eau.

3.1.3. Secteur 3

La plus vieille image aérienne date de 1934. Le pont de la RD 5 et la voie communale en rive droite sont déjà en place.

A l'aval du pont, le seuil est déjà en place. Une prise d'eau est visible en rive gauche.

La bande active est relativement large. L'impact du cône de déjection du Rimourelle à l'amont du pont est visible. Le Largue est poussé vers la route communale. A l'aval du seuil, l'impact de la confluence du ravin de l'Ausselet est également visible. Il pousse le Largue contre la rive gauche. Le ravin de Répétier n'a, en revanche, pas d'impact notable.

Deux secteurs d'érosion sont visibles le long de la route communale, à l'amont.

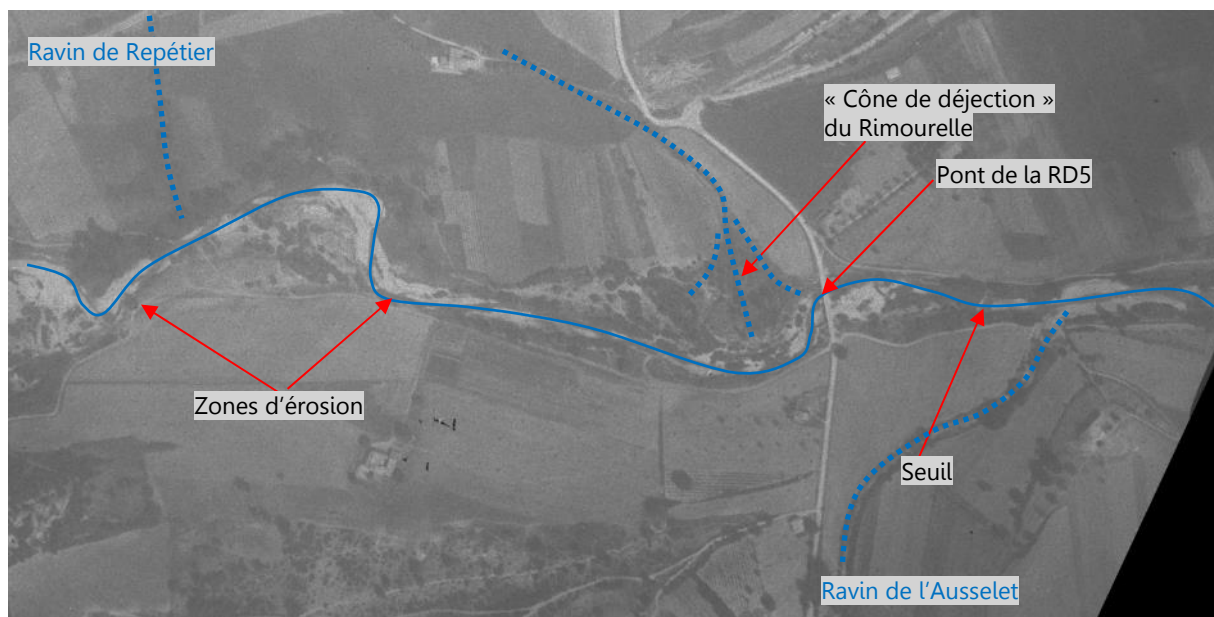


Figure 49 : Vue aérienne de 1934.

En 1947, le lit s'est déjà végétalisé. Le grand méandre amont s'est déplacé à l'aval.

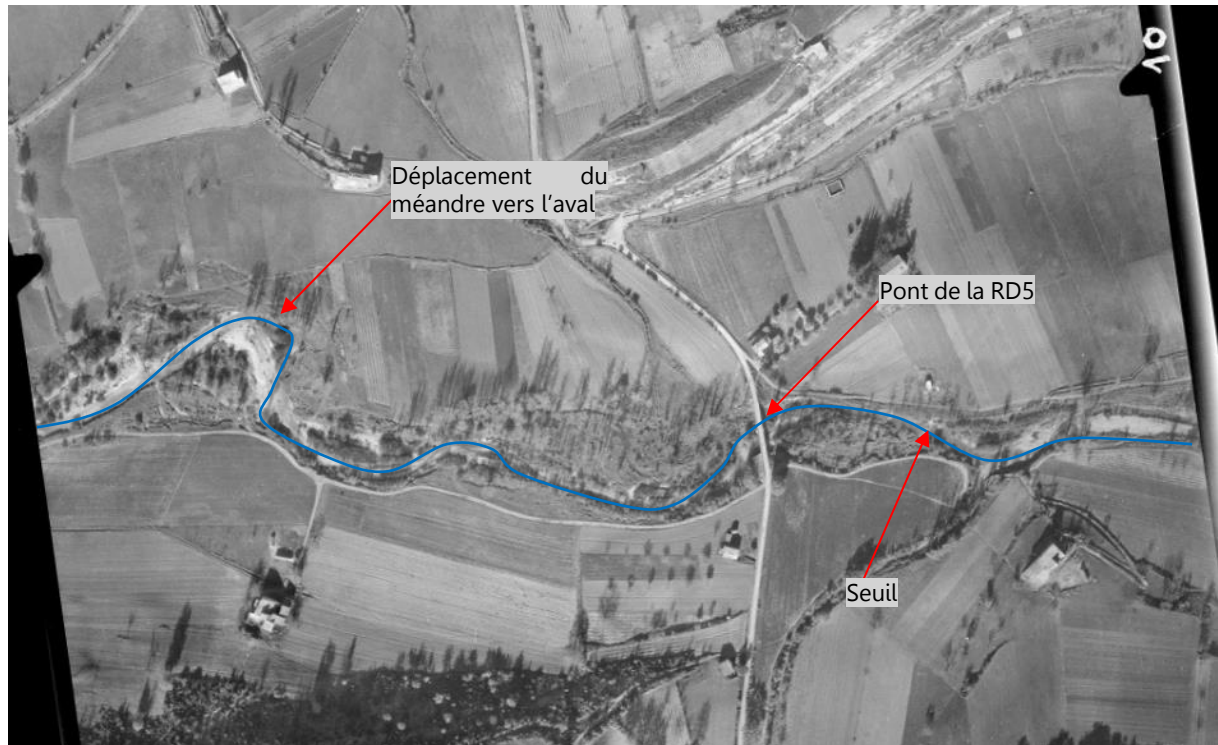


Figure 50 : Vue aérienne de 1947.

En 1969, la sinuosité du Largue a significativement diminué. Il y a eu une avulsion du grand méandre amont. Au niveau du tournant aval, on note une diminution de la largeur de la bande active, liée à des agrandissements de parcelles agricoles, à la création de pistes et à des constructions.

On note un début de construction dans le quartier de l'Androne.

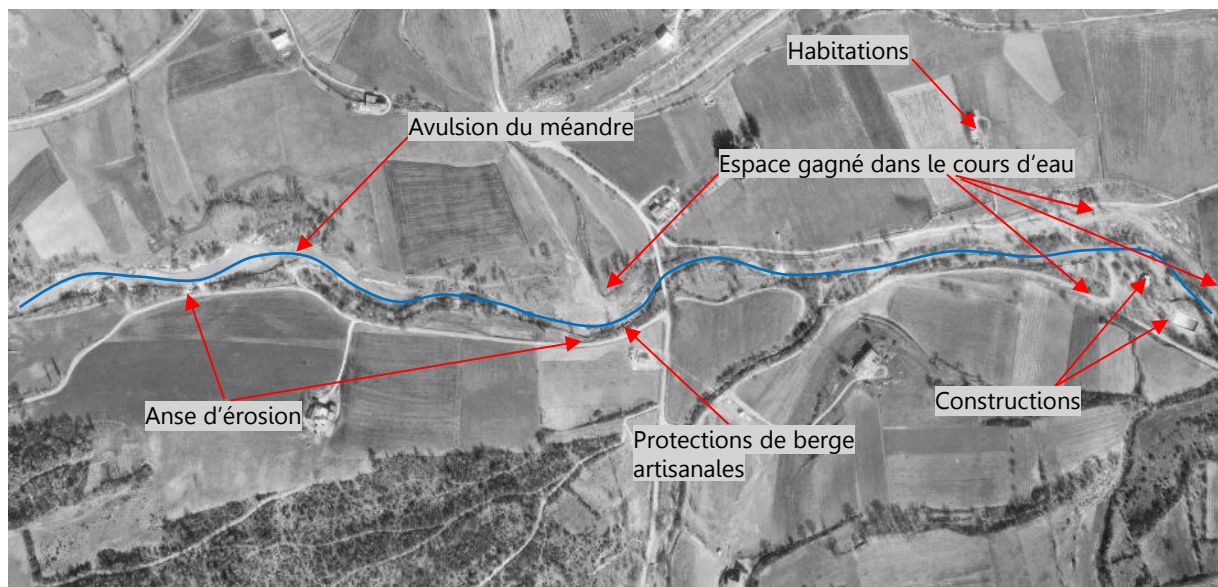


Figure 51 : Vue aérienne de 1969.

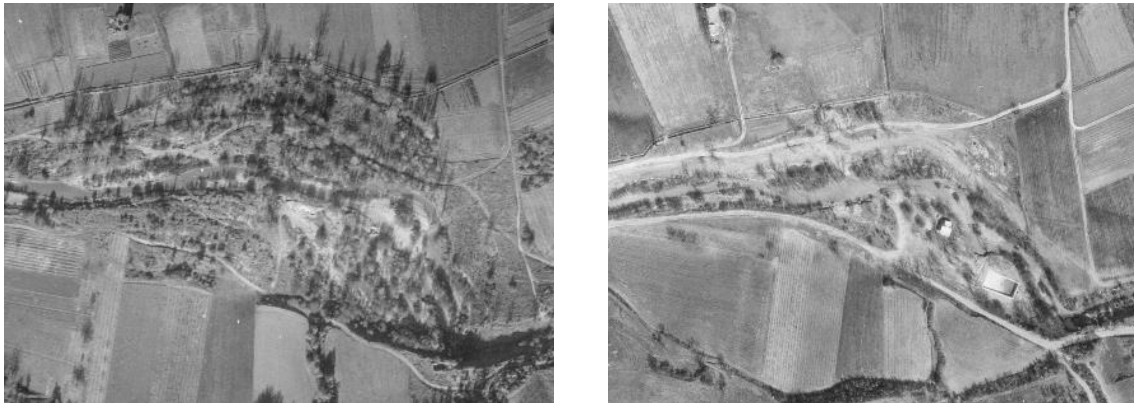


Figure 52 : Vue aérienne de 1947 (gauche) et de 1969 (droite), au droit du tournant aval.

En 1979, les constructions dans le quartier de l'Androne se poursuivent.

La station de pompage en rive gauche du Largue a été construite.

La bande active s'est fortement rétrécie et la ripisylve s'est développée. On note l'agrandissement du champ au détriment du cours d'eau, en rive gauche à l'amont du pont.

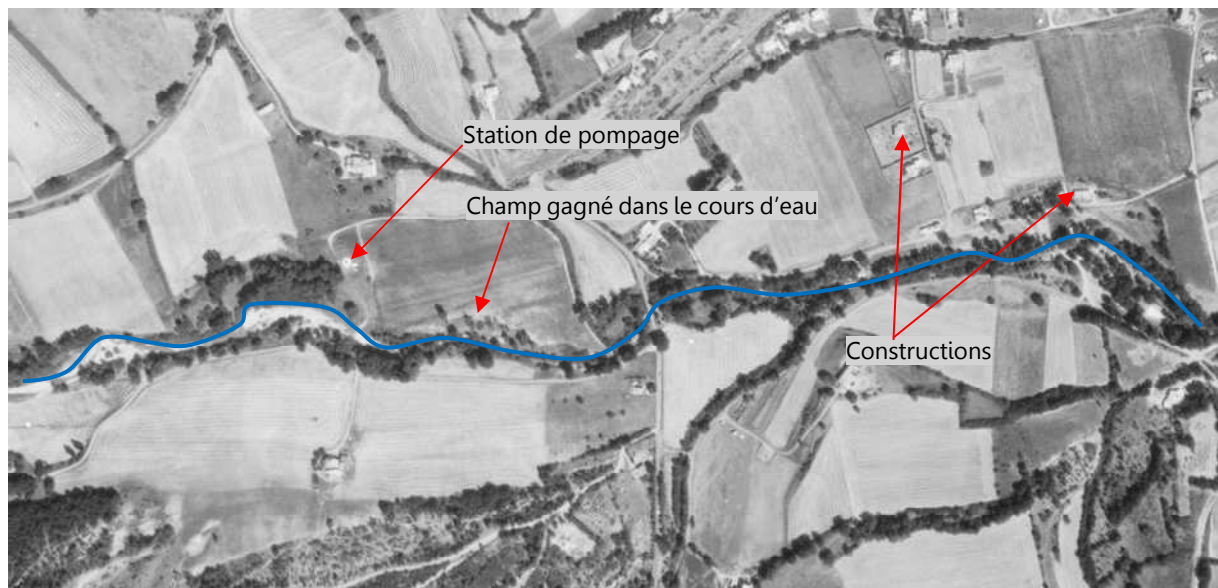


Figure 53 : Vue aérienne de 1979.

En 1986, on observe des changements importants.

En rive droite à l'amont du pont, la ripisylve a disparu, ce qui peut être expliqué par la crue d'avril 1986.

Le champ en rive gauche à l'amont du pont a été lessivé par la crue.

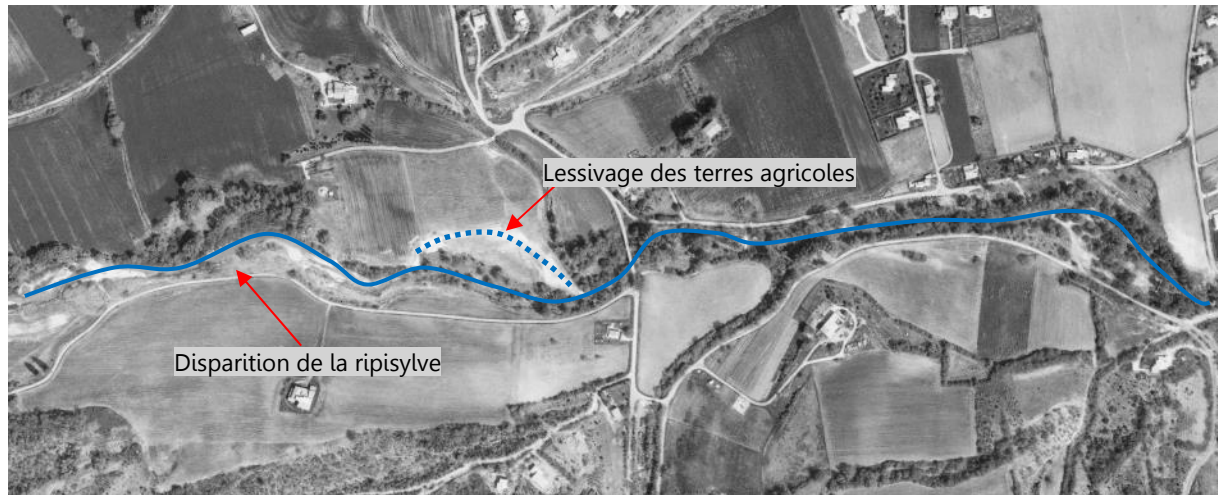


Figure 54 : Vue aérienne de 1986.

La crue de janvier 1994 n'a pas empêché le processus de diminution de la bande active de se poursuivre. On note toutefois encore le lessivage du champ en rive gauche à l'amont du pont. Une érosion de la rive gauche a eu lieu en amont du seuil. La mise en place d'une protection de berge est visible. Suite à la crue de 1994, une protection de berge a également été mise en œuvre pour protéger la culée rive droite du pont.

L'urbanisation de la rive gauche se poursuit.

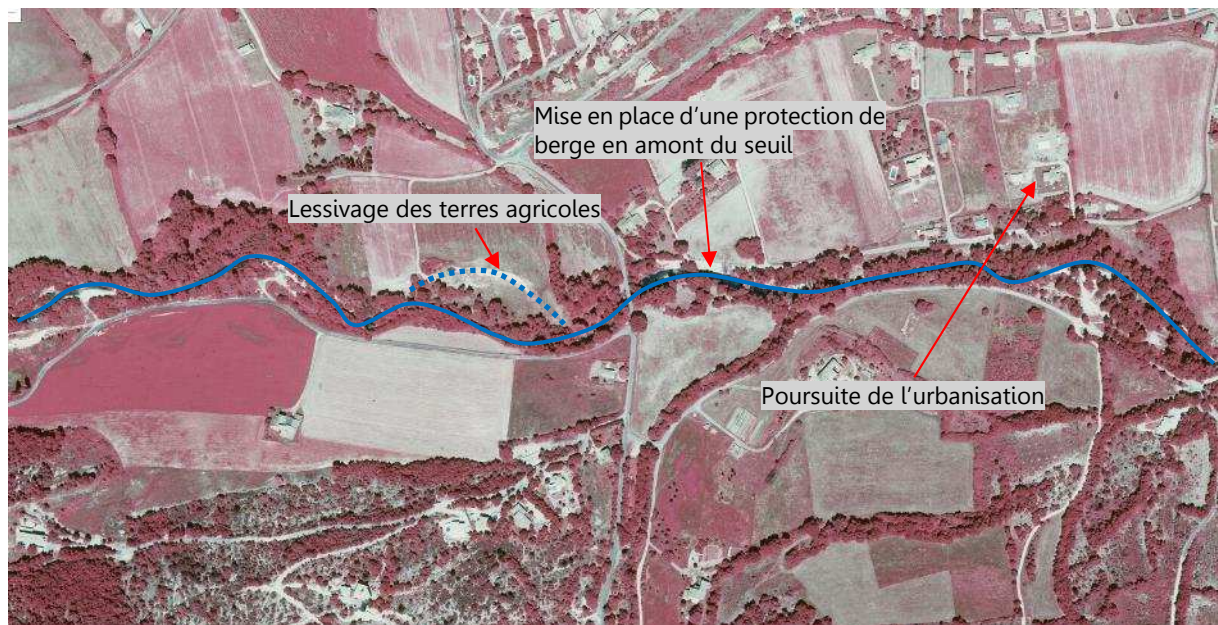


Figure 55 : Vue aérienne de 1994.

En 2009, on observe une migration vers l'aval. Le méandre présent sur le secteur s'est déplacé vers l'aval.

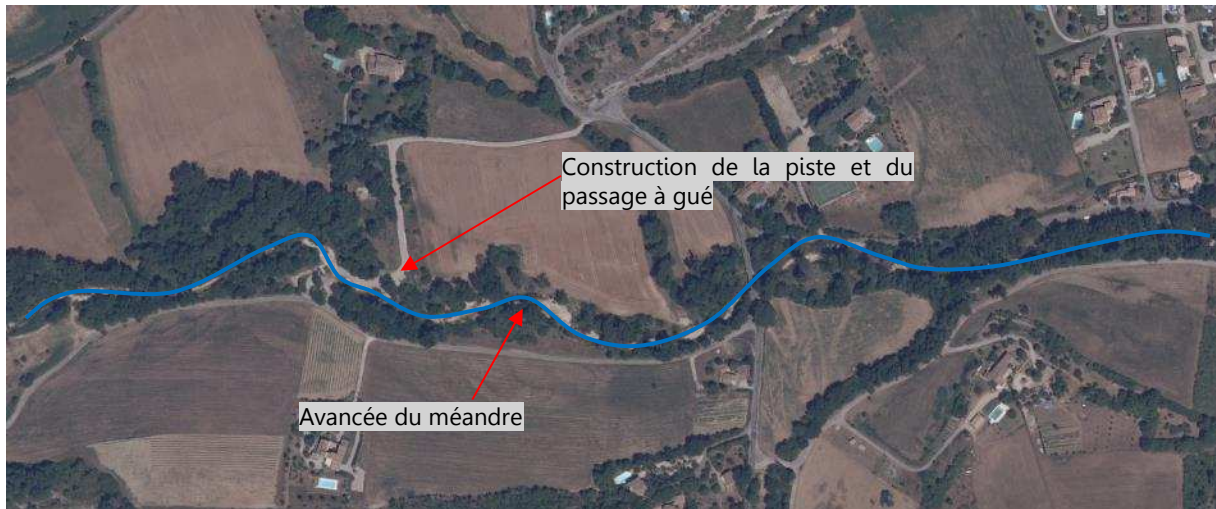


Figure 56 : Vue aérienne de 2009.

Le pont de la RD5 a été reconstruit en 2010, à l'amont de l'ancien pont. Les enrochements bétonnés ont été repris sur 20 m.

Suite à la crue de 2016, deux secteurs d'érosions sont apparus, contre la voie communale.

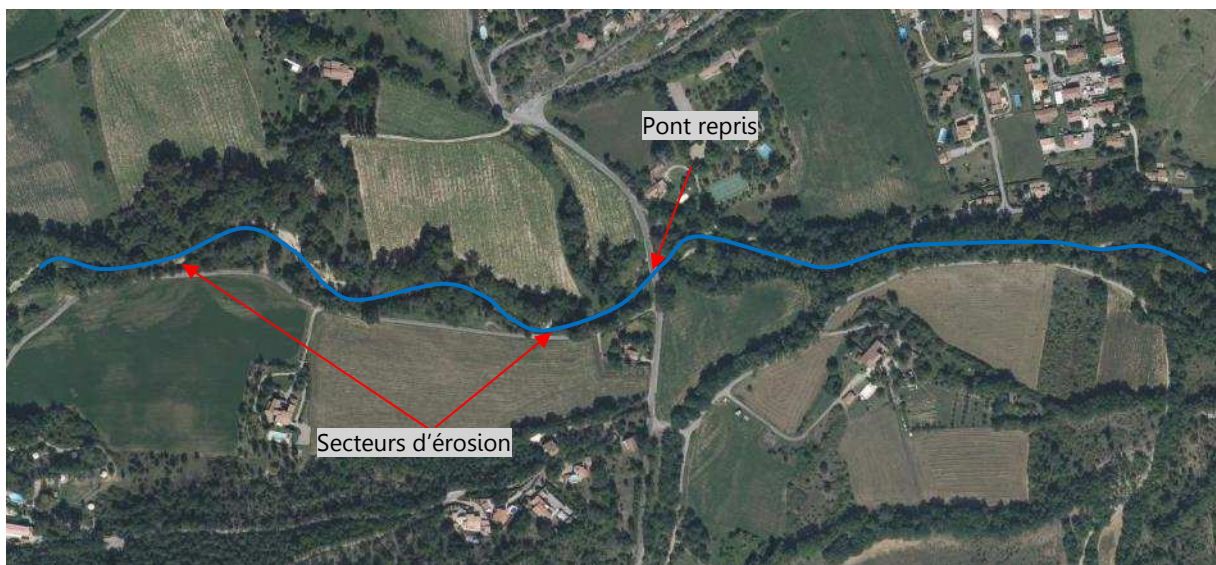


Figure 57 : Vue aérienne de 2018.

Dans le cadre de la crue de 2019, l'érosion de la rive droite s'est poursuivie.

Bilan :

On note sur le secteur une légère diminution globale de la bande active et une végétalisation du lit. La bande active est passée de 20 à 40 m en 1934 à 10 à 20 m actuellement. Ce phénomène peut s'expliquer par :

- L'absence de crues morphogènes et la diminution du transport solide ;
- L'absence d'entretien de la végétation ;
- L'activité anthropique directe (avancée de parcelles agricoles, notamment en rive gauche à l'amont du pont, mises en place de protections de berge,...).

En conséquence, le lit semble s'être quelque peu enfoncé en amont du pont, comme en atteste l'affouillement des protections de berge de 1994.

On notera toutefois que le seuil anthropique présent à l'aval depuis plus d'un siècle contribue certainement à limiter cet enfoncement du lit. D'autre part, l'érosion de la berge rive droite en amont du pont n'est pas un phénomène nouveau. Cette érosion est également due au fonctionnement normal du cours d'eau et au méandrage. Au droit du pont, l'érosion est favorisée par l'extension de la parcelle agricole en rive gauche, ce qui favorise également l'érosion de la rive gauche à l'aval du pont.

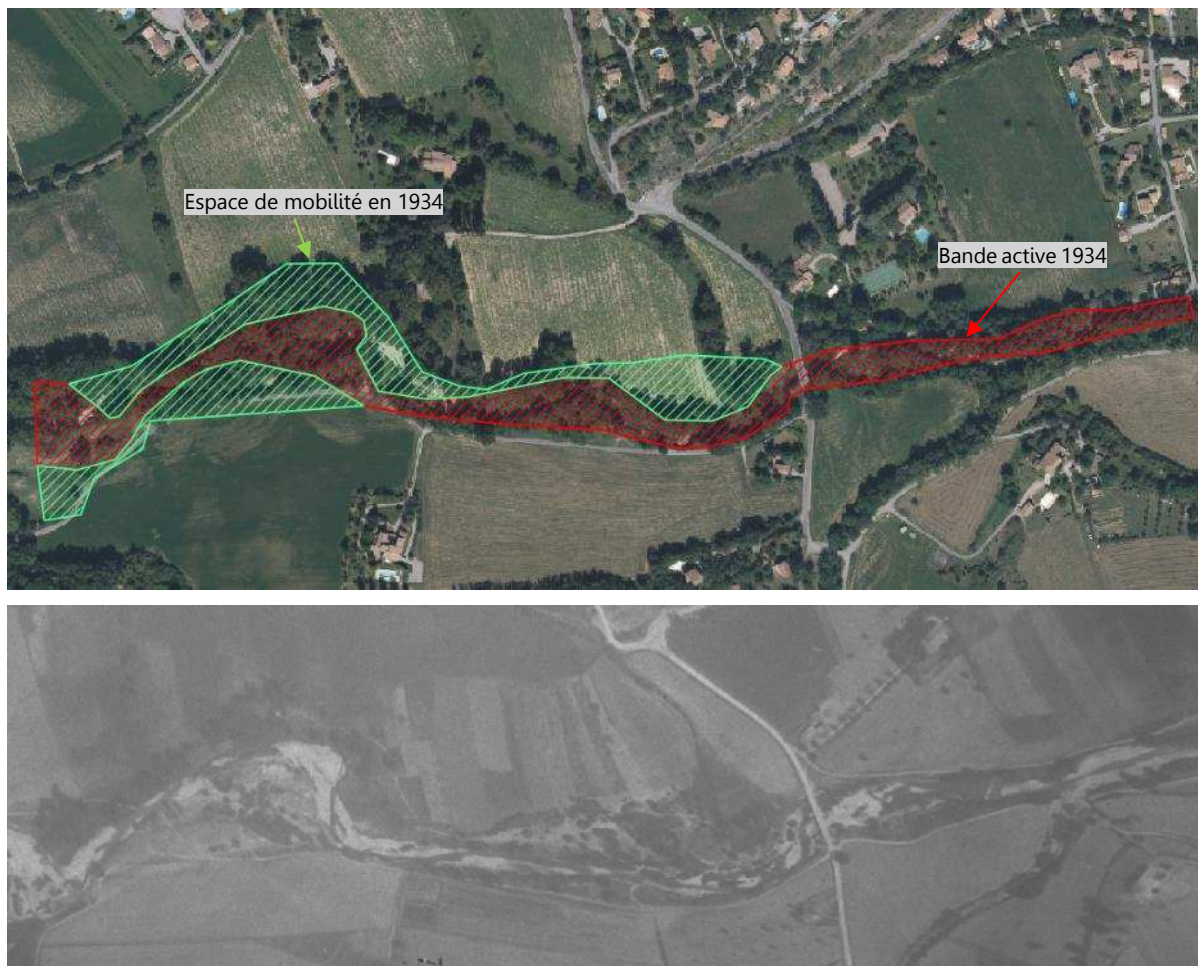


Figure 58 : Vue aérienne de 2018 (dessus) et 1934 (dessous).

3.1.4. Bilan général :

Sur les 3 secteurs, on trouve une tendance globale à la diminution de la bande active et à l'enfoncement du lit, qui est à l'origine d'une partie des désordres observés. Le phénomène est particulièrement marqué sur le secteur 2. Seuls quelques tronçons ont des comportements différents, en raison de la présence de points durs ou d'élargissement locaux.

L'action anthropique est visible sur tous les secteurs. Ainsi, l'évolution observée ces dernières trente années sur le secteur 1 ne peut se comprendre que par les actions menées dans le passé (notamment les prélèvements de matériaux et la suppression d'une prise d'eau).

