



Rapport

Protection du Laisonnay contre les crues du Doron de Champagny et de son affluent, le ruisseau du Py

Avant-projet

Mai 2026

Commune : Champagny en Vanoise

Maître d'ouvrage : APTV

Cliché page de garde : Doron de Champagny au droit du Laisonnay, septembre 2018, cliché RTM

Etabli par :



OFFICE NATIONAL DES FORETS

Agence RTM Alpes du Nord
Service RTM de Savoie

17 rue des Diabls bleus,
73026 Chambéry Cedex
Tél. : 04.79.69.96.05

Adél : rtm.chambery@onf.fr - Web : www.onf.fr



Chargé d'études	Relecture	Validation et transmission
D. ETCHEVERRY		

Suivi des versions :

Version	Date	Observations
V0 - provisoire	11/05/2026	

Table des Matières

Table des Matières	3
I Introduction	6
II Description générale du bassin versant et du site	8
II.1 Généralités sur le bassin versant amont du Doron	8
II.2 Le lit du Doron entre le lac de la Glière et le secteur du Laisonnay	8
II.2.1 Secteur du lac de la Glière	8
II.2.2 Linéaire entre le lac de la Glière et le Laisonnay d'en haut	11
II.2.3 Secteur des hameaux du Laisonnay	13
II.2.4 Pont départemental et zone alluvionnaire en aval du Laisonnay d'en Bas	15
II.3 Le bassin versant du Py	18
III Historique des évènements	19
III.1 Historique des plus fortes crues du Doron	19
III.1.1 La crue de 2015	19
III.1.2 La crue du 15 juin 1818	24
III.1.3 Autres crues de moindre intensité	25
III.2 Historique des crues du Py	26
III.2.1 Crue du 23 août 1987	26
III.2.2 Crue du 5 août 2003	27
III.2.3 Crue du 11 juillet 2016	27
III.2.4 Crue du 14 août 2025	29
IV Analyse du fonctionnement géomorphologique et hydraulique du Doron et du Py	31
IV.1 Fonctionnement hydro-géomorphologique des crues du Doron	31
IV.1.1 Hydrologie	31
IV.1.2 Estimation des apports solides pour une crue centennale	31
IV.1.3 Analyse du fonctionnement hydromorphologique des crues	36
IV.1.4 Conditions d'écoulement en crue « quantifiées »	46
IV.2 Fonctionnement hydro-géomorphologique des crues du Py	47
V Etat des lieux de la protection actuelle contre les inondations, identification des problématiques et objectif de l'opération	52
V.1 Protection contre les crues du Doron	52

V.1.1	Préambule : historique	52
V.1.2	Ouvrages du Laisonnay d'en Haut	54
V.1.3	Ouvrages du Laisonnay d'en Bas	57
V.1.4	Bilan des ouvrages existants	60
V.2	Protection contre les crues du Py.....	61
V.3	Régularisations réglementaires.....	61
V.4	Objectif de l'opération et limites	62
V.4.1	Objectifs généraux	62
V.4.2	Limites	62
VI	Description de la solution d'aménagement retenue	64
VI.1	Contraintes et éléments orientant les principes d'aménagements.....	64
VI.1.1	Route entre les deux hameaux	64
VI.1.2	Piste ski de fond	64
VI.1.3	Passerelle piétonne	65
VI.1.4	Volume de matériaux excédentaires.....	66
VI.1.5	Matériaux en excès.....	66
VI.1.6	Maximisation de l'espace de divagation à restaurer	66
VI.2	Description de la solution d'aménagement	67
VI.2.1	Présentation de l'aménagement et de sa fonctionnalité.....	67
VI.2.2	Vue générale de la solution d'aménagement	69
VI.3	Dimensionnement des protections de berges	70
VI.3.1	Taille des blocs des protections en enrochements.....	70
VI.3.2	Géométrie du sabot des protections en enrochements	72
VI.3.3	Hauteur fonctionnelle (hydraulique) des ouvrages.....	74
VI.4	Détails des aménagements et synthèse des dimensions des ouvrages	75
VI.4.1	Confortement de la protection rapprochée du Laisonnay d'en Haut	75
VI.4.2	Digue de fermeture en rive droite	76
VI.4.3	Effacement ou abaissement des merlons inappropriés.....	78
VI.4.4	Gestion du Py.....	79
VI.4.5	Franchissement du sentier.....	80
VI.4.6	Aucune action sur le merlon O1 (épi amont).....	82
VI.5	Gestion de la végétation	83
VI.6	Prise en compte des enjeux environnementaux	84
VI.7	Prise en compte des enjeux paysagers.....	89

VII	Modalités et organisation de l'opération	92
VII.1	Démarches préalables	92
VII.1.1	Procédures réglementaires préalables	92
VII.1.2	Démarches foncières.....	92
VII.1.3	Gestion des réseaux.....	92
VII.2	Période de réalisation / durée des travaux	94
VII.3	Zone provisoire et accès provisoires	95
VII.4	Gestion des eaux	96
VIII	Exécution	96
VIII.1	Etude complémentaire	96
VIII.1.1	Faisabilité de l'abaissement de la route départementale en rive gauche	96
VIII.1.2	Etude géotechnique	97
VIII.1.3	Actualisation levé topographique et projection de l'aménagement.....	97
IX	Estimation des quantités et des coûts.....	98
IX.1	Quantités	98
IX.2	Cout des travaux.....	98
X	Entretien de l'aménagement.....	100
	Table des illustrations	101

I Introduction

En juillet 2015, une forte crue du Doron a engravé les hameaux du Laisonnay sur la commune de Champagny en Vanoise. Suite à cette crue, lors des opérations d'urgence réalisées par la commune pour rétablir un lit mineur au Doron, différents merlons de curage ont été déposés. Ils participent aujourd'hui à la protection des hameaux. Néanmoins, ils ont été réalisés sans dimensionnement et montrent aujourd'hui des limites, en étant dégradés par érosion à l'occasion de crues courantes (fonte annuelle ou orage non exceptionnel).

En 2016, une crue du ruisseau du Py, affluent du Doron, inonde à son tour quelques habitations du Laisonnay d'en Bas.

Dans ce contexte, la collectivité GEMAPI-enne (communauté de communes Val Vanoise, jusqu'en 2022, puis l'APTV à partir de 2023) porte une opération visant à améliorer la protection contre les crues du Doron et de son affluent du Py sur le secteur du Laisonnay.

Une première étude de diagnostic hydraulique et de définition de travaux de protection a été réalisée par l'ONF-RTM en 2018 pour le compte de la collectivité.

Le secteur fait partie intégrante d'un site classé ; les enjeux environnementaux et paysagers sont importants.

Dans ce contexte, la présente étude consiste en **une actualisation de l'avant-projet de travaux**, en prenant en compte l'ensemble des enjeux environnementaux et paysagers, au travers d'études sur ces volets spécifiques menées de front et en étroite concertation entre les bureaux d'études.

Bien qu'indiqué de niveau « avant-projet », le principe d'aménagement est unique et arrêté dans le cadre de cette étude. Le niveau de PRO permettra principalement de préciser certains éléments de dimensionnement, notamment structurels.

Le présent rapport :

- Rappelle les principaux éléments du diagnostic hydraulique, notamment ceux nécessaires au dimensionnement fonctionnel du projet ;
- Présente le scénario d'aménagement du secteur retenu par le COPIL, après notamment des choix quant aux objectifs à atteindre en termes d'amélioration de la protection.

Pour disposer d'une cohérence vis-à-vis du fonctionnement géomorphologique du Doron de Champagny, le diagnostic hydraulique est étendu depuis le lac de La Glière jusqu'à environ 800 m en aval du Laisonnay d'en bas.

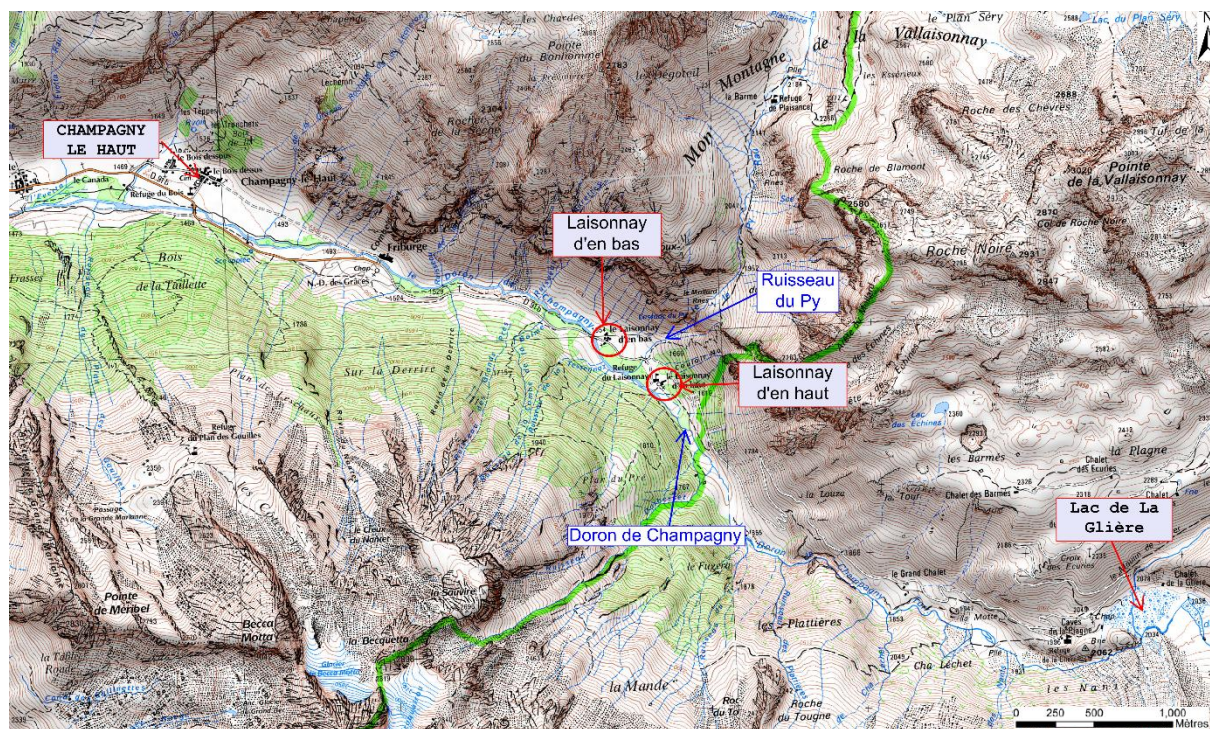


Figure 1 : Plan de situation

II Description générale du bassin versant et du site

II.1 Généralités sur le bassin versant amont du Doron

En amont du Laisonnay, le Doron de Champagny draine un bassin versant d'environ 40 km². Son bassin de réception est en grande partie couvert par les glaciers.



Figure 2 : Bassin versant du Doron en amont du Laisonnay – source : Google Earth

En amont du lac de la Glière, le retrait des glaciers a progressivement laissé place à de vastes zones en érosion (moraines) qui contribuent à alimenter le Doron en matériaux solides.

Tout du long de ce parcours, des affluents apportent également des matériaux au Doron, certains sous forme de lave torrentielle jusqu'aux zones de confluence ; la remobilisation par le Doron (à pente plus faible que les affluents) se fait sous forme de charriage.

La charge sédimentaire peut être considérée comme « infinie ». Le transport solide du Doron est alors dicté par l'hydrologie (débit d'eau apporté par la fonte et les précipitations) et la morphologie du Doron (pente et largeur du lit).

II.2 Le lit du Doron entre le lac de la Glière et le secteur du Laisonnay

II.2.1 Secteur du lac de la Glière

Éléments préalables :

Un premier focus est fait sur ce secteur pour les raisons suivantes :

- Sur ce secteur, l'essentiel du haut bassin versant glaciaire est « réceptionné » dans le réseau hydrographique (cf. localisation du lac de la Glière sur la figure précédente).

On retrouve à partir de là et vers l'aval, un lit principal du Doron alimenté latéralement par des affluents.

- Il s'agit d'une première zone jouant un rôle important de régulation des apports solides de l'amont ; elle influence fortement le fonctionnement hydrogéomorphologique du cours d'eau et donc le comportement des crues (détaillé par la suite).
- Le comportement hydraulique local au niveau du verrou en sortie de cette zone a fortement influencé la dynamique des crues majeures documentées.

Description :

Vers la cote 2030, le Doron dispose d'une large zone alluvionnaire appelée « le lac de la Glière ». Ce vaste secteur à faible pente (1,6 % environ en moyenne, < 0.5% localement) permet la régulation du transport solide apporté par les différents talwegs issus des glaciers en amont, à l'exception du glacier de l'Epéna.

A noter que le Doron dispose déjà, en amont du lac de la Glière, d'une large zone alluvionnaire permettant la régulation des apports solides issus du talweg provenant du glacier de Pramort, établie selon une pente de l'ordre de 4 %.

En revanche, le talweg provenant du glacier de l'Epéna conflue avec le Doron au niveau du verrou aval du lac de la Glière. Ses apports solides ne profitent donc pas de la régulation à faible pente au niveau du lac de la Glière. D'autres zones de régulation existent sur le long linéaire aval, bien en amont des premiers enjeux (hameaux du Laisonnay).

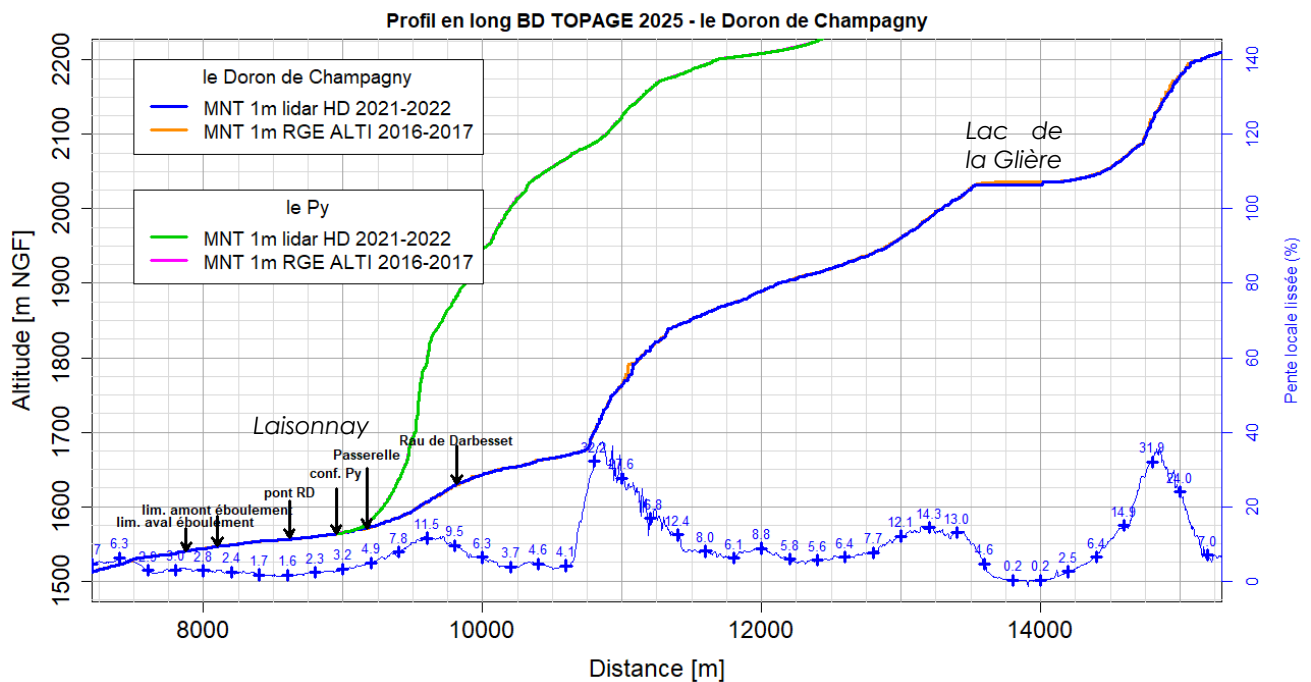


Figure 3 : profil en long du Doron de Champagny et du Py

Par ailleurs, côté Ouest du lac de la Glière, le lac dispose d'un « chenal de décharge ». Jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, le glacier de l'Epéna arrivait jusqu'au lac de la Glière. En 1818, la rupture de séracs au niveau du verrou a engendré une rehausse du niveau du lac sur plusieurs mètres jusqu'à rupture du « bouchon » alors créé. La vidange brutale est à l'origine d'une forte crue du Doron. Un chenal de décharge a alors été creusé pour éviter que ce phénomène se reproduise. Le paragraphe III.1.2 reviendra sur cette crue de 1818.

Enfin, notons qu'un chemin de randonnée franchit le lac de la Glière au niveau du verrou aval. Une passerelle piétonne de franchissement du Doron à ce niveau a été emportée lors de la

crue de 2015. Nous verrons par la suite qu'il est très probable qu'un embâcle se soit formé sur ce secteur. Positionnée légèrement en aval, le nouvel ouvrage a déjà été soumis à de fortes contraintes (cf. torsion des HEB en Figure 6).

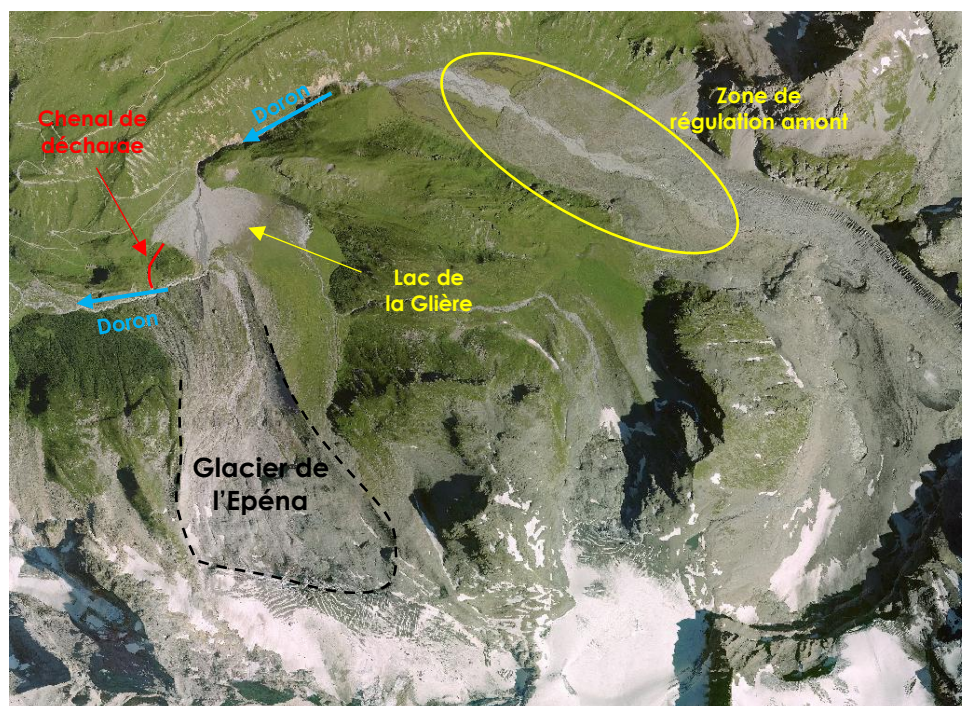


Figure 4 : Lac de la Glière et zone de régulation en amont



Figure 5 : lac de la Glière vu depuis le verrou aval



Figure 6 : passerelle au niveau du verrou emportée lors de la crue de 2015 (à gauche) – nouvelle passerelle fortement dégradée en 2018 (à droite)



Figure 7 : Chenal de décharge du lac de la Glière

II.2.2 Linéaire entre le lac de la Glière et le Laisonnay d'en haut

A l'aval du lac des Glières, le Doron alterne entre :

- Zone de transit sédimentaire : la pente du Doron s'élève, le lit peut devenir étroit et l'érosion du lit est faible à négligeable, soit bloquée par un pavage d'éléments grossiers, soit par la présence du rocher.
- Zone alluvionnaire : la pente du Doron faiblit (4 à 5 % de pente) et le lit s'élargit. Ces zones permettent une régulation du transport solide en crue par des phénomènes de dépôts et de reprise de matériaux solides.

A noter que ces zones alluvionnaires ont, au cours de la crue de 2015, pu connaître des évolutions géomorphologiques importantes, avec un élargissement notable de leur emprise. L'analyse de la crue de 2015 y reviendra.

Sur ce tronçon, de nouveaux apports solides peuvent provenir :

- Des affluents en rive gauche, issus des différents glaciers entre la pointe de la Grande Glière et le Grand Bec, et susceptibles d'apporter une quantité importante de matériaux provenant de l'érosion des dépôts glaciaires (contexte géomorphologique semblable à celui rencontré en amont du lac de la Glière).
- De l'érosion des berges (terrains morainiques anciens), notamment favorisée par les divagations

- D'avalanches, apportant des flottants.



Figure 8 : zones de régulation, érosion de berges et apports de torrents affluents



Figure 9 : Zone de transit sédimentaire, sur fond rocheux à gauche, sur lit pavé à droite

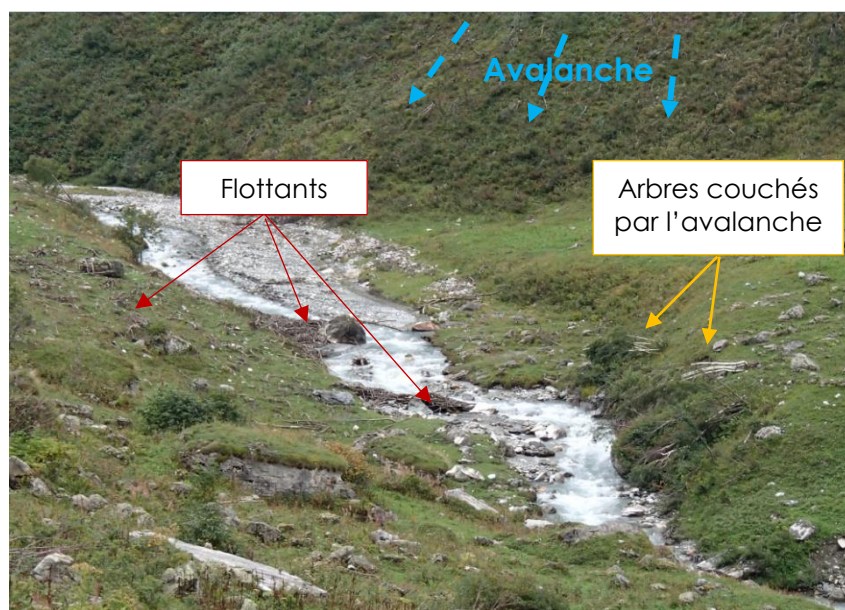


Figure 10 : Dépôts de bois dans le lit du Doron, provenant d'une récente avalanche rive gauche du Doron

Quelques hectomètres en amont du Laisonnay d'en haut, le lit du Doron dispose à nouveau d'une zone élargie mais où la pente reste élevée entre 6 et 8%. Ce passage assez raide est lié aux apports réguliers et intense d'un affluent rive gauche (ruisseau du Darbesset), à priori sous forme de laves torrentielles.