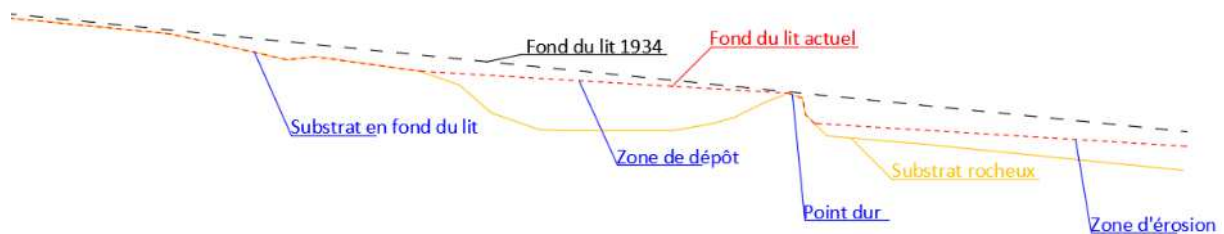


Figure 59 : Schéma type de l'enfoncement du lit de la Laye et du Lague entre les années 1930 et l'heure actuelle.

3.2. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE

3.2.1. Zones d'érosion et de dépôt

La figure ci-après représente les zones d'érosions et de dépôts, les seuils naturels et les seuils anthropiques observés au voisinage de la confluence entre la Laye et le Lague, à partir de visite de terrain conduites au printemps 2020.

Il est possible de définir trois grands types de secteurs :

- Secteur d'enfoncement du lit – cet enfoncement s'explique par la contraction du lit liée à la diminution de la bande active (corsetage végétal ou anthropique), la diminution des apports solides liée aux prélèvements et aux barrages (cas de la Laye notamment), au corsetage, et, potentiellement, à l'absence de crues morphogènes majeures récente, ou encore à des effacements de seuils.
- Secteur tenu par le substrat – en raison de l'enfoncement généralisé et d'un substrat globalement peu profond, celui-ci a été mis à jour par le cours d'eau, ce qui contribue au maintien du fond lorsque le substrat est peu érodable (sur les zones de substrat très marneuse, l'érosion peut au contraire être favorisée).
- Secteur de dépôt – localement des dépôts apparaissent. Ces dépôts résultent d'un élargissement local de la bande active, de la présence d'un point dur à l'aval, de zones de débordement ou d'une confluence. La principale zone de dépôt se situe sur la Laye à l'amont de la confluence avec le Lague.

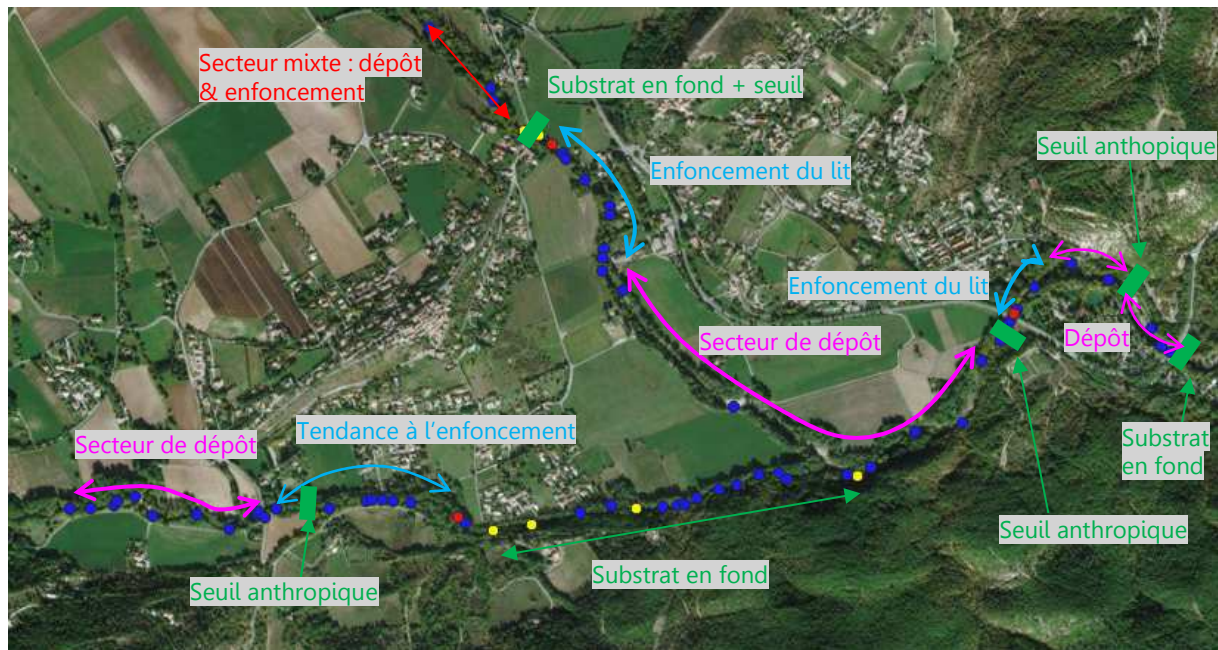


Figure 60 : Seuils naturels (jaune), seuils anthropiques (rouge) et érosions de berge (bleu).

Au vu du parcours de terrain, il a été constaté une tendance globale des cours d'eau à l'enfoncement. Cette tendance à l'enfoncement est surtout marquée sur la Lave, en raison notamment du barrage existant (le cours d'eau coule directement sur le substrat sur plusieurs kilomètres en aval du barrage). Cette tendance de fond n'empêche pas l'existence de secteurs locaux où la tendance est au dépôt.

Le substrat observé au voisinage de la confluence Lave/Largue, de type calcaire, tend à limiter la poursuite de l'érosion. Sur certains secteurs en amont du bassin, le substrat est toutefois plutôt marneux et plus facilement érodable.

3.2.1.1. Secteur 1 :

Le secteur 1 peut se décomposer en plusieurs sous-secteurs, de l'amont à l'aval :

- Secteur d'enfoncement du lit sous le pont de la RD 13 amont, en raison de l'étroitesse du cours d'eau (contraction liée au pont), de la destruction du seuil EU et du retour des eaux de débordement de la Lave.
- Secteur de dépôt à l'amont de l'ancienne prise d'eau. Le dépôt est favorisé par le point dur formé par la berge et par le seuil et par la largeur d'écoulement disponible.
- Seuil anthropique.
- Secteur de dépôt à l'amont du pont aval, qui s'explique par le point dur sous le pont et la contraction de l'écoulement au droit du pont.
- Secteur du pont, avec un point dur au niveau des anciennes piles qui limite le risque d'enfoncement. Le substrat est visible en fond.
- Secteur plutôt de dépôt à l'aval liée à l'augmentation de la section. Le tournant favorise toutefois l'érosion en rive droite.

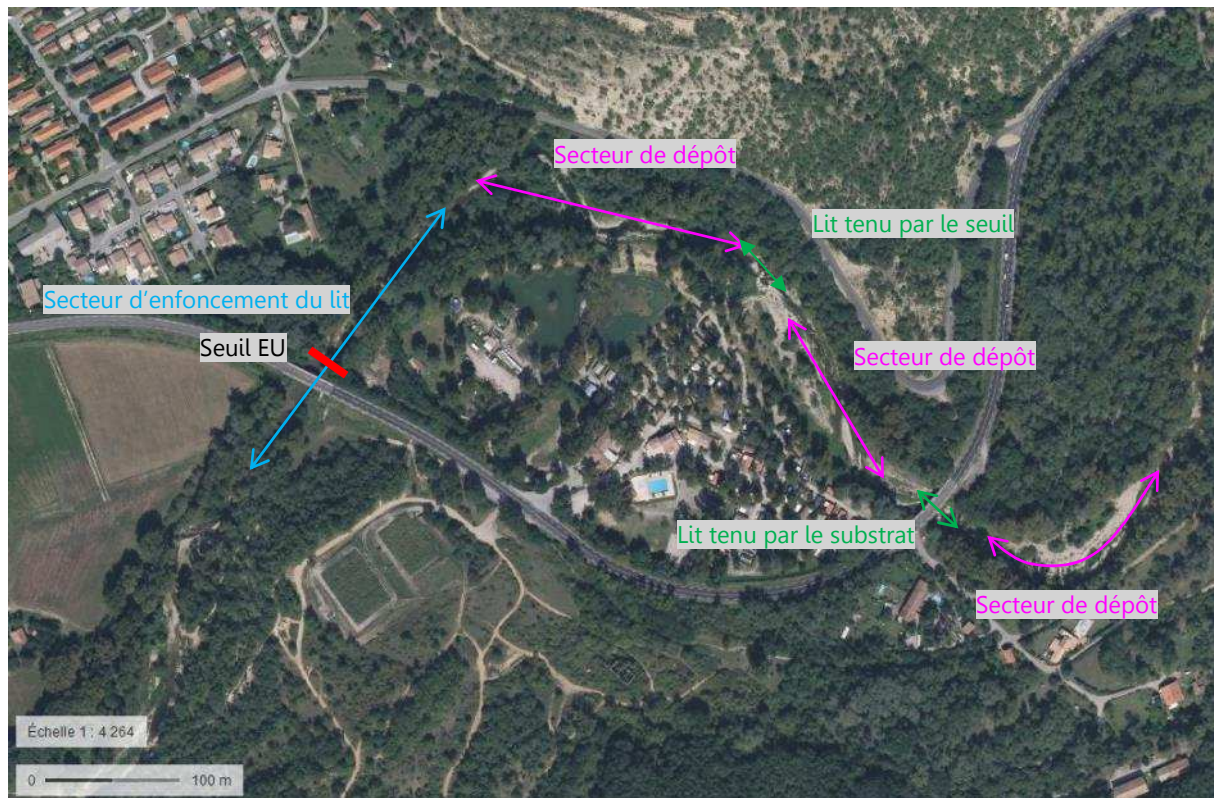


Figure 61 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 1.

3.2.1.2. Secteur 2 :

Le secteur 2 peut se décomposer en plusieurs sous-secteurs, de l'amont à l'aval :

- Un secteur plutôt de dépôt à l'amont du pont, qui s'explique par la confluence avec le Viou, le corsetage anthropique limité, la présence d'un seuil rocheux et la contraction du pont à l'aval – sur ce secteur de dépôt, les érosions actuelles sont surtout le fruit du méandrage et de la contraction de la bande active par la végétalisation des berges.
- Un secteur où le substrat est présent – la présence de substrat accélère les écoulements, mais les protections de berge présentes sur les deux rives limitent l'érosion.
- Un secteur d'enfoncement du lit à l'aval – l'enfoncement s'explique par la chute d'eau et les fortes vitesses à l'amont, par l'étranglement du lit (corsetage de la rive gauche) et, probablement, par un déficit global en matériaux (en lien avec l'anthropisation et la végétalisation du bassin de la Lave). L'enfoncement du lit favorise l'affouillement des berges et donc l'érosion.
- Un secteur de dépôt en amont du tournant – ce secteur localisé s'explique par l'élargissement de la section, facilité par la disparition de la ripisylve, la contraction à l'aval et par les débordements en rive droite.
- Un nouveau secteur d'enfoncement du lit - l'enfoncement s'explique par l'étranglement du lit (corsetage de la rive gauche et végétalisation de la rive droite), par le tournant et, probablement, par un déficit global en matériaux (en lien avec l'anthropisation et la végétalisation du bassin de la Lave). L'enfoncement du lit favorise l'affouillement des berges et donc l'érosion.
- Un secteur de dépôt à l'aval qui s'explique par l'augmentation de la largeur du lit et, potentiellement, par la confluence avec le Largue. L'érosion est facilitée par le dépôt et la méandrisation consécutive.

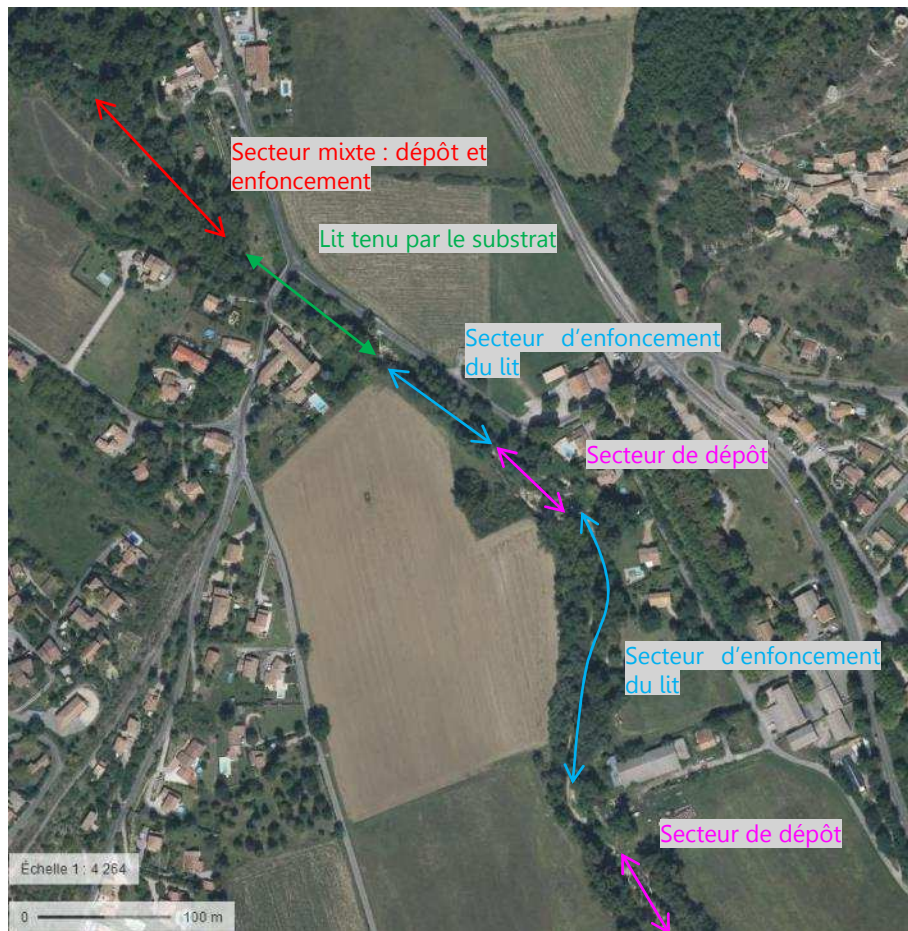


Figure 62 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 2.

3.2.1.3. Secteur 3 :

Le secteur 3 peut se décomposer en plusieurs sous-secteurs, de l'amont à l'aval :

- Un secteur à l'amont du pont, plutôt de dépôt, où le cours d'eau tend à méandrer. Cette tendance, ainsi que l'avancée des parcelles agricoles en rive gauche et la végétalisation du lit favorisent des érosions de berge localisées.
- Un secteur tenu par un seuil anthropique. La faible section à l'amont du seuil favorise l'érosion des berges en crue sur le secteur.
- Un secteur aval qui s'est fortement végétalisé, où la tendance est à l'enfoncement, mais où le substrat est sans doute peu profond (il s'observe très souvent en fond à l'aval de ce secteur).

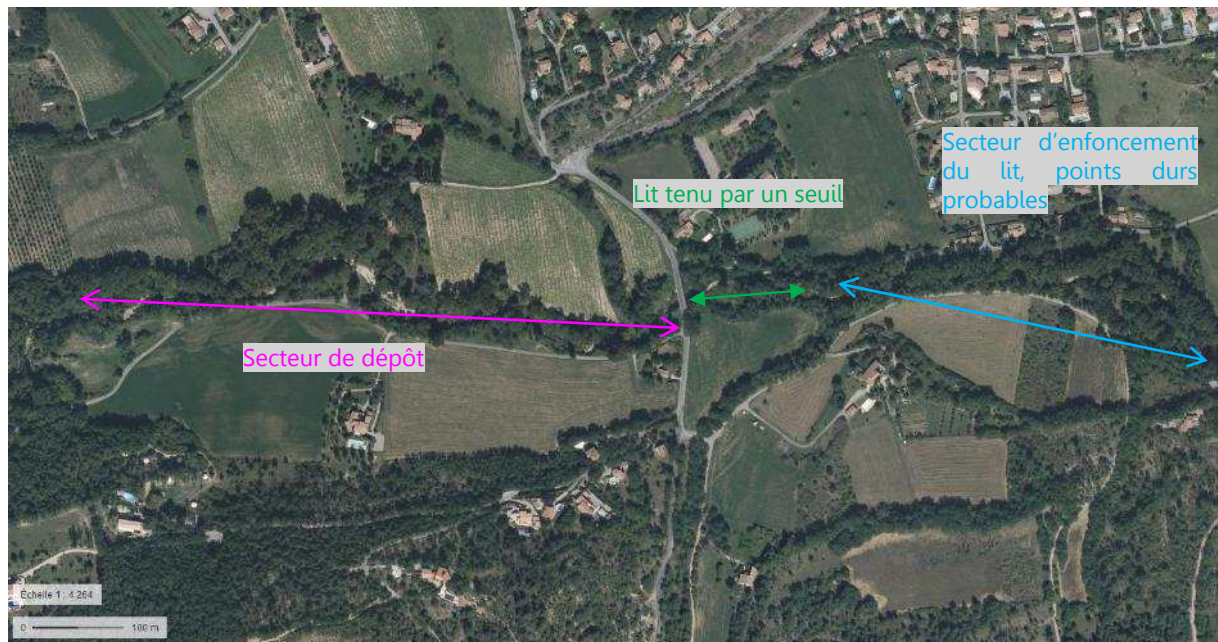


Figure 63 : Distinction des secteurs morphologiques homogènes au sein du secteur 3.

3.2.2. Profil en long

Les sources de données disponibles pour étudier l'évolution du profil en long sont :

- Le profil en long des grandes forces hydrauliques de 1911 pour le Largue ;
- Le RGE alti 1 m de l'IGN ;
- Les archives concernant les ponts ;
- Les relevés du fond du lit de 2021.

3.2.2.1. Secteur 1 :

Les données montrent qu'au droit du secteur d'étude, l'évolution du fond du lit est plutôt à la baisse depuis un siècle (voir tableau ci-après), tandis que le lit semble relativement stable au droit de la confluence Lave-Largue. Cette baisse demeure toutefois limitée, elle ne dépasse pas 1.5 m au droit du seuil EU.

On notera cependant que la prise d'eau de la Mine n'est pas indiquée sur le profil de 1911 et qu'un exhaussement du lit pourrait avoir eu lieu entre 1911 et 1949 suite à la construction de cette prise d'eau.

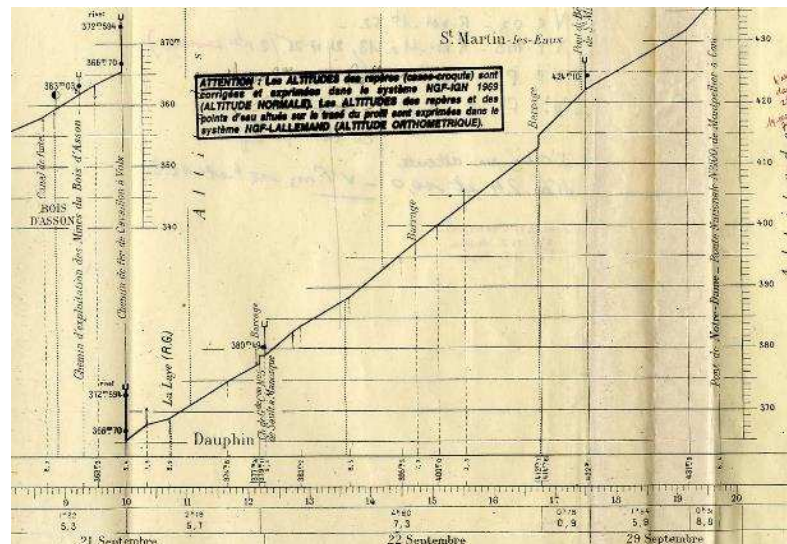


Figure 64 : Profil en long du Largue, des grandes forces hydrauliques de 1911.

Point d'observation	Ligne d'eau de 1911 (m)	Fond du lit (m) - Plan de 1975	Fil d'eau (m) – RGE alti1m (2010-2020 ?)	Fond du lit (m) - Relevé topographique 2021	Ligne d'eau (m) – Relevé topographique 2021
Confluence Laye Largue	369			368.3	368.9
Pont de la RD 13 amont	365.5	364.9 à 365 (amont) 364.2 à 364.8 (aval)	364.8	364.2 à 364.4 (amont) 363.7 à 364.4 (aval)	364.6
Pied du seuil EU		364.7 à 365.1		364	
Crête du seuil EU				364.8	
Pont de la RD 13 aval	362		361	360.5	361.2

L'observation du profil en long du cours d'eau confirme l'analyse morphologique. Elle permet de mettre en avant les principaux facteurs d'impact suivant :

- La confluence avec la Laye, avec une zone de dépôt ;
- Le pont de la RD 13 amont, qui entraîne un abaissement du fond du lit en raison de la contraction de la section et du retour des écoulements en lit majeur – le pont favorise les dépôts à l'amont ;
- Le point dur constitué du versant, à l'aval, entraînant la formation d'un méandre et d'une zone de dépôt ;
- Le pont de la RD 13 aval, qui a le même effet de contraction que le pont amont.

On peut également observer sur le profil en long :

- L'influence purement locale des seuils de castor – ils influent uniquement la ligne d'eau ;
- L'influence apparemment limitée du seuil de l'ancienne prise d'eau (environ 50 m impactés) par rapport à celle du versant ;

La pente moyenne du Largue sur les 1800 m est de 0.52 %.

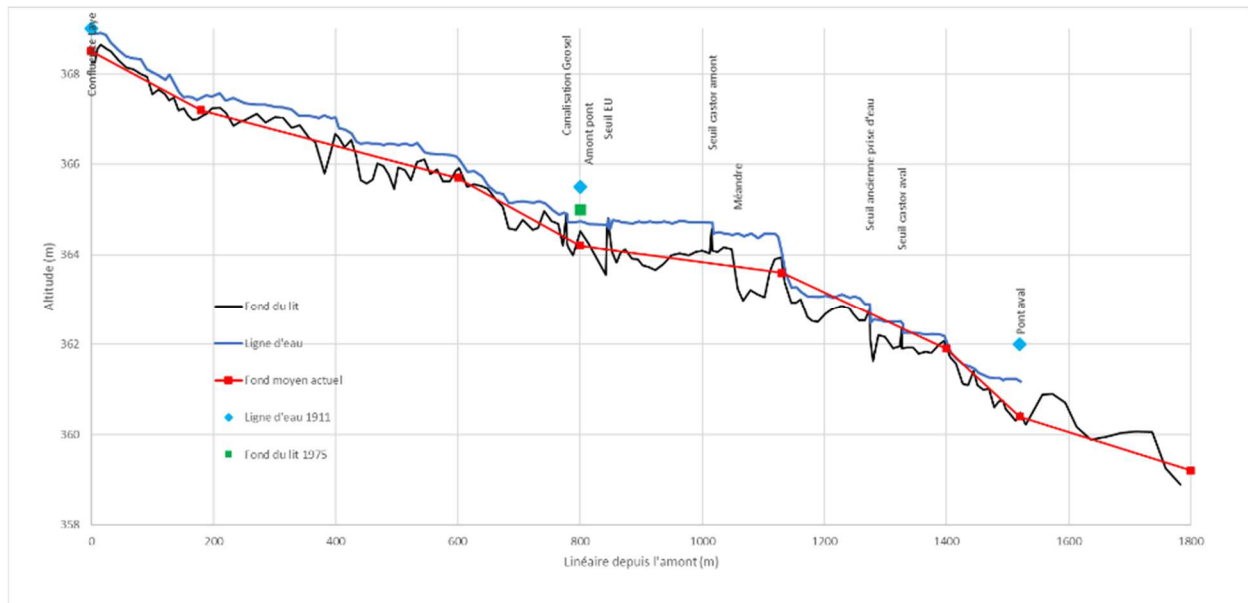


Figure 65 : Ligne d'eau du Largue et profil en long - relevé de 2021. Secteur 1.

3.2.2.1. Secteur 2 :

L'observation du profil en long du cours d'eau permet de mettre en avant :

- L'enfoncement à l'aval de la confluence avec le Viou, qui pourrait s'expliquer par la formation de dépôts à la confluence ;
- Un secteur tenu par le seuil à l'amont de celui-ci ;
- Un secteur du lit enfoncé à l'aval du seuil à pente quasiment nulle, avec l'atterrissement à l'aval ;
- Une nouvelle zone d'enfoncement du lit à l'aval du tournant amont ;
- Une diminution de la pente à l'aval du tournant aval dans la zone de dépôt (pente de seulement 0.2%).

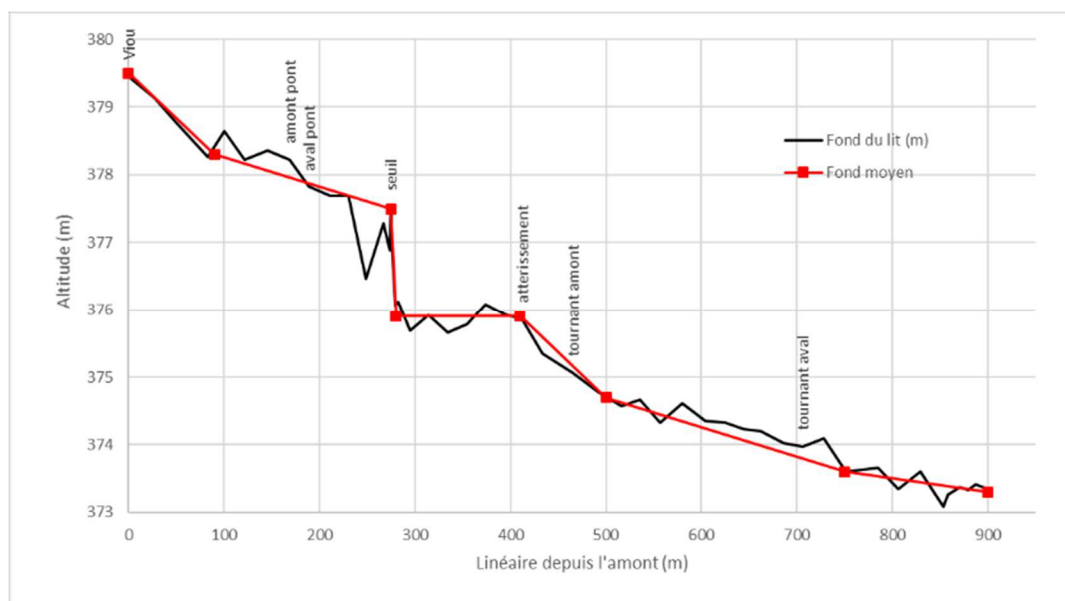


Figure 66 : Profil en long du fond du Largue - relevé de 2021. Secteur 2.

3.2.2.2. Secteur 3 :

Au vu des données, une légère baisse du fond du lit pourrait avoir eu lieu si l'on considère le fond du lit de 2021 par rapport à la ligne d'eau de 1911. Cette baisse est toutefois certainement limitée, car le RGE alti indique un niveau identique à la mesure de 1911. Cette faible évolution est cohérente avec la persistance du seuil en aval du pont.

Point d'observation	Altitude de la ligne d'eau de 1911 (m)	Fil d'eau (m) – RGE alti1m (2010-2020 ?)	Fond du lit (m) - Relevé topographique 2021
Pont rouge	379	379 m	377.2 – 378.5

L'observation du profil en long du cours d'eau confirme l'analyse morphologique. Elle permet de mettre en avant les principaux facteurs d'impact suivant :

- L'impact du pont, qui entraîne une contraction des écoulements et un creusement du lit, avec une zone de dépôt à l'amont.
- L'impact du seuil, qui se fait sentir jusqu'au pont, avec la présence d'une fosse en amont et en pied.

On remarquera que les secteurs érodés se situent dans un point bas du profil en long pour le tronçon 1 et dans la zone d'influence du pont pour les tronçons 2 et 3.

La pente moyenne du Largue sur les 900 m est de 0.59 %, soit très légèrement supérieure à la pente observée sur le secteur 1.

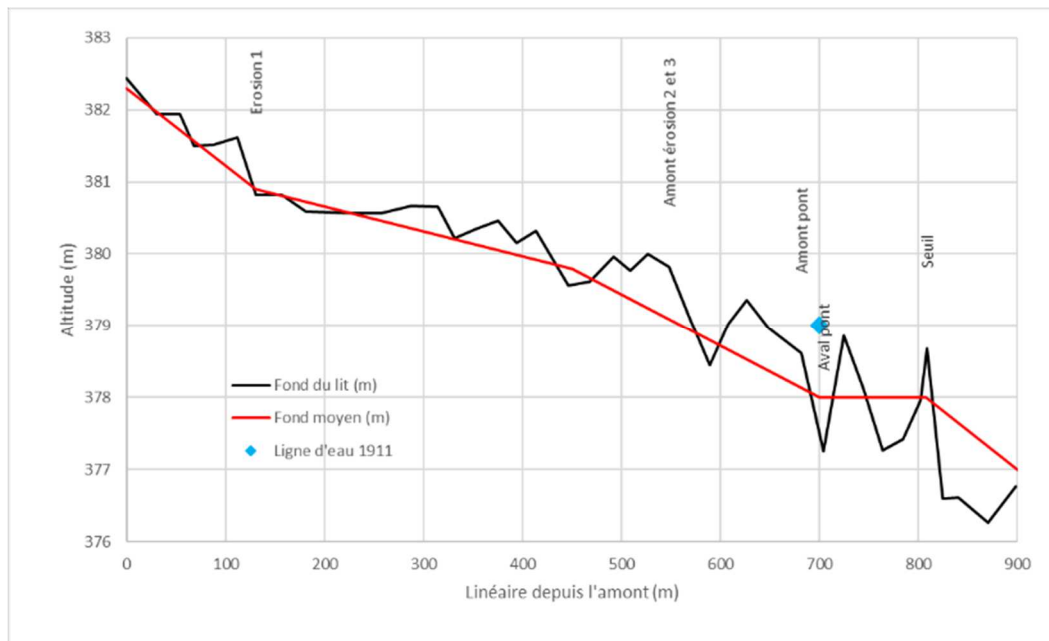


Figure 67 : Profil en long du fond du Largue - relevé de 2021. Secteur 3.