Figure 11 : Dépôts selon une pente élevée quelques hectomètres en amont du Laisonnay d'en haut

II.2.3 Secteur des hameaux du Laisonnay

Le secteur des hameaux du Laisonnay marque l'entrée (amont) du Doron dans la « plaine de Champagny le Haut » qui s'étend sur plusieurs kilomètres jusqu'à la prise d'eau EDF au sommet des gorges de la Pointille.

Au débouché sur ce secteur du Laisonnay, la vallée s'élargit et la pente du Doron chute, passant significativement sous la gamme des pentes observées en aval du Lac de la Glière. Aussi, pour des crues morphogènes, une tendance au dépôt et à la divagation sera rencontrée.

C'est sur ce secteur, en marge coté rive droite, que sont implantés les hameaux du Laisonnay d'en Bas et du Laisonnay d'en Haut. **Le système d'endiguement faisant l'objet du présent avant-projet a pour objectif de protéger ces enjeux habités contre les inondations.**

La zone de dépôt privilégiée se situe au droit du Laisonnay d'en Haut et entre les deux hameaux (là où conflue le Py). A l'approche du Laisonnay d'en Bas, le Doron se rechenalise progressivement pour longer le parking et passer sous le pont de la route départementale (chenalisation avec une part anthropique).

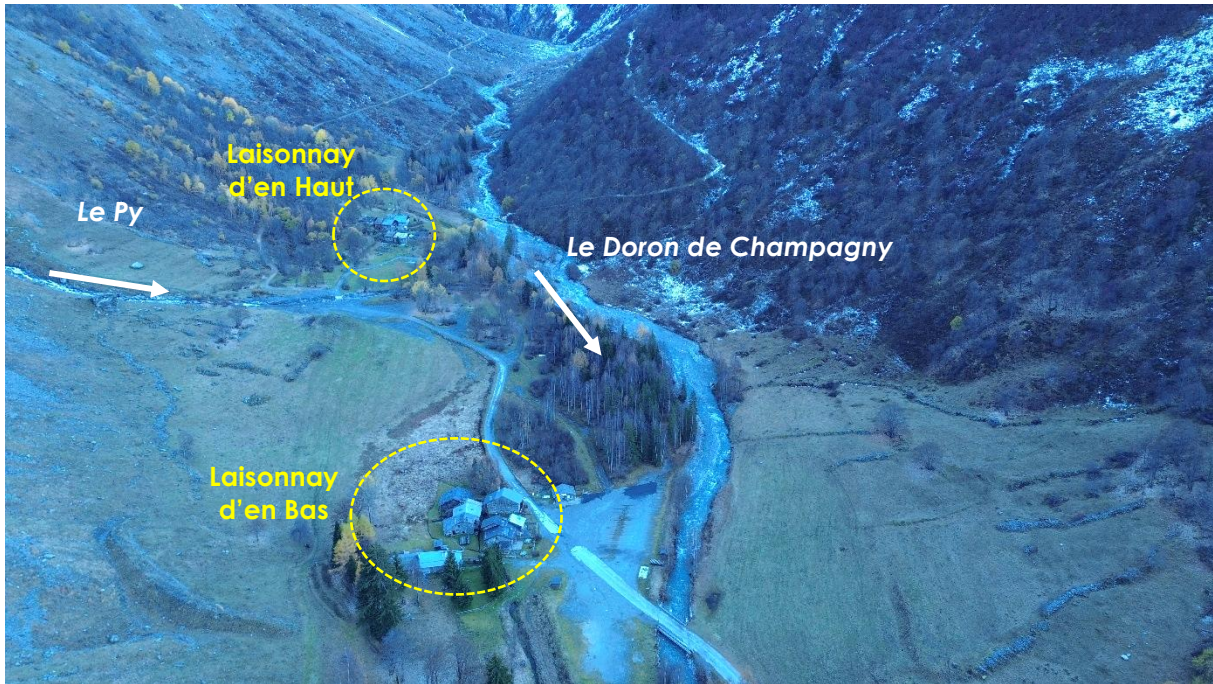


Figure 12 : Vue générale du Doron de Champagny sur le secteur des hameaux du Laisonnay



Figure 13 : Lit large au droit de la confluence du Py avec le Doron

A noter également :

- la présence d'une passerelle piétonne sur le secteur de la principale rupture de pente. Elle peut constituer un facteur aggravant en cas d'obstruction. Cette dernière est probable en crue et peut être occasionnée par des flottants et/ou être due au dépassement de la capacité hydraulique de l'ouvrage, réduite par l'engravement attendu sur le secteur. Elle se situe au cœur de la zone d'étalement de la crue de 2015.



Figure 14 : Rupture de pente et passerelle piétonne

- La présence d'un petit affluent rive droite conflue avec le Doron à proximité du hameau du Laisonnay d'en Haut. Il prend naissance quelques décimètres en amont au niveau d'une résurgence. Débouchant au cœur de la zone de régulation qui sera aménagé, sa présence sera prise en compte dans le cadre du projet, mais ne génère pas d'aléa particulier en considérant l'aléa torrentiel du Doron prédominant.



Figure 15 : Affluent rive droite au Laisonnay d'en haut (à gauche) alimenté par une résurgence (à droite)

II.2.4 Pont départemental et zone alluvionnaire en aval du Laisonnay d'en Bas

Pont de la route départementale

Après la zone de divagation naturellement large sur la zone de la confluence avec le Py, le Doron se rechannelise progressivement, d'abord pour la protection du parking en rive droite puis le passage sous la route départementale.

Le tirant d'air sous le pont de la route départementale est réduit (mesuré de l'ordre du mètre en septembre 2018). Toutefois, aucune donnée ne semble indiquer d'historique d'obstruction ou de débordement avéré au niveau de cet ouvrage (déjà présent en 2015)

Lors de travaux « récents » (i.e. post crue 2015), du béton et/ou des enrochements bétonnés ont été mis en œuvre au fond du lit devant les culées, sans pour autant couvrir l'intégralité de la largeur du lit. Cette configuration est assez défavorable car peut limiter la reprise des matériaux déposés en 2015 sur ce tronçon (et participant donc au tirant d'air réduit).



Figure 16 : Pont de la route départementale au Laisonnay d'en Bas

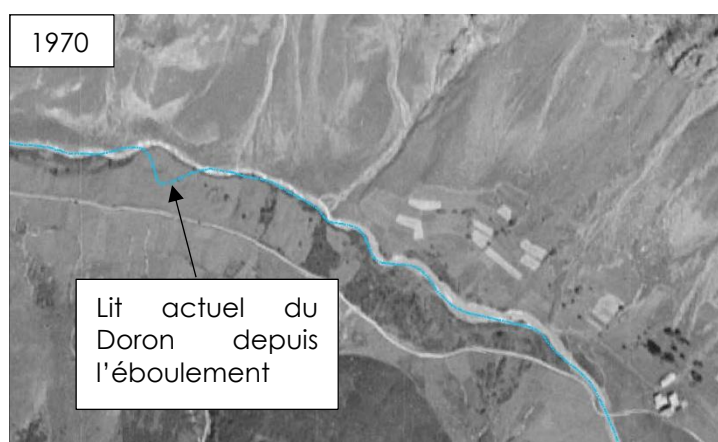
Tronçon alluvionnaire aval et évolution ?

L'analyse de l'évolution en plan du Doron présentée dans l'étude ONF-RTM 2018 met en évidence l'occurrence d'un important éboulement en rive droite du Doron à environ 500 m en aval du Laisonnay d'en Bas.

Il a localement entraîné un déplacement latéral du lit du Doron, mais est surtout à l'origine d'une réhausse notable (plurimétrique) du fond du lit du Doron, avec une régression vers l'amont (en direction du Laisonnay d'en Bas).

Sur les vues en plan, on observe qu'avant 1970, la zone alluvionnaire du Laisonnay s'arrête quelques centaines de mètres en aval du Laisonnay d'en bas alors, qu'en aval, le lit est étroit et l'écoulement ressort « blanchâtre » - ce qui traduit une pente d'écoulement plus élevée.

L'atterrissement en arrière du fond réhaussé par l'éboulement a comblé le lit et ne fait plus qu'un avec l'atterrissement qui se prolongeait depuis le Laisonnay. Toutefois, il semble peu probable que l'influence de la réhausse soit remontée jusqu'au Laisonnay, le lit ne semble pas s'être élargi (ce qui aurait pu traduire un engravement significatif).



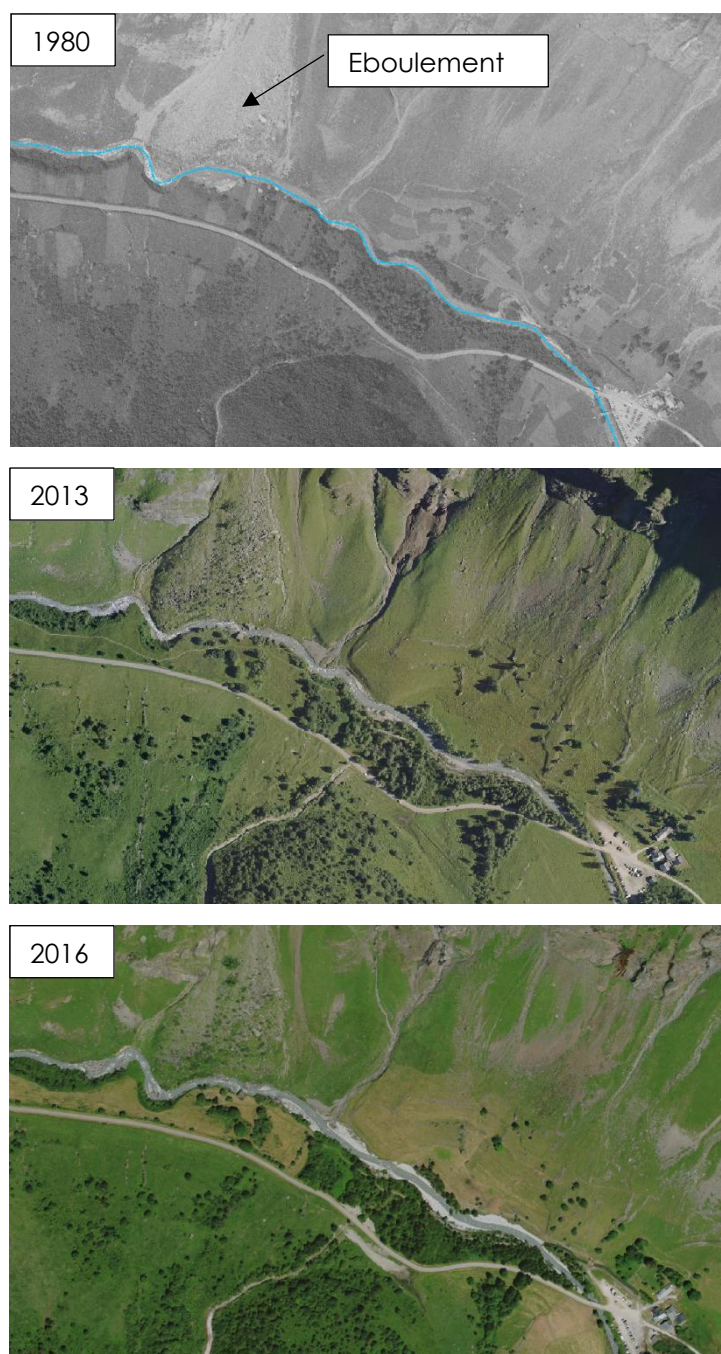


Figure 17 : Evolution en plan à l'aval du Laisonnay d'en Bas (1970 à 2016)

L'étude ONF-RTM 2018 présente aussi une analyse comparative du profil en long actuel avec celui issu des Grandes Forces Hydraulique (début XXème siècle). Malgré la forte incertitude liée aux difficultés de calage des données, cette comparaison étaye l'hypothèse d'une réhausse plurimétrique du fond du Doron au droit de l'éboulement.

II.3 Le bassin versant du Py

Le ruisseau du Py est un affluent rive droite du Doron avec lequel il conflue au niveau de la large zone de divagation entre les deux hameaux du Laisonnay. Il est localisé sur la photo précédente.

Son bassin versant s'étend est dominé par le sommet de Bellecote (3417 m). En crue, le ruisseau peut connaître un important charriage provenant notamment de l'érosion des terrains morainiques en partie supérieure du bassin versant et sur les ravines affluentes.

Le torrent débouche sur la plaine du Laisonnay au pied de la cascade du Py.

Le lit est d'abord étroit, à forte pente et à fond pavé de gros blocs. Au sommet du cône de déjection, la pente du ruisseau faiblit, ce qui favorise les dépôts puis les débordements. La passerelle permettant l'accès véhiculé au refuge du Laisonnay présente un risque important de débordement en crue. Ce dernier est favorisé par la possibilité d'obstruction de l'ouvrage, et/ou l'engravement régressif depuis le lit à faible pente à l'aval.

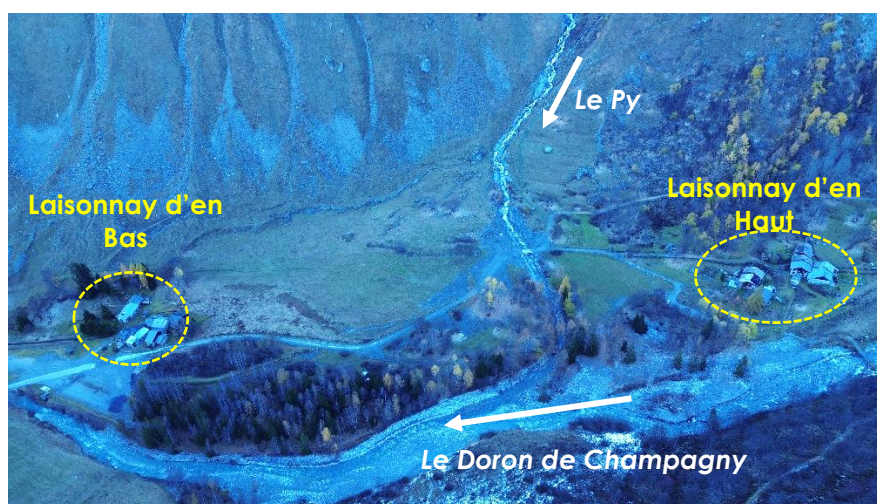


Figure 18 : Vues générales du torrent du Py sur le secteur des hameaux du Laisonnay, à la confluence avec le Doron de Champagny

Le comportement du Py en crue et les risques de débordements sont étudiés par la suite.

III Historique des évènements

III.1 Historique des plus fortes crues du Doron

III.1.1 La crue de 2015

III.1.1.a Récit de la crue

Deux rapports RTM, datés du 22 juillet 2015 et 27 juillet 2015, relatent l'évènement. Le présent paragraphe synthétise le déroulé de la crue.

Le 21 juillet 2015, le Doron de Champagny sort de son lit au niveau des villages du Laisonnay d'en Haut et du Laisonnay d'en Bas. En aval, il emporte quelques dizaines de mètres de route départementale au niveau du hameau de Friburge.

Lors de la crue, deux « vagues » sont relatées par les témoins. Une première a lieu vers 20 heures et fait suite à un orage violent. En revanche, la seconde a lieu vers 2 heures du matin sans qu'aucun cumul important de pluie n'ait été relevé.

Les affluents rive gauche du Doron et le bassin de réception en amont du lac de la Glière ont apporté un volume important de matériaux au Doron. Ce charriage est lié à la fonte des glaciers et aux orages. En limite aval du lac de la Glière, la passerelle a été emportée. Il est probable qu'elle ait fait embâcle et qu'une rupture brutale ait entraîné une libération d'une grosse quantité d'eau mais aussi de plusieurs milliers de mètres cubes de matériaux fins.

Au niveau des villages du Laisonnay, la rupture de pente du Doron a engendré d'importants dépôts de matériaux, entraînant divagations et inondations des hameaux. Le volume de matériaux déposés est de plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes.

Les principaux dépôts ont lieu sur le secteur du Laisonnay d'en Haut, avec des débordements généralisés au niveau de la passerelle. Les matériaux s'étendent jusqu'au refuge du Laisonnay. Au niveau du Laisonnay d'en Bas, des eaux chargées atteignent le parking et les habitations en bordure, sur des faibles hauteurs par l'amont. Le pont départemental n'a pas débordé.

La photo suivante, reprise du rapport RTM relatant l'évènement, illustre la limite des débordements au droit des enjeux.

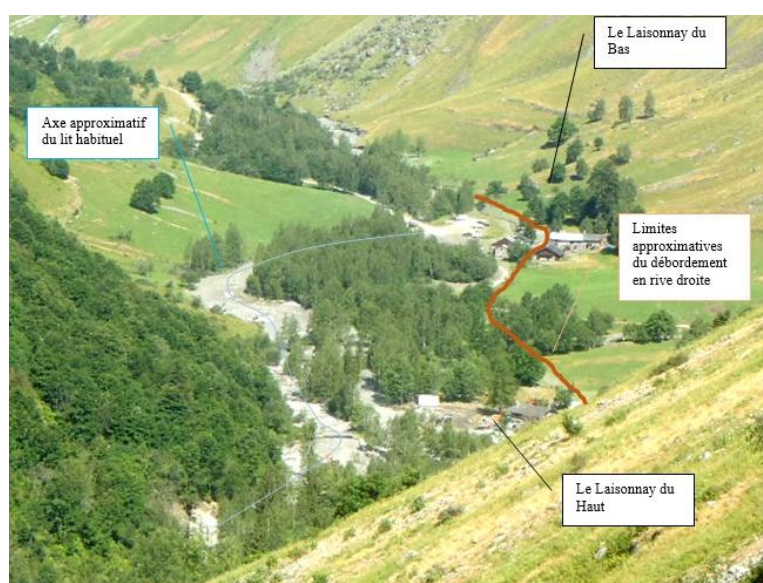


Figure 19 : Vue des débordements suite à la crue du 21 juillet 2015 (source : rapport d'évènement RTM)



Figure 20 : photos de la crue du 23/07/2015



Figure 21 : photos entre les deux hameaux (source : Dauphiné Libéré)



Figure 22 : photos au niveau du Laisonnay d'en Bas (source : Dauphiné Libéré)



Figure 23 : Débordement de faible intensité atteignant le Laisonnay d'en Bas lors de la crue du 23/07/2015 (source : video Les Echos de Bozel : <https://www.dailymotion.com/video/x2z8o96>)

III.1.1.b Complément d'analyse de la crue

Une analyse complémentaire de la crue du 21 juillet 2015 est établie à posteriori dans le cadre de la présente étude. Elle est basée sur des observations de site tardives (2018), l'analyse de photos réalisées les jours qui ont suivi la crue reprises dans un montage vidéo (source inconnue), et l'analyse comparative des orthophotos de 2015 et 2016, antérieures et postérieures à la crue.

En amont du lac de la Glière, les nombreux talwegs creusés dans la moraine ont été marqués par une érosion intense et le transport solide a entraîné des divagations au travers des différentes zones alluviales. L'ensemble du bassin versant a contribué à apporter des matériaux au torrent. En revanche, aucune zone préférentielle (de type glissement, rupture d'une partie du glacier ou autre) ne ressort. Un apport brutal depuis le haut du bassin versant en amont du lac de la Glière, pouvant faire écho aux deux vagues observées au droit du Laisonnay, ne

semble pas probable. Si tel avait été le cas, il est vraisemblable que le lac de la Glière eut permis une atténuation d'un phénomène brutal. **Jusqu'au lac de la Glière, la crue du Doron paraît donc être une réponse « normale » du Doron à un orage vraisemblablement intense.**

Au droit des talwegs issus du glacier de l'Epena, le transport solide a également été important. A la précision des ortho-photos disponibles sur le site de l'IGN, outre le recul du glacier, aucune évolution morphologique importante n'est visible sur le glacier et ne pourrait expliquer un apport brutal de matériaux au droit du Laisonnay.

C'est en aval du verrou contrôlant le lac de la Glière que les évolutions morphologiques du Doron traduisent une intensité remarquable de la crue, notablement supérieure à celle connue en amont du lac :

- Dès l'aval du verrou contrôlant le lac de la Glière, l'érosion des berges a été très importante et s'est traduite par un élargissement conséquent du chenal d'écoulement.



Figure 24 : évolution de la largeur du lit en aval du verrou rocheux suite à la crue de 2015

- Au niveau des différentes zones alluviales existantes entre la Glière et le Laisonnay, les dépôts de matériaux ont été conséquents et ont localement élargi l'espace de mobilité du torrent au-delà d'une emprise qu'il semble avoir connu depuis plus d'un siècle. Ces divagations accrues ont localement occasionné de nouveaux arrachements au niveau des berges.

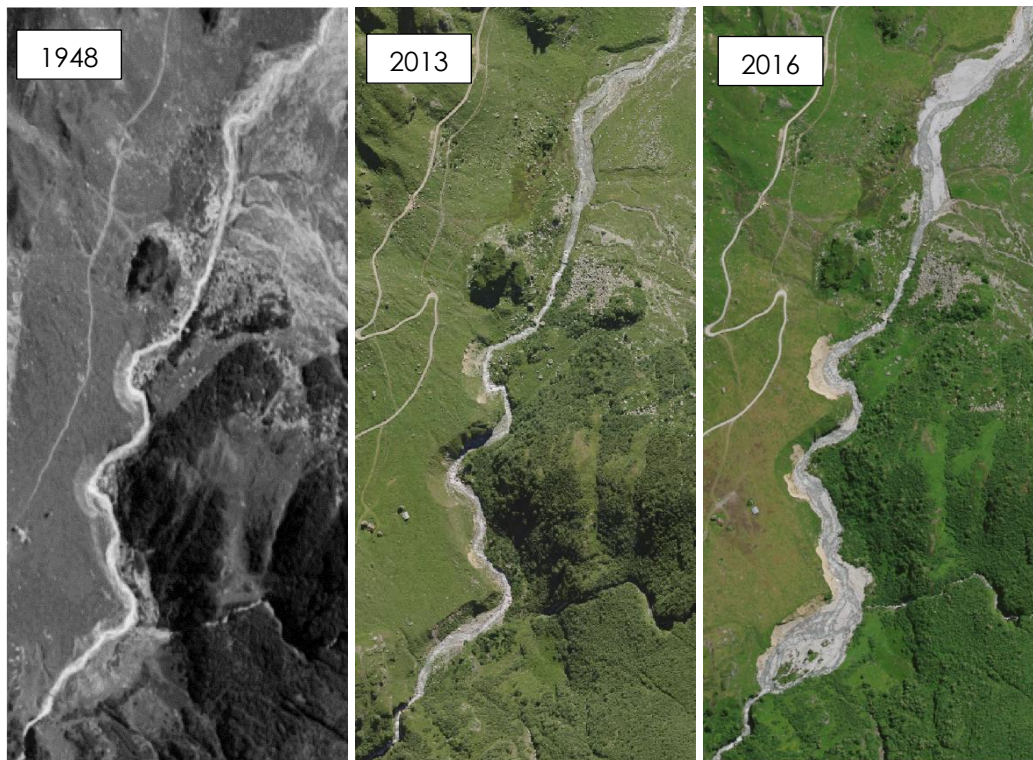


Figure 25 : élargissement accrue de l'espace de divagation

- Des débordements importants ont été enregistrés dès l'amont du Laisonnay d'en Haut. L'analyse du profil en long montrera que ces débordements dès l'amont sont à rapprocher à des apports solides intenses.

Les évolutions morphologiques observées en aval témoignent d'une dynamique intense de la crue, que l'on peut probablement assimiler à une libération brutale de matériaux et d'eau accumulés en amont du verrou. Celle-ci ferait écho à l'observation de la deuxième vague au niveau du Laisonnay.

Au droit du verrou rocheux, une passerelle a été emportée durant la crue. **Il n'est pas possible d'avancer un scénario avec certitude.** La passerelle pourrait être à l'origine de la formation d'un embâcle, qui après rechargement en amont, aurait cédé durant la crue. Une autre hypothèse pourrait être l'apport conséquent d'eau et/ou matériaux depuis le talweg issu du glacier de l'Epéna, s'accumulant au niveau du verrou et engendrant un remplissage progressif du lac de la Glière avant que le « bouchon » ne cède. La destruction de la passerelle ne serait alors qu'une conséquence de cette rupture.

Un abaissement du niveau de dépôts de matériaux sur le lac de la Glière a été remarqué par la commune. Un gros bloc au niveau de la zone de régulation permet aisément d'appréhender cette évolution. A ce stade d'évolution, les différences de niveaux pourraient s'expliquer par une respiration courante du fond du lit. Il est néanmoins possible que l'élargissement au niveau du verrou occasionné par la crue du 21 juillet 2015 ait entraîné un léger abaissement du point de contrôle aval du lac justifiant cette tendance à l'enfoncement.



Figure 26 : Variation des niveaux de dépôts identifiable sur un gros bloc

III.1.2 La crue du 15 juin 1818

Dans la monographie de Paul Mougin, *Les torrents de la Savoie*, une importante crue du Doron sur la plaine de Champagny le Haut est relatée. Elle fait écho à celle de 2015. Le récit est le suivant :

« La plus forte crue du Doron de Champagny provient de l'accumulation de ses eaux dans le lac de la Glière et de leur brusque écoulement au travers du barrage formé par la chute de séracs détachés de la langue terminale du glacier de Lepenaz. La nappe était montée de 7,70 mètres au-dessus de son niveau habituel.

Le flot a dû, au début affecter la forme d'une lave torrentielle, il a affouillé le lit en aval de la Glière et remanié les débris morainiques abandonnés par les glaciers. Mais lorsqu'il a débouché en aval du hameau du Laisonnay, dans une région large, plate, il s'est étalé, a perdu de sa vitesse. Il a déposé sous Friburge les bois, les blocs les plus volumineux et, en arrivant au Doron de Bozel près du Villard, il n'était plus qu'un courant d'eau simplement trouble. Les dégâts causés aux propriétés particulières de Champagny atteignirent 30100 livres. Le même phénomène menaça de se renouveler en mai 1820, au début de mars 1821, le 26 mai 1836 et au début de juillet 1847.

Travaux de restauration :

Les travaux exécutés sur le Doron ont eu pour but d'assurer aux eaux du lac de la Glière une issue permanente, en dehors des atteintes des glaces du Lepenaz. Après la débâcle de 1818, on ouvrit dans le seuil assez surbaissé qui limite, à l'Ouest le lac, un canal de 200 m de longueur et de 4 mètres de profondeur. Cet ouvrage, exécuté par corvées, exigea en outre une dépense de 741,60 francs. Il fut achevé le 15 août 1818.

En 1820, il fallut déblayer le canal de décharge, la glace étant revenue obstruer l'issue nouvelle des eaux. Aujourd'hui, la tranchée existe toujours et elle sert à évacuer une partie des eaux qui se rassemblent en amont. »

Cette crue est également relatée dans un article de la revue de Géographie Alpine (Vivian Robert, Jail Marcel. Le glacier de Lepenaz. In: Revue de géographie alpine, tome 57, n°1, 1969. pp. 225-227), dont un extrait est repris ci-dessous :

Il s'agit bien entendu de celui de la langue glaciaire. Celle-ci « en 1818, et probablement en 1856-57, descendait au niveau du lac de la Glière¹ » (2 040 m), mais en 1904 le front se situe déjà à 2 127 m. Depuis, comme on peut le voir sur la photo prise en 1967, le glacier s'est encore nettement retiré et se situe à 2 400 m environ. Une caractéristique de ce front glaciaire, due aux conditions topographiques, est de pouvoir « former, en temps de crue, un lac de barrage et d'engendrer des débâcles² ». C'est ainsi que le « plan » de la Glière transformé en réservoir a vu sa digue de glace rompre le 15 juin 1818 : trois millions et demi de mètres cubes d'eau se déversèrent dans la vallée en provoquant des dégâts considérables. Plusieurs fois, dans les années ultérieures, le danger réapparut (1820, 1826, 1897), un canal fut alors creusé pour faciliter la vidange.

III.1.3 Autres crues de moindre intensité

L'analyse des archives RTM ont également fait ressortir deux autres crues avec signalement de désordres sur le secteur du Laisonnay, mais qui n'ont pas l'intensité des deux événements précédemment exposés :

- **27 juillet 2003** : Quelques centaines de mètres en amont du Laisonnay d'en Haut, au niveau d'une rupture de pente, après dépôts de matériaux, des débordements ont eu lieu vers la rive droite. Ils ont noyé sous quelques dizaines de centimètres une salle de restaurant récemment aménagée au rez-de-chaussée.
- **15 août 2014** : Crue du Doron qui occasionne une érosion de la berge rive droite en amont du pont de Friburge et des dépôts de matériaux en amont de la passerelle au Laisonnay d'en haut.
- **21/06/2024** : une crue du Doron occasionne des érosions localisées dans la plaine de Champagne le Haut. Trois secteurs affectés sont identifiés :
 - o Quelques décamètres en amont de la passerelle au droit de la prise d'eau EDF, la piste rive gauche est emportée par érosion sur une vingtaine de mètres ;
 - o En aval rive droite du pont de Friburge, l'érosion emporte le talus aval de la piste jusqu'en bordure de chaussée (piste secondaire).
 - o Entre les deux hameaux du Laisonnay, un des merlons en remblais datant des travaux post-crue 2025 est érodé sur près de 35 m avec un recul de l'ordre de 2,5 m.



Figure 27 : érosion lors de la crue du 21/06/2024 (source : APTV)

- **04/09/2024** : une crue du Doron occasionne des érosions sur les merlons en remblais datant des travaux post-crue 2025, au droit du Laisonnay d'en Haut. Une brèche s'ouvre par érosion sur la partie aval du merlon en premier rideau. La digue en second rideau est fortement érodée sur sa partie aval. Aucun enjeu n'est toutefois atteint.

Des travaux d'urgence ont alors été réalisés, en deux temps :

- i) Mise en œuvre d'un merlon de matériaux devant la digue, en urgence par la commune
- ii) Reprise et confortement de la partie aval de la digue, avec des enrochements coté cours d'eau sur la seule partie affectée, par l'APTV. Ces travaux relèvent d'un confortement temporaire avant réalisation du projet global faisant l'objet de la présente étude de danger.



Figure 28 : Crue de septembre 2024 - source : APTV

III.2 Historique des crues du Py

III.2.1 Crue du 23 août 1987

Source : archives ONF-RTM

« Dans la nuit du 23 au 24 août 1987, le torrent du Py a eu une crue avec fort débit solide. Le faible tirage de la passerelle située sur le chemin reliant le Laisonnay d'en Bas au Lausonnay d'en Haut a participé au blocage des matériaux charriés et entraîné un débordement sur les deux rives. Les dégâts sont de peu d'importance. »

Les dépôts résiduels de la crue sont identifiables sur la photo aérienne de 1988 (source : IGN, remonter le temps), si on la compare à celles disponibles des années précédentes. On retrouve des débordements très similaires aux crues plus récentes avec : des écoulements bloqués coté amont de la route, des matériaux se répandant sur les terrains de part et d'autre du Py en aval de la route.



Figure 29 : photo aérienne de 1988 (source : IGN)

III.2.2 Crue du 5 août 2003

Source : archives ONF-RTM

« En fin d'après-midi et début de soirée du 5 août 2003, un orage de chaleur a éclaté sur le massif de Bellecote avec une forte intensité sur sa face Nord. L'essentiel des ruisseaux et torrents de ce versant ont fait des crues de bonne ampleur ainsi que le ruisseau du Py sur le hameau du Laisonnay à Champagny

[...]

Les matériaux solides ont obstrué le lit par charriage pour dévier le débit de part et d'autre de l'axe du cône et notamment en rive droite vers le village de Laisonnay d'en bas. Cette obstruction n'a eu lieu qu'en aval du pont d'accès au Laisonnay d'en haut. »



Figure 30 : photos de la crue du 5 août 2003 sur le Py - source ONF-RTM

III.2.3 Crue du 11 juillet 2016

Une crue à charriage se produit et déborde au niveau du pont entre les deux hameaux, sur les deux rives.

Coté rive droite, les écoulements se retrouvent bloqués coté amont de la route communale et inonde le Laisonnay d'en Bas par l'arrière.



Figure 31 : Laisses de débordements coté rive droite du Py

Un point bas sur la route et un petit merlon ont été aménagés au niveau de la route afin guider les eaux vers la gauche de la route. Cet aménagement reste rustique et peut être insuffisant en cas de débordement majeur (mais réalisé avec également la contrainte de maintenir la route carrossable). La figure suivante illustre ces éléments.

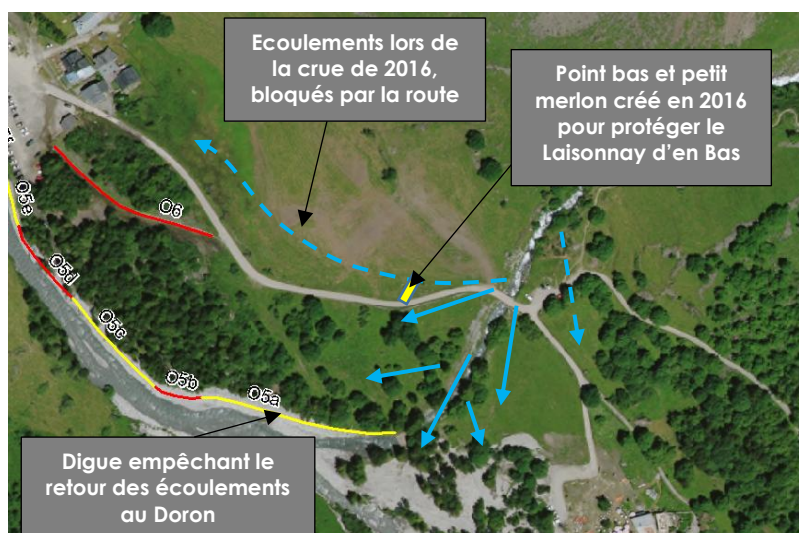


Figure 32 : débordements du Py depuis le pont

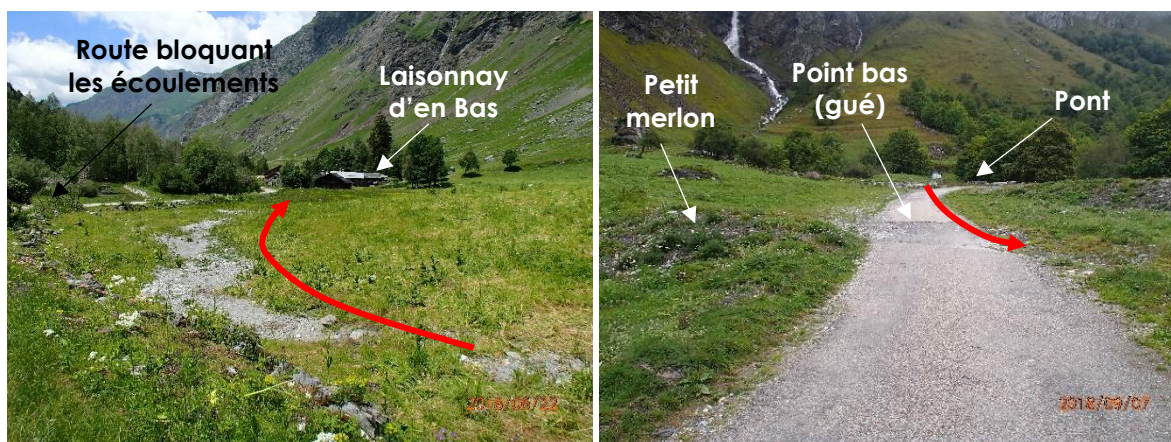


Figure 33 : Traces des débordements de 2016 bloqués coté droit de la route atteignant le hameau (à gauche) - aménagement rustique de protection réalisé depuis 2016 (à droite)

III.2.4 Crue du 14 août 2025

Suite à un orage violent, le Py réagit sous forme de fort charriage. D'après les indications fournies post crue par la commune, l'essentiel des matériaux viendrait de la réaction d'un des couloirs du Mollard à l'épisode orageux (écoulement très chargé voire lave torrentielle). Le bassin versant n'avait pas fait l'objet de visite spécifique dans le cadre du constat d'évènement.

Lors de la crue l'obstruction du pont reliant les hameaux du Laisonnay du Bas au Laisonnay du Haut a précipité l'engravement du lit en amont et les débordements / divagations de part et d'autre du torrent. En rive gauche, des places de stationnement sont engravées et trois véhicules stationnés impactés.

Des écoulements liquides suivent la route et retrouvent la zone de divagation du Doron, sans impacter le refuge. En rive droite, les matériaux charriés se répandent et déposent sur les terrains et la route communale entre les deux hameaux. Une petite partie des écoulements (phase liquide), notamment bloquée coté amont de la route aurait atteint le Laisonnay du Bas : la commune a indiqué l'atteinte de bâtis par quelques centimètres d'eau.

Le volume global de matériaux déposé est de l'ordre de 2000 m³.



Figure 34 : trois véhicules engravés en amont rive gauche du pont



Figure 35 : Derniers dépôts en rive droite du Doron (le 18/08/2025)

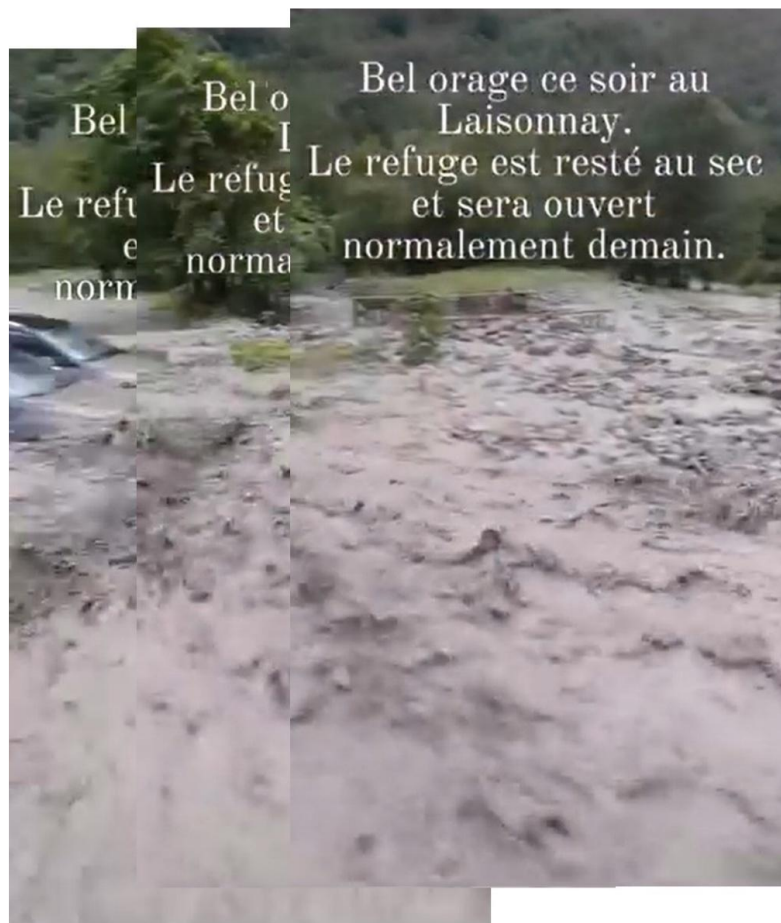


Figure 36 : image reconstituée à partir de capture image d'une vidéo sur la page Facebook "Le Refuge du Laisonnay"

IV Analyse du fonctionnement géomorphologique et hydraulique du Doron et du Py

IV.1 Fonctionnement hydro-géomorphologique des crues du Doron

IV.1.1 Hydrologie

Dans l'étude de 2015 réalisée par SAFEGE pour la commune du Planay - *Amélioration de la morphodynamique des Dorons de Pralognan et de Bozel, protection contre les risques d'inondation et restauration des fonctionnalités écologiques, étude préliminaire* – les débits de crues du Doron présentés dans différentes études antérieures sont rappelés.

Ces débits englobent les deux branches du Doron.

On retrouve les données suivantes :

Source	Point de détermination du débit	Surface	Débit décennal Q_{10}	Débit centennal Q_{100}	Remarques
ETRM, 2007	Vignotan	330 km ²	93 m ³ /s Soit 0,90 m ³ /s/km ^{1.6}	135 m ³ /s Soit 1,30 m ³ /s/km ^{1.6}	
EDF, station de mesure à Vignotan	Vignotan	330 km ²	58,3 m ³ /s Soit 0,56 m ³ /s/km ^{1.6}	--	Les débits sont des moyennes journalières
PPR de l'Isère de Moutiers	Moutiers	668 km ²	147 m ³ /s Soit 0,80 m ³ /s/km ^{1.6}	360 m ³ /s Soit 1,90 m ³ /s/km ^{1.6}	
SAFEGE, 2015	Villard, aval confluence	250 km ²	80,8 m ³ /s Soit 0,97 m ³ /s/km ^{1.6}	134,7 m ³ /s Soit 1,62 m ³ /s/km ^{1.6}	Valeur retenue par confrontation des lignes précédentes, pas d'analyse complémentaire

En considérant, un débit pseudo spécifique décennal entre 0,9 et 1,0 m³/s/km^{1.6}, le débit décennal au Laisonnay est estimé entre 17,5 et 19,5 m³/s.

Le débit centennal est calculé avec la méthode QdF en considérant le modèle de Soyans, qui s'écrit sous la forme $Q_{100} = 2,25 \cdot Q_{10}$

Au droit du Laisonnay, on retient les débits suivants :

- Débit de pointe décennal : $Q_{10} = 18-20$ m³/s
- Débit de pointe centennal : $Q_{100} = 40-45$ m³/s.

IV.1.2 Estimation des apports solides pour une crue centennale

IV.1.2.a Paramètres influençant le transport solide

IV.1.2.a.1 Les apports du bassin versant

La première composante influençant le transport solide est logiquement la fourniture de matériaux au torrent. Le bassin de réception dispose de suffisamment de sources d'apports pour permettre une saturation des écoulements, c'est-à-dire un volume de charriage atteignant la capacité maximale de transport solide du torrent.

IV.1.2.a.2 Hydrogramme de crue

Le volume de matériaux charriés dépendra de l'hydrogramme de crue (influence du volume d'eau et des débits).

L'hydrogramme de crue centennale est construit pour atteindre un débit centennal et pour que le volume d'eau écoulé corresponde à une réponse du bassin versant à une pluie centennale journalière sur tout le bassin versant selon un coefficient de ruissellement de 0,5.

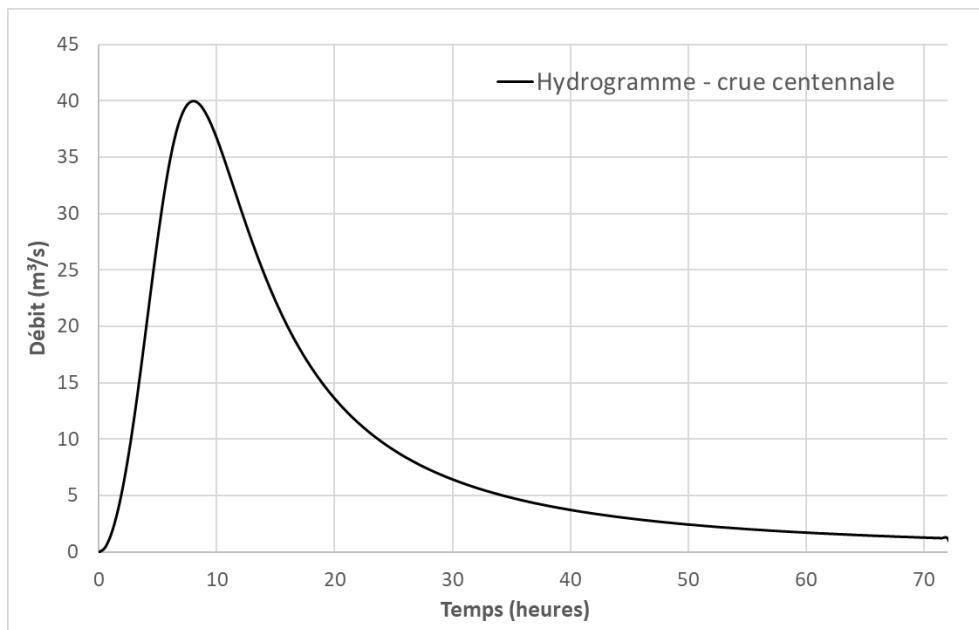


Figure 37 : Hydrogramme d'une crue centennale

A noter qu'un seul scénario de crue est ici défini en vue d'approcher in fine sommairement un ordre de grandeur du volume de charriage. Selon les besoins des autres dossiers, et notamment dans le cadre de l'étude de danger, plusieurs scénarios de crues (courte, longue) pourront être considérés pour afficher davantage le large étendue des incertitudes dans l'appréhension des crues en contexte torrentiel et considérer ces incertitudes dans la détermination d'un niveau de protection.

IV.1.2.a.3 Importance de la pente

La capacité de charriage d'un torrent est dépendante de la pente d'équilibre caractérisant les apports solides. Si la pente du fond du lit est inférieure à celle-ci, la tendance est au dépôt. Inversement, si la pente du lit est supérieure à la pente d'équilibre, le lit pourra s'inciser pour se rapprocher à nouveau de la pente d'équilibre.

Néanmoins, dans ce deuxième cas, l'incision est très souvent « bloquée », au moins localement, par le pavage du fond du lit constitué d'éléments suffisamment grossiers pour assurer une fixation du fond du lit ou, par la présence du rocher.

Les différentes pentes représentatives du charriage sur le Doron retenues, après analyse géomorphologiques, sont les suivantes :

- Pente caractérisant les apports en amont du Laisonnay :
 - Une pente de 4 % pour les apports du vaste bassin versant amont

- Pente susceptible d'être augmentée à 6 % en cas d'apports importants du torrent du Darbesset (affluent rive gauche en amont immédiat du Laisonnay) remobilisés par une crue du Doron
- Pente caractérisant le transport solide au droit du Laisonnay d'en Haut et de la vaste zone de régulation entre les deux hameaux : 2,4 +/-0,2 %

La capacité de charriage sera évaluée sur ces différents secteurs. La différence entre deux secteurs correspond au volume susceptible de se déposer sur le tronçon.

IV.1.2.a.4 Granulométrie

La granulométrie influencera aussi le transport solide : intuitivement, pour une pente de lit et un débit donné, les plus petits éléments seront plus facilement mobilisables.

Trois relevés granulométriques ont été réalisés sur le secteur entre les deux hameaux du Laisonnay. Ils sont localisés sur la figure suivante.