3.2.3. Largeur

3.2.3.1. Secteur 1 :

Il existe un lien très net entre la largeur du cours d'eau et les variations de pente du fond du lit.

La largeur est minimale au droit des ponts et au droit et des seuils (15 à 20 m). La largeur est maximale (>30 m) dans les zones de dépôts, c'est à dire à l'aval de la confluence avec la Laye, au droit du méandre et à l'amont et à l'aval du pont aval.

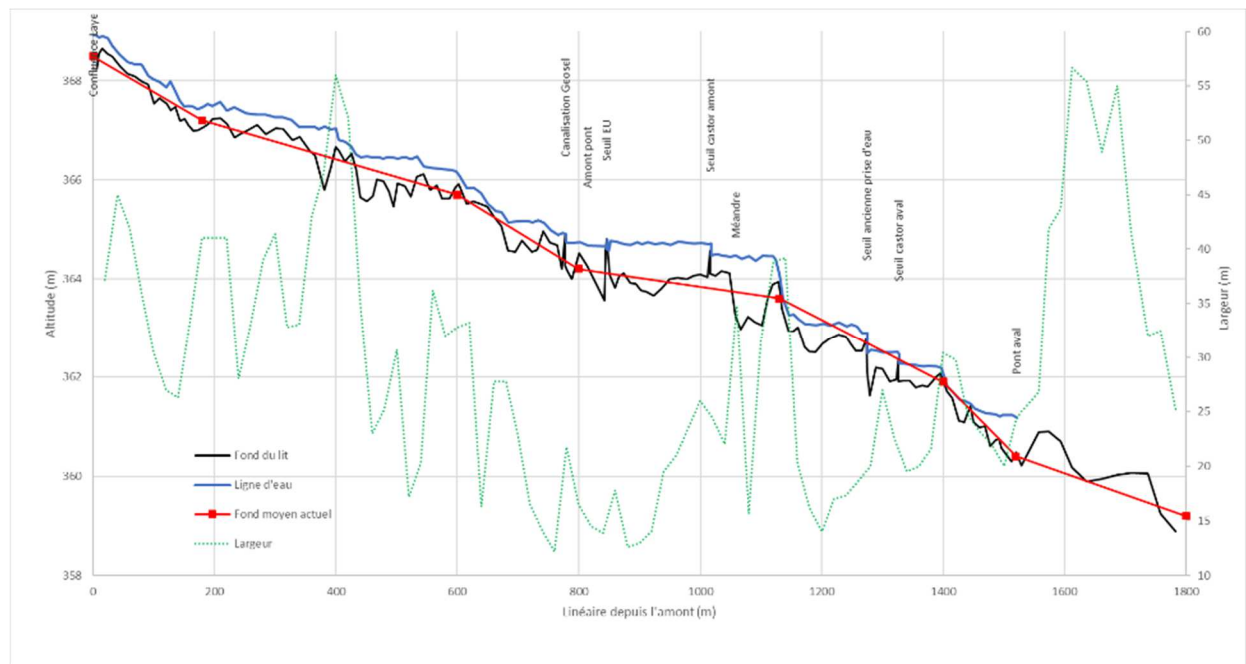


Figure 68 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 1.

3.2.3.2. Secteur 2 :

Les largeurs sont globalement inférieures à 15 m, voir 8 m dans le secteur entre les deux tournants.

Les variations de largeur sont également en adéquation avec le profil en long, elles traduisent le passage des zones d'incision (largeurs faibles) aux zones de dépôts (largeurs importantes).

On note l'élargissement à l'amont du tournant amont (atterrissement) et à l'aval du tournant aval.

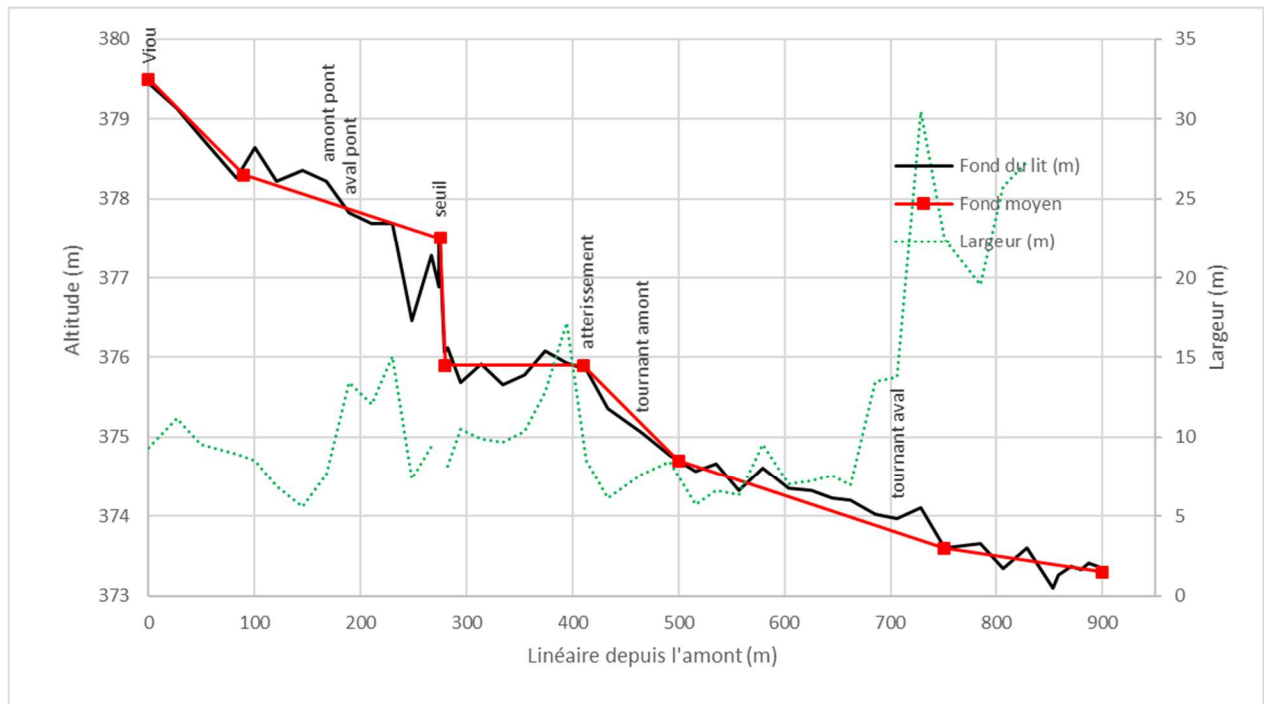


Figure 69 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 2.

3.2.3.3. Secteur 3 :

La largeur du cours d'eau est globalement comprise entre 7 et 20 m. On note la diminution de la largeur dans les secteurs érodés et à l'amont et à l'aval du seuil.

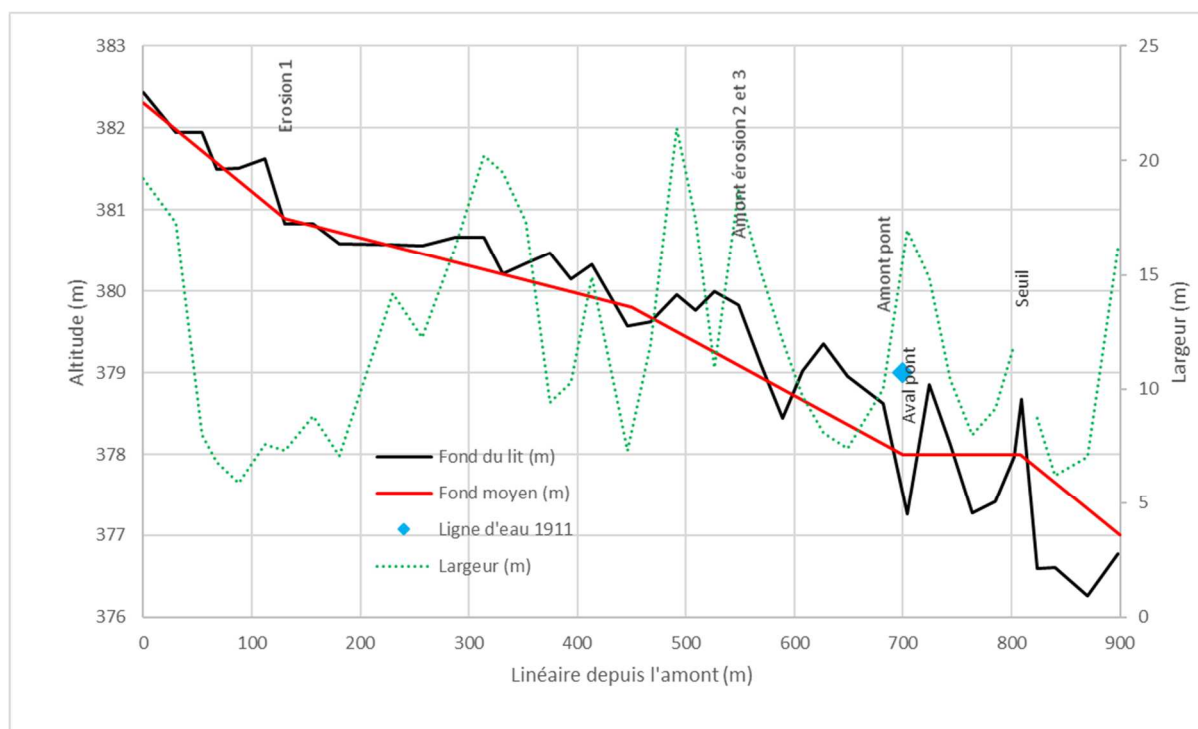


Figure 70 : Largeur du cours d'eau sur fond de profil en long (m). Secteur 3.

4. HYDROLOGIE

4.1. DEBITS DE CRUE DU LARGUE ET DE LA LAYE

De nombreuses études hydrologiques ont été réalisées sur les bassins du Largue et de la Laye. Ces études ont été synthétisées dans le cadre de l'état des lieux (HYDRETTUDES, 2020).

On repartira de cette synthèse pour proposer les débits de crue suivants :

Bassin versant	Débit décennal naturel (m ³ /s)	Débit centennal naturel (m ³ /s)
Largue à l'aval de la confluence avec la Laye (secteur 1)	116	371
Laye à l'aval de la confluence avec le Viou (secteur 2)	58	186
Largue à l'amont de la confluence avec la Laye (secteur 3)	58	185

4.2. CRUES HISTORIQUES

La base de données du RTM recense les crues historiques suivantes, ayant entraîné des désordres sur les bassins du Largue et de la Laye :

Dates	Crues historiques
Largue	
26/09/1860	Brèche de 120 m sur une protection de berge en enrochements sur la commune de Volx.
Septembre 1863	Désordres à Dauphin.
Automne 1886	Epis endommagés à St-Maime.
04/10/1924	Berges érodées à Dauphin, sur 70 m en amont du pont métallique.
Novembre 1935	Dégâts à l'amont du pont de la RD 5, propriétés riveraines et accès au pont endommagés.
1936	Inondation de la plaine de Dauphin jusqu'au moulin Nalin.
Novembre 1951	Digues emportées à Volx.
06/10/1960	Terrains agricoles endommagés à Dauphin et une maison inondée. Au hameau du Foulon à St-Maime, pont obstrué, route et terrains agricoles endommagés. A Villeneuve, deux maisons inondées, RN96 inondée sur 100 m. Terrains agricoles inondés ou endommagés sur toutes les communes.
1 ^{er} semestre 1978	Enrochements emportés sur 40 m à Volx.
08/04/1986	Station de pompage inondée et terrains agricoles érodés à Volx. Campings inondés à St-Michel l'observatoire et St-Maime.
27/04/1986	Désordres à Volx.
07/01/1994	RD 13 coupée (pont à la limite de débordement à cause d'un embâcle), station de pompage inondée, maisons inondées à Volx. Maisons inondées à Dauphin (lotissement l'Andronne). Habitations inondées à St-Maime (plus de 1.5 m d'eau), campings inondés, berges érodées. 10 ha de terrains agricoles inondés à St-Martin les Eaux et route endommagée sur 150 m. RN96 inondée à Villeneuve au niveau de la discothèque. Mur de soutènement effondré et parcelles inondées à la Reillane.
19/01/2014	Camping inondé à St-Maime et maisons inondées au lieu-dit Fontereyne à Villeneuve.

02/11/2016	Brèche dans la protection du camping de St-Maime et anse d'érosion.
Laye	
15/08/1847	Barrage privé détruit.
1884	Désordres à Mane.
18/07/1886	Prise d'eau détruite au lieu-dit Moulin Reynier à Mane.
1 ^{er} semestre 1890	Propriété érodée au lieu-dit les Foussons à St-Maime.
1 ^{er} semestre 1897	Propriétés endommagées sur les deux rives à Mane.
05/06/1915	Passerelle détruite à Limans.
Juin 1917	Digue emportée à St-Maime.
1928	Ouvrages de protection en maçonnerie emportés à St-Maime.
Novembre 1935	Débordements à St-Maime et Dauphin. Divagation du lit.
Novembre 1951	350 m ² de terrains emportés à Dauphin, protections de berge endommagées, 2000 m ² de terrains recouverts de gravier. A St-Maime, protections de berge endommagées, 2500 m ² de terrains recouverts de gravier et 500 m ² de terrains emportés.
05/10/1960	A la confluence avec le ravin du Viou, maison inondée ; Terrains agricole endommagés à Dauphin et Mane.
07/01/1994	Berges affouillées à St-Maime au lieu-dit le fossou. Camping inondé à Dauphin, berges érodées au droit des terrains de sport.

On notera également les crues récentes de :

- Novembre 2016
- 1^{er} décembre 2019 – une centaine d'habitations ont été inondées sur les communes de St-Maime et de Dauphin. Toutes les routes d'accès à Dauphin ont été fermées. Il y a eu au moins un décès.
- 20 décembre 2019 – lotissement de la Goudine inondé à Dauphin, camion tombé dans le lit du Largue.

Les crues de 1994, 2016 et 2019 ont impacté les 3 secteurs. Suite à la dernière crue, on notera l'effondrement du seuil EU de St-Maime, l'inondation du camping de la Rivière et des habitations en bord du Largue et de la Laye à l'amont de la confluence, ainsi que de nombreuses érosions de berge.

5. MODELISATION HYDRAULIQUE

5.1. PPR

La commune de St-Maime dispose d'un PPR depuis 2007 (Geolithe, 2007). L'aléa vis-à-vis du risque d'inondation a été estimé sur la commune. Le Largue est largement débordant en crue.

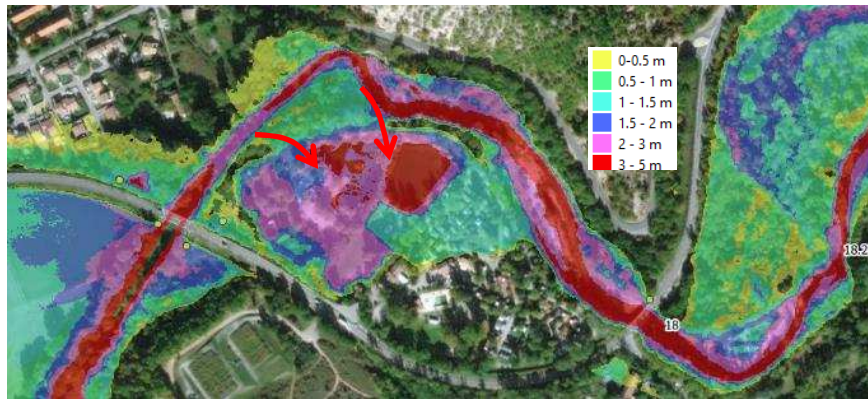


Figure 72 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (haut) et crue centennale (bas). Les laisses de crues relevés apparaissent sous la forme de points verts - Source : Modélisation du CEREMA.

Au vu des débordements qui ont eu lieu lors de la crue de décembre 2019, cette crue correspond au moins à une crue vicennale (voir figure ci-après).

Les hauteurs d'eau modélisées en Q100 en lit mineur sont comprises entre 3 et 5 m, selon les secteurs.

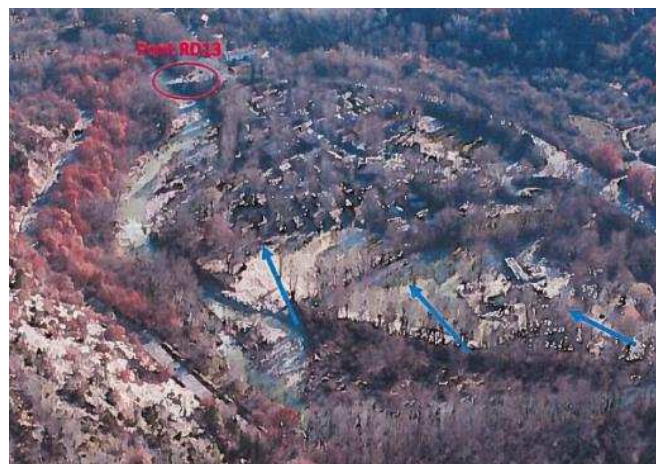


Figure 73 : Figure extraite du rapport du PNR du Lubéron montrant les débordements en crue qui ont été observés en décembre 2019.

5.2.2. Secteur 2

Dès la crue décennale, des débordements sont observés en rive droite, et en rive gauche, au droit du tournant amont et de la zone de dépôt (comme constaté en 1994 et 2019). Pour des crues plus importantes, les débordements ont lieu plus à l'amont :

- Pied du seuil pour la rive droite ;
- Confluence avec le Viou, pour la rive gauche ;

On notera que lors de la crue de 2019, des débordements ont eu lieu à l'aval du seuil, en rive droite (Cf rapport post-crise du PNR du Lubéron). Cela traduit une crue de période de retour de la crue au moins vicennale.

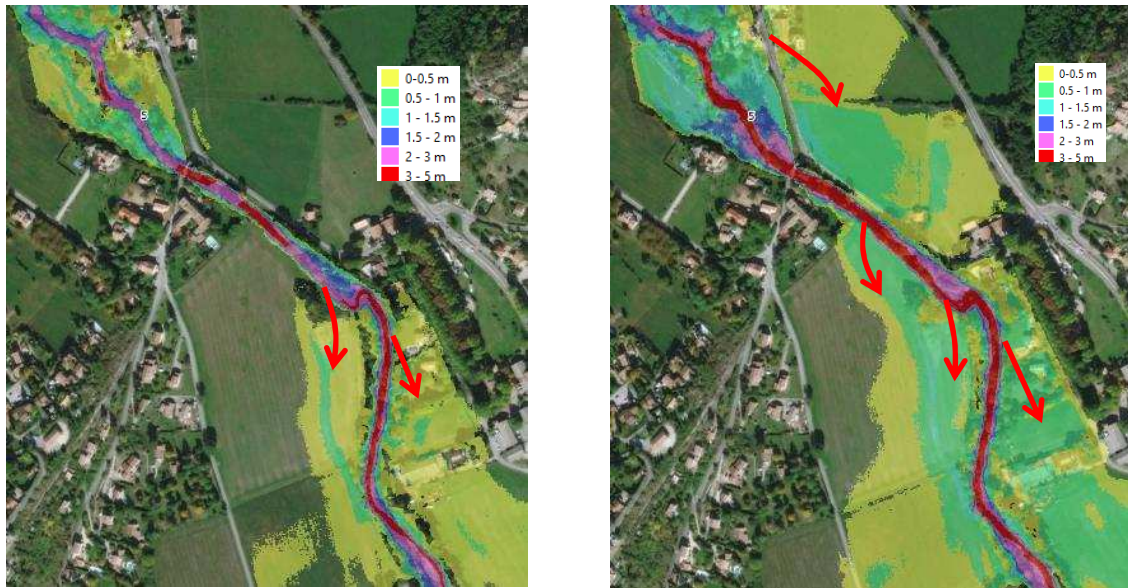
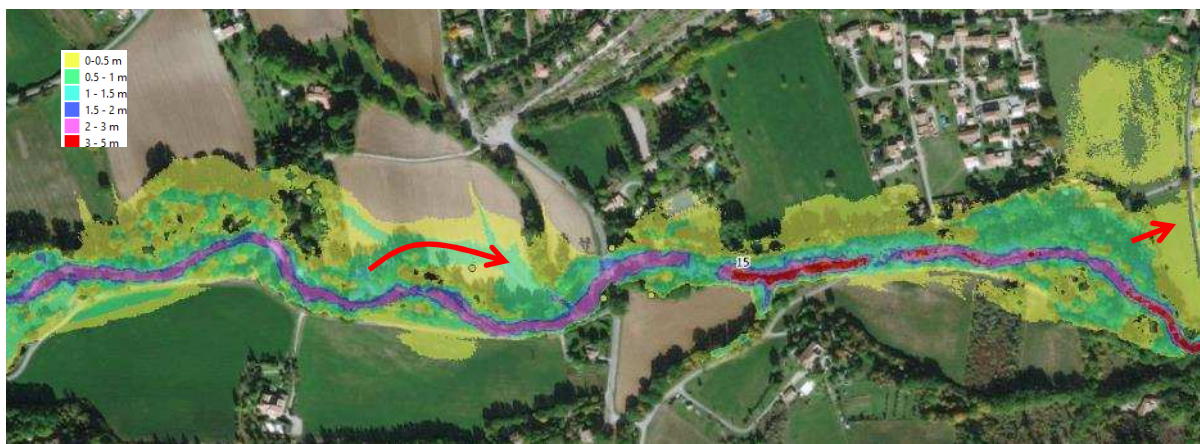


Figure 74 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (gauche) et crue centennale (droite) - Source : Modélisation du CEREMA.

5.2.3. Secteur 3

En amont du pont, un débordement sur le champ en rive gauche peut être observé, dès avant la crue décennale. Des laisses de crues ont de fait été observées sur le secteur à partir des vues aériennes, suite aux crues de 1986 et 1994.

A l'aval du pont, les principaux débordements ont d'abord lieu dans le tournant aval, puis à l'amont du seuil, lorsque le débit augmente.



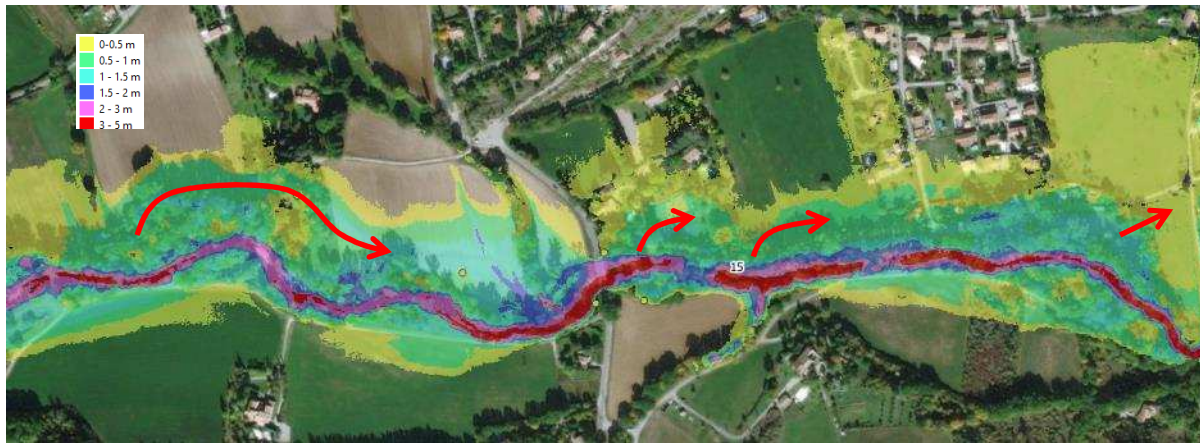


Figure 75 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale (haut) et crue centennale (bas). Les laisses de crues relevés apparaissent sous la forme de points verts - Source : Modélisation du CEREMA.

5.3. PARAMETRISATION

Dans le cadre de cette étude, le logiciel HECRAS 6.0 développé par le corps des ingénieurs de l'US army a été utilisé pour modéliser les écoulements du Largue et de la Laye.

Le modèle a été réalisé en 2D. Il prend en compte les supports topographiques suivants :

- RGE alti 1 m de l'IGN pour le lit majeur et à l'extérieur des 3 zones à enjeux ;
- Relevés topographiques sur les 3 zones à enjeux.

Les 4 ponts présents sur les secteurs d'étude ont été pris en compte.

Le RGE alti est de qualité moyenne sur les sections de cours d'eau étroites et végétalisées. Il a donc été surcreusé sur les secteurs suivants :

- Ravin de Rimourelle ;
- Ravin de l'Ausselet ;
- Largue à l'amont de la confluence avec la Laye.

Les seuils à l'aval des ponts de la RD16 et de la RD5 ont également été ajoutés.

En revanche, le seuil de la canalisation EU de St-Maime situé en aval du pont de la RD13, actuellement perché, n'est pas pris en compte.

Les rugosités (Strickler) suivantes ont été considérées :

	Lit mineur	Forêt ou zones construites	Champs
Strickler	20	10	30

Les débits de crue issus de l'analyse hydrologique ont été introduits en amont du modèle. L'apport au Largue à l'aval de la Rimourelle a été partagé entre le ravin de la Rimourelle et le ravin de l'Ausselet.

Le fond est considéré comme fixe, ce qui peut conduire à une surestimation du risque de débordement aux niveaux des zones d'incision (ponts) et à une sous-estimation sur les secteurs de dépôts.

Le parc du Lubéron a identifié 5 laisses de crues sur le secteur 1 et 4 sur le secteur 3. Au vu de ces laisses de crues, et selon la modélisation, la crue de 2019 aurait une période de retour de l'ordre de la cinquantennale (voir plus à l'amont de la confluence Laye Lague). Ce résultat paraît toutefois exagéré, car :

- La modélisation se base sur le terrain post-crue, alors que la crue a entraîné des élargissements de section ;
- Les phénomènes de type formation et rupture d'embâcle ne sont pas pris en compte par le modèle. On notera en particulier la formation d'un embâcle à l'aval immédiat du pont de la RD5, qui a certainement contribué à une forte rehausse des niveaux d'eau sur le secteur.

Sur la base de l'analyse hydraulique, on pourra toutefois considérer à la vue de l'emprise des zones inondées (quartier du Moutiers à Dauphin, partie basse du camping de la Rivière, rive droite sur le secteur 2) que la crue de 2019 correspond à une occurrence de retour au moins vicennale.

5.4. RESULTATS

5.4.1. Secteur 1

La modélisation réalisée est globalement en accord avec celle du CEREMA (voir figures ci-après). Il existe un risque de débordement du Largue dans les bassins dès avant la crue décennale. On remarque que le premier point de débordement a lieu par la brèche existante dans la digue.

En crue vicennale, la partie basse du camping est inondée. L'extension de la zone inondée en crue centennale ne varie pas significativement.

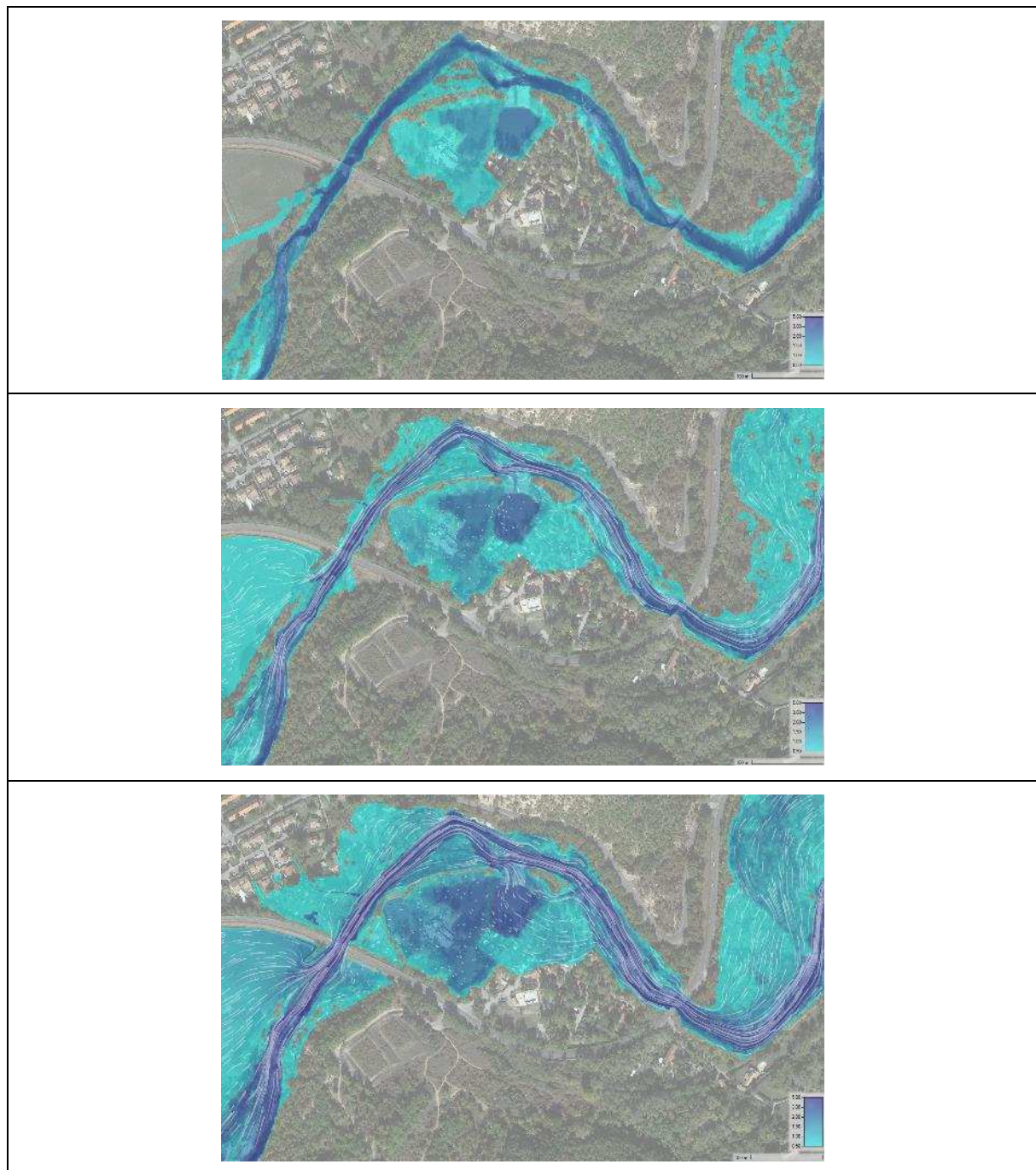


Figure 76 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q20 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 1.

5.4.2. Secteur 2

Le risque d'inondation modélisé apparaît globalement inférieur à celui mis en évidence par le CEREMA, ce qui pourrait s'expliquer en partie par l'utilisation de données topographiques plus précises et par les modifications subies par le lit du cours d'eau suite à la crue de 2019. En particulier, on remarquera que les inondations en rive droite à l'amont du tournant aval ne sont modélisées qu'à partir de la crue cinquantennale. Cela pourrait s'expliquer par la constitution récente d'un merlon de 1 m sur ce secteur et par l'élargissement du lit à l'amont. **A l'heure actuelle, ce merlon favorise les débordements vers le quartier habité en rive gauche.**

La modélisation montre toutefois qu'il existe un risque de débordement sur les 2 rives à partir de la crue vicennale. En crue centennale, le débordement est généralisé. Sur le secteur de dépôt aval, un débordement est constaté dès la crue décennale.

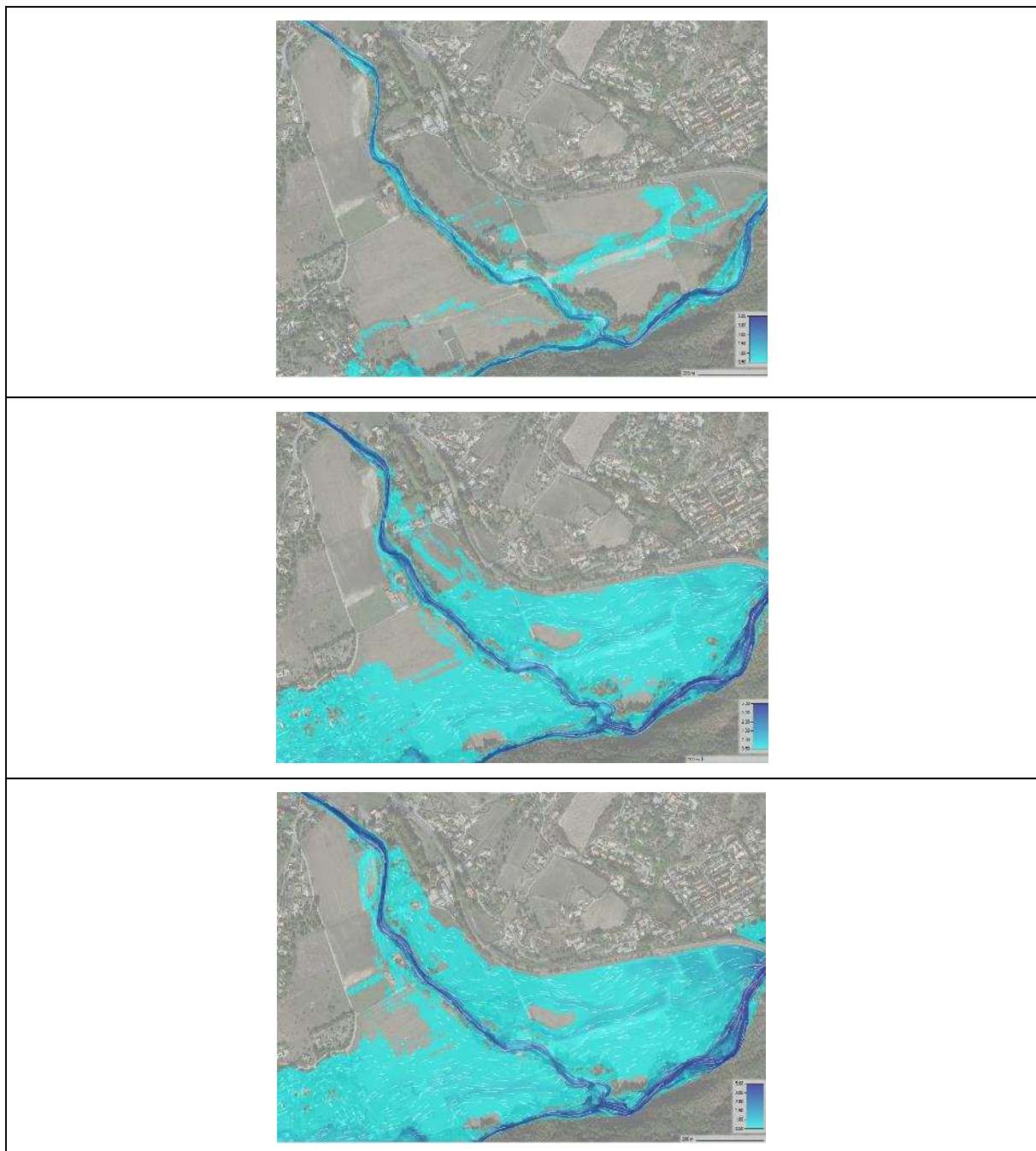


Figure 77 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q50 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 2.

5.4.3. Secteur 3

La modélisation réalisée tend à relativiser le risque de débordement en crue décennale par rapport à l'étude du CEREMA : seule la rive gauche en amont du pont paraît réellement inondée. A partir de la crue vicennale, il semble exister un risque de débordement en rive gauche, à l'aval du pont. Il existe également un risque de débordement en rive droite à l'amont du pont, mais sans impact sur les habitations. Le quartier du Moutiers commence à être inondé à partir de la crue décennale. L'inondation est importante en crue vicennale.

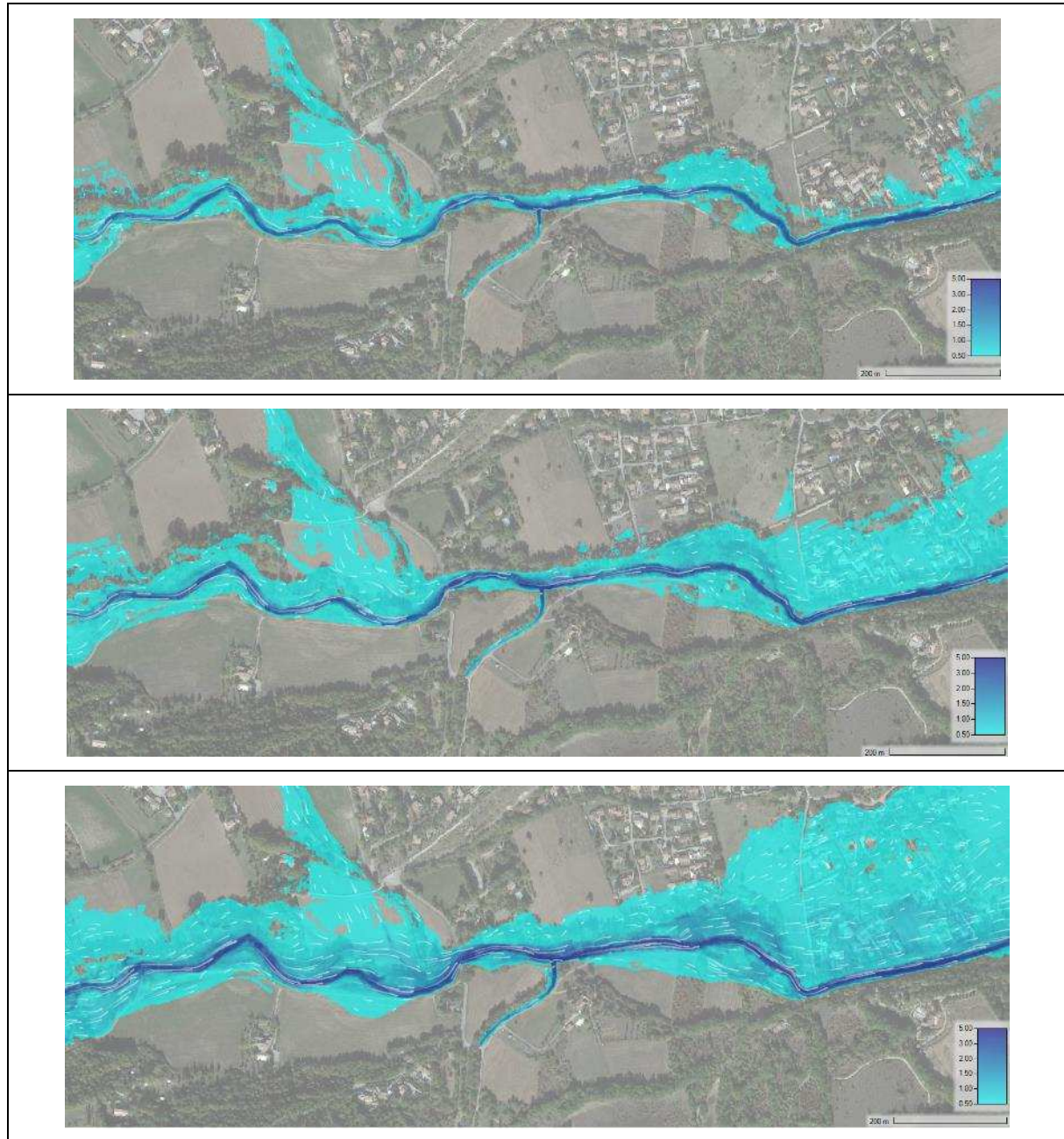


Figure 78 : Hauteurs d'eau modélisées en Q10 (dessus), Q20 (milieu) et Q100 (dessous) sur le secteur 3.

5.5. BILAN

Les cartes d'extension des crues montrent globalement une extension de la zone inondable bien plus grande que la largeur de la bande active actuelle, même en crue décennale, ce qui dénote l'existence d'une large plaine alluviale, ainsi qu'une insuffisance globale de la section actuelle du cours d'eau.

Comme détaillé précédemment, cette faible capacité hydraulique du lit actuel est le fruit :

- D'actions anthropiques (remblais dans le lit, protections de berge, seuils, barrages,...) ;
- De phénomènes naturels (végétalisation du lit entre les crues, dépôts de matériaux,...).

Afin de limiter les débordements sur les secteurs à enjeux (habitations), il serait intéressant d'augmenter la capacité hydraulique du cours d'eau et donc de proposer des élargissements de section (les débordements dans les secteurs sans enjeux doivent au contraire être favorisés, dans le but de limiter les débits de crue de pointe en aval du bassin versant).

Secteur 1 :

En situation actuelle, des débordements sont modélisés vers les bassins et la partie basse du camping, dès la crue décennale.

Afin de limiter le risque d'inondation sur ce secteur, sans rehausse de la digue existante, il pourrait être intéressant de :

- Couper la végétation présente en rive droite au droit de l'anse d'érosion et du méandre amont ;
- Supprimer l'atterrissement dans le cours d'eau ;
- Eventuellement, retaluter la berge rive gauche en comblant l'anse d'érosion.

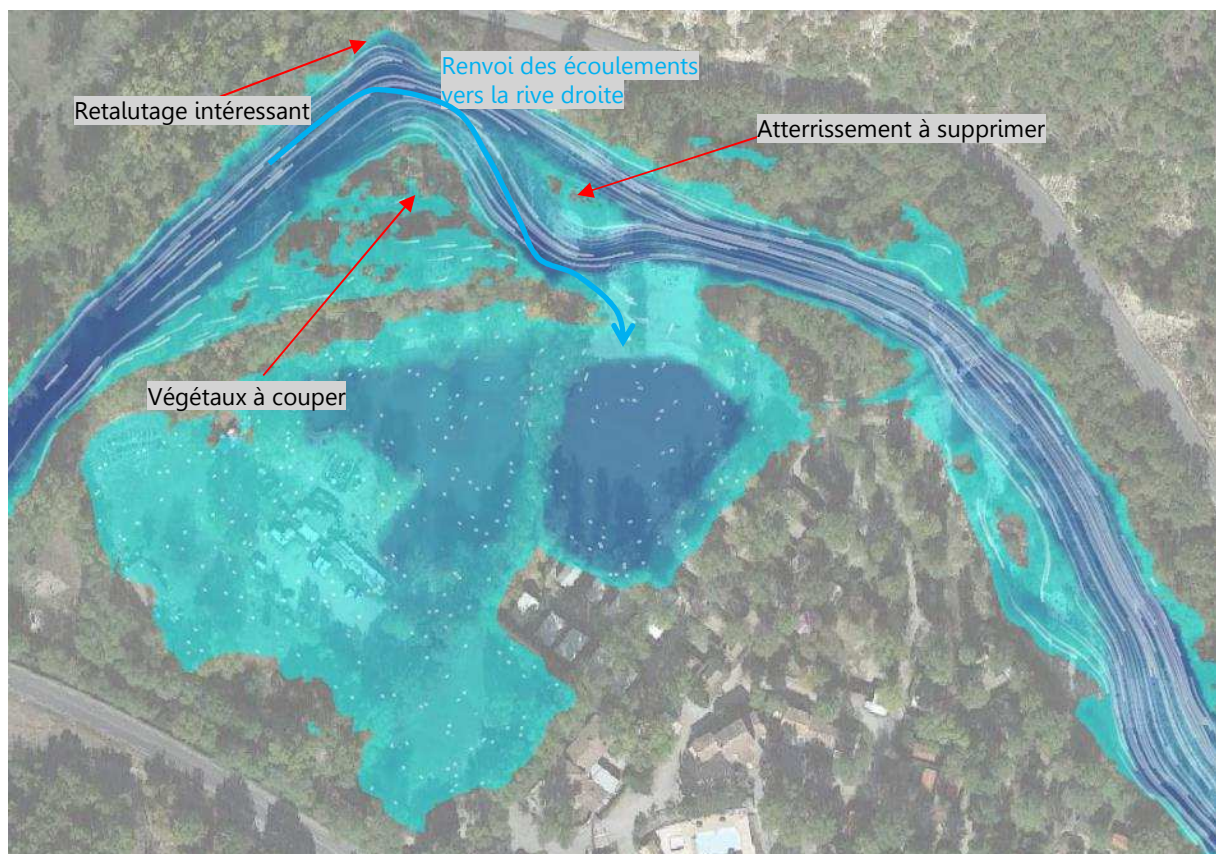


Figure 79 : Hauteurs d'eau modélisées en crue décennale en rive droite.

Ces actions permettraient :

- Principalement, de limiter le renvoi des écoulements vers la rive droite (et la brèche de la digue existante) avec un angle d'incidence trop fort, comme actuellement ;
- Secondairement, d'augmenter la section passante et de limiter les hauteurs d'eau en crue.

Un effacement du seuil de l'ancienne prise d'eau pourrait aussi être envisagé, afin de favoriser un abaissement des fonds et de la ligne d'eau en crue.

Ces actions ne permettront toutefois pas de supprimer le risque de débordement. Pour ce faire, la rehausse de l'ensemble de la digue de protection des bassins de pêche et du camping pourrait être envisagée. L'ouvrage ainsi constitué nécessiterait toutefois une gestion ultérieure en tant que système d'endiguement dans le cadre de la GEMAPI (Etude de dangers, suivi courant de l'ouvrage, suivi en crue,...), et nécessite des moyens techniques et financiers importants. Cette solution n'est pas étudiée à ce stade.

Secteur 2 :

En situation actuelle, des débordements importants en crue ont lieu dans le tournant à l'aval du seuil, sur les 2 rives, potentiellement dès la crue vicennale.

Afin de limiter ces débordements, il serait intéressant :

- De supprimer l'atterrissement présent en amont du tournant ;
- D'élargir le cours d'eau entre les deux tournants. Une largeur de section de 20 m permettrait théoriquement de maintenir la hauteur d'eau en dessous de 4 m en crue centennale, ce qui limiterait le risque de débordement en rive gauche.

L'élargissement serait aussi bénéfique par rapport aux problématiques d'enfoncement du lit et d'érosion des berges.

Le merlon récemment réalisé en rive droite au droit de l'atterrissement serait à supprimer, car, il favorise les débordements en rive gauche, tout en restant érodable et susceptible de générer une vague à l'aval, en cas de rupture.

Secteur 3 :

A l'amont du pont, il existe un risque de débordement en rive gauche pour des crues courantes et en rive droite pour des crues importantes (à partir de la vicennale). Les enjeux sont toutefois limités sur le secteur à la tenue de la route communale en rive droite et du pont. Un élargissement du cours d'eau sur ce secteur n'apporterait donc pas de gain significatif vis-à-vis de la protection d'habitations. Il permettrait en revanche de limiter le risque d'enfoncement du lit et d'érosion de la rive droite au niveau de la voie communale et du pont, et surtout de limiter le renvoi des écoulements vers la rive gauche à l'aval du pont.

A l'aval du pont et à l'amont du seuil, il existe un risque de débordement en rive gauche, en forte crue. Selon la modélisation du CEREMA, ce débordement pourrait impacter le quartier de l'Androne. Un élargissement du lit en rive droite, à l'amont du seuil pourrait donc permettre un léger gain vis-à-vis du risque d'inondation du quartier de l'Androne. Un effacement du seuil pourrait aussi être envisagé. On notera toutefois que, selon la modélisation réalisée dans le cadre de la présente étude, les débordements apparaissent d'abord à l'aval du seuil, avant de commencer à l'amont.

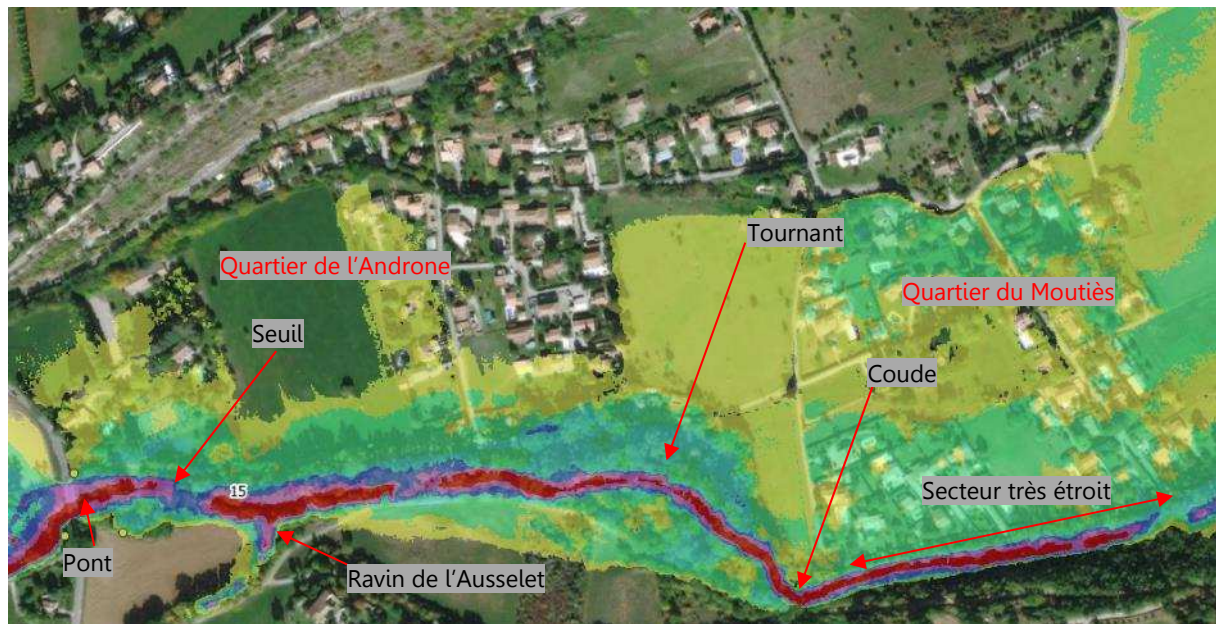


Figure 80 : Hauteurs d'eau modélisées en crue centennale - Source : Modélisation du CEREMA.

A l'aval du ravin de l'Ausselet, il existe un risque de débordement en rive gauche à partir de la crue décennale. Les enjeux sont importants (quartier habité du Moutiès). On remarquera toutefois que :

- Le débordement est relativement généralisé, tant au droit du quartier, qu'à l'amont de celui-ci.
- La section passante du Largue le long de ce quartier est très limitée (localement, la largeur du Largue n'excède pas 5 m en fond !). Le Largue est contraint entre un versant relativement abrupt en rive droite et la voie communale et le lotissement en rive gauche, tandis que le substratum est régulièrement visible en fond. La section actuelle ne permet pas de faire passer un débit de crue supérieur au débit décennal.

Un rapide calcul hydraulique (Strickler de 20) montre la section passante minimale nécessaire en fonction de la hauteur de berge, pour laisser transiter le débit de crue centennal (sans revanche) :

Hauteur de berge (m)	Section passante (m)
2.5	33
3	25
3.5	21
4	18

Au vu de la hauteur de la berge rive gauche (entre 2.5 m et 4 m), il serait nécessaire de disposer d'une section d'écoulement entre 20 et 35 m, ce qui dépasse l'emprise actuelle du cours d'eau et de la voie communale. L'élargissement du Largue nécessiterait la suppression de la voie communale et probablement des habitations les plus proches du cours d'eau (5 à 6 habitations concernés). Cette solution n'est pas étudiée à ce stade.

A défaut d'élargir le cours d'eau, il est toutefois préconisé un entretien régulier de la végétation sur le secteur, ce qui permettrait déjà un gain hydraulique, en diminuant la rugosité. Cette action s'apparente à de l'entretien courant. Elle n'est donc pas décrite dans le cadre de la présente étude.

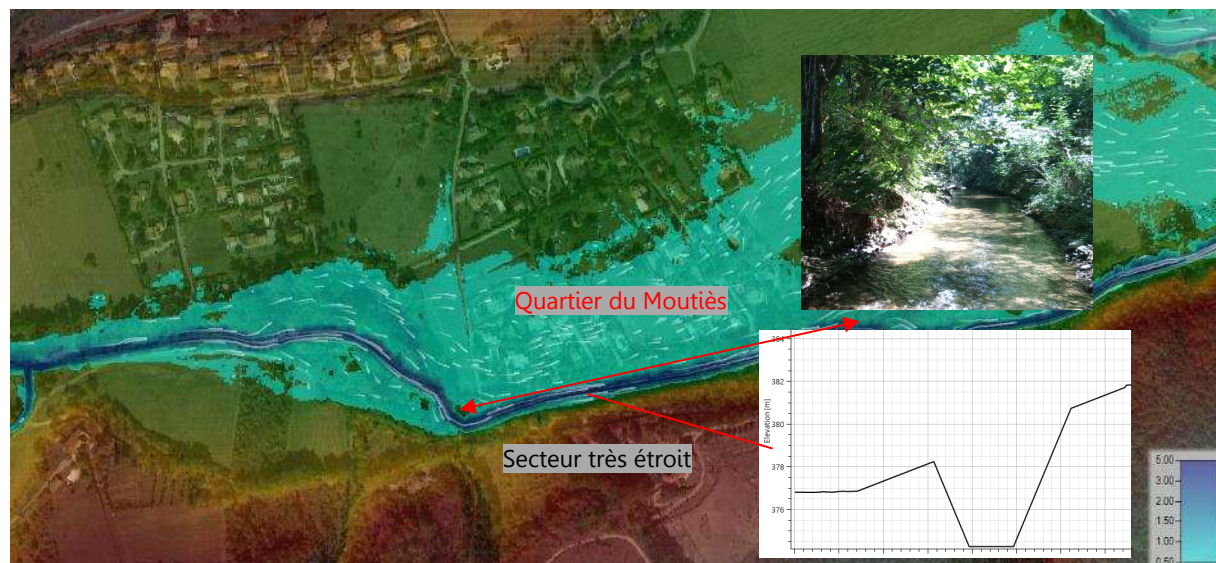


Figure 81 : Hauteurs d'eau en crue vicennale.

6. TRANSPORT SOLIDE

6.1. GRANULOMETRIE

Des mesures granulométriques ont été conduites, sur la base de mesures de 100 éléments par secteurs. Les caractéristiques granulométriques sur les 3 secteurs sont reportées dans le tableau ci-après :

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3
D30 (mm)	25	28	25
D50 (mm)	37	35	26
D90 (mm)	75	70	65
Dmoyen (mm)	45	43	41

Globalement les granulométries sont assez proches selon les secteurs. Les D30 et D50 mesurés sont toutefois significativement plus élevés que dans les deux autres études conduites sur des secteurs voisins, ce qui peut être lié aux différences de méthode et aux variations locales.

L'étude IPSEAU de 2009 sur le pont rouge (secteur 3) retenait ainsi respectivement 11 mm, 15 mm et 36 mm pour les D30, D50 et D90, tandis que l'étude INGEROP sur le Largue à la confluence avec la Durance retenait respectivement 13 mm, 19 mm et 71 mm pour les D30, D50 et D90.

On pourra retenir un d50 compris entre 20 et 40 mm.

6.2. TRANSPORT SOLIDE EN CRUE DU LARGUE ET DE LA LAYE

Afin de déterminer la capacité de charriage en crue de la Laye et du Largue, la formule de Recking (2013) est utilisée.

Cette formule ne considère pas de valeur seuil (i.e. le débit de début d'entraînement comme c'est le cas dans celle de Lefort 2007, ou celle de Rickenmann 1990) délimitant le transport ou le non-transport, mais prend en compte le transport de tous les grains et le transport partiel d'une fraction. L'approche est originale du fait que le diamètre caractéristique utilisé n'est pas représentatif de la fraction fine mais de la fraction grossière, et est donc représentatif de la mobilité de toute l'étendue granulométrique, ce qui est particulièrement intéressant dans le cas présent.

Les formules utilisées sont les suivantes :

$$Q_s [\text{kg/s}] = W \rho_s q_s \quad \text{et} \quad q_{sv} [\text{m}^3/\text{s/m}] = \sqrt{g(s-1)} D_{84}^3 \Phi$$

Avec: - ρ_s : la masse volumique de la charge solide (généralement 2650 kg/m³)

- g : la constante d'accélération (m/s²)

- s : la densité du matériau (2.65)

- D_{84} : le diamètre séparant les 84 % des graviers les plus fins (m)

- Φ : le paramètre d'Einstein adimensionnel

- q_s : ratio de transport solide par unité de largeur (kg/s/m)

- q_{sv} : ratio volumétrique de transport solide par unité de largeur (m³/s/m)

On définit :

$$\Phi = 14 \tau_{84}^{*2.5} / [1 + (\tau_m^* / \tau_{84}^*)^4]$$

$$\tau_m^* = (5S + 0.06) (D_{84} / D_{50})^{4.4\sqrt{S}-1.5}$$

$$\tau_{84}^* = \frac{SR}{(s-1)D_{84}} = \frac{S}{(s-1)D_{84} [2/W + 74p^{2.6}(gS)^p q^{-2p} D_{84}^{3p-1}]}$$

Avec: - S : la pente du lit (m/m)

- D_{50} : le diamètre séparant les 50% des graviers les plus fins (m)

- τ_{84}^* : le paramètre de Shields pour D_{84}

- τ_m : le paramètre de shields de mobilité correspondant à la transition d'un état de déplacement partiel au déplacement total

- R : le rayon hydraulique (m)

- q : débit spécifique (m³/s/m)

- W : Largeur de l'écoulement (m)

- Où $p = 0.23$ quand $q / \sqrt{gSD_{84}^3} < 100$ sinon $p = 0.3$

Les paramètres suivants sont considérés au droit du secteur 1 :

- une durée de crue de l'ordre de 3 fois le temps de concentration, avec un hydrogramme triangulaire (on peut considérer un temps de concentration de l'ordre de 7 h au droit du site d'étude selon l'étude ALP'GEORISQUES de 2017) ;

- un d_{84} de 66 mm.