Les importants terrassements après la crue de 2015 faussent la représentativité de la granulométrie observée sur certains secteurs non remaniés naturellement par des écoulements depuis. Aussi, pour traduire au mieux la granulométrie des apports du Doron, les relevés ont été réalisés :

- Soit sur des atterrissements proches du lit mineur, qui ont été remobilisés entre 2015 et 2018 (traces avérées d'écoulement) par des crues courantes (GR1 et GR3);
- Soit sur un dépôt qui n'a pu être terrassé entre des arbres et datant de la crue de 2015 (GR2)

Les courbes granulométriques sont illustrées sur le graphique suivant :

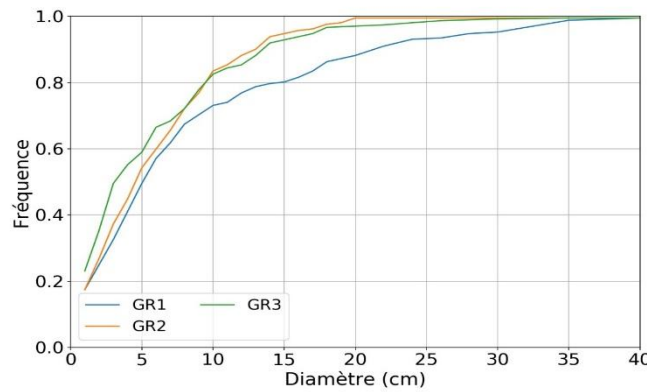


Figure 38 : Analyse granulométrique

Le tableau suivant présente les différents diamètres caractéristiques.

Diamètre	Relevé 1	Relevé 2	Relevé 3	Valeur retenue
d₁₆	0,5 cm	0,5 cm	0,5 cm	0,5 cm
d₃₀	2 cm	2 cm	1,5 cm	2 cm
d₅₀	5 cm	4,5 cm	3 cm	4 cm
d₈₆	17,5 cm	10,5 cm	11,5 cm	12 cm
d₉₀	21,5 cm	12,5 cm	13,5 cm	15 cm
d_{moyen}	8,5 cm	5,9 cm	5,8 cm	6 cm

On peut noter une granulométrie plus grossière sur le secteur le plus en amont, à proximité de la rupture de pente. Elle traduit l'arrêt des plus gros éléments en partie haute. Après ce « premier » tri granulométrique, la granulométrie est plus homogène en aval sur l'ensemble de l'espace de divagation.

Les valeurs retenues sont volontairement proches des deux granulométries les plus fines (GR2 et GR3) car elles maximisent les volumes de charriages et donnent donc des résultats sécuritaires.

IV.1.2.a.5 Choix de la loi de transport solide

Il existe de nombreuses formules de transport solide. Pour un même cas d'étude (hydrogramme, pente et granulométrie si intégrée dans la formulation), les résultats peuvent être très variables. Le charriage est encore un domaine étudié en recherche scientifique. Les incertitudes des estimations présentées sont donc importantes.

La formule de Lefort 1991 est largement pratiquée en hydraulique torrentielle et fait intervenir la granulométrie. Une nouvelle formule de Lefort (2015) donne des estimations plus faibles mais, malgré son côté récent, semble avoir un retour très satisfaisant et est conceptuellement séduisante dans la mesure où, contrairement à celle de 1991, elle prend en compte :

- la largeur de l'écoulement participant au transport solide,
- le rôle du pavage sur le transport solide en considérant deux modes de charriage, l'un partiel pour des faibles débits (charriage « freiné » par le pavage) et l'autre total pour des forts débits.

Elle sera retenue pour l'estimation des apports solides pour un scénario de crue centennale.

IV.1.2.b Résultats

Les résultats pour le scénario centennal défini sont les suivants :

- Apports en amont du Laisonnay :
 - o 26 000 m³ pour une pente à 4 %
 - o 65 000 m³ pour une pente à 6,1 %.
- Capacité selon une pente de 2,2 % au niveau de la principale zone de dépôt : 6 500 m³

Aussi, on retient :

- **Une crue centennale est susceptible d'apporter 30 à 60 000 m³ en amont du Laisonnay d'en haut.**
- **La majeure partie se déposera au niveau du Laisonnay d'en Haut et dans la zone entre les deux hameaux, avec 20 à 50 000 m³ estimé possible pour la crue centennale théorique ici considérée.**

NB : Ces estimations correspondent à celle pour le seul hydrogramme considéré en hypothèse d'entrée. Comme indiqué précédemment, La définition de plusieurs scénarios de crue dans le cadre de l'étude de danger pourra être développée pour encadrer et afficher les fortes incertitudes de ce type d'approche en contexte torrentiel. Cela amènera en toute vraisemblance à des valeurs plus étendues, sans pour autant changer l'ordre de grandeur défini ici dans le cadre de l'AVP, et avec le présent scénario dans l'intervalle.

IV.1.2.c Limites des estimations

L'estimation d'un volume de crue déposé lors d'un évènement reste un exercice délicat, entâché d'une grande incertitude. Généralement, il est obtenu simple intégration de la surface engravée sur une hauteur de dépôt moyenne définie. Le volume déposé lors de la crue du 21 juillet 2015 a été estimé « probablement de l'ordre de 100 000 m³ au niveau du Laisonnay » (cf. rapport RTM du 27/07/2015).

Si l'on considère l'emprise des dépôts sur la seule surface entre le débouché en amont du Laisonnay d'en haut et la zone de divagation entre les deux hameaux (i.e. pas toute la zone atteinte par les débordements en 2015, mais seulement celle où les principaux dépôts se sont produits) et une hauteur moyenne de dépôts entre 1 et 1,5 m, **le volume déposé sur ce seul secteur a été estimé entre 35 et 55 000 m³**. Il est comparable au volume centennal théorique préalablement estimé.

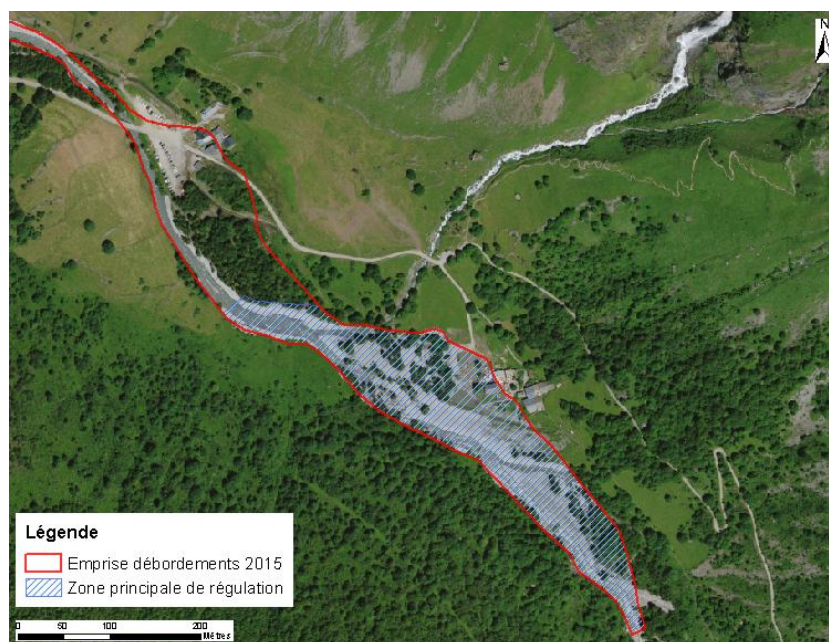


Figure 39 : Estimation approximative des dépôts de 2015 à la première rupture de pente

Aussi, le volume de matériaux déposés en 2015 aurait été de l'ordre de celui attendu pour une crue centennale. Il est pourtant très peu probable que la crue de 2015 ait été centennale en termes de volume d'eau, paramètre influençant grandement le volume charrié. Si tel avait été le cas, de nombreux autres dégâts auraient alors été connus dans la vallée de Bozel.

Aucune comparaison similaire sur le débit maximal instantané ne peut être avancée au regard de la dynamique supposée au niveau du verrou du lac de la Glière (libération brutale de matériaux et/ou d'eau). Le débit n'a en toute vraisemblance pas non plus atteint une valeur centennale théorique qui aurait engendré des débordements au droit du pont de la route départementale (non avéré).

Cette analyse montre les limites de l'estimation des apports solides sur le Doron au droit du Laisonnay, notamment au regard de la dynamique des deux crues historiques. **La crue de 2015, et vraisemblablement celle de 1818, ont engendré un transport solide supérieur à celui qui peut être estimé pour une crue centennale répondant « classiquement » à une sollicitation hydrologique. Ce dépassement est lié à la forte dynamique au niveau du verrou du lac de la Glière.**

IV.1.3 Analyse du fonctionnement hydromorphologique des crues

IV.1.3.a Préambule : méthode d'analyse

L'analyse du profil en long constituera l'élément clé pour comprendre le fonctionnement hydromorphologique du Doron et son comportement en crue au niveau de la zone d'enjeux.

Comme déjà illustré par la crue morphogène de 2015, cette analyse du profil en long va mettre en avant et préciser la tendance au dépôt sur le secteur du Laisonnay du Haut et entre les deux hameaux. Le volume du lit mineur étant limité par rapport aux apports, **le fonctionnement du Doron en crue est celui d'un lit divaguant.**

Les enjeux étant en recul par rapport au lit, y compris après le projet envisagé, c'est bien ce fonctionnement de torrent divaguant qui conditionnera l'aléa au droit des enjeux et des ouvrages de protection.

L'application de modélisation hydraulique pour approcher l'évolution en crue (dépôt/érosion) n'est pour ce cas d'étude pas adaptée :

- Des outils 2D existent mais nécessitent encore d'être testés pour en connaître la fiabilité et les limites en contexte torrentiel. Ce cas resterait vraisemblablement en limite voire hors limite d'applicabilité (divagation importante, forte pente avec 2 à 4 % pour les dépôts.
- Une modélisation 1D pour approcher les premiers débordements du lit mineur n'apporte pas de plus-value à l'analyse. En effet, pour l'intensité des crues « dimensionnantes » (du projet et des analyses EDD), le remplissage du lit mineur (dont le volume est faible par rapport au volume des crues) sera très rapide et, une fois atteint, n'influencera plus le comportement au droit des ouvrages et des enjeux.

Dans ce contexte, nous proposons une analyse du comportement de 3 à 4 scénarios qualitatifs de crues, définis à intensité croissante avec des crues historiques pour repère. Le choix « d'échelonnage » est aussi adapté pour expliquer le fonctionnement et les limites du système d'endiguement dans le cadre des analyses spécifiques à une étude de danger.

L'analyse de l'aléa pour ces différents scénarios sera alors basée sur :

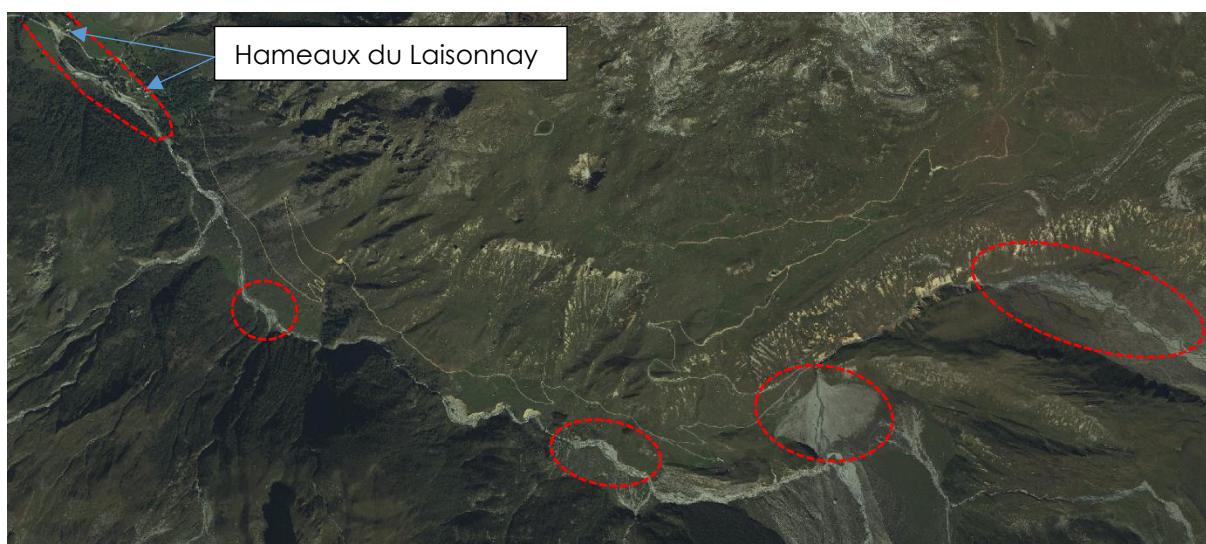
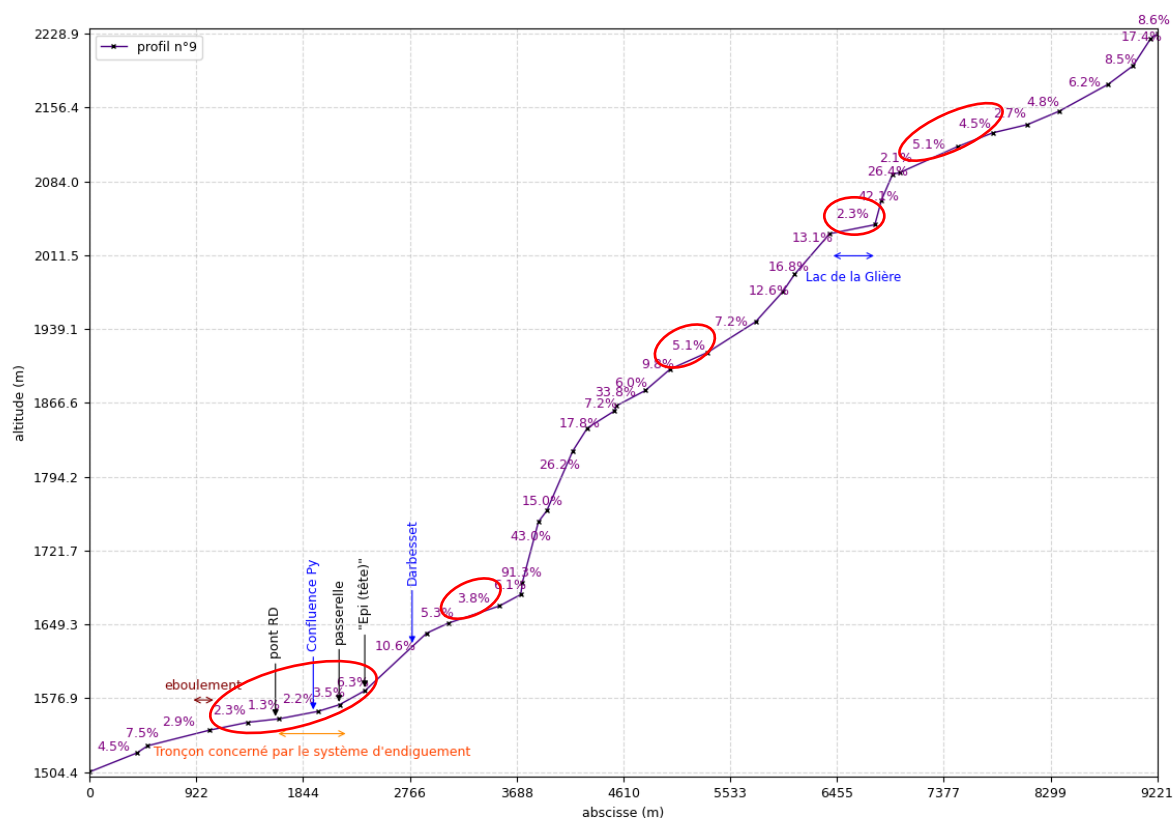
- L'exploitation de données historiques et photos d'évènement, très riche d'enseignement ici.
- Des approches calculatoires ponctuelles pour estimer ponctuellement des grandeurs hydrauliques lorsque le calcul peut être adapté, avec ici :
 - Des estimations de capacité hydraulique d'ouvrage (pont et passerelle)
 - Une approche calculatoire permettant d'approcher les grandeurs caractéristiques (hauteur / largeur) du lit susceptible d'être occupé par le Doron divaguant au cœur d'une zone beaucoup plus large.
- Le dire d'expert

Les 4 scénarios qualitatifs proposés sont présentés dans le tableau ci-après :

Scénario	Détails
Crue courante	Période de retour : 1 à quelques années Grandeurs indicatives : - Débit de quelques m³/s à dizaine de m³/s - Volume susceptible de se déposer dans la zone de régulation : quelques milliers de m³ - Crue pouvant déjà avoir une capacité érosive
Crue moyenne	Période de retour : 10 ans Grandeur indicative : - Débit théorique retenu : 18-20 m³/s - Volume susceptible de se déposer dans la zone de régulation : 15 à 25 000 m³ - Crue ayant également une capacité érosion (y compris au sein d'une zone où la tendance générale est au dépôt).
Crue rare	Période de retour : 100 ans Grandeur indicative : - Débit théorique retenu : 40-45 m³/s - Volume susceptible de se déposer dans la zone de régulation : 20 à 40 000 m³ Crue ayant également une capacité érosion (y compris au sein d'une zone où la tendance générale est au dépôt).
Crue type 2015 ou plus intense	Période de retour (statistique) > 100 ans Grandeur indicative : - Débit : soutenu, non prépondérant sur le comportement de la crue - Volume susceptible de se déposer dans la zone de régulation > 40 000 m³

IV.1.3.b Expertise du fonctionnement du Doron au droit du Laisonnay d'en Haut et entre les deux hameaux, sur la base d'une analyse du profil en long

Profil en long général



Les zones cerclées sur le profil en long sont localisées sur orthophoto. Elles correspondent à des zones alluvionnaires, où le torrent dispose de large espace, non contraint, pour réguler le transport solide en ajustant sa pente en long.

Analyse du PL général

- Les apports solides **de tout le bassin versant en amont du lac de la Glière**, à l'exception de l'axe issu du glacier de l'Epéna (affluent qui arrive face au verrou de contrôle aval du lac de la Glière, coté Sud), sont régulés selon une pente de l'ordre de 2,3 % au droit du lac de la Glière. Une vaste zone alluvionnaire permet déjà, plus en amont, d'engager une importante régulation selon une pente de 4 %. Cette diminution progressive de la pente de dépôt est naturelle (tri granulométrique).
- **Sur le linéaire entre l'aval du lac de la Glière et l'arrivée aux hameaux du Laisonnay**, le Doron reçoit des apports d'affluents latéraux : l'Epenaz dès la sortie du lac de la Glière, puis plusieurs torrents coté rive gauche.

Le Doron présente une succession de zone alluvionnaire, permettant une régulation progressive des apports solide en crue.

Le fait que les pentes d'équilibre des zones alluvionnaires les plus en amont soient supérieures à celle du lac de la Glière s'expliquent par le fait que le Doron reçoit des apports latéraux qui n'ont pas « bénéficié » de la régulation du lac de la Glière, et « débutent » alors leur régulation sur ces tronçons.

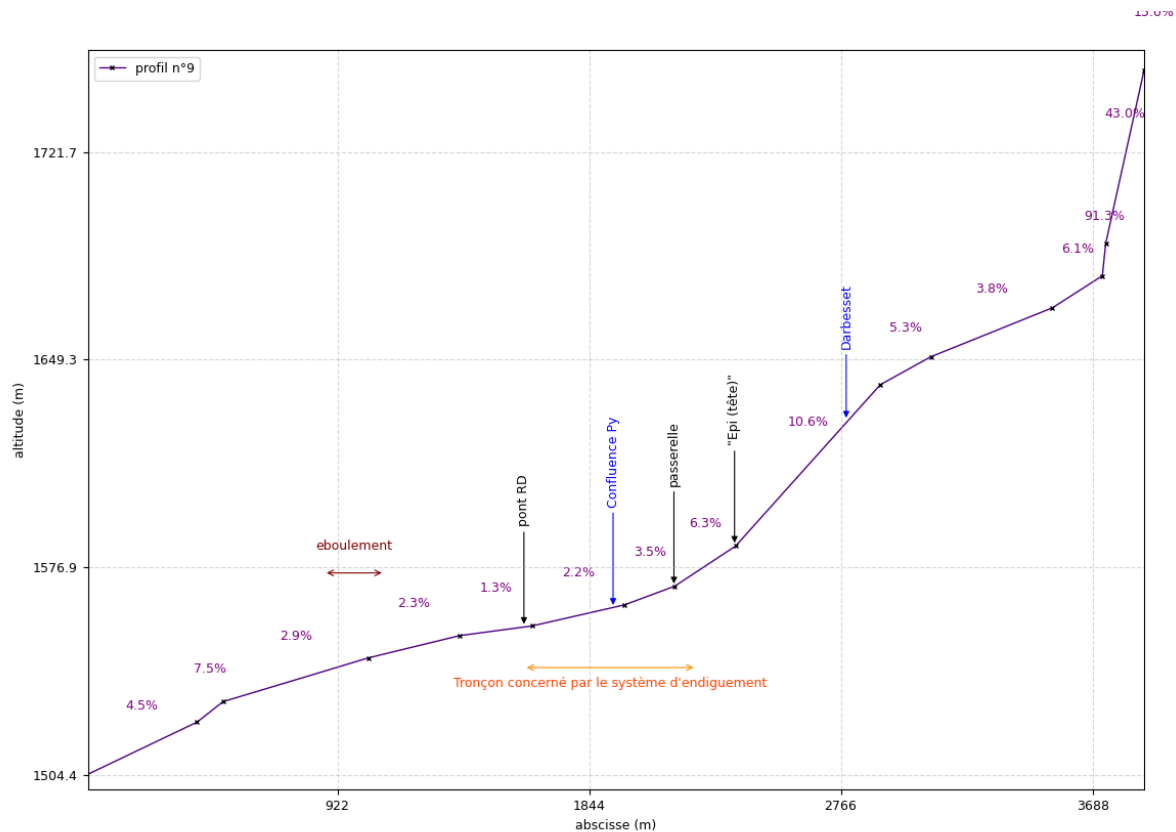
La pente des différentes zones alluvionnaires diminue alors progressivement (5 %, puis environ 4 %).

Entre ces zones alluvionnaires, des tronçons à plus forte pente sont favorables au transit sédimentaire (zone de gorges, aval de zone influencée par des cônes de déjection latéraux).

Aussi, à l'arrivée au niveau du Laisonnay d'en Haut :

- o la pente d'équilibre caractérisant les apports solides du Doron est de l'ordre de 4 %. Cela signifie que si la pente du lit devient inférieure à cette pente d'équilibre, la tendance sera au dépôt de matériaux. A l'inverse, si la pente du lit est supérieure, le torrent érodera le fond pour rétablir un équilibre. Dans les faits, cette érosion se trouve souvent bloquée par le pavage du fond du lit (éléments grossiers le constituant) ou par la présence du rocher.
- o Les matériaux charriés proviennent principalement de l'aval du lac de la Glière (apports des affluents, érosion latérale ou incision du lit). Les matériaux du haut bassin versant ont pu être régulés sur des vastes zones alluvionnaires jusqu'à 2,3% de pente. Pour des pentes à 4 %, les matériaux provenant du haut bassin versant « transite », et vont générer des dépôts pour des pentes inférieures à 2,3%, qu'on retrouvera en aval de la confluence avec le Py, puis plus en aval que le Laisonnay d'en Bas.