- une section moyenne de 20 à 25 m ;

- une hauteur d'eau de l'ordre de 3 m en crue décennale et 5m en crue centennale ;

- une pente moyenne du cours d'eau de 0.5%.

On retiendra les ordres de grandeur des volume charriés suivants au droit du secteur 1 :

	Volume charrié en Q10	Volume charrié en Q100
Secteur 1	8 000 m ³	20 000 m ³
Secteur 2	4 000 m ³	10 000 m ³
Secteur 3	4 000 m ³	10 000 m ³

Le cours d'eau du Largue est donc susceptible de charrier des volumes de matériaux relativement conséquents, comme en témoignent les nombreux bancs de galets observés.

L'étude IPSEAU estimait le débit solide moyen en crue centennale du Largue à l'amont de la confluence avec la Laye à 0.25 m³/s. Considérant un apport de la Laye voisin de celui du Largue et un hydrogramme triangulaire, cela conduit à un volume charrié à l'aval de 18 000 m³ environ, soit à peu près le même ordre de grandeur que le volume retenu. L'étude INGEROP estime en revanche un transport solide environ deux fois moindre.

7. PROJETS RECENTS OU EN COURS

7.1. SECTEUR 1

La commune de St-Maime a démarré une étude pour la reprise du réseau EU qui traverse le Largue au droit du pont de la RD13 amont. Il est notamment envisagé un effacement du seuil EU. Ce projet ne devrait pas voir d'impact à l'aval.

7.2. SECTEUR 2

Un passage sur site au printemps 2021 a permis d'observer la création d'un nouveau merlon en rive droite au niveau de l'atterrissement.

7.3. SECTEUR 3

Reprise de la berge à l'amont du pont rouge (2010 ?) :

Le pont rouge et la berge en rive droite à l'amont du pont ont fait l'objet de travaux de confortement en 2010, le tablier a été remplacé. Outre l'état dégradé du pont, une problématique de fissuration et d'affouillement de la culée rive droite avait été relevée avant ces travaux.



Figure 82 : Photo du pont et de la culée rive droite en 2009 à gauche (IPSEAU, 2009) et en 2019, à droite.

On notera que le bureau d'étude IPSEAU retient une profondeur d'affouillement de 1.7 m dans le dossier loi sur l'eau (mais seulement 0.4 m dans la note hydraulique), pour le calage des ouvrages de protection de la culée. Il note déjà l'affouillement du radier sous le pont.

Le projet prévoyait la remise en place d'enrochements libres à l'amont de la culée, en retenant un diamètre médian de seulement 0.55 m, qui constitue également une valeur relativement faible (cf chap. 10.1).

Cela explique sans doute l'effondrement des ouvrages.

8. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Le Largue et la Laye sont en liste 1 au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement, ce qui implique de ne pas créer d'obstacles infranchissables à la faune piscicole sur ces cours d'eau, ni d'entraver le transport sédimentaire.

Le Largue et la Laye jusqu'au barrage sont en 1^{ère} catégorie piscicole, ce qui exclut tout travaux entre le 1^{er} novembre et le 31 mars.

8.1. SECTEUR 1

Le Largue à l'aval de la confluence est classé en liste 2 au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement, ce qui impose aux aménagements existants de ne pas entraver la circulation sédimentaire et piscicole.

8.2. SECTEUR 2

Le secteur se situe en grande partie dans l'aire de protection du château de St-Maime.

8.3. SECTEUR 3

Un captage AEP se situe en rive gauche du Largue. L'ensemble du Largue jusqu'au pont se situe dans le périmètre de protection rapproché du captage.

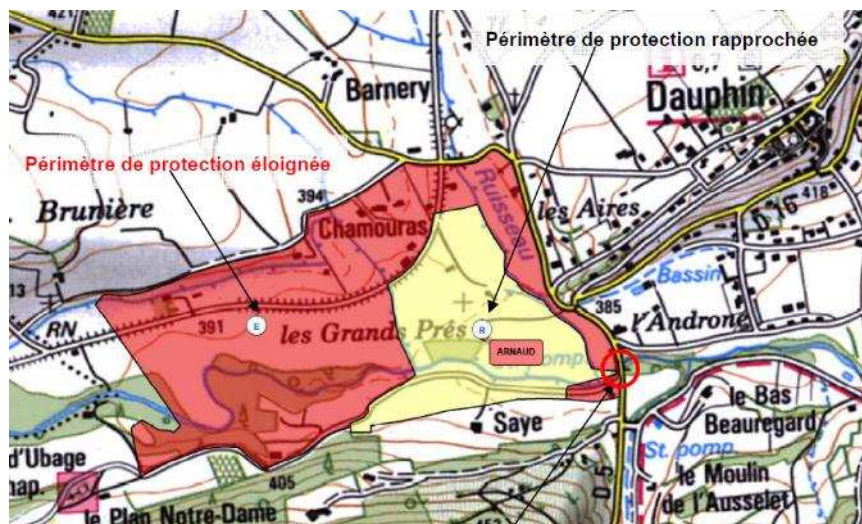


Figure 83 : Périmètre de protection du captage AEP de Dauphin (IPSEAU, 2009).

9. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES TRAVAUX ENVISAGEABLES

L'objectif des travaux à prévoir est de limiter l'impact du cours d'eau sur les enjeux. Pour cela deux grandes catégories d'actions sont proposées :

- Élargissement du cours d'eau, accompagné de coupe végétales et de scarification des bancs de galets, pour favoriser la reprise des matériaux ;
- Confortement des berges.

9.1. SECTEUR 1

Action 1 - Élargissement du cours d'eau en rive droite au droit des bassins et confortement de la rive droite

Cette action prévoit :

- La coupe de la végétation, le retrait d'une partie des matériaux du banc de galet, dans le méandre en rive droite, pour faciliter le recentrage du lit et limiter l'érosion des berges et les hauteurs d'eau en crue ;
- La suppression de l'atterrissement existant à l'aval ;
- Le confortement de la berge rive droite à l'amont et à l'aval de la protection de berge existante, le long du bassin, à l'aide d'enrochements libres.

On remarquera que malgré la reprise du lit, il existe un risque que le cours d'eau poursuive malgré tout son méandrage actuel. Afin de favoriser le recentrage du lit, il pourrait donc être envisagé la suppression du seuil de l'ancienne prise d'eau (action 1bis), ce qui limiterait l'engravement à l'amont (même s'il a été vu que l'effet du seuil est certainement secondaire par rapport à l'impact du changement d'orientation du cours d'eau).

Action 1 bis – Suppression du radier de l'ancienne prise d'eau

Cette action prévoit :

- La suppression du radier béton de l'ancienne prise d'eau.
- Des mesures de confortement de la rive droite en amont du seuil.

On notera que l'analyse des images aériennes a montré que l'érosion du talus en rive gauche au droit du méandre est un phénomène relativement ancien. Le cours d'eau tend actuellement à revenir dans son positionnement d'avant 1950. De vieilles protections de berges sont d'ailleurs encore visibles à une vingtaine de mètres du bord de la berge actuelle du cours d'eau. Il ne paraît donc pas nécessaire de conforter la rive gauche en cas d'effacement du seuil. Au vu du profil en long, le pont de la RD13 amont ne devrait pas non plus être impacté.

Un suivi dans le temps de l'évolution du fond du lit devra toutefois être conduit.

Action 2 – élargissement du lit en rive gauche et confortement de la berge en rive droite, à l'amont du pont

Cette action prévoit :

- L'enlèvement des enrochements présents au milieu du cours d'eau ;
- L'élargissement du cours d'eau en rive gauche pour faciliter le recentrage du lit et limiter l'érosion de la rive droite ;
- La reprise de la protection de berge existante en amont de la culée – la protection sera prolongée à l'amont, tandis que des enrochements bétonnés seront positionnés au droit de la culée.

Action 3 – confortement de la protection de berge au droit de l'ancienne voie ferrée, à l'aval du pont

Cette action prévoit :

- Une reprise de la protection de berge à l'aide d'enrochements libres.

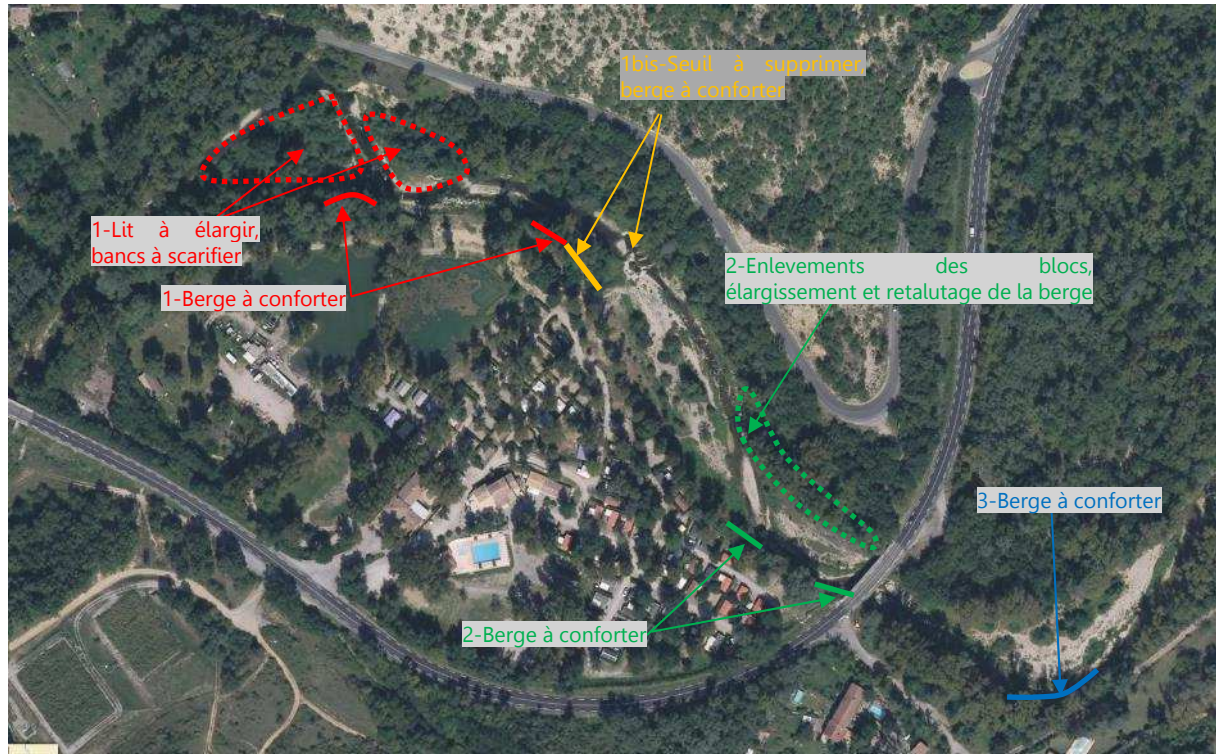


Figure 84 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.

9.2. SECTEUR 2

Action 4 – Confortement de la berge rive gauche en aval du seuil

Cette action prévoit :

- La reprise du pied de mur dans le secteur érodé.
- Un élargissement du cours d'eau en rive droite et un confortement en génie végétal, pour limiter les contraintes sur la rive gauche.

L'effacement du seuil n'est pas étudié, car il présente peu d'intérêt en raison de la présence d'un seuil naturel à l'amont immédiat.

Action 5 – Élargissement en rive droite dans le secteur érodé et reprise des protections en rive gauche

Cette action prévoit :

- L'enlèvement de l'atterrissement présent à l'amont du tournant amont ;
- L'élargissement du cours d'eau en rive droite sur le secteur étroit et végétalisé entre les deux tournants, pour limiter les débordements et l'érosion de la rive gauche ;
- Une protection de la berge rive droite en technique végétale ;
- La reprise des enrochements en rive gauche, sur le secteur étroit, avec ajout d'un sabot parafeuilles.

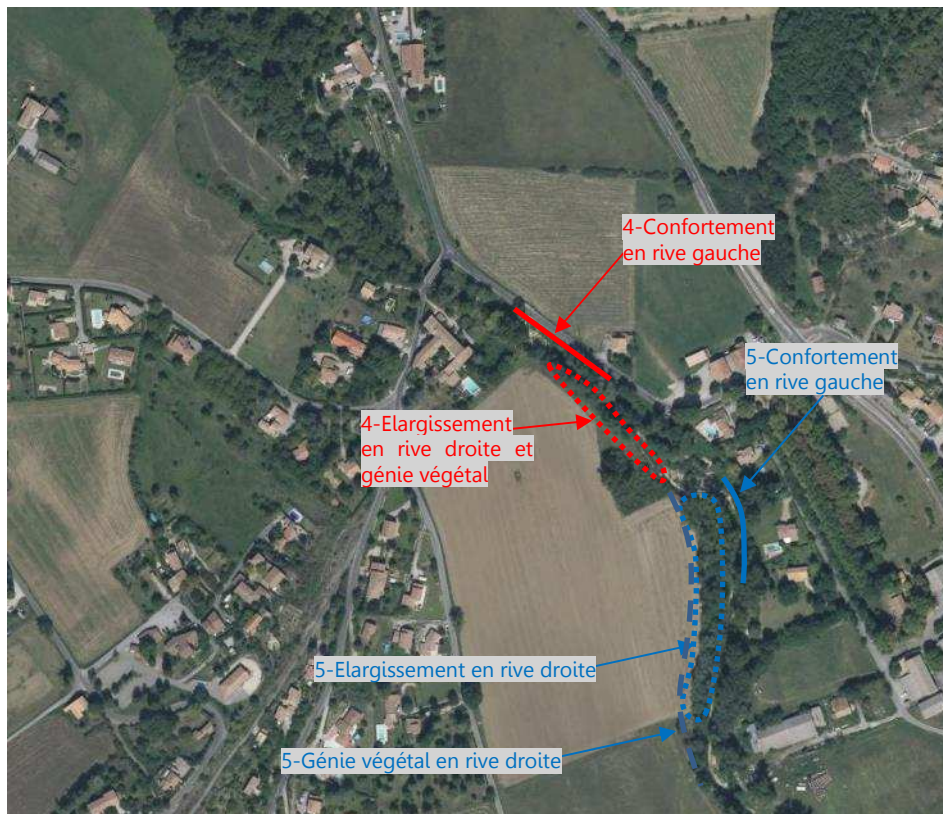


Figure 85 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.

9.3. SECTEUR 3

Action 6 – Confortement de la rive droite en amont du pont et élargissement

Cette action prévoit :

- Le confortement de la rive droite en amont du pont, pour limiter le risque de destruction de la route communale ;
- L'élargissement en rive gauche à l'amont du pont, afin de limiter l'érosion de la rive droite et le renvoi des écoulements vers le quartier de l'Androne en rive gauche – la limite du champ devra être décalée.

Action 7 – Confortement de la rive gauche à l'aval du pont et élargissement en rive droite

Cette action prévoit :

- Le confortement de la rive gauche en aval du pont ;
- L'élargissement en rive droite à l'aval du pont et en amont du seuil, pour limiter les risques de débordement et l'érosion de la rive gauche.

Action 7 bis – Abaissement ou effacement du seuil

Cette action prévoit :

- L'effacement du seuil ;

L'impact potentiel de l'effacement du seuil sur la tenue du pont de la RD5 est supposé limité. Le niveau de fondation de l'ouvrage devra toutefois être recherché pour s'en assurer.

Il conviendra de prendre en compte l'effacement du seuil pour le calage des ouvrages de protection en rive gauche.

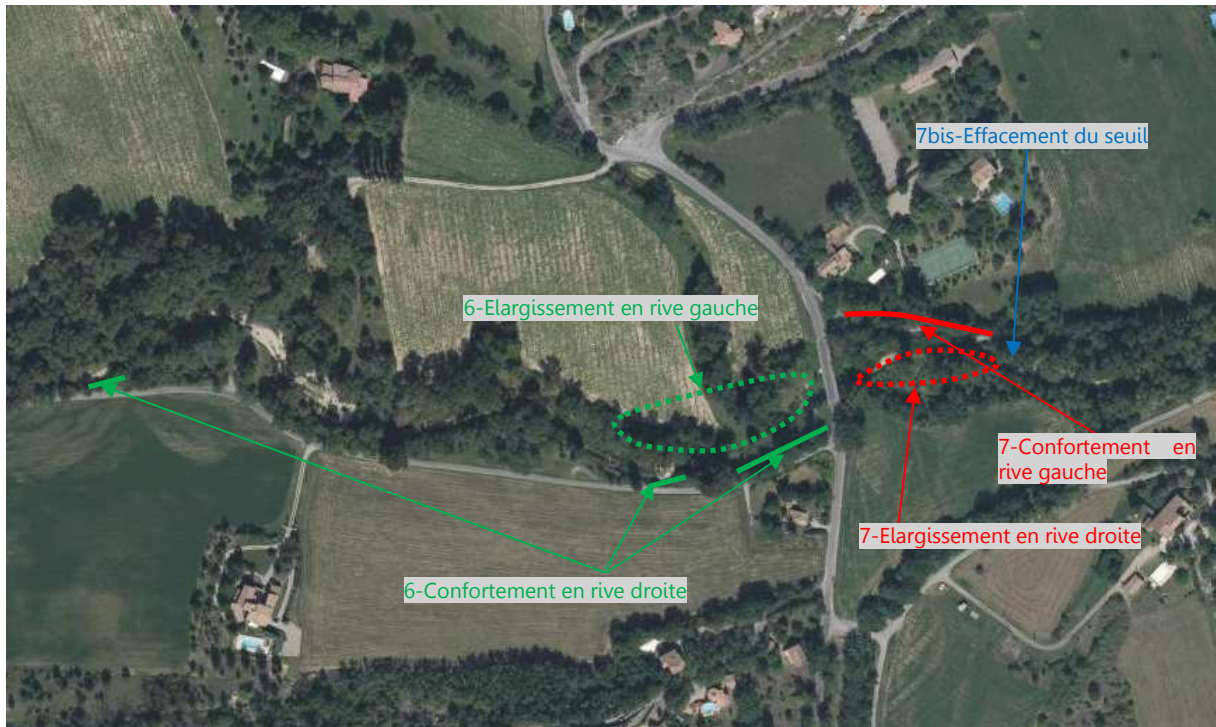


Figure 86 : Localisation des actions sur fond de vue aérienne.

10. DETAIL DES AMENAGEMENTS

Dans cette partie, nous considérons les caractéristiques que devraient posséder les protections de berge de la Laye et du Lague.

10.1. CONTRAINTES HYDRAULIQUES

10.1.1. Largeur du lit

Dans le cadre de travaux d'élargissement de section il convient de prendre en compte deux risques :

- Le risque d'enfoncement du cours d'eau, en cas de lit trop étroit ;
- Le risque de dépôt et de divagation du lit, en cas de sur largeur locale trop importante.

Risque d'enfoncement :

Le risque d'enfoncement d'un lit (hors problématique de manque de matériaux) peut être étudiée grâce au rapport L/H et au principe de RAMETTE:

$$L/H = \frac{\text{largeur du lit en eau}}{\text{Hauteur d'eau}}$$

Selon le principe de Ramette, si le rapport L/H est inférieur à 12 à 15, le lit est trop resserré (étroit) et a tendance à se creuser au regard des fortes vitesses induites. Nous présentons donc ci-après l'évolution de ce rapport L/H pour différentes sections rectangulaires, en cas de crue décennale et de crue centennale sur les différents secteurs.

Les ordres de grandeurs des largeurs nécessaires pour laisser s'écouler les crues, en limitant le risque d'enfoncement du lit, sont présentés dans le tableau suivant (rapport L/H=15) :

	Largeur de cours d'eau nécessaire (m) pour le libre passage de la crue décennale – rapport L/H = 15	Largeur de cours d'eau nécessaire (m) pour le libre passage de la crue centennale – rapport L/H = 15
Secteur 1	31	48
Secteur 2	24	37
Secteur 3	23	36

Dans le cas de la Laye et du Lague, ces largeurs sont certainement surestimées, en raison des facilités de débordement des cours d'eau dans le lit majeur. Elles traduisent toutefois l'insuffisance globale des sections d'écoulements actuelles, notamment pour le passage d'une crue centennale.

Secteur 1 : La largeur de la bande active du cours d'eau est dans l'ensemble insuffisante (<30 m), sauf à l'aval du pont aval. L'espace de mobilité demeure toutefois globalement satisfaisant, sauf au voisinage de l'ancienne prise d'eau et du pont.

Secteur 2 : La largeur de la bande active du cours d'eau est dans l'ensemble très insuffisante (<10 m), sauf tout à l'aval. L'espace de mobilité demeure toutefois satisfaisant en amont du pont.

Secteur 3 : La largeur de la bande active du cours d'eau est dans l'ensemble insuffisante (<15 m). L'espace de mobilité demeure toutefois satisfaisant en amont du pont, sauf en amont immédiat, à cause du champ en rive gauche.

10.1.2. Hauteurs d'eau en crue, forces tractrices et nature des protections de berge

La force tractrice correspond à la force de frottement exercée par l'eau en mouvement sur les parois d'un chenal, elle est notée :

$$dF = T \cdot ds$$

Où T est la contrainte tractrice, représentant la contrainte tangentielle de la colonne d'eau exercée sur la paroi du chenal. La contrainte tractrice est calculée avec la formule suivante :

$$T = s \cdot \rho \cdot g \cdot R \cdot j$$

T : la contrainte tractrice (N.m⁻²)

P : poids volumique de l'eau (kg.m⁻³)

g : l'accélération de pesanteur (m.s⁻²)

R : le rayon hydraulique (m) – approximé par la hauteur d'eau en crue

j : la perte de charge linéaire (adimensionnel) – de l'ordre de la pente du cours d'eau

s : coefficient de sinuosité

Les contraintes tractrices peuvent être estimées par modélisation sous HECRAS :

Secteur 1 :

	Hauteur d'eau max (m) en Q10	Vitesse max (m/s) en Q10	Force tractrice max en Q10 (N/m ²)	Hauteur d'eau max (m) en Q100	Vitesse max (m/s) en Q100	Force tractrice max en Q100 (N/m ²)
Entre le seuil EU et le méandre	2.5 à 3.5 m	3 m/s	150	3.5 à 5 m	5 m/s	300
Entre le méandre et le pied du seuil de l'ancienne prise d'eau	2.5 m	4 m/s	200	3.5 à 4 m	4 m/s	300
Entre le pied du seuil de l'ancienne prise d'eau et le pont	2.5 m	3.5 m/s	150	3.5 à 4 m	4 m/s	200
Pont aval sur 50 m de part et d'autre	2.5 à 3 m	3.5 m/s	150	4 à 4.5 m	5 m/s	350
Aval du pont aval	2.5 à 3.5 m	2.5 m/s	200	3.5 à 4.5 m	4 m/s	300

Secteur 2 :

	Hauteur d'eau max (m) en Q10	Vitesse max (m/s) en Q10	Force tractrice max en Q10 (N/m ²)	Hauteur d'eau max (m) en Q100	Vitesse max (m/s) en Q100	Force tractrice max en Q100 (N/m ²)
Confluence du Viou	2.5 m	3.5 m/s	250	3.5 m	4.5 m/s	350
Entre le pont et le pied de seuil	2 m	4 m/s	300	3.5 m	5.5 m/s	500
Entre le seuil et l'atterrissement	3 m	3 m/s	200	4.5 m	4.5 m/s	350
Atterrissement	2 m	2.5 m/s	100	4 m	3 m/s	150
Entre les deux tournants	3 m	3 m/s	150	4.5 m	5 m/s	350
Tournant aval	2.5 m	2.5 m/s	100	3.5 m	3 m/s	150

Secteur 3 :

	Hauteur d'eau max (m) en Q10	Vitesse max (m/s) en Q10	Force tractrice max en Q10 (N/m ²)	Hauteur d'eau max (m) en Q100	Vitesse max (m/s) en Q100	Force tractrice max en Q100 (N/m ²)
Secteur du pont et amont	3 m	3.5 m/s	200	3.5 m	4 m/s	250
Voisinage du seuil (amont et aval)	3.5 m	3 m/s	150	4.5 m	4 m/s	300

Nous présentons ci-après les contraintes tractrices maximales admises, ou la puissance spécifique maximale admise, par les ouvrages en génie végétal, selon Schlietchl et Stern (1994) :

Type de protection	Contrainte tractrice maximale directement après travaux (N.m ⁻²)	Contrainte tractrice maximale 3-4 ans après travaux (N.m ⁻²)
Plantations herbacées	10	70
Plantations d'arbres feuillus	50	290
Plantations spécifiques de saules	145	190
Fascines de saule et couches de branches	50	340
Caissons végétalisés	120	725
Enrochements libres et boutures en haut de talus	480	725

Les contraintes tractrices maximales modélisées en crue sont comprises entre 150 et 500 N/m². Les protections de berges en génie végétal ne peuvent donc être mises en œuvre que sur les secteurs les moins sollicités et en présence d'enjeux limités. Sur les autres secteurs, des protections de type enrochements doivent être envisagées.

Différentes formules présentées ci-dessous nous permettent de calculer le diamètre et le poids moyen de la blocométrie à mettre en place en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau à attendre :

Formule d'Isbach :

$$d \geq \frac{1.4 U^2}{s - 1 2g}$$

Avec :

U : Vitesse d'écoulement (m/s) – jusqu'à 4m/s

s : Densité du bloc – 2.6

d : Diamètre des blocs (m)

Formule de Maynard :

$$\frac{D_{30}}{h} = SF \cdot 0,30 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{s-1}} \cdot \frac{V}{\sqrt{gh}} \right)^{2,5}$$

Avec :

V : Vitesse d'écoulement (m/s)

s : Densité du bloc

h : Hauteur d'eau (m) – 2 à 4 m

Formule du CEMAGREF :

$$D \geq \frac{A}{s-1} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Avec :

A : coefficient de turbulence = 1.4

S : Densité du bloc (2.6 t/m³)

V : Vitesse d'écoulement

Ces formules donnent la blocométrie suivante à respecter pour des enrochements libres pentés à 3H/2V, en fonction du niveau de protection retenu :

	Diamètre moyen des blocs (m) pour protection contre la Q100 et poids (T)
Secteur 1	
Entre le seuil EU et le méandre	1.4 m – 4T
Entre le méandre et le pied du seuil de l'ancienne prise d'eau	1 m – 1.2 T
Entre le pied du seuil de l'ancienne prise d'eau et le pont de la RD13 aval	1 m – 1.2 T
Pont aval sur 50 m de part et d'autre	1.4 m – 4T
Aval du pont aval	1 m – 1.2 T
Secteur 2	
Confluence du Viou	1.2 m – 2.2 T
Entre le pont de la RD16 et le pied de seuil	1.7 m – 7.2 T
Entre le seuil et l'atterrissement	1.2 m – 2.2 T
Atterrissement	0.6 m – 0.3 T
Entre les deux tournants	1.4 m – 4T
Secteur 3	
Secteur du pont de la RD5 et amont	0.9 m – 1 T
Voisinage du seuil (amont et aval)	0.9 m – 1 T

On retiendra que la mise en œuvre d'enrochements libres est globalement possible, sauf au droit du pont de la RD16 (secteur 2), où la blocométrie nécessaire est trop importante. Seul un mur poids, tel que présent actuellement, permet de protéger le secteur.

Dans une moindre mesure, la pose d'enrochements libres semble également plus compliquée entre les deux tournants (secteur 2) et au droit du pont de la RD 13 aval (secteur 1). On remarquera qu'il s'agit justement de deux secteurs où les protections en place se sont faites éroder. La destruction des enrochements bétonnés en amont du pont de la RD5 semble surtout s'expliquer par l'évolution des fonds en crue entraînant un affouillement des ouvrages.

10.1.3. Profondeur d'affouillement possible en crue

La formule d'Izzard et Bradley permet de déterminer la profondeur d'affouillement théorique en crue.

Formule d'Izzard et Bradley :

$$P_a = 0,73 \left(\frac{Q}{L\sqrt{d_{50}}} \right)^{2/3} - Y_0$$

Avec :

- P_a : Capacité d'affouillement
- Q : Débit de crue
- L : Largeur du lit
- d_{50} : Diamètre médian des sédiments
- Y_0 : Hauteur d'eau en crue

Les profondeurs d'affouillements théoriques dépendent du débit par section considéré. Dans le cas du Largue et de la Laye, il existe une assez forte incertitude sur ce débit, en raison des nombreuses possibilités de débordement en lit majeur.

Q100	
Secteur 1	
Profondeur d'affouillement (m) – section de 25 m de large (ponts)	3 m à 4 m
Profondeur d'affouillement (m) – section de 40 m de large	1.5 à 2.2 m
Secteurs 2 et 3	
Profondeur d'affouillement (m) – section de 15 m de large	2.2 à 3 m
Profondeur d'affouillement (m) – section de 20 m de large	1.5 à 2.2 m

On retiendra des profondeurs potentielles d'affouillement typiques de 2.5 m en crue centennale, pouvant excéder 3 m au droit des ponts. Ces profondeurs d'affouillement importantes expliquent une partie des désordres observés, notamment l'effondrement des protections de berge en amont des ponts de la RD13 et de la RD5.

10.1.4. Evolution potentielle du fond du lit, niveaux d'eau en crue et calage altimétrique des protections de berge

10.1.4.1. Secteur 1

Pour un calage sécuritaire des ouvrages de protection de berge sur le secteur 1, au vu des travaux prévus, il semble pertinent de considérer un fond du lit projet qui suit la pente moyenne et qui considère une remobilisation des matériaux stockés entre les deux ponts de la RD13 (voir figure ci-après).

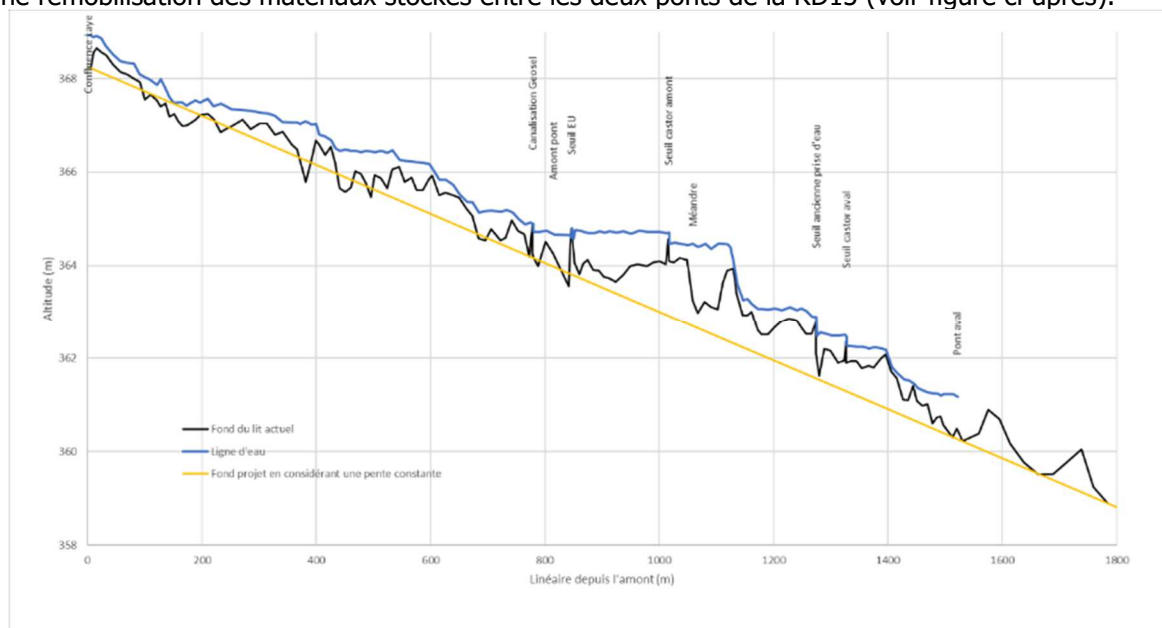


Figure 87 : Fond du lit projet et fond du lit actuel.

Profil en travers (numéro)	Distance depuis l'amont (m)	Fond du lit actuel (m)	Fond du lit considéré pour le projet (m)	Différence entre le fond du lit projet et actuel (m)	Niveaux d'eau modélisés en Q100 (m)	Différence entre le fond du lit projet et le niveau d'eau en Q100 (m)
50	980	364	363.1	-0.9	367.8	4.7
55	1080	363.2	362.6	-0.6	367.3	4.7
60	1180	362.5	362.1	-0.4	366.8	4.7
65	1280	361.7	361.5	-0.2	366.2	4.7
70	1380	361	361	0	365.8	4.8
75	1480	360.6	360.5	-0.1	365.4	4.9
80	1559	360.4	360.1	-0.5	364.7	4.6
85	1663	359.5	359.5	0	364.3	4.8

10.1.4.1. Secteur 2

Il existe une forte incertitude sur l'évolution du fond du lit en aval du seuil. Au vu de l'incision en cours, un scénario d'abaissement du lit jusqu'à ajustement avec la pente aval ne peut être totalement exclu (scénario 1). Un scénario plus réaliste à moyen terme serait toutefois l'ajustement de la pente selon celle observée entre les deux tournants (scénario 2). Compte-tenu de l'élargissement prévu du lit, favorisant le dépôt, il s'agit du scénario privilégié à ce stade.

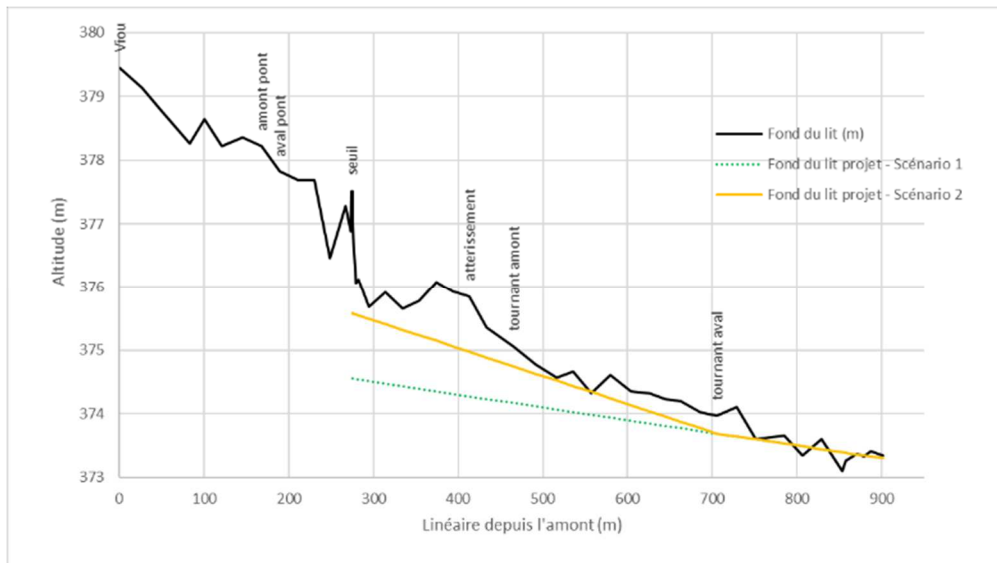


Figure 88 : Fond du lit projeté et fond du lit actuel.

Profil en travers (numéro)	Fond du lit actuel (m)	Fond du lit considéré pour le projet – Scénario 1 (m)	Fond du lit considéré pour le projet – Scénario 2 (m)	Différence entre le fond du lit projet S1 et actuel (m)	Différence entre le fond du lit projet S2 et actuel (m)
15	375.7	374.5	375.5	-1.2	-0.2
20	375.9	374.3	375.1	-1.6	-0.4
25	374.6	374.1	374.5	-0.5	-0.1
30	374.3	373.9	374	-0.4	-0.3
35	374.1	373.6	373.6	-0.5	-0.5

Profil en travers (numéro)	Niveaux d'eau modélisés en Q100 (m)	Différence entre le fond du lit projeté et le niveau d'eau en Q100 (m) – Scénario 1	Différence entre le fond du lit projeté et le niveau d'eau en Q100 (m) – Scénario 2
15	380.3	5.8	4.8
20	379.5	5.2	4.4
25	379	4.9	4.5
30	378.2	4.3	4.2
35	377.5	3.9	3.9

10.1.4.1. Secteur 3

Sur le secteur, sauf en cas d'arasement du seuil, il n'est pas prévu de modifications majeures du profil en long. Il convient toutefois pour le calage du projet de s'affranchir des fluctuations locales. Il semble donc pertinent de considérer un fond du lit projeté selon la pente moyenne du cours d'eau, à partir du point bas sous le pont et un fond constant entre le pont et le seuil si le seuil est conservé.

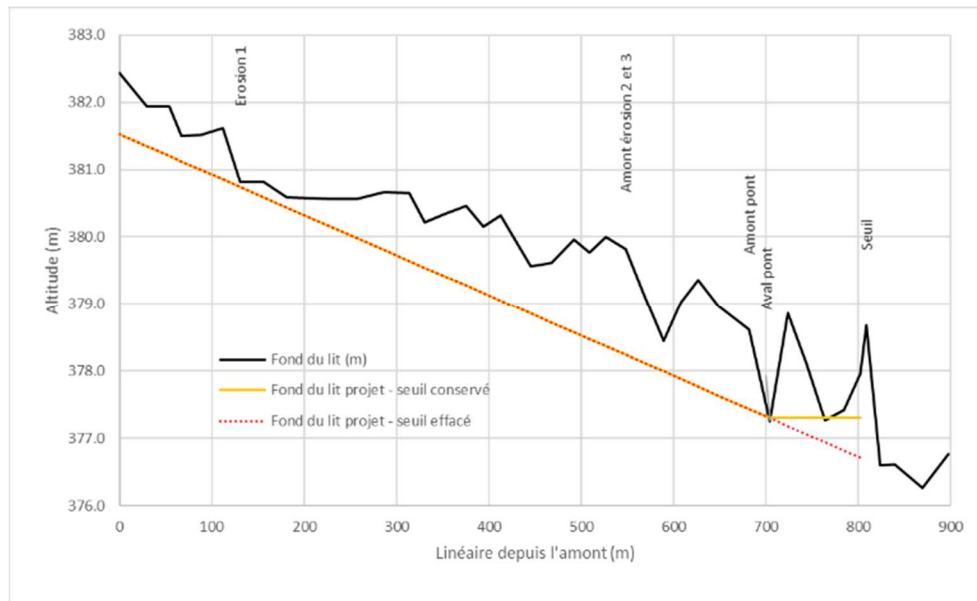


Figure 89 : Fond du lit projeté et fond du lit actuel.

Profil en travers (numéro)	Distance depuis l'amont (m)	Fond du lit actuel (m)	Fond du lit considéré pour le projet (m)	Différence entre le fond du lit projeté et actuel (m)	Niveaux d'eau modélisés en Q100 (m)	Différence entre le fond du lit projeté et le niveau d'eau en Q100 (m)
1	0	382.4	381.5	-0.6	385.6	4.1
5	88	381.5	381	-0.5	385	4
10	230	380.6	380.1	-0.5	384.5	4.4
15	353	380.3	379.4	-0.9	383.7	4.3
20	468	379.6	378.7	-0.9	383.1	4.4
25	568	379.1	378.1	-1	382.6	4.5
30	682	378.6	377.4	-1.2	381.9	4.5
35	785	377.4	377.3	-0.1	381.3	4

10.2. DESCRIPTION DETAILLÉE DES TRAVAUX

On pourra se référer aux plants joints en annexe.

10.3. SECTEUR 1

Action 1 - Elargissement du cours d'eau en rive droite au droit des bassins et confortement de la rive droite

Il est prévu l'élargissement du lit en rive droite au niveau du méandre et la suppression de l'atterrissement.

Le linéaire concerné est d'environ 130 m. L'opération consistera à :

- Couper la végétation dans l'emprise des travaux.
- Enlever les matériaux dans l'emprise des travaux, en créant un fond avec une pente constante, partant de 364.2 m à l'amont jusqu'à 362.6 m à l'aval. Le volume excavé sera de l'ordre de 4 000 m³.
- Retaluter la berge rive droite à 3H/2V.

A ce stade, le lieu de dépôt des matériaux n'est pas encore défini. Il pourrait toutefois être envisagé de repositionner les matériaux sur les secteurs suivants :

- A l'aval du pont de la RD 13 aval, contre la rive droite.
- Dans une moindre mesure, dans l'anse d'érosion en rive gauche et contre la protection de berge existante en rive droite.

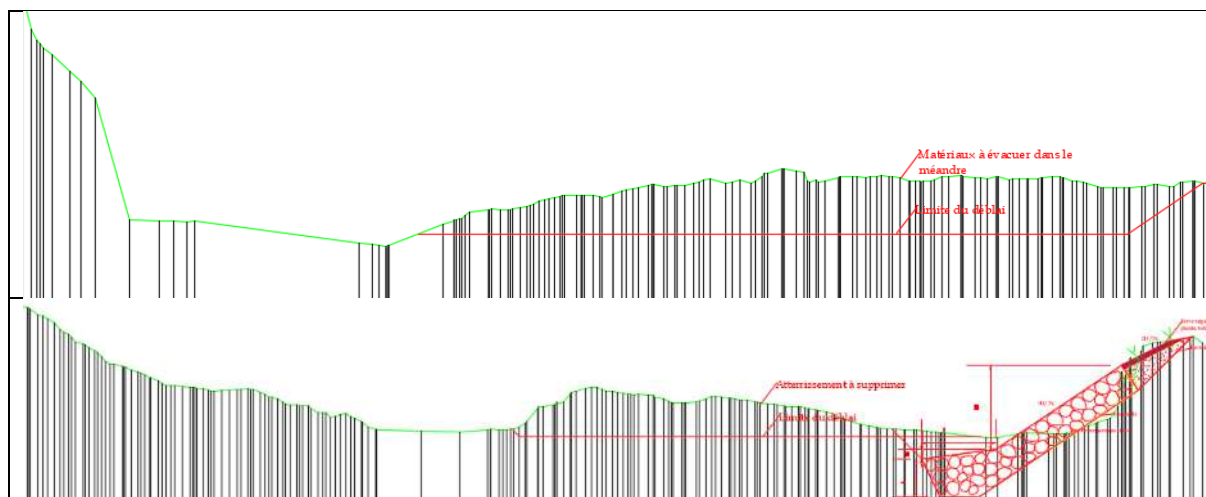


Figure 90 : Vue en coupe des déblais envisagés, au droit du méandre amont (dessus) et au droit de l'atterrissement (aval).

Il est également prévu le confortement de la berge rive droite à l'amont et à l'aval de la protection de berge existante sur 15m, à l'aide d'enrochements libres. Les protections auront les caractéristiques suivantes :

- Sabot de 4 m de longueur et 2.5 m de profondeur.
- Parement de 4.5 m de hauteur et 1.6 m d'épaisseur, penté à 3H/2V. Le parement sera surmonté d'un talus à 3H/1V recouvert de terre végétale, toile de coco et petits plants (2 plants /ml). Des boutures de saules et de la terre végétale seront incorporées dans les enrochements, pour augmenter la rugosité.

Afin que la protection n'empiète pas trop dans le cours d'eau, le sommet de berge devra être légèrement décalé.

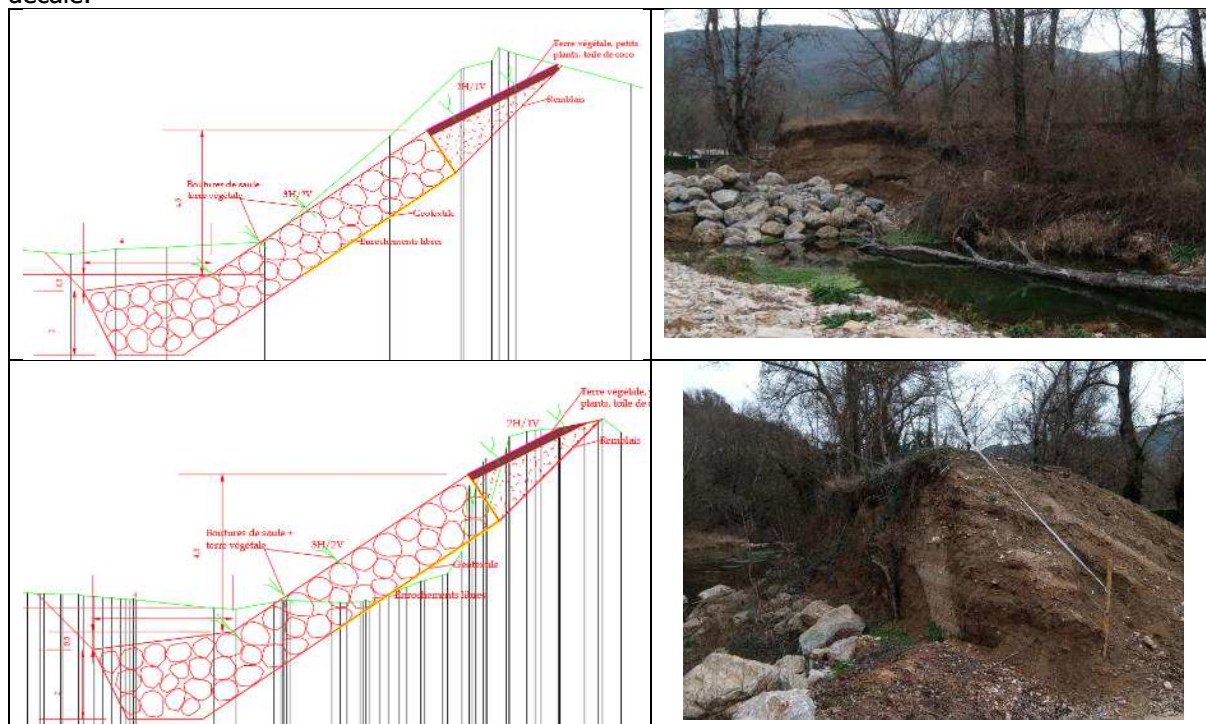


Figure 91 : Coupe type du confortement à l'amont (dessus) et à l'aval (dessous).

Action 1 bis – Suppression du radier de l'ancienne prise d'eau

A ce stade, on pourra considérer que cette action nécessiterait a minima, outre la suppression du radier, un prolongement du confortement de la berge rive droite sur 55 m jusqu'au droit du seuil.



Figure 92 : Radier béton à supprimer.

Action 2 – élargissement du lit en rive gauche et confortement de la berge en rive droite, à l'amont du pont

Il est prévu l'enlèvement des enrochements présents au milieu du cours d'eau. Ces blocs pourront être récupérés pour le confortement de la rive droite.

Il est également prévu l'élargissement du cours d'eau en rive gauche. Le cours d'eau sera élargi jusqu'à 10 m, de manière à limiter le renvoi des écoulements vers la rive droite en amont du pont. Le linéaire concerné est d'environ 80 m en amont du pont. L'opération consistera à :

- Couper la végétation dans l'emprise des travaux.
- Élargir le cours d'eau en rive gauche, avec une pente de fond constante, partant de 361.7 m à l'amont jusqu'à 360.5 m sous le pont. Le volume excavé sera de l'ordre de 2 000 m³.
- Retaluter la berge rive gauche à 1H/1V.

Le volume total de matériaux extrait sera de l'ordre de 2 000 m³. A ce stade, le lieu de dépôt de ces matériaux n'est pas défini. Il pourrait toutefois être envisagé de régaler ces matériaux en pied de rive droite à l'aval du pont.

Il est enfin prévu la reprise de la protection de berge existante en amont de la culée rive droite. Le linéaire concerné est de 15 m en amont immédiat du pont et 15 m en amont de la protection existante.

La protection aval aura les caractéristiques suivantes (**à valider par étude géotechnique**) :

- Sabot en enrochements libres de 5 m de longueur et 3 m de profondeur. On notera qu'au vu de la proximité du substratum, le sabot pourra certainement être réduit en phase travaux.
- Parement en enrochements bétonnés de 5 m de hauteur et 1.2 m d'épaisseur, penté à 1H/3V. Le parement sera surmonté d'un talus à faible pente recouvert de terre végétale, et petits plants. En arrière des enrochements, des matériaux drainants seront posés.

La protection amont aura les caractéristiques suivantes (à valider par étude géotechnique) :

- Sabot en enrochements libres de 4 m de longueur et 2.5 m de profondeur.
- Parement en enrochements bétonnés de 4 m de hauteur et 1.2 m d'épaisseur, penté à 1H/3V. Le parement sera surmonté d'un talus à faible pente recouvert de terre végétale, et petits plants (2 plants /ml). En arrière des enrochements, des matériaux drainants seront posés. Le parement aura une hauteur moindre sur le secteur afin de se raccorder aux enrochements aval.

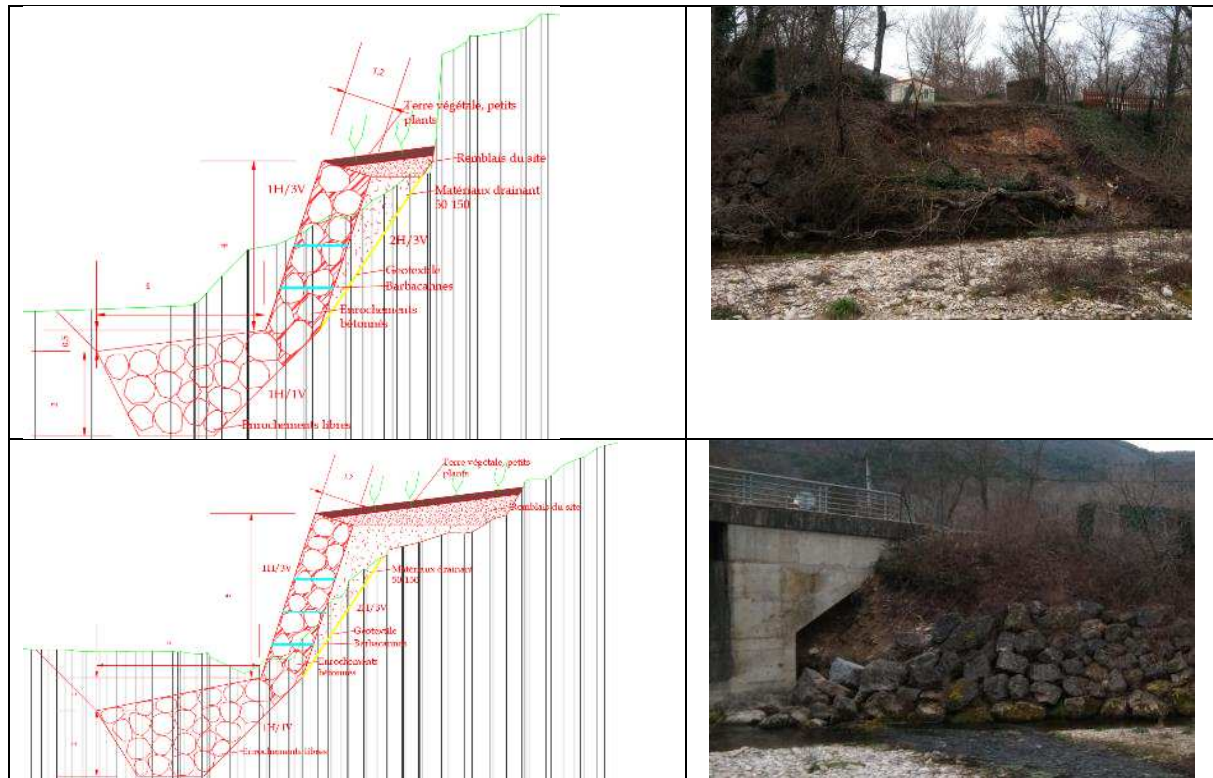


Figure 93 : Coupe type du confortement à l'amont (dessus) et à l'aval (dessous).

Action 3 – confortement de la protection de berge au droit de l'ancienne voie ferrée, à l'aval du pont

Cette action prévoit la pose d'une protection en enrochements libres sur un linéaire d'environ 50 m présentant les caractéristiques suivantes :

- Sabot de 4 m de longueur et 2.5 m de profondeur.
- Parement de 4.5 m de hauteur et 1.6 m d'épaisseur, penté à 3H/2V. Le parement sera surmonté d'un talus à 3H/1V recouvert de terre végétale, toile de coco et petits plants (2 plants /ml). Des boutures de saules et de la terre végétale seront incorporées dans les enrochements.

En raison de la pente importante du talus existant (1H/1V) et des enjeux présents en haut de berge, la protection empiètera dans le lit du cours d'eau d'environ 3 m. La section disponible pour les écoulements est toutefois particulièrement importante sur le secteur.

La coupe type de la protection envisagée est présentée ci-après :

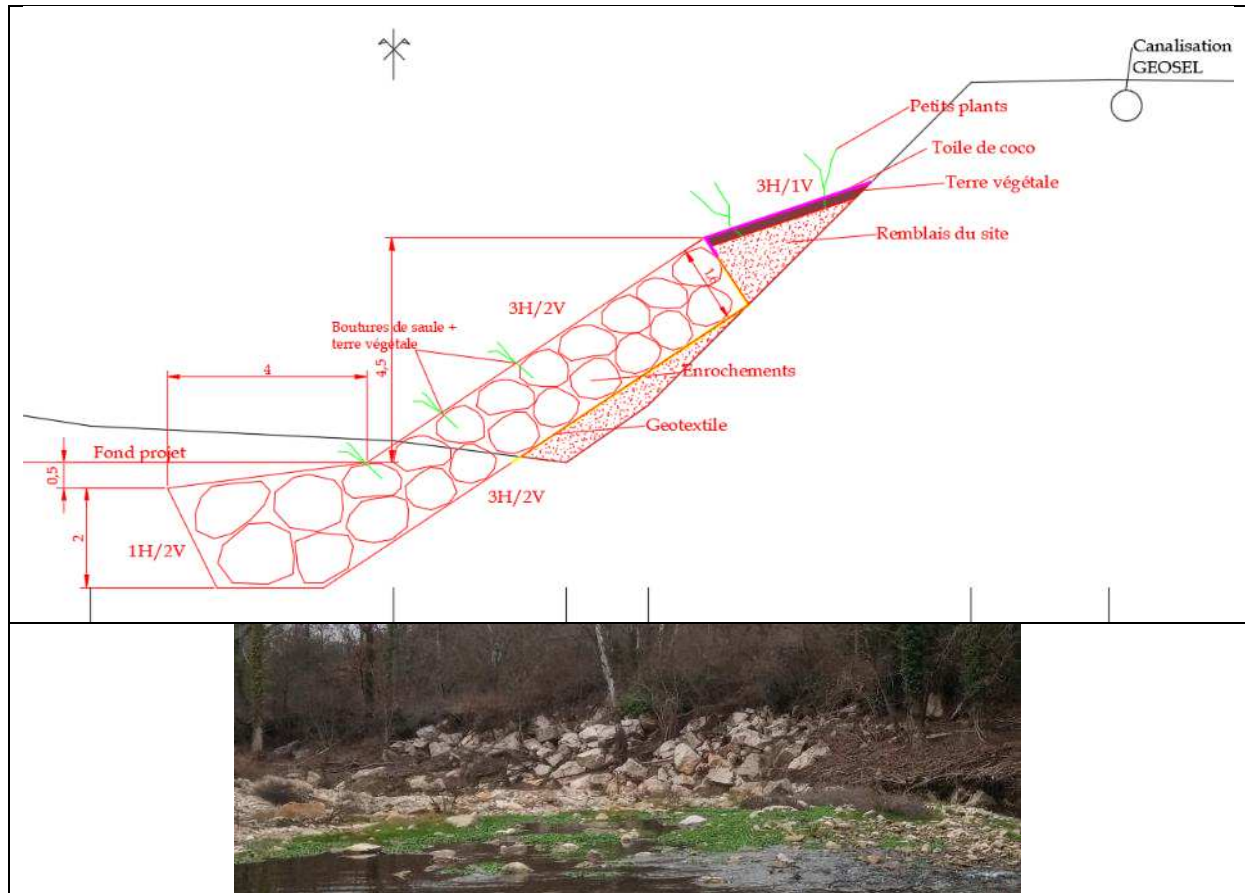


Figure 94 : Coupe type de la protection de berge envisagée (dessus), PT n°85. Etat actuel (dessous).

10.4. SECTEUR 2

Action 4 – Confortement de la berge rive gauche en aval du seuil

Il est prévu la reprise du pied de mur sur 40 m en pied de seuil, à l'aide d'enrochements bétonnés. Le parement en enrochements bétonnés aura une hauteur de l'ordre de 3.5 m, il sera penté à 1H/1V et aura une épaisseur de 1 m. Un sabot en enrochements libres de 4 m de longueur et 2.5 m d'épaisseur sera posé en pied. A ce stade, on considérera le scénario d'évolution du fond n°2 pour le calage du sommet de sabot (Cf 10.1.4).