Analyse du profil en long rapproché sur la zone d'enjeu (hameaux du Laisonnay)



De manière globale, et comme l'a montré la crue de 2015, la traversée des hameaux du Laisonnay est une zone préférentielle de dépôt et divagations lors des crues morphogènes. Cela s'explique par l'importante réduction de pente qui s'y produit, avec un passage sous les 4 % sous les 3,8 % qui était la pente d'équilibre au niveau de la dernière zone alluvionnaire amont.

La réduction de pente s'effectue en plusieurs temps

- La principale rupture de pente a lieu sur le secteur de l'actuelle passerelle. C'est précisément autour de cet ouvrage que la pente en long passe sous la valeur relevée au niveau de la zone alluvionnaire précédente (sous les 3,8 %)
- ➔ Dès que les crues seront assez soutenues pour générer un charriage notable, il s'agira d'une zone préférentielle de dépôts.
- La pente en long marque une seconde rupture sur la zone de la confluence du Py, où l'espace de divagation est particulièrement large.
- ➔ Pour les crues précédemment qualifiées « d'assez soutenues pour générer un charriage notable », le dépôt vont se poursuivre avec les matériaux les plus fins, un tri granulométrique ayant été amorcé via les premiers dépôts.
- ➔ Pour des crues au débit plus faible, générant un transport solide plus modéré, il pourrait s'agir de la principale zone de régulation. Cela traduirait une pente caractérisant les apports solides de cette crue inférieure à 3,8 %.

- Plus en amont, une première rupture de pente s'opère, là où un premier merlon, sous forme d'épi en lit majeur, avait été réalisé suite à la crue de 2015.

➔ Pour des crues majeures et particulièrement morphogène (type 2015, ou plus intense), des dépôts sur ce secteur favorisant des divagations vers la rive droite restent possibles.

Elles peuvent être liées :

- A des apports solides particulièrement intenses. Lors de fortes crues ou parfois seulement temporairement au cours d'une crue, des pentes plus élevées peuvent caractériser les apports solides.
- A des apports de nature « différentes ». L'hypothèse d'une lave très intense du Darbasset s'étalant jusqu'à ce secteur sur le Doron peut par exemple être émise. Aucun élément historique ne semble indiquer qu'un tel scénario se soit déjà produit, ce qui lui confère une probabilité d'occurrence très réduite.
- A des dépôts importants en aval, comblant totalement le lit et favorisant une régression des dépôts.

En 2015, des premiers débordements s'étaient produits sur ce secteur. Une ortho photo de 1948 semble aussi indiquer des traces de débordements vers la rive droite.

➔ Pour des crues moins intenses, y compris celles précédemment qualifiées de « soutenues à fort charriage », la tendance doit rester au transit sédimentaire, avec une probabilité réduite de divagation.

IV.1.3.c Fonctionnement du Doron au droit du Laisonnay d'en Bas

Divagation depuis l'amont

Au droit du Laisonnay d'en Bas, le niveau du fond du lit est depuis 2015 à hauteur du lit majeur (parking et hameau), voire localement plus haut.

Le tracé du lit est maintenu par une digue en bordure du parking (pré-existante avant la crue de 2015), puis en amont par un merlon de curage issus des travaux post crue 2015.

En lit majeur, notons également un merlon en second rideau, de faible hauteur. Il a pour principal objectif de dévier les eaux de ruissellement (et remontée de nappe) vers un regard pluvial. Il peut influencer le parcours des écoulements de faible intensité en cas de débordement.

Ces différents ouvrages anthropiques influencent le fonctionnement du Doron... tant que les ouvrages restent fonctionnels.

Le hameau du Laisonnay d'en Bas peut être atteint :

- Par les éventuels débordements au droit du hameau (tronçon endigué)
- Mais également pas des débordements et divagations depuis l'amont, depuis la zone d'étalement entre les deux hameaux.

Les débordements connus, y compris lors de la crue de 2015, sont restés d'intensité assez faible : écoulement boueux sur des hauteurs d'écoulement réduite (hors éventuelle zone d'accumulation en point bas).

Cf. photos en Figure 23 par exemple.

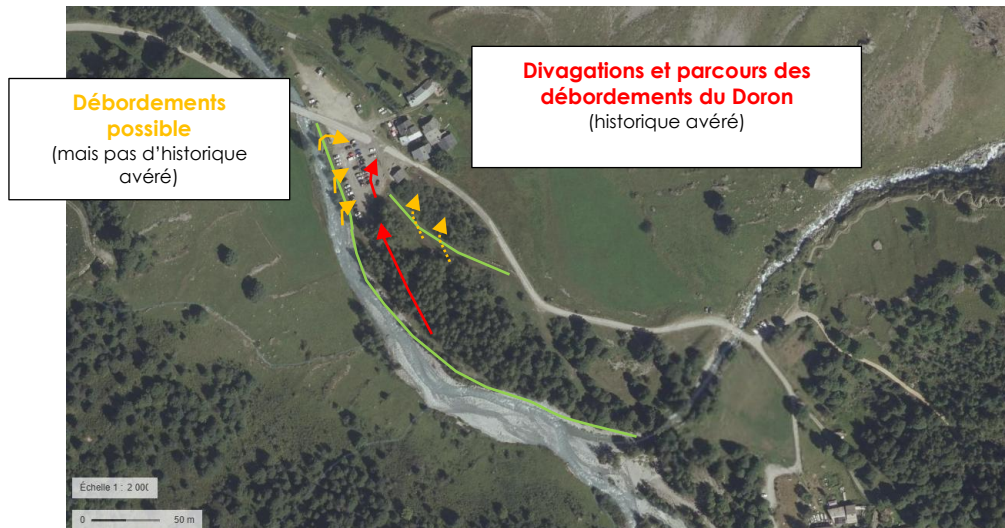


Figure 40 : Possibilités d'atteinte du hameau du Laisonnay d'en Bas

Evolution du lit au droit du parking et du pont

Lors de la crue de 2015, le fond du lit de la zone alluvionnaire du Laisonnay d'en Bas (qui se prolonge jusqu'à la zone de l'éboulement des années 70) s'est engravé dans des proportions non quantifiées, probablement pluri-décimétrique (l'engravement génère un effet d'élargissement des zones alluvionnaires identifiable sur les orthophotos : cf. paragraphe II.2.4).

Le lit tirant d'air sous le pont départemental étant réduit, des évolutions mineures (ex : engravement de quelques décimètres) pourraient influencer de façon notable l'appréhension d'une probabilité d'occurrence de débordements sur ce secteur.

En 2015, l'engravement est remonté jusqu'au droit du Laisonnay, mais dans des proportions suffisamment modérées pour ne pas générer le débordement du pont.

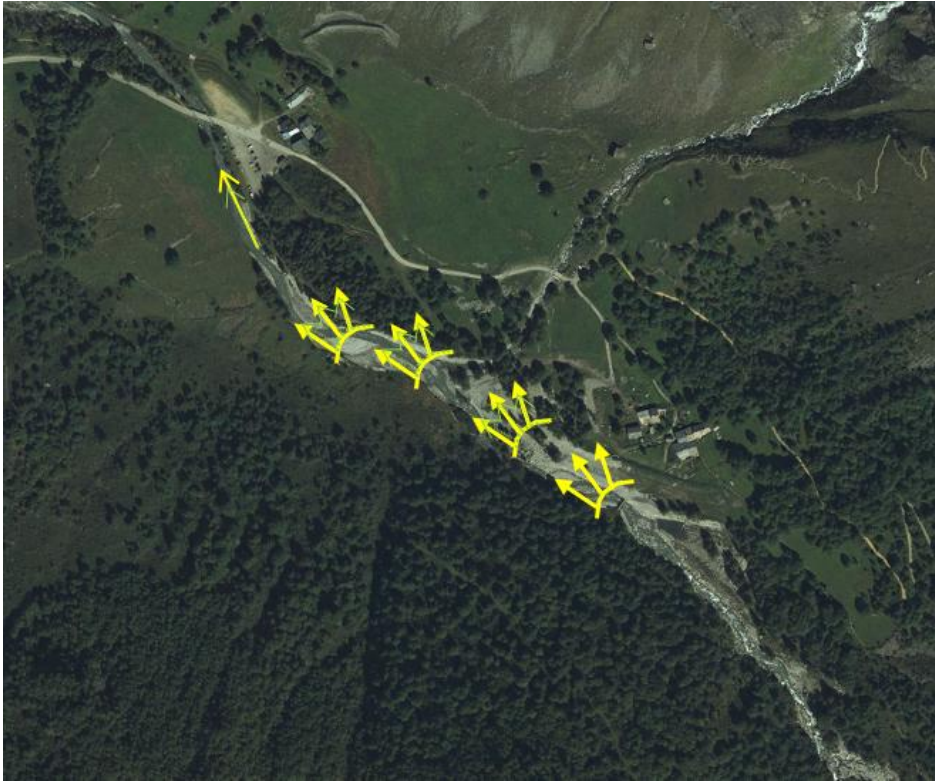
Au niveau de la digue du parking, **des analyses plus détaillées seront menées dans le cadre de l'étude de danger, pour chercher à objectiver si les évolutions relèvent d'une respiration du cours d'eau, ou s'il y a une réelle tendance d'évolution**, qui serait le cas échéant assez lente (pas de débordement depuis 2015, malgré une revanche très limitée).

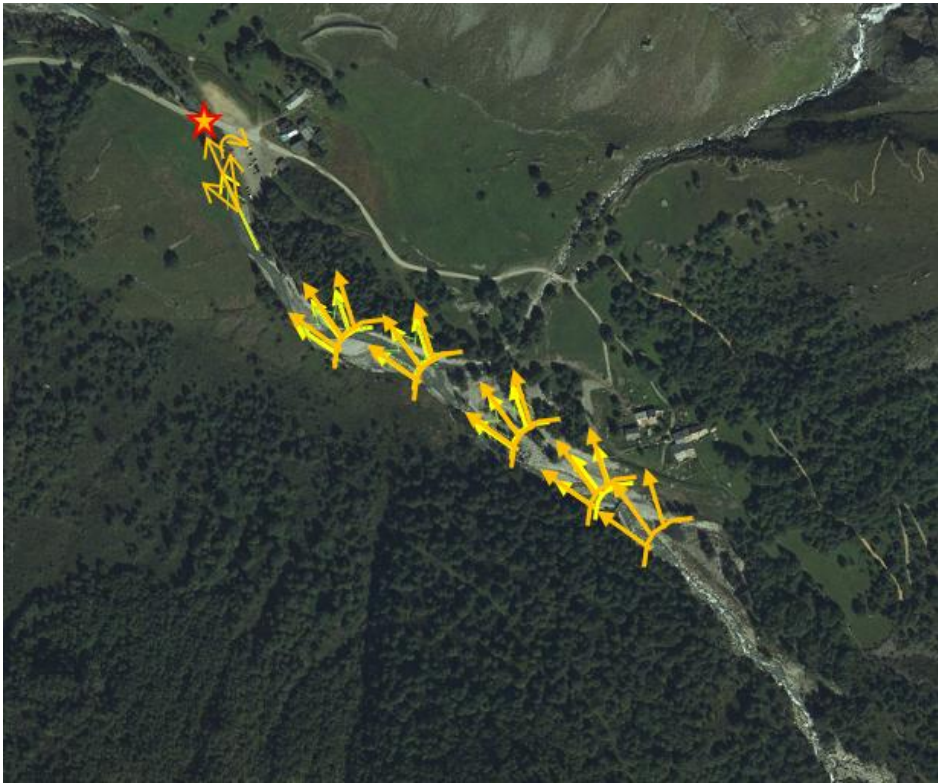
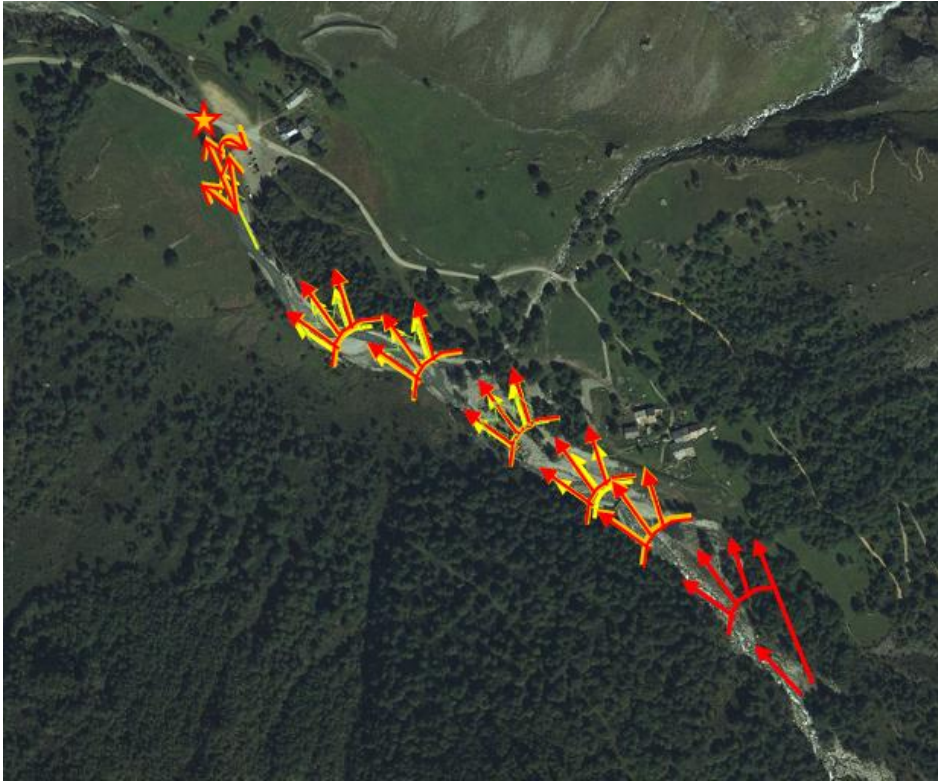
Au stade de l'AVP, cette incertitude :

- n'a pas d'influence sur l'aménagement proposé et le dimensionnement, pour les deux raisons suivantes :
 - o Cela ne serait pas de nature à déplacer un ouvrage, ici géographiquement contraint (Doron en bordure du parking) ;
 - o Une tendance à l'engravement rendrait des débordements plus probables, mais n'aurait pas été « compensée » ici par des choix de dimensionnement d'une digue plus haute. Le point de débordement limitant resterait le pont et une réhausse de digue n'augmenterait pas le niveau de protection au droit des enjeux.
- Peut influencer les éventuels besoins d'entretien ultérieurs (curage si tendance à l'engravement), qui seront développés dans le cadre de l'étude de danger.

IV.1.3.d Synthèse schématique du comportement des crues

Cf. tableau en page suivante

Scénario de crue	Illustration (schématique) des zones de divagation	Caractérisation	Risque au Laisonnay d'en Bas	Risque au Laisonnay d'en Bas	Comparaison à des crues connues
Crue courante		Débits modérés Pente caractérisant les apports solides de l'ordre de 3 % Dépôts sur les pentes les plus faibles, en aval de la passerelle et sur la zone entre les deux hameaux.	Atteinte possible (parking et hameau) par des écoulements de faible intensité depuis divagation amont. NB : L'absence de débordements avérés ces dernières années a nécessité des interventions répétées de réparation de merlon pour maintenir un Doron contraint.	Pas d'atteinte des enjeux	Crue de fonte annuelle Juin 2024
Crue moyenne		Débits soutenus Pente caractérisant les apports solides pouvant atteindre 4% Dépôts dès la première rupture de pente (amont passerelle) et se poursuivant en aval.	Atteinte possible (parking et hameau) par divagation amont voire changement du lit. L'intensité peut rester réduite, sauf en cas de changement total de lit. NB : même remarque, l'absence d'historique depuis 2015 a été conditionné par des interventions répétées sur les merlons.	Atteinte peu probable des enjeux habités, en retrait, ou d'intensité réduite si atteints (refuge)	Septembre 2024

Crue rare		Débits forts Pente caractérisant les apports solides pouvant dépasser 4% Dépôts dès la première rupture de pente avec régression des dépôts qui s'accumulent, favorisant des divagations plus en amont. Obstruction / mise en charge du pont départemental possible	Enjeux atteints par débordement au niveau du pont départemental et en amont immédiat. La dynamique des écoulements est faible au niveau du bati mais possible accumulation d'eau en point bas. Des divagations depuis l'amont peuvent atteindre les enjeux (parking, bati), avec des intensités potentiellement accrues si changement de lit.	Atteinte possible par des divagations depuis l'amont. L'intensité peut être forte.	Proche de la crue de 2015 avec : - Des similitudes fortes - Des possibilités qui ne sont pas produite en 2015 (obstruction du pont) - Des comportements connus en 2015 relevant d'une probabilité plus faible.
Crue type 2015 ou plus intense		Crue plus intense que la précédente. L'obstruction du pont devient certaine. Des divagations peuvent se produire depuis la sortie des gorges (au droit de l'épi), en lien avec des apports solides remarquables.	Enjeux atteints par débordement au niveau du pont départemental et en amont immédiat. La dynamique des écoulements est faible au niveau du bâti mais possible accumulation d'eau en point bas. Des divagations depuis l'amont peuvent atteindre les enjeux (parking, bâti), avec des intensités potentiellement accrues si changement de lit.	Atteinte possible par des divagations depuis l'amont. L'intensité peut être forte.	Crue de type 2015 ou supérieure.

IV.1.4 Conditions d'écoulement en crue « quantifiées »

Fonctionnement géomorphologique

Le fonctionnement est celui d'un lit divaguant, à l'exception du tronçon au Laisonnay d'en bas, là où il est chenalisé pour longer le parking et passer sous la route départementale. Tant que la vallée est large, le Doron ne va pas à chaque instant de la crue, occuper toute la largeur. Il va s'établir un lit qui va connaître des mobilités en crue et qui pourra balayer aléatoirement l'ensemble de la largeur disponible.

Ce chapitre présente une estimation des dimensions (hauteur et largeur) probables que le lit sera capable de prendre en crue.

Hauteur d'écoulement

Par retour d'expérience sur de nombreux torrents et rivières torrentielles, il ressort que le rapport largeur du lit sur la hauteur d'écoulement est un bon indicateur du fonctionnement géomorphologique. Une rivière torrentielle à l'équilibre a généralement un rapport L/H compris entre 15 et 40. Au-delà d'un rapport L/h de l'ordre de 15, l'écoulement peut se répartir en un ou plusieurs bras mobiles et évolutifs au cours d'un évènement. A chaque instant, la rivière torrentielle n'utilise pas tout son espace de mobilité qui lui est offert.

Le rapport L/h pour les débits de référence du Doron a été évalué en faisant l'hypothèse d'un écoulement en régime critique. Les résultats sont les suivants :

- Crue centennale : pour un rapport L/h entre 15 et 40, la largeur « optimale » du lit est entre 13 et 25 m. La hauteur d'écoulement est alors estimée entre 0,6 et 0,9 m ; la hauteur de charge entre 0,9 et 1,4 m.
- Crue décennale : pour un rapport L/h entre 15 et 40, la largeur « optimale » du lit est entre 10 et 18 m. La hauteur d'écoulement est alors estimée entre 0,5 et 0,7 m ; la hauteur de charge entre 0,7 et 1,0 m.

NB : on retrouve une cohérence avec le tronçon chenalisé au droit du Laisonnay d'en Bas, où la largeur passe sous les 10 m.

Niveau d'écoulement

Compte tenu des importants apports solides possibles et du fonctionnement géomorphologique du Doron sur le secteur du Laisonnay, la hauteur d'engravement du lit, évolutive au cours de la crue, reste prépondérante pour le niveau d'écoulement atteint devant la seule composante liquide (« hauteur d'eau »).

IV.2 Fonctionnement hydro-géomorphologique des crues du Py

Caractérisation générale du bassin versant et des apports

Le torrent du Py draine un bassin versant de 11,3 km², de forme allongée, prenant sa source côté Sud du Sommet de Bellecote, alimenté par la fonte des glaciers du Cul du Nant et du Midi de Bellecote, occupant une surface devenue très réduite en sommet de bassin versant.

En aval, les terrains sont morainiques et contribuent aux apports solides des crues du Py. Le long du Py, des affluents alimentent également en matériaux solides les crues du Py, avec notamment les ravines sous la pointe des Chardes coté rive droite, et les « couloirs du Mollard » coté rive gauche. Ce sont ces dernières qui auraient alimentées la crue de 2025.