La coupe type de la protection envisagée est présentée ci-après (**à valider par étude géotechnique**) :

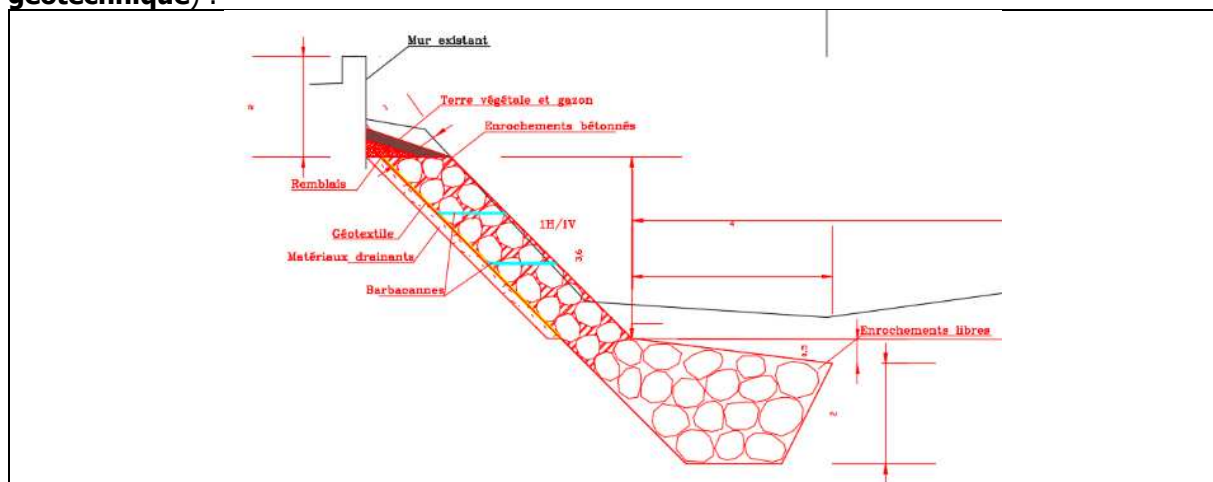




Figure 95 : Coupe type de la protection de berge envisagée (dessus), PT n°16. Etat actuel (dessous).

Il est également prévu un élargissement du cours d'eau en rive droite, sur 110 m en aval du seuil. Le lit sera élargi à 20 m en fond. Le volume de déblais serait de l'ordre de 5 500 m³. A ce stade, le lieu de dépôt des matériaux n'est pas encore défini. Il pourrait être envisagé de les redistribuer en berge sur un secteur érodé à l'aval de la confluence Laye Largue.

Afin de stabiliser la berge, celle-ci sera retalutée à 3H/2V et stabilisée en pied par une fascine. Il est prévu la plantation de petits plants de saules, à raison de 1 plant par mètre carré, ainsi que l'implantation de boutures de saules sur la moitié inférieure du talus, à raison de 10 unités par mètre linéaire de berge. Ces plants seront posés dans 20 cm de terre végétale. Afin de limiter l'érosion du talus lors de la phase de pousse de la végétation, une toile de coco sera posée, associée à un grillage pare-bloc et à un ensemencement.

On notera que la présence de castors est avérée sur le secteur, ce qui peut nuire à la bonne tenue de la protection de berge végétalisée.

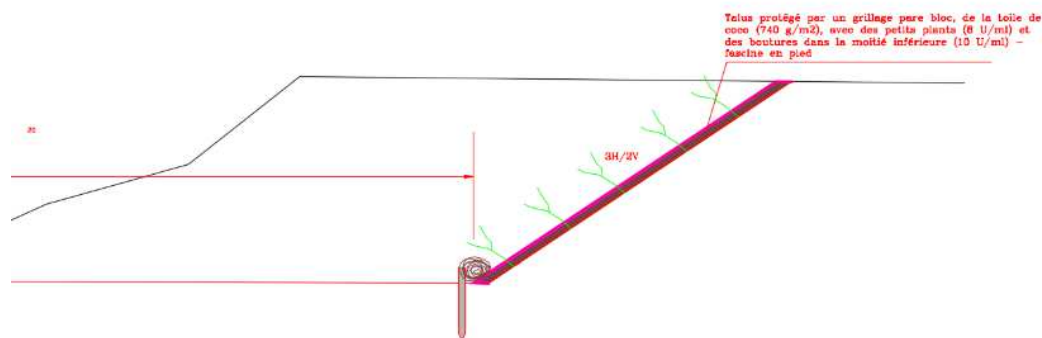


Figure 96 : Coupe type de l'élargissement et de la protection de berge prévue en rive droite.

Action 5 – Élargissement en rive droite dans le secteur érodé et reprise des protections en rive gauche

Il est prévu :

- L'enlèvement de l'atterrissement présent à l'amont du tournant amont, sur une largeur de 20 m.
- L'élargissement du cours d'eau en rive droite sur le secteur étroit et végétalisé entre les deux tournants, sur plus de 200 m. La largeur en fond sera de 20 m. Le volume de déblais serait de l'ordre de 15 000 m³. A ce stade, le lieu de dépôt des matériaux n'est pas encore défini. Il pourrait être envisagé de les redistribuer en berge sur un secteur érodé à l'aval de la confluence Laye Largue.

Afin de stabiliser la berge, celle-ci sera retalutée à 3H/2V et stabilisée en pied par une fascine.

Il est prévu la plantation de petits plants de saules, à raison de 1 plant par mètre carré, ainsi

que l'implantation de boutures de saules sur la moitié inférieure du talus, à raison de 10 unités par mètre linéaire de berge. Ces plants seront posés dans 20 cm de terre végétale. Afin de limiter l'érosion du talus lors de la phase de pousse de la végétation, une toile de coco sera posée, associée à un grillage pare-bloc et à un ensemencement. On notera que la présence de castors est avérée sur le secteur, ce qui peut nuire à la bonne tenue de la protection de berge.

- Une reprise des protections de berge existantes en rive gauche à l'aide d'enrochements libres sur un linéaire d'environ 160 m et présentant les caractéristiques suivantes :
 - o Sabot de 4 m de longueur et 2.5 m de profondeur. A ce stade, on considérera le scénario d'évolution du fond n°2 pour le calage du sommet de sabot (Cf 10.1.4).
 - o Parement de 4 m de hauteur et 1.6 m d'épaisseur, penté à 3H/2V. Le parement sera recouvert en tête de terre végétale et de petits plants (1 plant/ml). Des boutures de saules et de la terre végétale seront incorporées dans les enrochements.
 - o En raison de la pente importante du talus (1H/1V) et des enjeux, la protection pourra empiéter dans le lit du cours d'eau de 1 à 2 m. Cet empiètement sera toutefois totalement compensé par l'élargissement en rive droite.

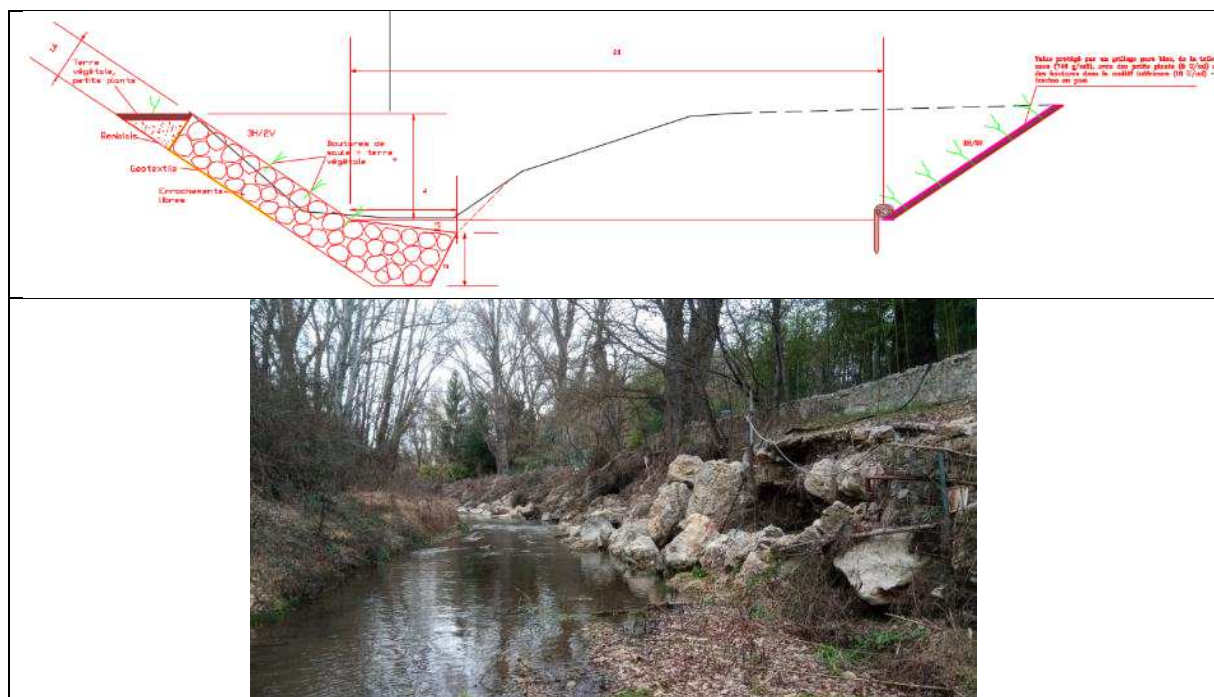


Figure 97 : Coupe type de l'aménagement envisagé (dessus), PT n°25. Etat actuel (dessous).

10.5. SECTEUR 3

Action 6 – Confortement de la rive droite en amont du pont et élargissement

Cette action prévoit le confortement de la rive droite sur 3 secteurs, dont deux présentent déjà des protections.

Secteur érodé n°1 (50 m) :

Sur ce secteur, il est prévu une nouvelle protection mixte, avec :

- Un sabot de 4 m de long et 2.5 m d'épaisseur.
- Un parement en enrochement de 1.5 m de hauteur, penté à 3H/2V et de 0.8 m d'épaisseur. Des boutures de saules seront incorporées au parement, pour augmenter la rugosité et freiner les écoulements.
- Un talus recouvert de terre végétale, d'une toile de coco, d'un grillage pare bloc et végétalisé (3 plants de saules / ml).

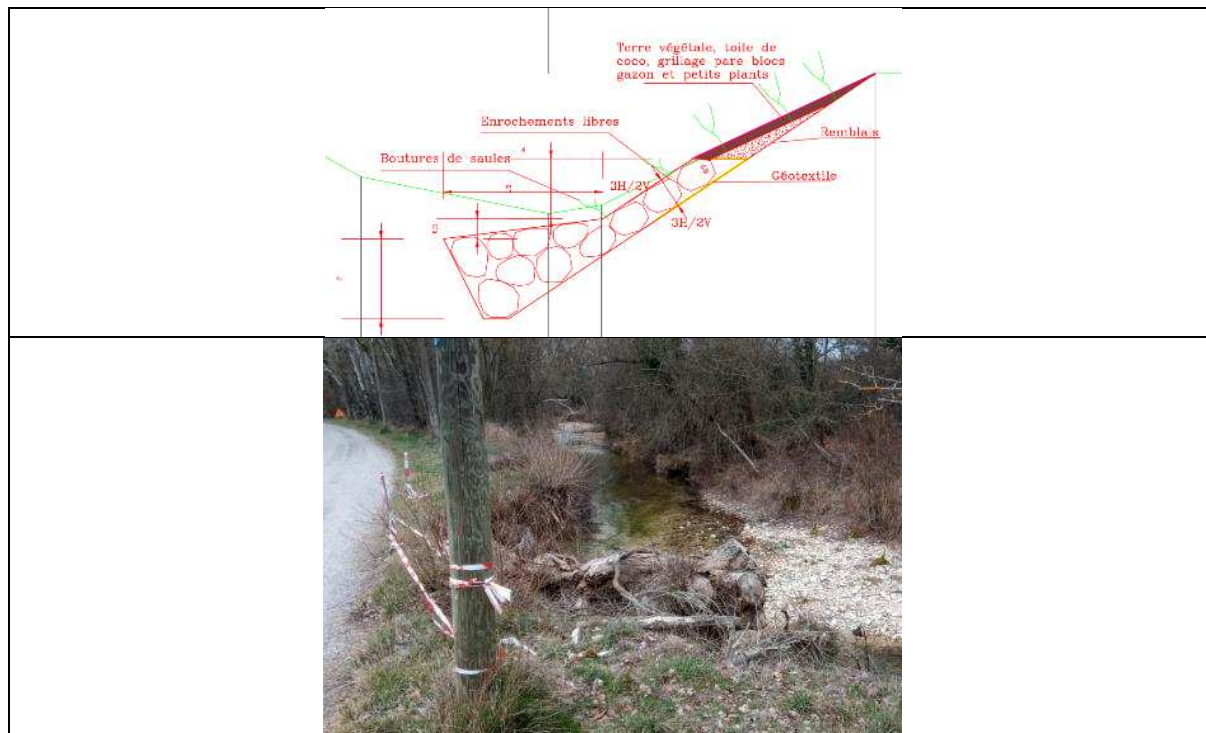


Figure 98 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°1 (PT n°7). Etat actuel (dessous).

Secteur érodé n°2 (15 m) :

Sur ce secteur, l'érosion se situe à l'aval d'une protection existante en gabions. Il est donc prévu de poursuivre cette protection en gabions. Cette protection sera assise sur une protection en enrochements libres avec un sabot, afin d'anticiper une éventuelle évolution des fonds (Cf 10.1.4). Afin de freiner les écoulements et pour limiter le risque de poursuite de l'érosion à l'aval, des boutures de saules seront posées en pied de gabions.

Le sabot aura une longueur de 4 m et une épaisseur de 2.5 m. Sur la base de ce sabot sera monté un parement en enrochements de 1.5 m de hauteur penté à 3 H/2V. Deux rangées de gabions de 1 m de hauteur seront posés au sommet de ces enrochements. Le haut du talus sera recouvert de terre végétale, d'une toile de coco et engazonné.

La coupe type serait la suivante (à valider par étude géotechnique) :

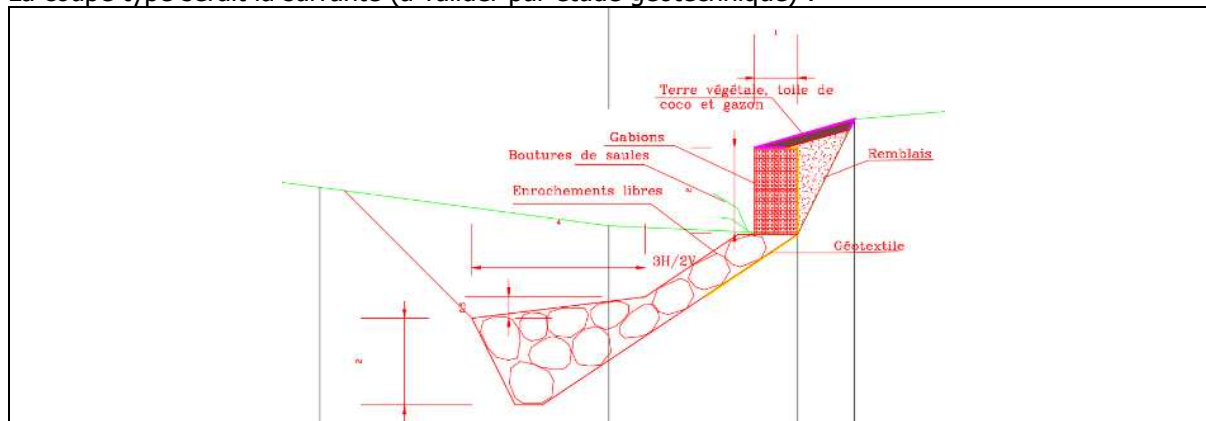




Figure 99 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°2 (PT n°24). Etat actuel (dessous).

Secteur en amont du pont (70 m) :

Sur ce secteur, les enrochements bétonnés existants, affouillés en pied, seront consolidés avec la pose d'un sabot en enrochements libres. Un peu de béton sera nécessaire à la jonction entre le sabot et le parement existant. Sur 5 m en amont immédiat du pont, les enrochements bétonnés seront entièrement repris. Le sabot aura une longueur de 4 m et une épaisseur de 2.5 m.

On notera la présence probable d'une canalisation AEP sur le secteur.

La coupe type serait la suivante (à valider par étude géotechnique) :

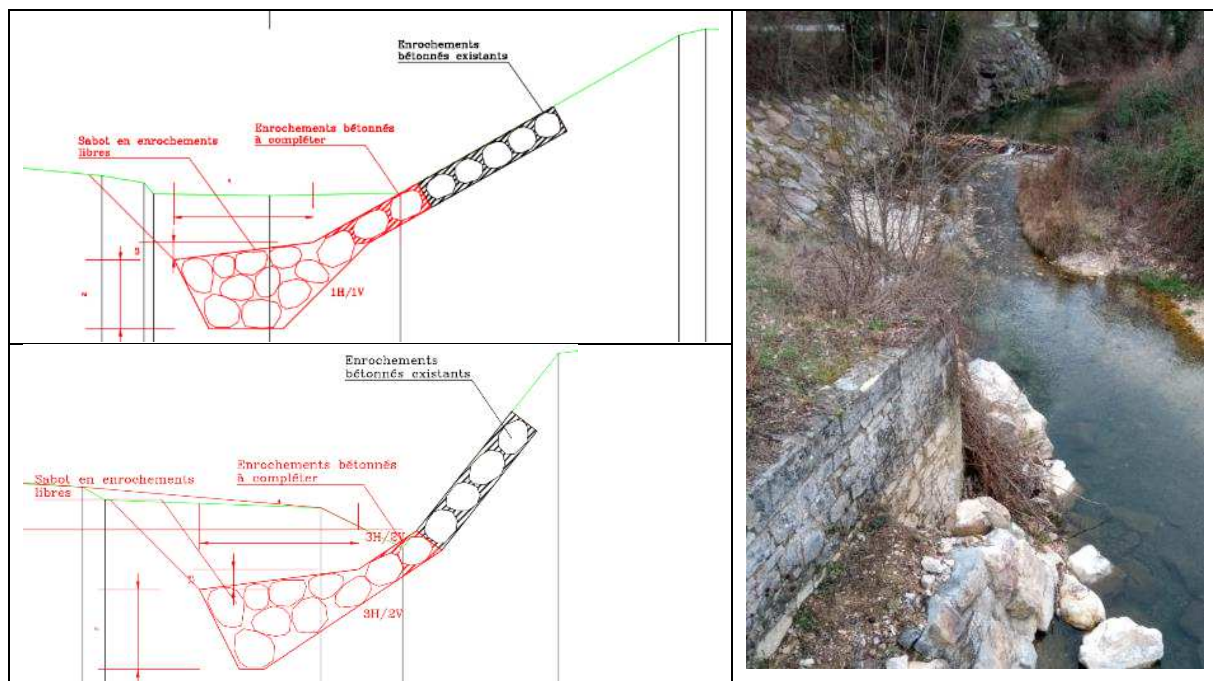


Figure 100 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé n°2 (PT n°28-29). Etat actuel (droite).

Il est également prévu l'élargissement en rive gauche à l'amont du pont, sur 150 m, afin de limiter l'érosion de la rive droite et le renvoi des écoulements vers le quartier de l'Androne en rive gauche. Le fond du lit sera calé entre 380.3 m à l'amont et 378.7 au droit du pont. Le volume excavé sera de l'ordre de 11 000 m³. A ce stade, le lieu de dépôt des matériaux n'est pas encore défini. Il pourrait être envisagé de les redisperser en berge sur un secteur érodé à l'aval de la confluence Laye Largue.

La rive gauche sera stabilisée. La berge sera retalutée à 3H/2V et stabilisée en pied par une fascine. Il est prévu la plantation de petits plants de saules, à raison de 1 plant par mètre carré, ainsi que l'implantation de boutures de saules, à raison de 10 unités par mètre linéaire de berge. Ces plants seront

posés dans 20 cm de terre végétale. Afin de limiter l'érosion du talus lors de la phase de pousse de la végétation, une toile de coco sera posée, associée à un grillage pare-bloc et à un ensemencement. On notera que la présence de castors est avérée sur le secteur, ce qui peut nuire à la bonne tenue de la protection de berge.

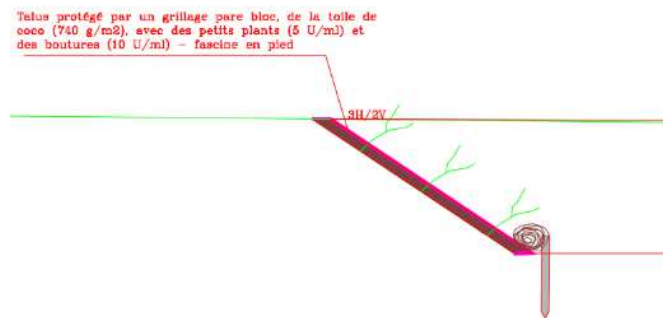


Figure 101 : Coupe type de la protection de berge prévue en rive gauche.

Action 7 – Confortement de la rive gauche à l'aval du pont et élargissement en rive droite

Il est prévu la reprise de la protection existante de la rive gauche en aval du pont sur un linéaire de 80 m. La protection présentera les caractéristiques suivantes :

- Sabot de 4 m de longueur et 2.5 m de profondeur. A ce stade, on considérera l'absence d'effacement du seuil pour le calage du sommet de sabot.
- Parement de 4 m de hauteur et 1.6 m d'épaisseur, penté à 3H/2V. Le parement sera recouvert en tête de terre végétale et de petits plants (1 plant /ml). Des boutures de saules et de la terre végétale seront incorporées dans les enrochements.
- En raison de la pente importante du talus (1H/1V) et des enjeux, la protection pourra empiéter dans le lit du cours d'eau de 1 à 2 m. Cet empiètement sera toutefois totalement compensé par l'élargissement en rive droite.

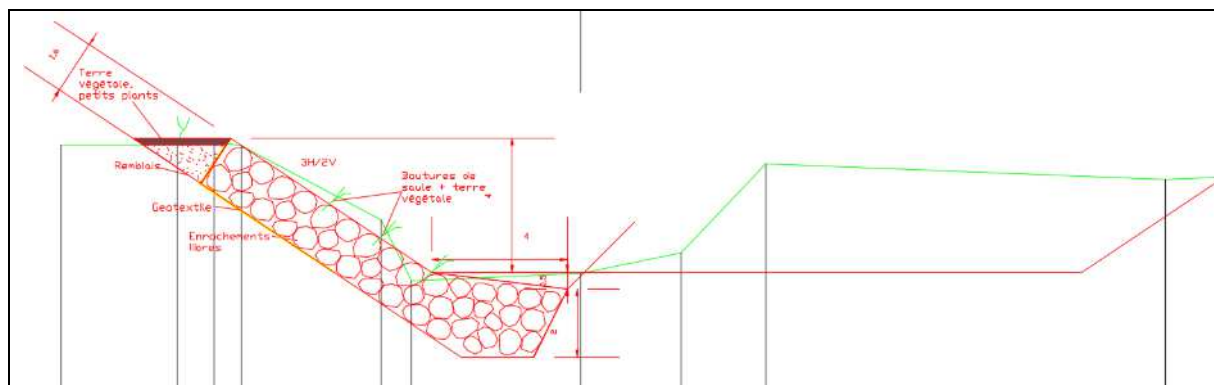




Figure 102 : Coupe type du confortement sur le secteur érodé à l'aval du pont (PT n°34). Etat actuel (dessous).

Il est également prévu l'élargissement en rive droite à l'aval du pont et en amont du seuil, afin de limiter le risque de débordement sur le secteur et pour diminuer la contrainte sur la rive gauche. Le volume de déblais serait d'environ 3500 m³. A ce stade, le lieu de dépôt des matériaux n'est pas encore défini. Il pourrait être envisagé de les redisperser en berge sur un secteur érodé à l'aval de la confluence Laye Lague.

Action 7 bis – Abaissement ou effacement du seuil

Cette action prévoit l'effacement du seuil.

Il sera aussi nécessaire de modifier le calage du pied de l'ouvrage de protection de la rive gauche.

Enfin, la tenue du pont de la RD5 devra être analysée, afin de voir si les piles et la culée sont calées suffisamment profondément. On remarquera toutefois que le fond ne devrait pas trop évoluer au droit du pont, si l'on se réfère au profil en long.

11. PLANNING ET DEROULEMENT DES TRAVAUX

11.1. LE PLANNING DE TRAVAIL

Le planning reste à définir. On notera toutefois que :

- Le Largue et la Laye jusqu'au barrage sont en 1^{ère} catégorie piscicole, ce qui exclut tout travaux entre le 1^{er} novembre et le 31 mars.
- Le printemps correspond à une période de hautes eaux peu propice aux travaux en rivière. Il s'agit également d'une période globalement peu propice d'un point de vue environnemental (nidifications, pousse des végétaux).

La période d'intervention la plus favorable est comprise aux mois d'août, septembre et octobre.

Il convient également de prendre en compte les délais des procédures réglementaires. Il conviendra de se retourner vers les services de l'Etat pour déterminer les procédures réglementaires à suivre et s'il s'avère nécessaire de conduire une étude d'impact, en fonction des travaux retenus. On rappellera la présence du castor sur les 3 secteurs.

Il existe également une problématique foncière à résoudre, notamment dans le cas des travaux d'élargissement du cours d'eau.

11.2. LE DEROULEMENT DE LA PHASE TRAVAUX

Le déroulement des travaux (accès, zone de stockage, procédure de dérivation des eaux,...) sera affiné au stade projet et devra prendre en compte les problématiques de propriétés foncières. Les accès potentiels selon les différents secteurs peuvent toutefois être affichés ci-après.

11.2.1. Secteur 1

Les accès envisageables au secteur 1 se situent :

- A l'aval du seuil EU en rive gauche. Cet accès emprunte une piste existante. On notera toutefois que la berge est relativement haute sur le secteur.
- A l'amont du camping en rive droite, au droit des enrochements. Il s'agit du secteur où la berge est la moins haute. Cet accès est toutefois problématique car il nécessite de traverser le camping.
- A l'aval du pont de la RD13 aval, en rive gauche. Il s'agit de l'accès à privilégier, car permettant l'accès au lit sans aménagements et sans gênes pour les riverains. S'il s'agit du seul accès retenu, la mise en place de plusieurs passages busés sera nécessaire.

La zone d'installation de chantier pourrait être implantée au droit du délaissé routier en amont de l'accès aval.

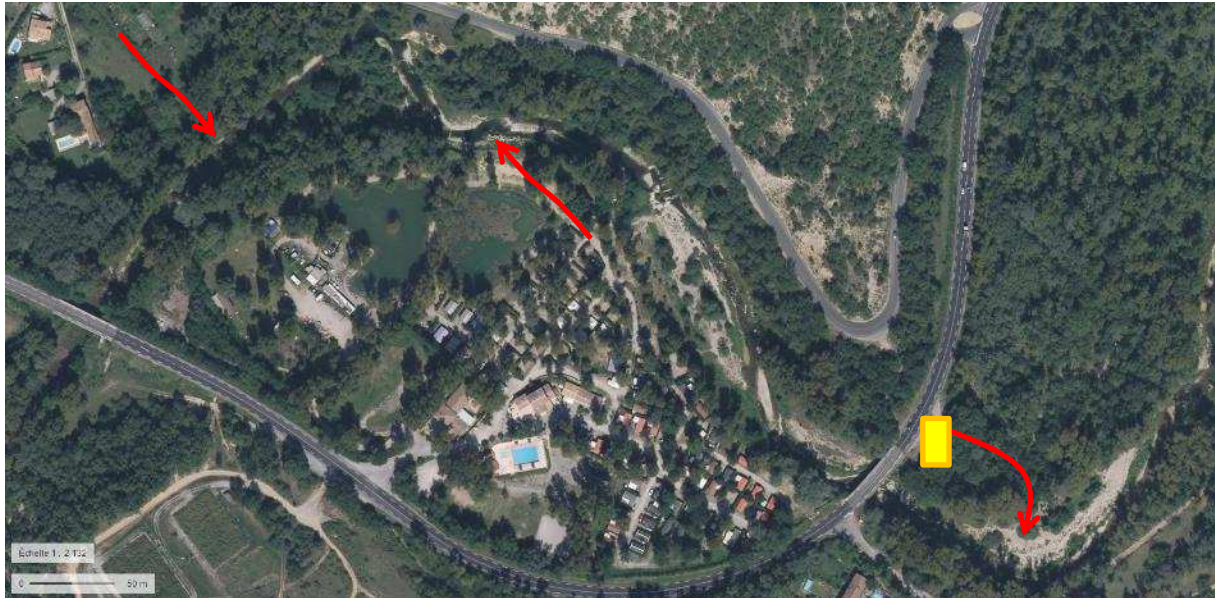


Figure 103 : Accès possibles au secteur 1.