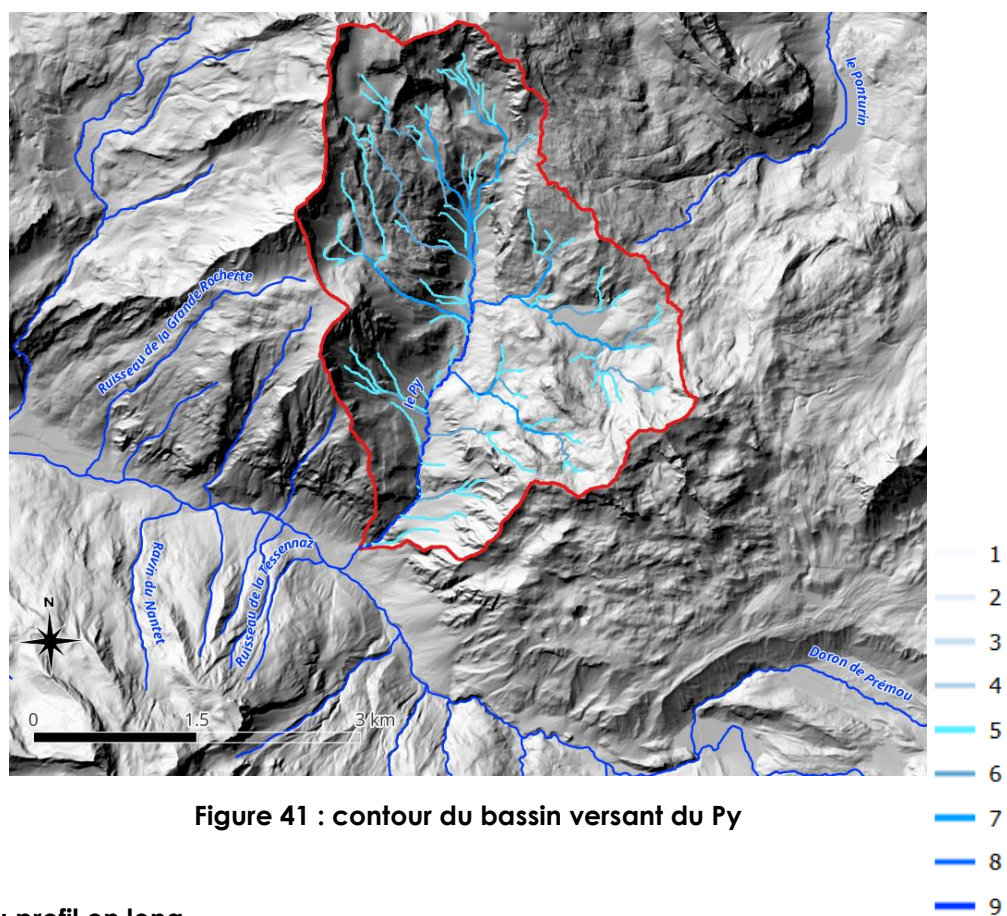


Figure 41 : contour du bassin versant du Py

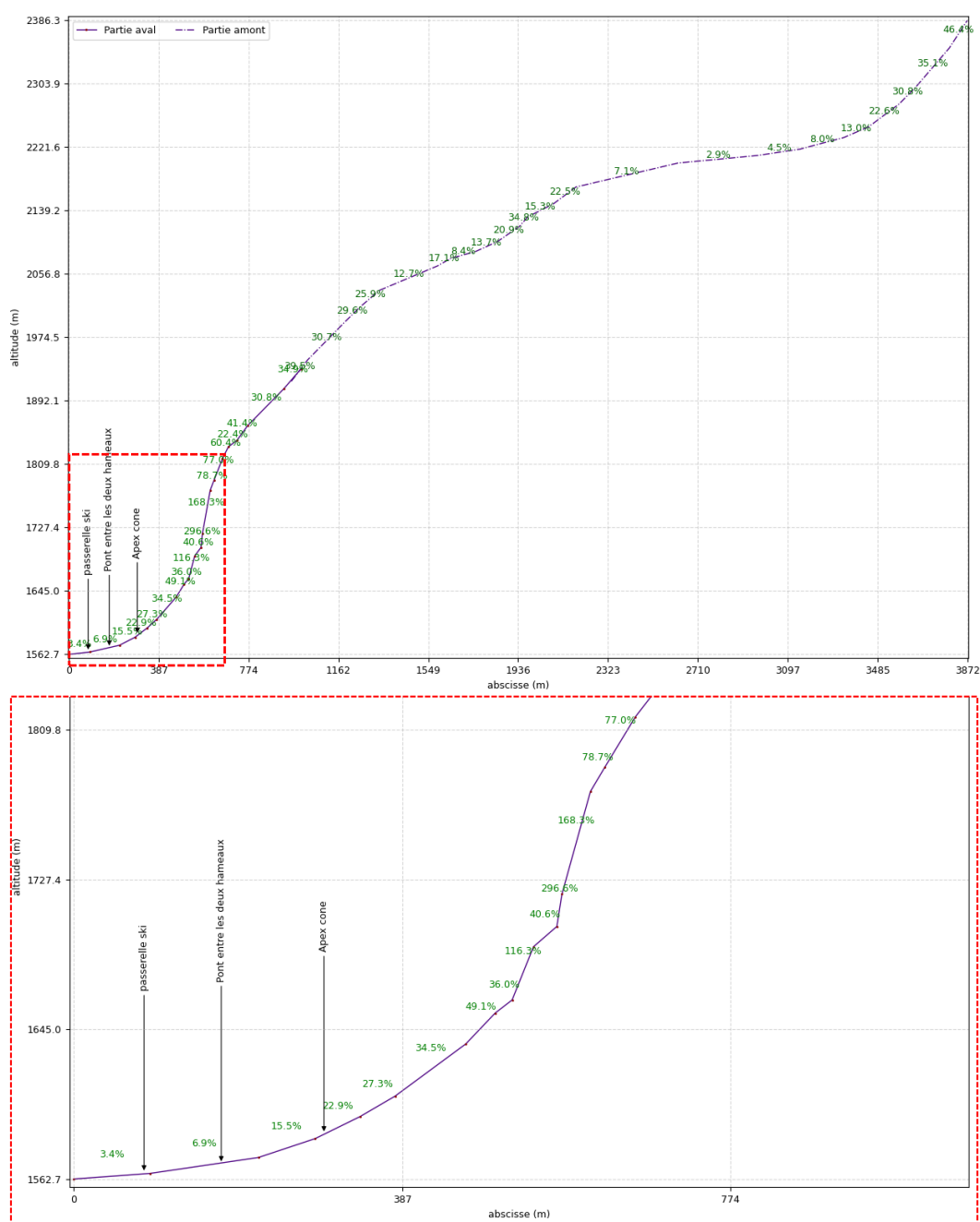
Analyse du profil en long

L'analyse du profil en long permet de mettre en évidence les points suivants concernant le fonctionnement hydro géomorphologique du torrent :

- La vaste zone de replat alluvionnaire en amont du refuge de Plaisance vers 2200 m d'altitude permet une importante régulation du transport solide avec une pente de l'ordre de 3 % caractérisant le transport solide au débouché de cette zone. La pente restant supérieure à 3% jusqu'à la confluence du Doron, l'essentiel des matériaux solides provenant du haut bassin versant peut théoriquement transiter jusqu'au Doron. Ces matériaux ne participent pas ou peu à la tendance à l'engravement en crue au niveau du pont reliant les deux hameaux.
- Les affluents pourvoyeurs de matériaux solides qui rejoignent le Py plus en aval ne bénéficient pas de zone de replat pour leur régulation. La régulation s'opérera sur la

traversée du cône de déjection ; ces apports participent activement à la tendance à l'engravement observée en crue autour du pont reliant les deux hameaux.

- Après la cascade du Py, le torrent débouche sur son cône de déjection, avec une diminution progressive de la pente en long :
 - A l'apex du cône de déjection, la pente reste encore soutenue (22 % puis 15 %), favorable au transit sédimentaire. Des dépôts sur ce secteur relèveraient de crues très rares ; ils n'ont jamais été observé à la lecture de l'historique des crues.
 - A l'approche du pont routier entre les deux hameaux, la pente chute de 15 % à 6-7 %, ce qui peut favoriser les dépôts en cas de fort charriage. La présence de l'ouvrage, en cas d'obstruction, peut d'autant plus accentuer ce comportement.
 - La diminution de la pente se poursuit jusqu'à la confluence avec le Doron autour des 3 %. Des dépôts sont très probables sur cette partie terminale.



Fonctionnement du Py en crue

L'expertise du fonctionnement hydraulique en crue couple une approche géomorphologique et l'analyse de l'historique. Aucun calcul hydrologique et hydraulique n'a été nécessaire pour les besoins de l'avant-projet.

Les crues du Py, au débouché sur le cône de déjection, se produisent sous forme de charriage. L'éventualité d'une crue sous forme de lave torrentielle (notamment se propageant depuis les ravines affluentes les plus en aval) n'est pas écartée en première approche, mais relèverait d'un phénomène très rare en considérant l'absence d'une telle crue dans l'historique des événements connus.

En termes de comportement :

- Un engravement du lit jusqu'à débordement sur la partie supérieure du cône de déjection relèverait de crues très rares. Il n'y a pas d'historique avéré d'un tel comportement.
- En amont du pont séparant les deux hameaux, sur un tronçon allant jusqu'à 30-40 mètres, l'engravement réduit la capacité du lit et favorise les débordements. Le risque de blocage du pont contribue à augmenter ces probabilités de débordements. Au regard de l'historique, on est ici sur des phénomènes qui ont pu être observés tous les 10-20 ans ces dernières décennies.

Les débordements se produisent sur les deux rives :

- o Coté rive gauche, comme l'ont montré les crues de 2016 et 2025, les écoulements et matériaux se répandent sur les terrains en berges, peuvent suivre la route et se déverser en contrebas. La probabilité d'atteindre alors le secteur bâti (refuge) est très limitée et les écoulements auraient une faible intensité.
- o Coté rive droite, les écoulements et dépôts se répandant sur les terrains en amont et en aval de la route.

Une partie des débordements peut atteindre le secteur habité du Laisonnay d'en bas :

- En restant bloquée coté amont de la route et guidés jusqu'à inonder le Laisonnay d'en bas par l'arrière
 - En suivant la route
 - En s'écoulant au travers la plaine du Doron (sans pouvoir s'y déverser en raison d'un blocage par un merlon de 2015) jusqu'au parking du Laisonnay d'en Bas puis écoulement/ruissellement jusqu'au point bas situé au niveau de la zone bâtie.
- Toujours en amont du pont, à environ 80 m de ce dernier, soit à la limite entre les 2 secteurs évoqués au travers des 2 points précédents, un point de faiblesse est identifié en berge et pourrait favoriser des débordements qui seraient alors de suivre un « chenal » topographique jusqu'au Laisonnay d'en Haut.

Au regard de l'historique, qui ne fait pas mention de tel scénario avéré par le passé, on serait sur une période de retour de plusieurs décennies au moins. La revanche en 2025 était toutefois limitée.

- En aval du pont, un engravement du lit réduit la capacité du lit jusqu'à pouvoir générer des débordements là où les hauteurs de berges sont réduites. Ce comportement est possible :
 - o Pour des crues de période de retour de quelques années, avec seulement cette partie aval concernée
 - o Pour des crues de période de retour 10-20 ans, dans la continuité du comportement de la crue en amont du pont.

Aucun enjeu n'est situé à proximité. Les enjeux plus éloignés (LdB) sont déjà concernés par les débordements plus en amont.

Aussi, les débordements susceptibles d'atteindre des enjeux sont ceux qui ont été observés tous les 10 - 20 ans pour des crues au comportement très similaire.

Dans l'intervalle entre les crues de période de retour entre 10-20 ans (celles pour lesquelles des débordements se produisent et peuvent atteindre des enjeux) et celles très rares pour lesquels un contournement en sommet du cône de déjection ne serait pas écarté, le niveau d'intensité va faire varier le volume charrié et le débit qui se répandant de part et d'autre du torrent. En revanche, les conséquences au niveau des enjeux assez éloignés restent similaires, avec des écoulements de faible intensité, hormis les accumulations possibles en point bas.

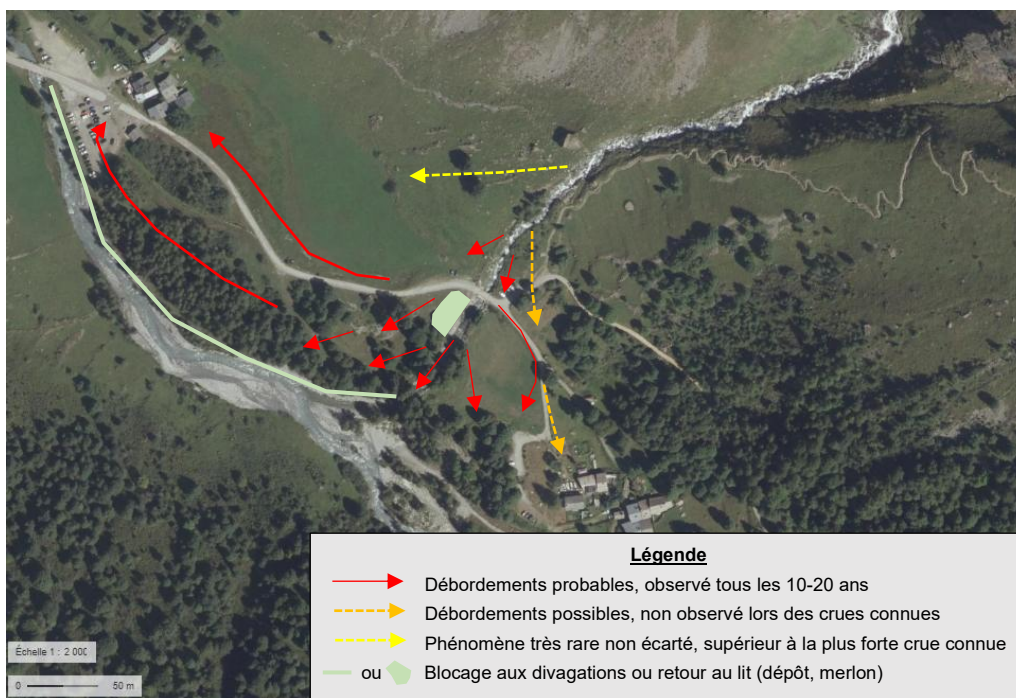


Figure 42 : analyse des risques de débordements du Py



Figure 43 : Pont sur le Py et lit engravé à faible pente à l'aval (débordements possibles en rouge)



Figure 44 : Point bas en rive gauche et risque de débordements vers le Laisonnay d'en Haut en amont du pont du Py

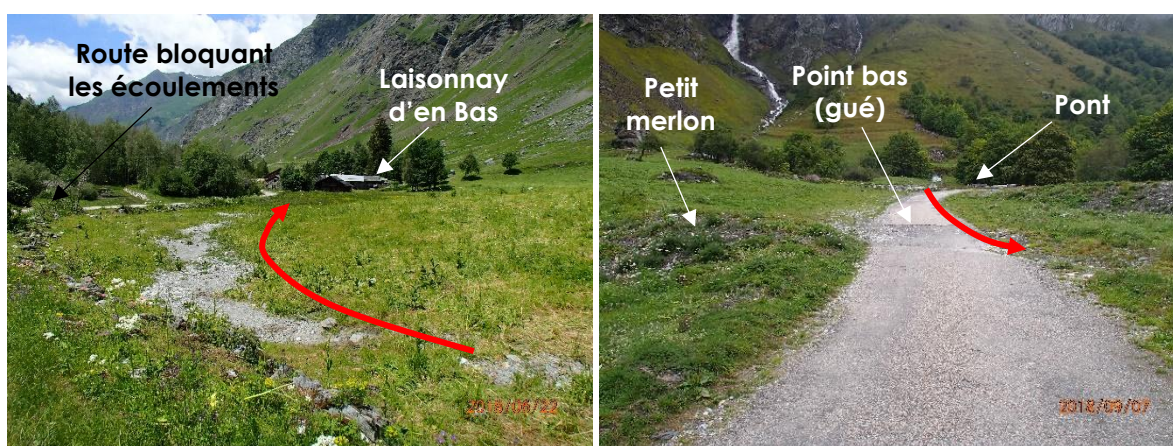


Figure 45 : Traces des débordements de 2016 bloqués coté droit de la route atteignant le hameau (à gauche) - aménagement rustique de protection réalisé depuis 2016 (à droite)

V Etat des lieux de la protection actuelle contre les inondations, identification des problématiques et objectif de l'opération

V.1 Protection contre les crues du Doron

V.1.1 Préambule : historique

Modifications du site liées à la crue de 2015 et aux travaux d'urgence

La crue de 2015 a charrié une quantité remarquable de matériaux solides d'au moins plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes, qui a entraîné d'importants dépôts (comblement total du lit et dépôts en lit majeur), des divagations du Doron et l'atteinte des enjeux en rive droite.

Des opérations d'urgence ont été réalisées par la commune pour rétablir un lit mineur au Doron. Les matériaux de curage ont tous été déposés en cordons de matériaux en rive droite. Ce positionnement des merlons induit une protection du hameau du Laisonnay d'en Haut, quand bien même il ne s'agit pas de leur objectif initial et qu'ils n'ont fait l'objet d'aucun dimensionnement.

Ces merlons de curage présentent sans ambiguïté un faciès de digues. Ils participent à la protection des enjeux depuis 2015 bien que le fonctionnement hydraulique ne soit pas toujours idéal (de part par exemple des implantations très proches du lit, contraignant les possibilités du Doron à divaguer), et bien qu'ils aient déjà montrés des limites structurelles en étant dégradés par érosion à l'occasion de crues courantes (fonte ou orage non exceptionnel), nécessitant alors des interventions en urgences.

Ces interventions en urgence se sont limitées à des travaux de remodelage de dépôt dans le lit, et des réparations de tronçons érodés avec protections locales en enrochements. Elles n'ont pas conduit à des modifications de l'implantation générales des merlons de 2015 ni à des modifications de leur géométrie. Les améliorations de la protection sont restées en attente du présent projet de mise en œuvre d'un système d'endiguement global.

La crue de 2015 particulièrement morphogène et les travaux d'urgence ont significativement modifié le paysage et conduit à la mise en œuvre des merlons jouant un rôle de protection contre les crues du Doron. Peu d'éléments ou photos suffisamment précises permettent de caractériser l'état du site avant la crue. → **Aussi, l'état post-crue 2015 est considéré comme l'état initial avant-projet.**

Avant 2015

Toutefois, à l'observation des photos aériennes au fil du temps, disponible sur le site de l'IGN, avant 2015, le site a évolué au fil du temps avec :

- La création de la route départementale et d'un nouveau franchissement au début des années 70. L'ancien pont ou passerelle a perduré jusqu'à la fin des années 80, sans savoir si sa destruction est liée à une crue ou non. Les photos ci-dessous datent de 1947 à gauche avec un franchissement perpendiculaire au Doron, et de 1971 à droite avec le nouveau franchissement selon le tracé actuel de la route départementale.

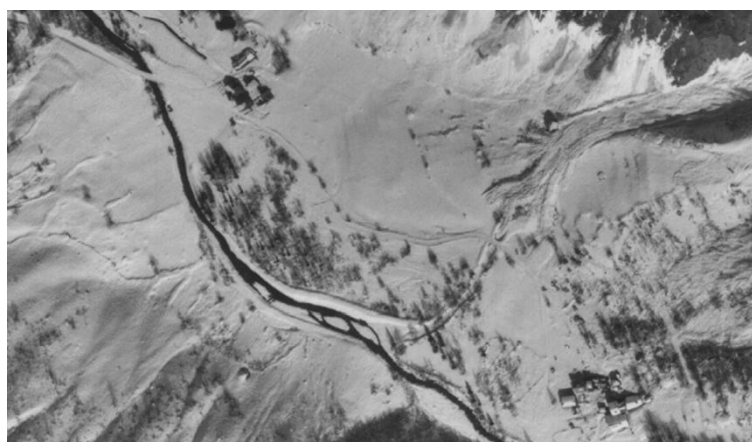


Figure 46 : photos de 1947 à gauche et 1971 à droite

- L'aménagement du parking du Laisonnay dans les années 70, après mise l'aménagement de la route départementale qui a libéré un espace supplémentaire pour le parking. La digue entre le parking et le Doron doit dater de cette époque. La photo suivante date de 1978, avec le parking aménagé et l'ancien franchissement encore existant.



- Des remodelages du Doron, avec déjà des possibles mises en œuvre de digue pour contrôler l'espace de divagation du Doron. La photo suivante date de 1990, avec un modelé de la berge rive droite.



V.1.2 Ouvrages du Laisonnay d'en Haut



Figure 47 : Ouvrages existants au Laisonnay d'en haut

D'amont vers l'aval :

- Merlon O1 : ce premier merlon se situe environ 250 en amont du Laisonnay d'en Haut et permet de rediriger les écoulements vers la rive gauche et donc limiter les divagations en rive droite. Il joue plutôt un rôle d'épi mais ne constitue pas une protection du Laisonnay d'en haut dans la mesure où les écoulements redirigés par l'épi auraient, en aval et en l'absence d'autre ouvrage, toute liberté à atteindre le hameau. D'un point de vue structurel, il a été réalisé avec des matériaux de curage et est déjà sujet à érosion sur sa partie aval proche du Doron. En l'état, sa pérennité ne peut pas être garantie.

En amont rive droite du merlon, les terrains rencontrés sur la terrasse (anciens dépôts et gros blocs) témoignent d'anciens débordements probablement lors d'une crue majeure du Doron (1818 ? cf. historique des crues au chapitre suivant) ou possiblement lors d'une lave majeure du ruisseau du Darbasset affluent rive gauche en amont ?)



Figure 48 : Ouvrage O1

- Merlon O2 : le deuxième merlon se situe en amont de la passerelle piétonne et est parallèle au Doron sur sa rive droite. Il contraint le Doron sur sa seule rive gauche alors

que le torrent aurait naturellement tendance à divaguer. Cela favorise alors la remobilisation de matériaux dans un lit trop étroit et l'érosion du merlon lui-même. De plus la réduction de la largeur du lit empêche les phénomènes de dépôt et donc de régulation du transport solide. Le transit des matériaux vers l'aval est donc favorisé et ces apports non régulés participent alors à l'engravement du lit à l'aval au droit du hameau, non souhaitable vis-à-vis de la protection des habitations. Une érosion du merlon est déjà observée. En l'état, sa pérennité ne peut pas être garantie.

Aussi, si cet ouvrage a permis en urgence de redonner une section au Doron, il n'apparaît pas pertinent sur le long terme vis-à-vis de la protection des enjeux et du fonctionnement géomorphologique du Doron.



Figure 49 : Ouvrage O2

- Merlon O3 : un troisième merlon accompagne les eaux d'un petit affluent rive droite, assure ensuite l'assise de la passerelle piétonne (tronçon O3a) et suit enfin l'ancien tracé de la berge rive droite du Doron (tronçon O3b).

Le tronçon O3a était déjà existant avant la crue de 2015 et a été épaissi avec des matériaux de curage. Il ne joue pas un rôle direct de protection du hameau du Laisonnay d'en Haut. Toutefois, il présente deux avantages : i) il guide les écoulements du petit affluent vers le versant rive gauche, voire du Doron tant que l'engravement est limité, et permet donc de ne pas solliciter en permanence l'ouvrage O4, principale protection du Laisonnay d'en Haut ; ii) bien que ne pouvant pas être considéré en l'état comme digue de protection, il constitue un premier écran aux écoulements et apporte, selon la communauté de communes, un sentiment de sécurité supplémentaire au niveau du hameau. En l'état, l'ouvrage peut être sujet à érosion.

Le tronçon O3b contraint considérablement le lit du Doron, contraction non souhaitable sur ce secteur où le torrent a naturellement tendance à divaguer (cf. analyse de l'ouvrage O2). D'un point de vue structurel, l'ouvrage est uniquement constitué de matériaux de curage et déjà sujet à érosion. Aussi, si ce tronçon d'ouvrage a permis en urgence de redonner une section au Doron et de protéger le hameau, il n'apparaît pas pertinent sur le long terme vis-à-vis de la protection des enjeux et du fonctionnement géomorphologique du Doron.

La passerelle se retrouve quant à elle au cœur d'un espace de divagation.

- Merlon O4 : un quatrième merlon situé au plus près du hameau permet, en cas de divagation, de rediriger les écoulements vers le Doron en aval. Il est raccordé au versant pour limiter les risques de contournement.

Son intérêt vis-à-vis de la protection du Laisonnay d'en Haut est donc indéniable. Il constitue donc la principale protection du hameau.

L'ouvrage a une longueur d'environ 120 mètres, une hauteur de 2 à 3 m et une largeur en crête de l'ordre de 3 mètres, mais plus réduite au niveau du raccordement au versant.



En septembre 2024, l'extrémité aval du merlon a été érodé (après brèche du merlon en premier rideau : O3b). Des travaux de confortement ont alors été réalisés, avec mise en œuvre d'un enrochement en pied d'ouvrage sur une vingtaine de mètres.