11.2.2. Secteur 2

Les accès envisageables au secteur 2 se situent :

- A l'aval de la RD513, en rive gauche. La berge est toutefois relativement abrupte sur ce secteur.
- Par le bord du champ, en rive droite de la Laye. Il s'agit de l'accès à privilégier.

La zone de stockage de chantier pourrait être installée sur la parcelle en friche en haut de berge rive droite.

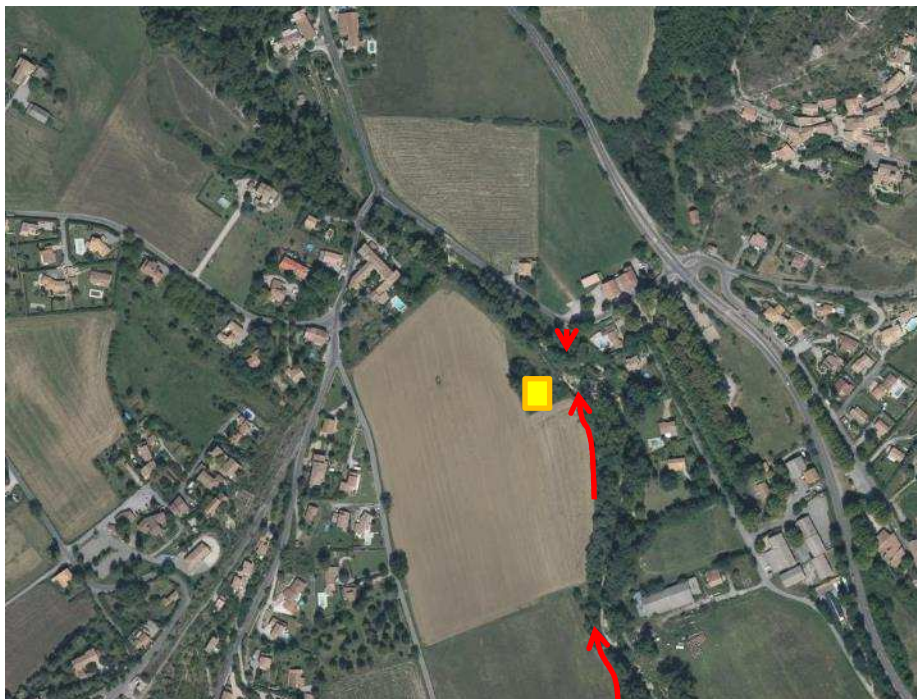


Figure 104 : Accès possibles au secteur 2.

11.2.3. Secteur 3

Les accès envisageables au secteur 2 se situent :

- Par le passage à gué existant à l'amont, depuis les deux rives.
- Depuis la rive gauche, à l'aval immédiat du pont, par l'accès existant. Les installations de chantier pourraient être installées sur le secteur.
- Depuis la rive gauche, au droit du seuil.

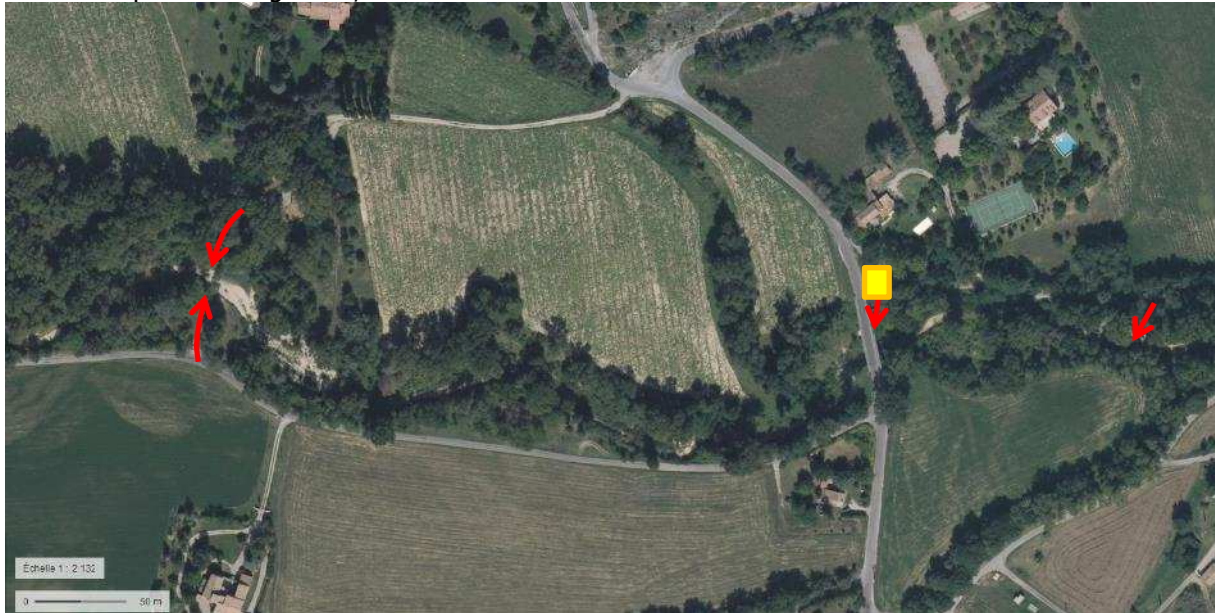


Figure 105 : Accès possibles au secteur 3.

11.3. PECHÉ DE SAUVETAGE

Des pêches de sauvetage seront nécessaires pendant les opérations de dérivation des eaux.

12. MONTANT ESTIMATIF DES TRAVAUX

Le montant estimatif des travaux, par scénario, est établi sur la base des métrés ci-après.

Secteur 1					
Action 1					
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros	
FRAIS GENERAUX					
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €	
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	2,500.00 €	2,500.00 €	
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €	
DERIVATION PROVISoire DES EAUX	forfait	1	12,000.00 €	12,000.00 €	
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €	
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €	
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €	
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €	
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €	
			TOTAL (HT)	27,500.00 €	
Rive droite en aval de la protection existante (15 m)					
TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	555	5.00 €	2,775.00 €	
en terrain de toutes natures, remblais	m3	554	2.00 €	1,107.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	15	10.00 €	150.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	2	25.00 €	37.50 €	
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	324	65.00 €	21,060.00 €	
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	113	3.00 €	337.50 €	
TOILE DE COCO	m2	83	5.00 €	412.50 €	
TERRE VEGETALE	m3	23	40.00 €	900.00 €	
PAILLAGE BRP	m3	5	60.00 €	270.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	180	2.00 €	360.00 €	
PETITS PLANTS	unité	30	15.00 €	450.00 €	
			TOTAL (HT)	27,859.50 €	
Rive droite en amont de la protection existante (15 m)					
TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	450	5.00 €	2,250.00 €	
en terrain de toutes natures, remblais	m3	449	2.00 €	897.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	15	10.00 €	150.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	2	25.00 €	37.50 €	
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	324	65.00 €	21,060.00 €	
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	113	3.00 €	337.50 €	
TOILE DE COCO	m2	60	5.00 €	300.00 €	
TERRE VEGETALE	m3	20	40.00 €	780.00 €	
PAILLAGE BRP	m3	4	60.00 €	234.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	180	2.00 €	360.00 €	
PETITS PLANTS	unité	30	15.00 €	450.00 €	
			TOTAL (HT)	26,856.00 €	
Elargissement à l'amont (130 m)					
TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	3800	5.00 €	19,000.00 €	

TRAITEMENT DE LA VEGETATION - Surface	m2	1750	4.00 €	7,000.00 €
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	3762	10.00 €	37,620.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	38	25.00 €	950.00 €
			TOTAL (HT)	64,570.00 €
			Somme action 1 (HT)	146,785.50 €
			Somme action 1 (TTC)	176,142.60 €
Rive droite en amont du seuil (55 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	1650	5.00 €	8,250.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	1645	2.00 €	3,289.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	55	10.00 €	550.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	6	25.00 €	137.50 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	1188	65.00 €	77,220.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	413	3.00 €	1,237.50 €
TOILE DE COCO	m2	220	5.00 €	1,100.00 €
TERRE VEGETALE	m3	72	40.00 €	2,860.00 €
PAILLAGE BRP	m3	14	60.00 €	858.00 €
BOUTURES DE SAULES	unité	660	2.00 €	1,320.00 €
PETITS PLANTS	unité	110	15.00 €	1,650.00 €
			TOTAL (HT)	98,472.00 €
Effacement du radier béton				
TERRASSEMENTS				
Déblais au BRH	m3	400	30.00 €	12,000.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	400	25.00 €	10,000.00 €
			TOTAL (HT)	22,000.00 €
			Somme action 1bis (HT)	120,472.00 €
			Somme action 1bis (TTC)	144,566.40 €
			Somme action 1+1bis (HT)	267,257.50 €
			Somme action 1+1bis (TTC)	320,709.00 €
Action 2				
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
FRAIS GENERAUX				
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	2,500.00 €	2,500.00 €
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
DERIVATION PROVISOIRE DES EAUX	forfait	2	5,000.00 €	10,000.00 €
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	2	1,500.00 €	3,000.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
			TOTAL (HT)	27,000.00 €
Rive droite en amont immédiat du pont (15 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	375	5.00 €	1,875.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	374	2.00 €	747.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	15	10.00 €	150.00 €

MISE EN DECHARGE	m3	2	25.00 €	37.50 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	195	65.00 €	12,675.00 €
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	60	15.00 €	900.00 €
Béton de liaisonnement	m3	42	250.00 €	10,500.00 €
MATERIAUX 50/150	m3	75	30.00 €	2,250.00 €
Barbacanes	ml	42	10.00 €	420.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	75	3.00 €	225.00 €
TERRE VEGETALE	m3	18	40.00 €	720.00 €
PAILLAGE BRP	m3	4	60.00 €	216.00 €
PETITS PLANTS	unité	60	15.00 €	900.00 €
			TOTAL (HT)	31,615.50 €
Rive droite en amont de la protection existante (15 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	255	5.00 €	1,275.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	254	2.00 €	507.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	15	10.00 €	150.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	2	25.00 €	37.50 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	195	65.00 €	12,675.00 €
Béton de liaisonnement	m3	42	250.00 €	10,500.00 €
MATERIAUX 50/150	m3	38	30.00 €	1,125.00 €
Barbacanes	ml	42	10.00 €	420.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	75	3.00 €	225.00 €
TERRE VEGETALE	m3	8	40.00 €	300.00 €
PAILLAGE BRP	m3	2	60.00 €	90.00 €
PETITS PLANTS	unité	30	15.00 €	450.00 €
			TOTAL (HT)	27,754.50 €
Elargissement en rive gauche (80 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	2000	5.00 €	10,000.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - surface	m2	700	4.00 €	2,800.00 €
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	1980	10.00 €	19,800.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	20	25.00 €	500.00 €
			TOTAL (HT)	33,100.00 €
			Somme action 2 (HT)	119,470.00 €
			Somme action 2 (TTC)	143,364.00 €
Action 3				
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
FRAIS GENERAUX				
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	2,500.00 €	2,500.00 €
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €
DERIVATION PROVISOIRE DES EAUX	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
			TOTAL (HT)	19,500.00 €
Rive droite (50 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	1000	5.00 €	5,000.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	995	2.00 €	1,990.00 €

TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	50	10.00 €	500.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	5	25.00 €	125.00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	980	65.00 €	63,700.00 €
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	100	15.00 €	1,500.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	375	3.00 €	1,125.00 €
TOILE DE COCO	m2	200	5.00 €	1,000.00 €
TERRE VEGETALE	m3	65	40.00 €	2,600.00 €
PAILLAGE BRP	m3	13	60.00 €	780.00 €
BOUTURES DE SAULES	unité	600	2.00 €	1,200.00 €
PETITS PLANTS	unité	100	15.00 €	1,500.00 €
			TOTAL (HT)	81,020.00 €
			Somme action 3 (HT)	100,520.00 €
			Somme action 3 (TTC)	120,624.00 €

Somme Secteur 1 (HT)	487,247.50 €
Somme Secteur 1 (TTC)	584,697.00 €

Secteur 2				
Action 4				
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
FRAIS GENERAUX				
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	2,500.00 €	2,500.00 €
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
DERIVATION PROVISoire DES EAUX	forfait	2	5,000.00 €	10,000.00 €
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	2	1,500.00 €	3,000.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
			TOTAL (HT)	27,000.00 €
Rive gauche en aval du seuil (40 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	880	5.00 €	4,400.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	876	2.00 €	1,752.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	4	25.00 €	100.00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	464	65.00 €	30,160.00 €
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	80	15.00 €	1,200.00 €
Béton de liaisonnement	m3	96	250.00 €	24,000.00 €
MATERIAUX 50/150	m3	44	30.00 €	1,320.00 €
Barbacanes	ml	120	10.00 €	1,200.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	220	3.00 €	660.00 €
TERRE VEGETALE	m3	12	40.00 €	480.00 €
PAILLAGE BRP	m3	2	60.00 €	144.00 €
Gazon	m2	72	2.00 €	144.00 €
			TOTAL (HT)	65,560.00 €
Rive droite en aval du seuil (110 m)				

TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	5500	5.00 €	27,500.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	110	10.00 €	1,100.00 €	
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	5445	10.00 €	54,450.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	55	25.00 €	1,375.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	1100	2.00 €	2,200.00 €	
PETITS PLANTS de SAULE	unité	880	15.00 €	13,200.00 €	
FASCINE en PIED	ml	110	100.00 €	11,000.00 €	
TOILE DE COCO	ml	990	5.00 €	4,950.00 €	
GRILLAGE PARE BLOC	ml	110	10.00 €	1,100.00 €	
TERRE VEGETALE	m3	176	40.00 €	7,040.00 €	
Gazon	m2	880	2.00 €	1,760.00 €	
			TOTAL (HT)	125,675.00 €	
			Somme action 4 (HT)	218,235.00 €	
			Somme action 4 (TTC)	261,882.00 €	

Action 5

DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
FRAIS GENERAUX				
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	2,500.00 €	2,500.00 €
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
DERIVATION PROVISOIRE DES EAUX	forfait	2	7,000.00 €	14,000.00 €
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	2	1,500.00 €	3,000.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
			TOTAL (HT)	31,000.00 €
Rive gauche (160 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	4000	5.00 €	20,000.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	3984	2.00 €	7,968.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	16	25.00 €	400.00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	2400	65.00 €	156,000.00 €
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	800	15.00 €	12,000.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	160	10.00 €	1,600.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	1040	3.00 €	3,120.00 €
TERRE VEGETALE	m3	80	40.00 €	3,200.00 €
PAILLAGE BRP	m3	16	60.00 €	960.00 €
BOUTURES DE SAULES	unité	1920	2.00 €	3,840.00 €
PETITS PLANTS	unité	160	15.00 €	2,400.00 €
			TOTAL (HT)	211,488.00 €
Rive droite (220 m) + atterrissement				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	15200	5.00 €	76,000.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - Surface	m2	4000	4.00 €	16,000.00 €
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	15048	10.00 €	150,480.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	152	25.00 €	3,800.00 €
BOUTURES DE SAULES	unité	2200	2.00 €	4,400.00 €
PETITS PLANTS de SAULE	unité	1760	15.00 €	26,400.00 €
FASCINE en PIED	ml	220	100.00 €	22,000.00 €
TOILE DE COCO	ml	1980	5.00 €	9,900.00 €
GRILLAGE PARE BLOC	ml	1980	10.00 €	19,800.00 €
TERRE VEGETALE	m3	330	40.00 €	13,200.00 €

Gazon	m2	1760	2.00 €	3,520.00 €
			TOTAL (HT)	345,500.00 €
			Somme action 5 (HT)	587,988.00 €
			Somme action 5 (TTC)	705,585.60 €

Somme Secteur 2 (HT)	806,223.00 €
Somme Secteur 2 (TTC)	967,467.60 €

Secteur 3				
Action 6				
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
FRAIS GENERAUX				
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	3	3,000.00 €	9,000.00 €
DERIVATION PROVISoire DES EAUX	forfait	4	3,000.00 €	12,000.00 €
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	2	1,500.00 €	3,000.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €
			TOTAL (HT)	36,000.00 €
Rive droite en amont du pont (65 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	1400	5.00 €	7,000.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	1393	2.00 €	2,786.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	7	25.00 €	175.00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	770	65.00 €	50,050.00 €
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	35	15.00 €	525.00 €
Béton de liaisonnement	m3	56	250.00 €	14,000.00 €
Barbacanes	ml	15	10.00 €	150.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	25	3.00 €	75.00 €
			TOTAL (HT)	74,761.00 €
Rive droite au niveau de la zone d'érosion n°2 (15 m)				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	375	5.00 €	1,875.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	374	2.00 €	747.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	2	25.00 €	37.50 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	131	65.00 €	8,482.50 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	15	10.00 €	150.00 €
BOUTURES DE SAULES	unité	60	2.00 €	120.00 €
GABIONS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	30	300.00 €	9,000.00 €
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	75	3.00 €	225.00 €
TOILE DE COCO	ml	53	5.00 €	262.50 €
TERRE VEGETALE	m3	9	40.00 €	360.00 €
Gazon	m2	38	2.00 €	75.00 €
			TOTAL (HT)	21,334.50 €
Rive droite au niveau de la zone d'érosion n°1 (50 m)				

TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	1000	5.00 €	5,000.00 €	
en terrain de toutes natures, remblais	m3	995	2.00 €	1,990.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	5	25.00 €	125.00 €	
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	450	65.00 €	29,250.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	300	2.00 €	600.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	50	10.00 €	500.00 €	
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	200	3.00 €	600.00 €	
TOILE DE COCO	ml	325	5.00 €	1,625.00 €	
TERRE VEGETALE	m3	60	40.00 €	2,400.00 €	
PETITS PLANTS de SAULES	unité	150	15.00 €	2,250.00 €	
Gazon	m2	250	2.00 €	500.00 €	
			TOTAL (HT)	44,840.00 €	
<i>Elargissement en rive gauche</i>					
TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	10800	5.00 €	54,000.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - surface	m2	4000	4.00 €	16,000.00 €	
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	10692	10.00 €	106,920.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	108	25.00 €	2,700.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	1500	2.00 €	3,000.00 €	
PETITS PLANTS de SAULES	unité	750	15.00 €	11,250.00 €	
FASCINE en PIED	ml	150	100.00 €	15,000.00 €	
TOILE DE COCO	ml	900	5.00 €	4,500.00 €	
GRILLAGE PARE BLOC	ml	900	10.00 €	9,000.00 €	
TERRE VEGETALE	m3	150	40.00 €	6,000.00 €	
Gazon	m2	750	2.00 €	1,500.00 €	
			TOTAL (HT)	229,870.00 €	
			Somme action 6 (HT)	406,805.50 €	
			Somme action 6 (TTC)	488,166.60 €	

<i>Action 7</i>					
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros	
<i>FRAIS GENERAUX</i>					
INSTALLATIONS/REPLIEMENT DE CHANTIER	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €	
ETUDES D'EXECUTION	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €	
CREATION DES ACCES (y/C passage buse)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €	
DERIVATION PROVISoire DES EAUX	forfait	2	5,000.00 €	10,000.00 €	
PECHE DE SAUVETAGE	forfait	2	1,500.00 €	3,000.00 €	
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500.00 €	500.00 €	
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €	
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE PASSAGE BUSE	forfait	1	500.00 €	500.00 €	
DOSSIER DE RECOLEMENT	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €	
			TOTAL (HT)	29,000.00 €	
<i>Rive gauche en amont du seuil (80 m)</i>					
TERRASSEMENTS					
en terrain de toutes natures, déblais	m3	2400	5.00 €	12,000.00 €	
en terrain de toutes natures, remblais	m3	2392	2.00 €	4,784.00 €	
MISE EN DECHARGE	m3	8	25.00 €	200.00 €	
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	1200	65.00 €	78,000.00 €	
ENROCHEMENTS DEPOSE ET REMISE EN PLACE	m3	400	15.00 €	6,000.00 €	
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - linéaire	ml	80	10.00 €	800.00 €	
GEOTEXTILE DE FILTRATION	m2	560	3.00 €	1,680.00 €	
BOUTURES DE SAULES	unité	960	2.00 €	1,920.00 €	

PETITS PLANTS	unité	80	15.00 €	1,200.00 €
TERRE VEGETALE	m3	88	40.00 €	3,520.00 €
Gazon	m2	240	2.00 €	480.00 €
			TOTAL (HT)	110,584.00 €
<i>Elargissement en rive droite (110 m)</i>				
TERRASSEMENTS				
en terrain de toutes natures, déblais	m3	3500	5.00 €	17,500.00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION - surface	m2	1100	4.00 €	4,400.00 €
Evacuation et repose des matériaux dans le voisinage	m3	3465	10.00 €	34,650.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	35	25.00 €	875.00 €
			TOTAL (HT)	57,425.00 €
Somme action 7 (HT)				197,009.00 €
Somme action 7 (TTC)				236,410.80 €
<i>Destruction du seuil</i>				
TERRASSEMENTS				
Déblais au BRH	m3	120	30.00 €	3,600.00 €
en terrain de toutes natures, déblais	m3	800	5.00 €	4,000.00 €
en terrain de toutes natures, remblais	m3	800	2.00 €	1,600.00 €
MISE EN DECHARGE	m3	120	25.00 €	3,000.00 €
			TOTAL (HT)	12,200.00 €
Somme action 7bis (HT)				12,200.00 €
Somme action 7bis (TTC)				14,640.00 €
Somme action 7+7bis (HT)				209,209.00 €
Somme action 7+7bis (TTC)				251,050.80 €
Somme Secteur 3 (HT)				616,014.50 €
Somme Secteur 3 (TTC)				739,217.40 €

Le coût global des interventions proposées s'élève à environ 1.9 millions d'euros HT, soit 2.3 millions d'euros TTC.

Ce coût n'inclut pas :

- Les études environnementales éventuelles ;
- Les études géotechniques ;
- Les éventuels achats fonciers.

Il existe d'autre part une assez forte incertitude sur le coût d'évacuation et de redépose des déblais. Le coût dépend de la proximité des sites de dépose et donc de l'avis des services de l'Etat.

13. ANALYSE MULTI-CRITERES - CONCLUSION

Action	Description	Enjeux	Démarches complémentaires nécessaire	Coût estimatif (€ HT) hors MOE, et études complémentaires	Possibilités de financement à étudier
Secteur 1					
1	Elargissement du cours d'eau en rive droite au droit des bassins et confortement de la rive droite	Protection du camping la Rivière et des bassins de pêche en rive droite, de la RD513 en rive gauche.	Faire le lien avec le projet porté par la commune sur le seuil EU.	150 000	Camping. Département. Agence de l'eau RMC si action 1 bis également
1 bis	Suppression du radier de l'ancienne prise d'eau	Protection du camping la Rivière en rive droite. Amélioration de la continuité écologique.	Faire le lien avec le projet porté par la commune sur le seuil EU.	120 000 (en plus de l'action 1)	Camping. Agence de l'Eau RMC.
2	Elargissement du lit en rive gauche et confortement de la berge en rive droite, à l'amont du pont	Protection du camping la Rivière en rive droite et du pont de la RD13.	Etude géotechnique nécessaire. Se rapprocher du département.	120 000	Camping. Département.
3	Confortement de la protection de berge au droit de l'ancienne voie ferrée, à l'aval du pont	Réseaux divers, dont canalisation geosel. Une habitation éloignée.	Se rapprocher de GEOSEL.	100 000	GEOSEL.
Secteur 2					
4	Confortement de la berge rive gauche en aval du seuil	Route départementale. Canalisation AEP.	Etude géotechnique nécessaire. Se rapprocher du département. Problématique foncière pour l'élargissement.	220 000	Département.
5	Elargissement en rive droite dans le secteur érodé et reprise des protections en rive gauche	Habitations en rive gauche, déchèterie et terrains de sport en rive droite.	Problématique foncière pour l'élargissement.	590 000	
Secteur 3					
6	Confortement de la rive droite en amont du pont et élargissement	Route communale, pont de la RD5, habitations du quartier de l'Androne de manière indirecte (recentrage du lit).	Etude géotechnique nécessaire. Se rapprocher du département. Problématique foncière probable pour l'élargissement.	410 000	Département.
7	Confortement de la rive gauche à l'aval du pont et élargissement en rive droite	Route communale, habitations du quartier de l'Androne.		200 000	Agence de l'eau RMC si action 7bis également.
7-bis	Abaissement ou effacement du seuil	Route communale, habitations du quartier de l'Androne. Amélioration de la continuité écologique.	Impact sur le pont à étudier plus en détail.	10 000 (en plus de l'action 7)	Agence de l'eau RMC.

Du point de vue de la protection des habitations, les principaux enjeux se situent sur les secteurs 1 et 2.

Les actions 1, 2 et 5 en particulier sont susceptibles d'apporter un gain. On rappellera toutefois que le gain apporté par l'action 1 est susceptible de n'être que temporaire, surtout si le seuil n'est pas également effacé (action 1bis).

On notera qu'une importante problématique d'inondation existe également à l'aval du secteur 3. Elle n'a pas été traitée à ce stade, car elle supposerait un élargissement du lit nécessitant le déplacement d'un certain nombre d'habitations en rive gauche. Il est toutefois conseillé de réaliser a minima un entretien de la végétation sur le secteur.

Il pourrait exister des possibilités de financement :

- De l'Agence de l'Eau RMC dans les scénarios d'effacement de seuils ;
- Du département pour les opérations améliorant la sécurité des ouvrages départementaux.

Il conviendra de se rapprocher de ces interlocuteurs, en particulier du département, qui prévoit certainement des interventions de son côté.

Une participation pourrait également être demandée aux riverains concernés (camping, GEOSEL,...).

14. ANNEXES - PLANS

NOS DOMAINES D'ACTIVITÉS

UNE EXPERTISE DE L'EAU COMPLETE ET UN ACCOMPAGNEMENT SUR MESURE

Rivières, lacs et torrents

Prévention, prévision, protection, gestion du risque inondation, Expertise post crue, gestion de crise.
Gestion sédimentaire.
Réalisation d'ouvrages de protection des biens et des personnes (Barrages, digues, ouvrages de franchissement).

Environnement et écologie

Renaturation & valorisation des cours d'eau et milieux associés.
Développement durable.
Protection des milieux.
Continuité écologique.

Réseaux

Production, stockage & distribution d'eau potable.
Assainissement & épuration des eaux usées.
Gestion des eaux pluviales.
Conception et gestion des aménagements
D'irrigation et d'enneigement.

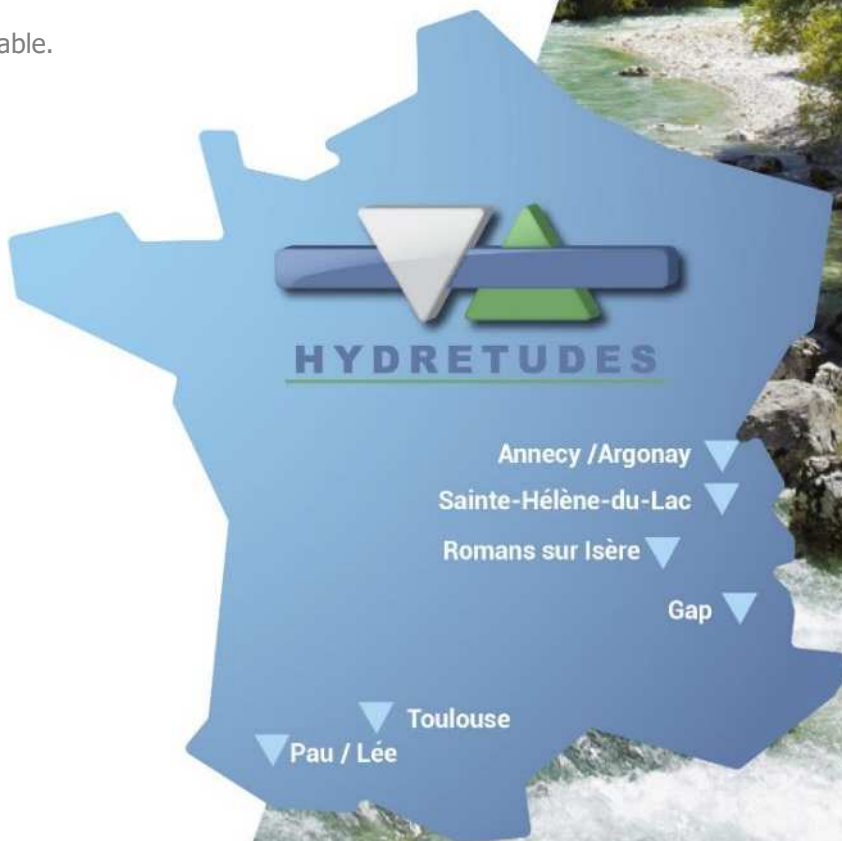
Topographie

Topographie de rivières, de réseaux.
Récolement.

Contact :
contact@hydretudes.com
www.hydretudes.com



Flashez et visitez notre site



DES

Aménagement du Largue et de la Laye en vue d'une meilleure protection contre les crues