Figure 50 : protection de l'extrémité aval du merlon O4 (source : APTV)

V.1.3 Ouvrages du Laisonnay d'en Bas

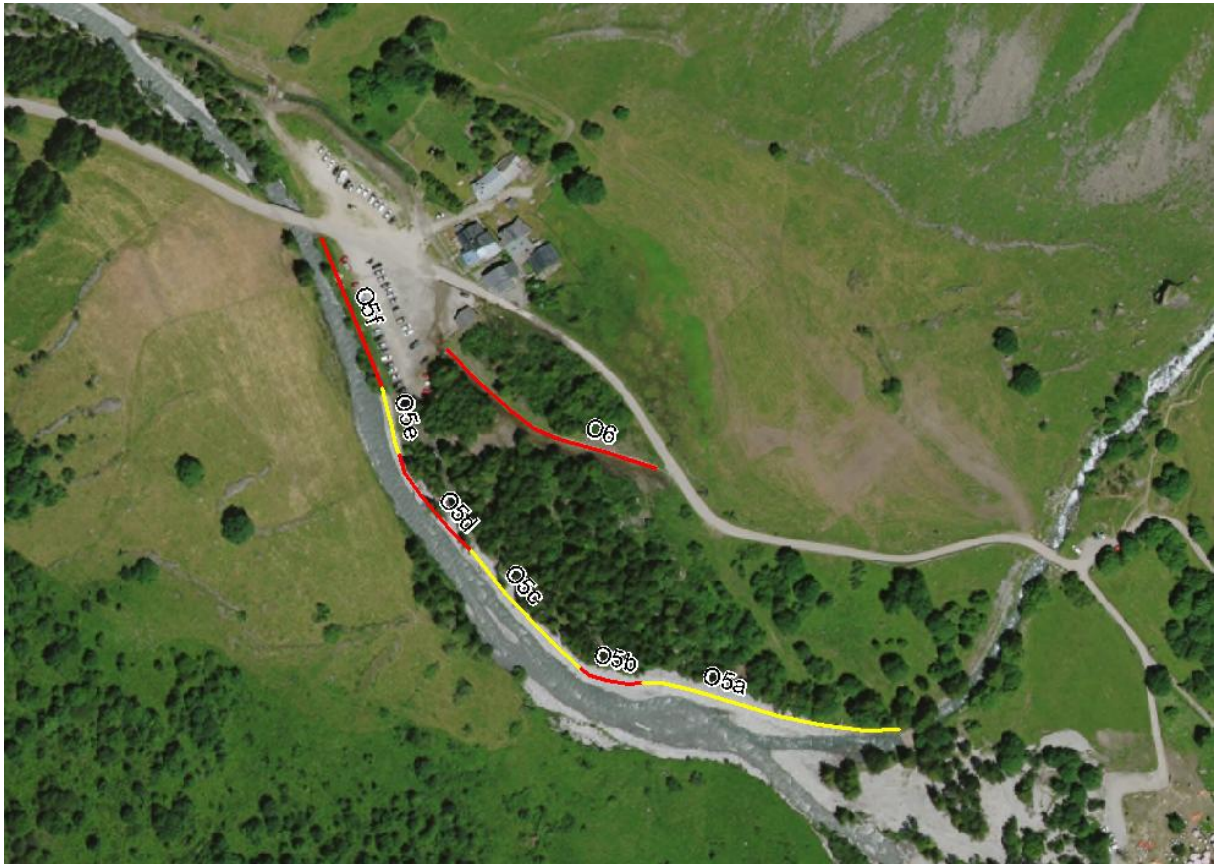


Figure 51 : Ouvrages existants au Laisonnay d'en bas

D'amont vers l'aval, on trouve :

- Merlon O5 : il s'agit d'un long merlon en rive droite du Doron continu sur environ 350 m de longueur, suivant le tracé de la berge du torrent avant la crue de 2015, depuis la confluence avec le Py jusqu'au pont de la route départementale. Il évite les divagations vers la rive droite susceptibles d'atteindre le parking et les habitations.

Ce merlon, peut être divisé en 5 tronçons :

- o Tronçon O5 a : il est exclusivement constitué de matériaux de curage de la crue de 2015 et est déjà sujet à érosion sur la partie où il est sollicité par les eaux du Py. Sa hauteur est de l'ordre de 2 à 3 m, sa largeur en crête est nulle et ses talus sont très raides, instables et érodables. En l'état, ce tronçon ne peut pas constituer une garantie de protection et pourrait très rapidement être érodé.



Figure 52 : Tronçon O5a

- Tronçon O5b : Ce tronçon a été construit suite à la crue de 2015, dans la continuité de celui en amont. Sollicité à l'extrados de divagations, il a déjà connu une érosion et a fait l'objet de dépôt de blocs en enrochements en son pied en 2018 pour éviter une brèche. Ce tronçon constitue un point bas du merlon rive droite. En l'état, il ne peut pas constituer une garantie de protection.



Figure 53: Tronçon O5b

- Tronçon O5c : ce tronçon, établi après la crue de 2015, est également intégralement constitué de matériaux de curage et sujet à érosion. Sa largeur en crête est très faible (50 cm) et sa hauteur dépasse 2 m et ses talus sont très raides et instables. En l'état, ce tronçon ne peut pas constituer une garantie de protection.



Figure 54: Tronçon O5c

- Tronçon 05d : ce tronçon, constitué après la crue de 2015, a des dimensions semblables au tronçon amont et est également constitué des matériaux de curage. La différence notable est que le pied du tronçon coté Doron est protégé par des enrochements secs. L'érosion est donc limitée sur la hauteur des enrochements seulement, mais de par sa structure, en l'état, l'ouvrage ne respecte pas les règles de l'art et ne peut être une garantie de protection.



Figure 55 : Tronçon 05d

- Tronçon 05e : ce tronçon correspond à la partie amont d'une digue qui protégeait déjà le parking du Laisonnay d'en Bas avant 2015. Des matériaux de curage de la crue de 2015 ont été déposés contre la digue et l'ont ainsi épaissie coté Doron. Ces matériaux récents sont érodables. La structure de l'ancienne digue n'est pas connue. Notons qu'elle a résisté à la crue de 2015.



Figure 56 : Tronçon 05e

- Tronçon 05f : ce tronçon correspond à l'ancienne digue protégeant le parking. Il se raccorde au pont de la route départementale. L'ouvrage a résisté à la crue de 2015. La partie basse de la digue est protégée par des enrochements secs. Sa structure n'étant pas connue précisément. A noter que de la végétation ligneuse a poussé sur l'ouvrage. Elle est à proscrire sur un ouvrage de protection de type digue. Son élimination sera d'ores et déjà préconisée.



Figure 57 : Tronçon O5f

- Merlon O6 : il s'agit d'un merlon déporté entre le Doron et la route menant au Laisonnay d'en Haut. Il permet de rediriger des écoulements de faible hauteur, protégeant ainsi le Laisonnay, et également de capter les eaux issues des débordements du ruisseau du Py qui ne peuvent pas rejoindre le lit du Doron (cf. paragraphe suivant). Dans les faits, il capte surtout une partie des eaux issues de la remontée de la nappe du Doron.

Les eaux déviées par l'ouvrage sont captées par une simple grille qui est affleurante au parking. Elles sont alors redirigées en souterrain vers un petit affluent rive droite du Doron confluant en aval du Laisonnay d'en Bas. La capacité de la grille est rapidement dépassée, ce qui contribue à inonder le parking sur une faible hauteur de lame d'eau,



Figure 58 : Ouvrage O6

V.1.4 Bilan des ouvrages existants

Les ouvrages de protection existants sont des merlons qui correspondaient avant tout à un stockage des matériaux excédentaires, disposés en merlons latéraux lors de la remise en état du lit mineur suite à la crue de 2015.

Ils participent aujourd'hui de façon indéniable à la protection des hameaux contre les crues mais n'ont pas été réalisés à cette fin et ne sont pas dimensionnés. De par leur conception, et principalement leur risque d'érosion, ils n'apportent pas une garantie durable de protection, ni même une garantie suffisante pour des crues modestes.

Les principales limites en termes de structure et de fonctionnalité sont les suivantes :

- Il est vraisemblable que les digues du Laisonnay d'en Bas soit soumise à un risque théorique de rupture d'ensemble au regard de leur géométrie. Les talus sont très raides, en limite de stabilité, et au moins une des digues présente une crête de largeur quasi nulle (digue au profil triangulaire). A noter que l'atteinte d'une rupture par glissement d'ensemble apparaît hypothétique, la digue sera érodée avant.
- Les merlons sont, pour la plupart, implantés en bordure du lit mineur (pour des raisons pratiques lors de l'opération de remise en état du lit). Le lit est localement très contraint, là où le Doron aurait naturellement tendance à divaguer. Cela accroît les sollicitations sur les ouvrages et peut générer des problématiques plus en aval en lien avec les matériaux qui ne seraient pas déposer en amont. Aussi, l'implantation des ouvrages de protection est perfectible.
- En outre, le merlon en rive droite du Doron remontant jusqu'à la confluence avec le Py empêche un retour des eaux du Py au Doron s'il déborde en rive droite.
- Les ouvrages actuels sont des digues en remblais non compactés et facilement érodables, dès lors qu'ils sont sollicités. Depuis 2015, de multiples érosions se sont produites au gré des crues et ont donné lieu à des travaux d'urgence visant à sauvegarder ces ouvrages pour la protection, bien que « rustique » au sens peu durable, le temps de faire aboutir un projet d'aménagement global, objet du présent projet.

A noter que la digue au plus proche du Laisonnay d'en Haut n'apparaît pas érodée suite à la reprise de la végétation. Toutefois, cela est lié au fait qu'elle soit « protégée » par un merlon en premier rideau. Néanmoins, une érosion survenue en septembre 2024 suite à une brèche du premier merlon rappelle sa fragilité face aux processus érosifs, au même titre que les autres ouvrages.

Dans ce cas, si une régularisation d'un système d'endiguement en l'état était envisagé, la collectivité GEMAPI-enne ne serait pas en mesure de s'engager sur un « niveau de protection », (au sens réglementaire) plus haut que le niveau du terrain naturel.

V.2 Protection contre les crues du Py

Il n'y a pas de véritable aménagement de protection contre les crues du Py. Les opérations mises en œuvre se limitent à du terrassement léger (merlon de faible hauteur en berge, cassis sur la route), aux effets assez limités. Certains terrassements, comme le dépôt de matériaux de curage en berge rive droite en aval du pont peuvent néanmoins influencer les débordements.

Jusqu'à présent, les principales interventions pour protéger ou préserver les enjeux correspondent aux travaux de remise en état du lit, post crue, après survenue de débordement.

Au regard de l'historique des crues documentées, ces dernières décennies, des débordements se sont produits tous les 10 à 20 ans. Le hameau du Laisonnay d'en Bas est exposé de façon avérée. Le hameau du Laisonnay d'en Haut pourrait être atteint, pour des scénarios de crue plus rares (cf. Figure 42)

V.3 Régularisations réglementaires

Les travaux de 2015 ont modifié le paysage et n'ont pas été régularisés au titre du site classé.

Par ailleurs, les merlons de curage ont un faciès digue et participe à la protection des inondations. Une régularisation des ouvrages de protection est alors nécessaire au titre de la loi sur l'eau.

Aussi, une régularisation des ouvrages et de la situation est réglementairement attendue et a été rappelée par l'Etat à la collectivité.

V.4 Objectif de l'opération et limites

V.4.1 Objectifs généraux

Les trois principaux objectifs fixés sont les suivants :

- Protéger les enjeux des deux hameaux du Laisonnay d'en Bas et Laisonnay d'en haut contre :
 - o Les crues du Doron de Champagne pour un scénario à l'intensité et au comportement au moins équivalent à celui de la crue de 2015 ;
 - o Les crues du Py pour des scénarios de crue au comportement similaire à 2016 (ou 2025 ensuite).
- Régulariser l'aménagement du site pour la protection des enjeux contre les crues du Doron et du Py, vis-à-vis du site classé. La régularisation ne portera pas sur la situation post-crue 2015, mais directement sur la solution d'aménagement retenue à l'issue de l'avant-projet, apportant une meilleure protection contre l'aléa torrentiel.
- Régulariser l'aménagement du site vis-à-vis de la loi sur l'eau. La régularisation portera directement sur le projet d'aménagement. L'état post-crue 2015 sera considéré comme « l'état initial », avant travaux. Le cadre du dossier de demande d'autorisation, incluant notamment l'étude de danger, sera alors le suivant :

« Autorisation initiale du système d'endiguement, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 4 du 7 avril 2017 modifié par celui du 30 septembre 2019. »

V.4.2 Limites

Les limites du projet en termes d'amélioration apportée en termes de protection des enjeux sont les suivantes :

- **Dépassement des scénarios de crue de projet.**

Dans le cas de cette étude, les crues de projet sont définies au comportement « calqué » sur les crues historiques connues, appuyé également sur toute l'analyse hydraulique de l'étude de 2018 et rappelé dans les chapitres qui précèdent.

Le dépassement fonctionnel peut ici être liée à :

- o Des crues plus rares que les crues de projet, qui traduiraient des dépassements fonctionnels des ouvrages. On retrouve ici les hypothèses de surverse de digue (bien que très hypothétique), ou encore de contournement de digue (cas du contournement de la digue en virgule par une crue du Py qui déborderait en sommet de cône de déjection, jamais observé et considérée comme très rare).

- Mais également à des comportements de crue, qui n'ont pas été observés lors des crues historiques utilisées comme référence de « crue de projet », mais que nous considérerions possible pour des crues similaires. On retrouve ici :

- La possibilité d'obstruction du pont du Laisonnay d'en Bas. Des actions pourront être recherchées pour toutefois limiter les conséquences de l'obstruction ;
- La possibilité de débordement du Py vers la rive gauche jusqu'à atteinte du Laisonnay d'en Haut, depuis un point bas en rive gauche du cône de déjection.

Pour cette problématique, une opération de remodelage sera prévue avec pour double objectif de : i) maximiser la réutilisation des déblais excédentaires sur site ; ii) réduire qualitativement ce risque de débordement vers des enjeux, sans en constituer un objectif.

C'est la contrainte de ne pas réaliser d'ouvrage au faciès de digue sur le secteur du Py, fixée par le maître d'ouvrage, qui dicte cela.

- **Non prise en compte de la problématique d'inondation par remontée de nappe :**

Comme indiqué dans l'étude de 2018, les riverains témoignent de problèmes récurrents liés aux eaux souterraines, notamment au niveau du bâti. Sur le parking, même en période sèche, de l'eau peut être observée en surface. Il semble que ces écoulements n'avaient pas la même intensité, et pourrait être, au moins pour partie, la conséquence d'une remontée de la nappe après engrèvement de la plaine du Laisonnay d'en Bas et en aval.

Des actions menées pourront être favorables, mais la gestion de cette problématique liée aux remontées de nappe n'est pas gérée dans le cadre du projet d'aménagement.

VI Description de la solution d'aménagement retenue

VI.1 Contraintes et éléments orientant les principes d'aménagements

VI.1.1 Route entre les deux hameaux

Pour se prémunir du risque d'atteinte du Laisonnay d'en Bas par les débordements du Py se retrouvant bloqués coté amont de la route, le déplacement de cette dernière plus proche du versant a déjà été proposée par le passé.

Après discussion avec la commune et le maître d'ouvrage dès 2018 lors du lancement des premières études, cette option a été rejetée pour deux raisons :

- i) l'option proposée (digue jusqu'au versant a un coût en toute vraisemblance plus faible ;
- ii) le déplacement de la route avait déjà fait l'objet de réticences locales (foncier).

Ce choix a été reconfirmé lors de COPIL ultérieurs.

VI.1.2 Piste ski de fond

Une piste de ski de fond effectue une boucle au Laisonnay d'en Haut autour de la digue la plus proche du Laisonnay d'en Haut (qui sera maintenue et confortée).

Coté Doron, la piste passe dans l'espace maintenu hors d'eau dans un espace entre la digue de protection à pérenniser et un merlon de curage qui sera arasé. Derrière ce merlon, s'écoule également le petit affluent rive droite qui naît en pied de versant.

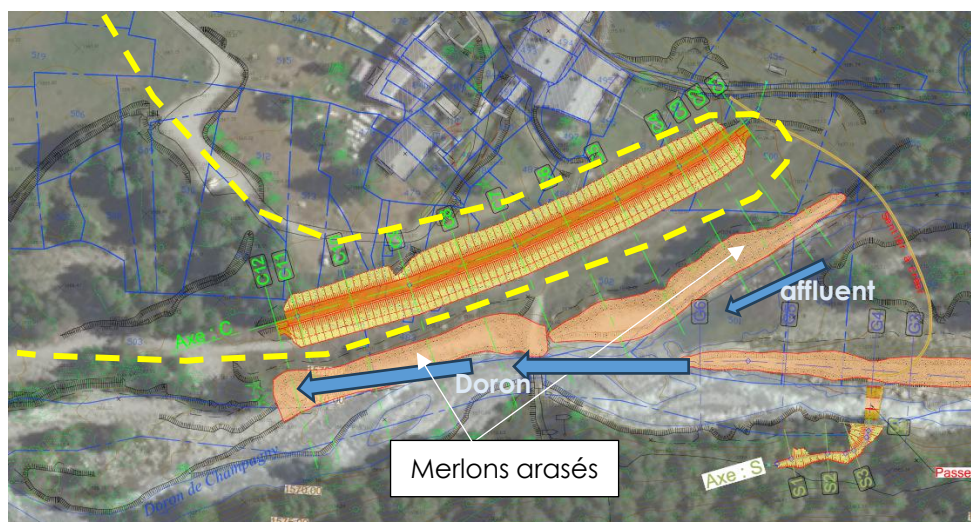


Figure 59 : tracé actuel de la piste de ski de fond autour de la digue du Laisonnay d'en Haut

Avec l'élargissement de la zone de régulation et l'arasement des merlons, le tronçon de piste coté Doron, s'il est maintenu en l'état, sera plus vulnérable à des problématiques d'inondation et/ou d'érosion liées aux mobilités du Doron dans son espace de divagation, et possiblement aux écoulements issus de l'affluent.

Le projet ne prévoit pas de mesures spécifiques pour limiter cette problématique, comme par exemple, une plateforme intermédiaire protégée par des enrochements en pied de talus.

Les éventuelles opérations de remise en état d'une piste au sein de la zone de régulation répondront au besoin de gestion du domaine skiable, mais pas de gestion du risque inondation.

Le projet pourrait également être adapté avec des modifications mineures au stade PRO pour prévoir un bouclage sur la digue, avec :

- Une possibilité d'élargir davantage, si nécessaire, la plateforme en sommet de digue (déjà de l'ordre de 4 m) en remblayant davantage coté Doron, où il est déjà prévu de couvrir l'enrochement de remblai
- Un prolongement de quelques mètres de la rampe en extrémité aval de la digue, pour adoucir la pente.

VI.1.3 Passerelle piétonne

La passerelle piétonne se situe au cœur de l'espace de divagation du Doron. Cette situation n'est pas gênante pour le fonctionnement torrentiel de la zone de régulation : au contraire, l'obstruction de l'ouvrage favorise les divagations dans un espace prévu à cet effet.

Une passerelle au cœur de l'espace de régulation génère en revanche des contraintes d'entretien et des coûts associés à sa réparation/remise en état lorsqu'elle est impactée.

Elle s'appuie aujourd'hui en rive droite sur un merlon qui contraint le Doron et qu'il est souhaitable d'abaisser pour maximiser l'espace de régulation en cas de forte crue. Aussi, si l'ouvrage est maintenu en l'état, cela tend à augmenter la fréquence de contournement de la passerelle et/ou de dégradation.

Au sein du vaste espace de régulation, aucun lieu n'est idéal pour le franchissement du Doron, (pour cet ordre de grandeur de gabarit d'ouvrage).

Pour autant, le maintien d'une possibilité d'accéder aux sentiers du versant rive gauche est souhaité sur le secteur, en prenant en compte les contraintes suivantes, exprimées en début d'étude :

- Le sentier de randonnée, avant franchissement, doit passer par le Laisonnay d'en Haut et le Refuge (les options de franchissement en aval sont écartées) ;
- Le franchissement ne sera pas recherché beaucoup plus en amont de l'existant, pour rester en aval de l'entrée dans le Parc Naturel de la Vanoise
- Le fonctionnement hydraulique sera considéré pour limiter, tant bien que mal, les contraintes d'entretien liés à des débordements de la passerelle ;
- Les enjeux environnementaux qui seraient identifiés sur le secteur seront pris en compte pour limiter l'impact de l'établissement du nouveau franchissement.

Aussi, le projet prévoit le déplacement de la passerelle d'environ 90 m en amont du franchissement existant, ainsi que l'aménagement d'un court sentier en rive gauche pour retrouver un sentier déjà existant. En rive droite, la culée de la passerelle s'appuiera sur le merlon existant (qui sera arasé partiellement).

Ce déplacement de quelques décamètres permet de remonter sur le secteur de la première rupture de pente où les dépôts sont liés à des crues plus rares, et de s'éloigner de la zone où des dépôts sont plus fréquents. Cela contribue donc à limiter les contraintes d'entretien (qui seraient accrues si l'ouvrage était maintenu à son emplacement actuel).

Pour compléter le diagnostic environnemental, il est prévu le passage d'un écologue pour identifier localement les enjeux environnementaux potentiels au niveau de la culée et du raccordement au sentier en rive gauche. Un déplacement de quelques mètres de l'ouvrage reste possible, sans remettre en cause le principe et les raisons du déplacement, pour s'adapter aux éventuels enjeux présents.

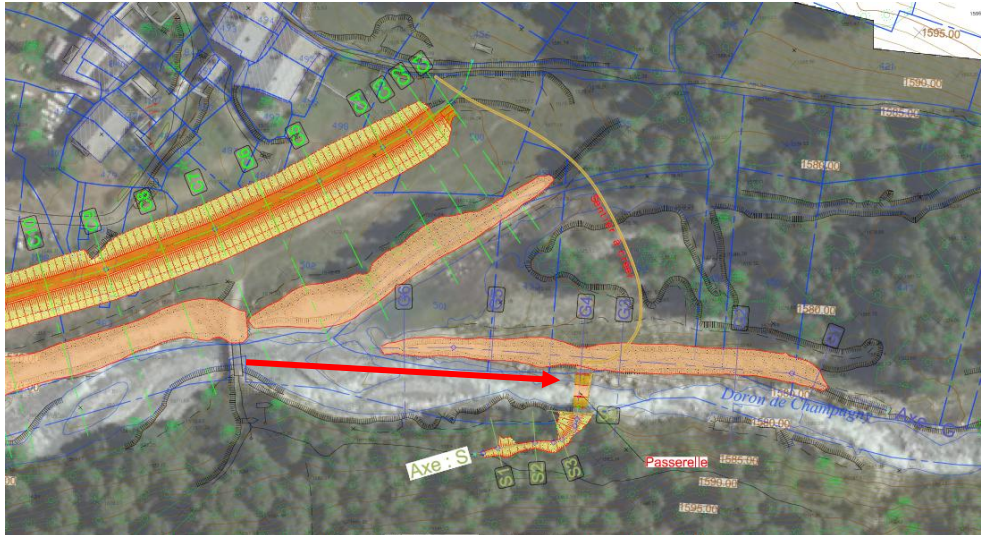


Figure 60 : déplacement de la passerelle

VI.1.4 Volume de matériaux excédentaires

VI.1.5 Matériaux en excès

Le projet est excédentaire en matériaux.

Le site est au point le plus loin de la vallée de Champagne ; l'évacuation de matériaux par camions génère un impact environnemental et des coûts non négligeables. Une réutilisation d'un maximum de matériaux dans les ouvrages a été recherchée au travers les choix suivants :

- Surdimensionnement des ouvrages par rapport à l'ambition de protection recherchée ;
- Mise en œuvre de talus à pente douce pour stocker davantage de matériaux. Ce choix répond conjointement à une recherche d'intégration paysagère
- Recouvrement des enrochements par du remblai et stockage ainsi d'un volume supplémentaire. Ce choix répond également à une recherche d'intégration paysagère

VI.1.6 Maximisation de l'espace de divagation à restaurer

Une maximisation de l'espace de divagation à restaurer est souhaitée pour :

- Reconnecter les milieux limitrophes aux torrents
- Bénéficier d'un espace de stockage de matériaux plus important, permettant l'occurrence de plusieurs crues notables avant dépassement des ouvrages, et limitant ainsi les interventions de gestion post-crise.

VI.2 Description de la solution d'aménagement

VI.2.1 Présentation de l'aménagement et de sa fonctionnalité

Ce paragraphe présente les grandes lignes de l'aménagement hydraulique. Une vue en plan générale est proposée au chapitre suivant.

Protection du Laisonnay d'en Bas

L'aménagement de protection du Laisonnay d'en Bas permet de maximiser l'espace de régulation du Doron entre les deux hameaux, tout en protégeant le hameau (Laisonnay d'en Bas) des débordements du Doron au droit le parking ou provenant des divagations en amont, et des débordements du Py qui se retrouvent bloqués en amont de la route communale jusqu'à atteindre le hameau par l'arrière.

Pour cela :

- La **digue le long du parking sera confortée**, en la maintenant selon le même tracé. Il n'y aurait pas d'alternative possible si le maintien du parking est souhaité. En outre, ce tracé favorise un bon entonnement à l'approche du pont départemental.
- Le **merlon au plus proche du Doron, depuis la limite du parking jusqu'au Py, sera arasé** pour restaurer un espace de mobilité plus vaste entre les deux hameaux.
- Afin d'éviter que le hameau ne soit atteint par des divagations depuis l'amont, **une digue dite « en virgule » sera construite**, pour fermer l'espace de divagation. Elle sera **prolongée jusqu'au versant** pour capter les débordements du Py qui lors des crues passées se sont retrouvés bloqués en amont de la route et ont atteint le hameau.

Les actions complémentaires suivantes contribuent à limiter les conséquences d'un débordement au niveau du pont départemental, qui est limitant :

- **Suppression du béton coulé dans le lit sous le pont** du Laisonnay d'en Bas qui peut favoriser les dépôts en amont.
- **Etude de l'aménagement d'un cassis sur la route départementale en rive gauche du pont**, pour que les débordements se fassent préférentiellement vers la rive gauche, afin de limiter ceux qui débordent au niveau de l'ouvrage et reviennent vers le hameau du Laisonnay d'en Bas en point bas topographique.

La faisabilité de cet aménagement complémentaire dépendra principalement des contraintes de réseaux identifiés au niveau du pont et enterrés sous la route. Elle sera étudiée en étroite collaboration avec le Département.

Protection du Laisonnay d'en Haut

La protection du hameau du Laisonnay d'en Haut contre les crues du Doron sera apportée par **une digue unique, celle au plus proche du hameau, qui sera confortée**.

L'espace de mobilité est aménagé pour une régulation de deux « niveaux » :

- Pour des crues rares de type 2015 ou supérieures, le Doron doit pouvoir divaguer dans l'ensemble de l'espace devant la digue confortée du Laisonnay d'en Haut
- Jusqu'à des crues rares, la majeure partie des dépôts se produit « seulement » sur le l'espace entre les deux hameaux et pouvant remonter jusqu'à la première rupture de pente notable quelques mètres en amont de l'actuelle passerelle.

Aussi,

- o Cet espace préférentiel de dépôts de matériaux lors des crues courantes à rare est optimisé, en maximisant l'espace disponible pour la mobilité du Doron.

- Toutefois, jusqu'à l'approche de ce secteur, le Doron restera chenalisé.

Pour cela, l'aménagement de la zone de mobilité du Doron passe par les interventions suivantes :

- **Arasement seulement partiel du premier tronçon de la digue au plus proche du Doron**, jusqu'à l'emplacement de la nouvelle passerelle, implantée environ 90 m plus en amont que l'ancienne.
- **Déplacement de la passerelle environ 90 m en amont de l'actuel emplacement**, sur un secteur où les dépôts sont moins fréquents ;
- Pour **la digue en rive droite de l'affluent** et devant celle qui est conservée/confortée :
 - **Arasement complet de la partie basse** (qui restreint aujourd'hui la largeur du lit là où les dépôts sont fréquents ;
 - **Arasement facultatif de la partie amont** (des profils C1 à C5). Le choix de ne pas araser pourra être lié à :
 - Un évitement d'éventuels enjeux environnementaux (expertise restant à affiner en été 2026 sur ce secteur).
 - La conservation du rôle de maîtrise de l'espace occupé par le petit affluent, ce qui peut faciliter l'aménagement du sentier et la gestion de la piste de ski.
 - La considération que le merlon resterait érodable en cas de crue majeure et ne réduit pas de façon significative l'espace et le volume disponible en cas de crue majeure.

La distinction des deux « niveaux » de régulation au sein de la zone de mobilité et les choix d'aménagement réalisés en ce sens :

- Permettent d'apporter une solution au maintien d'une passerelle sur le secteur tout en limitant, dans la mesure du possible, la fréquence d'entretien de la passerelle et du sentier de liaison jusqu'au Laisonnay en cas de divagations ;
- Sont proposés en cohérence avec l'analyse du comportement des crues, pour s'adapter au mieux au fonctionnement naturel du Doron ;
- Permettent de limiter les sollicitations régulières d'une partie de l'ouvrage de protection (digue rapprochée), hors crue.

Pour la protection contre le Py, les interventions suivantes contribueront à limiter la probabilité de débordement vers le hameau, sans objectif quantifié.

- Comblement de la dépression topographique en rive gauche en inversant le dévers pour le réorienter vers le torrent. Il est cherché à réduire le risque que le Py ne déborde dans un talweg qui orienterait en l'état les écoulements jusqu'au hameau.
- Suppression d'un dépôt de matériaux de curage en aval rive droite du pont, pour permettre voire favoriser les débordements vers la rive droite (enjeux protégés par la digue en virgule), plutôt que la rive gauche.

VI.2.2 Vue générale de la solution d'aménagement

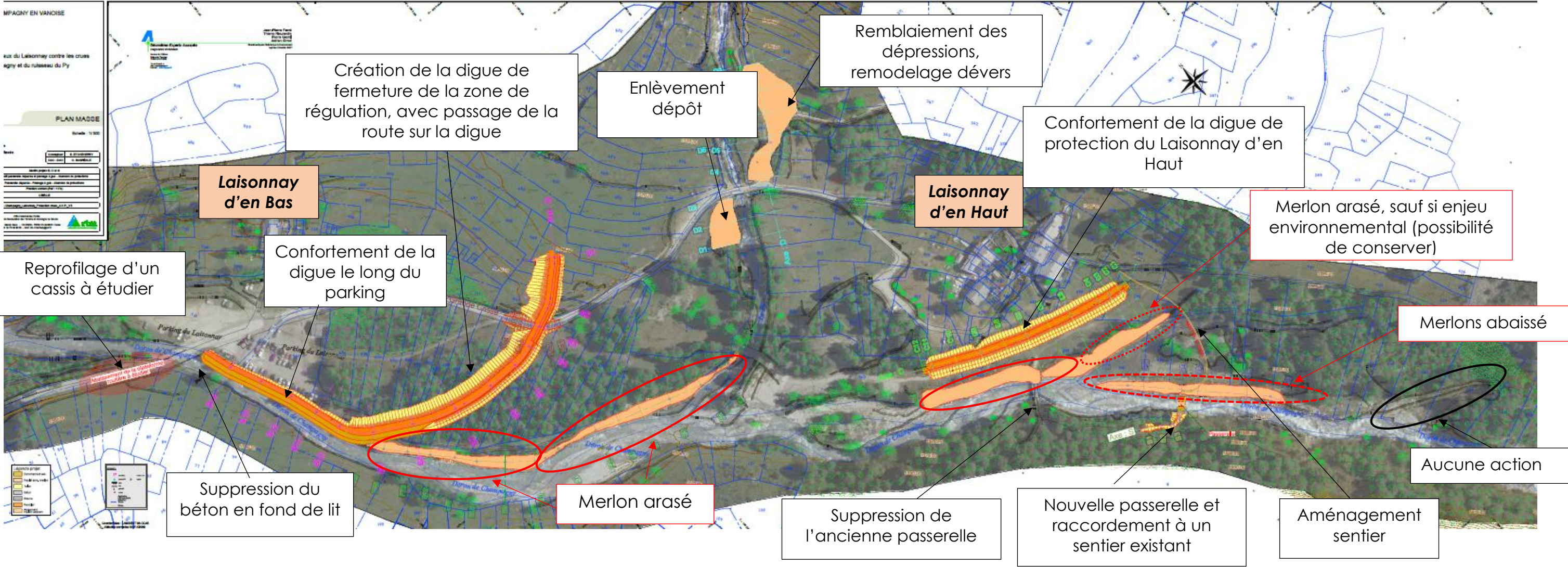


Figure 61 : Principe des aménagements proposés

Le fonctionnement de l'aménagement peut être schématisé comme suit, avec notamment le maintien d'un chenalisation du Doron jusqu'à la nouvelle passerelle hors crue majeure.

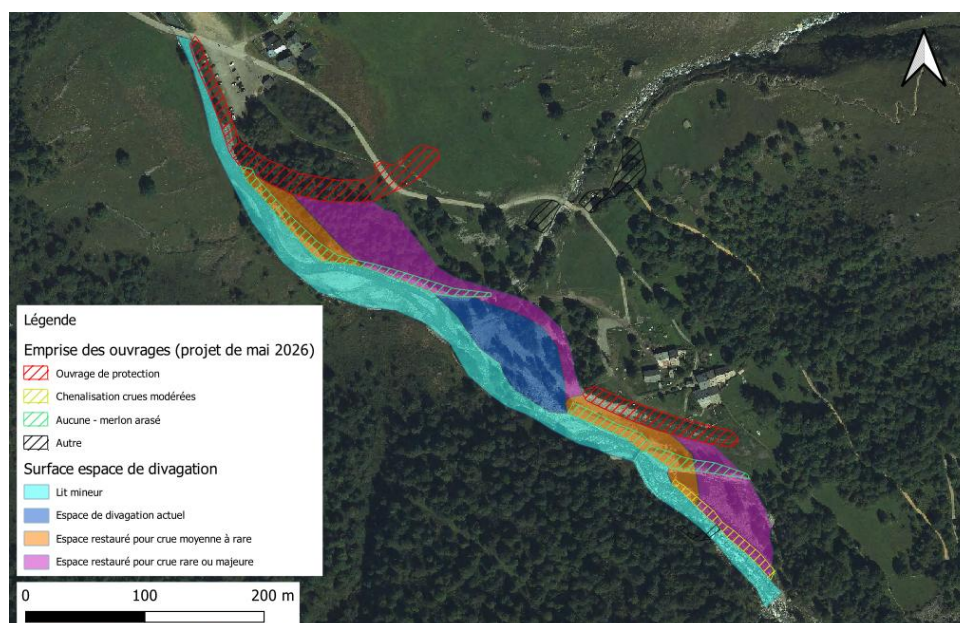


Figure 62 : fonctionnement schématisé recherché en termes de mobilité du lit

VI.3 Dimensionnement des protections de berges

VI.3.1 Taille des blocs des protections en enrochements

Rappelons qu'il existe de nombreuses méthodes de dimensionnement qui donnent une grande variabilité dans les résultats, comme le montre le graphique suivant. Par exemple sur ce graphique, pour $V=4\text{m/s}$, le diamètre des enrochements D varie entre 0,2 m et une valeur $> 0,7$ m.

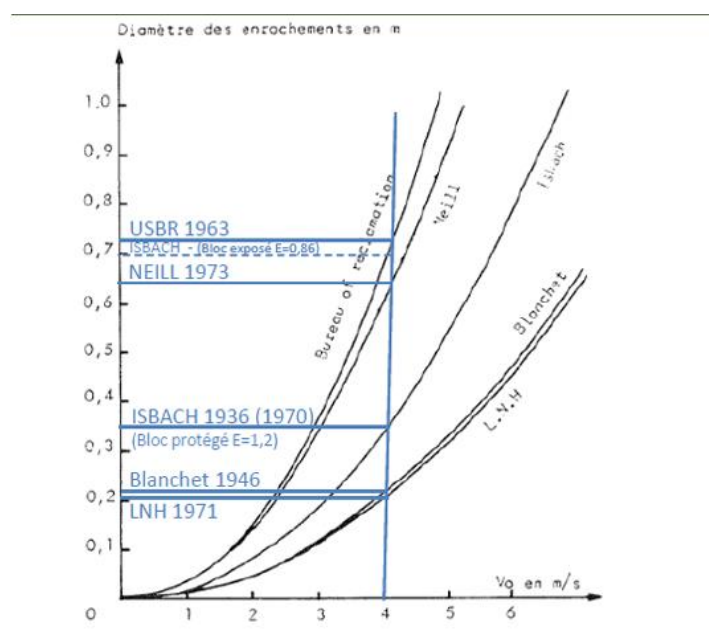


Figure 63 : courbe de stabilité du tapis d'enrochements (relatif à des blocs encastrés à $2,65 \text{ t/m}^3$) - source : J.Bouloc LCHF, 1983

La dimension des blocs a été estimée à partir de la **formule d'Isbach**.

Cette formule donne le diamètre médian d des blocs pour une protection en enrochements **sur fond plat** en fonction de la vitesse U du courant au voisinage du revêtement (écoulement faiblement turbulent, bloc protégé).

$$D_{\min} = \frac{U^2}{E^2 2 g (s - 1)} = \frac{U^2}{E^2 2 g \Delta}$$

Avec :

- U : vitesse à proximité du bloc
- s : densité relative $s = \rho_r / \rho_w$, avec $\rho_r = 2600$ à 2650 kg/m^3 , $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $\Delta = s - 1$
- g : accélération de pesanteur : $9,81 \text{ m/s}^2$
- E est un coefficient d'exposition des blocs, avec usuellement $E = 0,86$ pour des blocs exposés et $E = 1,2$ pour des blocs protégés

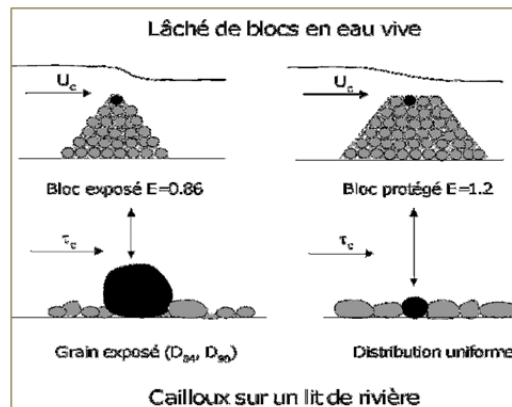


Figure 64 : exposition des blocs - croquis A. Recking

Pour les enrochements placés en talus, l'angle du talus réduit la stabilité de l'enrochement. Un facteur correctif λ s'applique alors. Le diamètre minimal des blocs de la protection est alors estimé :

$$\lambda = \cos \beta \sqrt{1 - \left(\frac{\tan \beta}{\tan \phi} \right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \beta}{\sin \phi} \right)^2}$$

$$d_{berge} = \frac{d_{horizontal}}{\lambda}$$

Où β est l'angle du talus avec l'horizontale et ϕ l'angle de repos des enrochements (angle d'équilibre limite du matériau sans sollicitation externe).

La vitesse considérée est celle obtenue par la formule de Manning-Strickler, estimée à **3,8 m/s**.

Ce choix peut être lu comme sécuritaire vis-à-vis du choix des autres paramètres qui ont été jusqu'à présent évalués en régime critique (notamment pour la géométrie du lit divaguant) : (la vitesse critique serait de 3,0 m/s). Il peut toutefois « compenser » d'autres conditions non considérées ici : par exemple, un bras divaguant pourrait générer des écoulements plus frontaux, ou des sollicitations en extrados d'une courbe, qui tend à accroître localement des vitesses.

En fond plat, le diamètre minimal moyen pour des blocs protégés est estimé à 35 cm pour des blocs protégés ($E=1,2$) et à 70 cm pour des blocs exposés ($E=0,86$). Cela correspond au diamètre médian c'est à-dire la valeur intermédiaire des trois dimensions d'un bloc de forme d'ellipsoïde (cf. G. Degoutte 2012 – Guide « Enrochements » CETMEF 2009).

Blocs constituant la carapace et épaisseur :

En considérant que les blocs sont protégés, et après prise en compte du coefficient de LANE calculé pour un fruit d'enrochements à 3H/2V, et en considérant un coefficient de sécurité de 1,3 pour une carapace à 1 seule couche de blocs appareillés, le bloc minimal correspond correspond à un bloc **de 570 kg**.

On retiendra les dimensions suivantes :

Diamètre des blocs	Masse des blocs
$D_{\min} = 0,7 \text{ m}$	$M_{\min} 570 \text{ kg}$
$D_{50} = 0,9 \text{ m}$	$M_{50} = 1\,100 \text{ kg}$
$D_{\max} = 1,1 \text{ m}$	$M_{\max} = 1950 \text{ kg}$

Au final, on propose de retenir la classe granulaire **HMA 500/1500**.

Au stade d'AVP, l'épaisseur retenue sur les plans est de 1,2 m, ce qui couvre prudemment la taille des blocs estimée précédemment. Une actualisation de l'épaisseur des protections pourra être réalisée sur les plans au stade PROjet, pour ajuster/optimiser le volume à provisionner en blocs, et sous réserve que l'analyse de défaillance de l'étude de danger confirme que les hypothèses de calcul couvrent le scénario associé au niveau de protection souhaité (pour éviter une défaillance par affouillement).

VI.3.2 Géométrie du sabot des protections en enrochements

VI.3.2.a Estimation de la profondeur d'affouillement

A la suite des travaux d'Izard et Bradley (1958), puis à des essais, le LNH de Chatou (Ramette, 1981) propose une formule de profondeur maximale des fonds perturbés (ou susceptibles d'être affouillés) au voisinage de rétrécissements locaux.

$$f_p = 0,73 \cdot \left(\frac{Q}{L} \right)^{\frac{2}{3}} / d_m^{\frac{1}{6}}$$

Avec :

- f_p = profondeur maximale des fonds perturbés par rapport à la ligne d'eau correspondant au débit Q
- d_m = diamètre moyen de sédiments en m ; la variation de ce paramètre difficile à apprécier n'influe qu'à la marge sur le résultat (quelques décimètres)

L'affouillement prévisible est ensuite obtenu en calculant la différence entre cette profondeur et la hauteur d'eau pour le débit de crue centennale,

$$\Delta H = f_p - y_0,$$

avec : y_0 la hauteur d'écoulement pour le débit Q préalablement considéré.

Nous proposons d'approcher la profondeur d'affouillement par cette formule. Cette méthode donne des valeurs d'affouillement importantes et convient surtout pour des rivières à fond sableux ou pour des affouillements provoqués par des perturbations localisées. Aussi, nous considérons ce choix comme très conservatif, sécuritaire, dans le cas du Laisonnay.

Dans l'espace de mobilité, le comportement du Doron est celui d'un lit divaguant. Les conditions d'écoulements sont variables et évolutives. La géométrie probable que prendrait un lit mobile et les conditions d'écoulement ont été approchées au chapitre IV.1.4, sur la base d'un encadrement probable du rapport L/h .

Pour le calcul de profondeur d'affouillement, nous considérons la borne basse de l'intervalle L/h probable (15), qui est sécuritaire pour ce calcul. Aussi, **pour un scénario de crue centennale, la profondeur maximale théorique d'affouillement (ΔH) est estimée de l'ordre de 1,1 m.**

A l'approche du pont départemental, le lit devient chenalisé, contraint par sa largeur. Aussi, un calcul similaire est réalisé sur ce tronçon le long du parking du Laisonnay :

- Pour des conditions centennales, la profondeur maximale théorique d'affouillement (ΔH) augmente, et serait de l'ordre de 1,5 m. Toutefois, des débordements sont attendus pour ce scénario au niveau du pont.
- Pour un **scénario décennal** autour duquel un débordement du pont devient probable, la profondeur maximale théorique d'affouillement (ΔH) est estimée de l'ordre de **1 m**.

A noter que les valeurs affichées à une décimale ne reflètent pas ici la réalité de la forte incertitude dans l'estimation des profondeurs d'affouillement.

VI.3.2.b Géométrie du sabot pour les protections contre les crues du Doron :

Epaisseur du sabot

Le sabot en pied sera constitué de deux ou trois épaisseurs de blocs, suivant au moins la profondeur d'affouillement retenue.

Pour les blocs, en considérant une configuration de blocs exposés (pour au moins les bordures du sabot en cas d'affouillement), on retrouve des blocs de diamètre nominal de 70 cm environ, pour un poids minimal de 570 kg.

Une épaisseur de 2 m est retenue au stade d'avant-projet, ce qui permettra de privilégier 2 rangés des plus gros blocs de la classe HM500/1500 retenue.

Longueur du sabot :

La longueur du sabot est généralement au moins égale à 1,5 fois la profondeur d'affouillement, de manière à ce que le sabot puisse compenser l'incision du lit.

Afin qu'au moins 2 blocs puissent constituer le sabot dans sa longueur, **une longueur de 2,2 m a été retenue au stade d'avant-projet.**

VI.3.3 Hauteur fonctionnelle (hydraulique) des ouvrages

VI.3.3.a Digue du Laisonnay d'en Haut

La hauteur est de 3 mètres entre la crête de digue et le fond du lit en considérant des profils perpendiculaires à l'écoulement (différents des profils sur les plans). Ces dimensions sont proposées car considérées comme sécuritaires pour contenir une crue comme en 2015 au cours de laquelle :

- La hauteur d'écoulement et/ou de dépôt en fin de crue au droit de l'ouvrage est restée limitée en raison de l'éloignement par rapport au lit, à priori inférieure au mètre.
- L'engravement dans le lit du Doron a été de l'ordre de 2 à 3 mètres. En cas de nouvelle crue, dans l'hypothèse où les divagations du Doron déplacent une grande partie du flux au pied de la digue, au moins temporairement, une hauteur supérieure à 2015 et tendant vers la hauteur observée dans le lit en 2015 est possible. Cette hypothèse reste néanmoins très peu probable au vu de l'éloignement de l'ouvrage par rapport au lit et de l'espace de régulation offert au Doron. Cette très faible probabilité justifie la considération sécuritaire du dimensionnement.

Il n'est en outre pas envisagé de diminuer la hauteur de l'ouvrage existant. Cette hauteur permet de la conserver ; la légère réhausse est principalement liée au lissage de la pente en long et à l'amélioration du raccordement au versant.

VI.3.3.b Digue du Laisonnay d'en Bas

Concernant la digue de protection du Laisonnay d'en Bas :

- Le long du parking du Laisonnay, la hauteur minimale coté Doron est de 1,80 m. Cette hauteur est proposée car : i) elle permet de ne pas abaisser le merlon actuel, ii) il est considéré qu'elle permet de contenir une crue de type 2015. Le tronçon de digue existant n'a en effet pas été surversé en 2015, les débordements au Laisonnay d'en Bas provenant de l'amont. La digue est par ailleurs calée plus haute que le lit majeur en rive gauche où l'étalement de la lame d'eau sera naturellement privilégié à l'approche du pont de la route départementale. De par son gabarit limité, le pont départemental débordera avant surverse de la digue, avec possible atteinte des enjeux au Laisonnay d'en Bas.
- En amont, la hauteur de l'ouvrage proposé s'inscrit dans la continuité du tronçon aval. Elle permet largement de contenir les écoulements d'une crue du Doron ou dépôts post crue qui, au droit de l'implantation proposée, n'ont pas excéder quelques dizaines de centimètres. Il en est de même pour les débordements du Py qui n'excèdent pas quelques dizaines de centimètres lorsqu'ils étalent, si tant est qu'ils s'étendent jusqu'à la digue.

VI.4 Détails des aménagements et synthèse des dimensions des ouvrages

VI.4.1 Confortement de la protection rapprochée du Laisonnay d'en Haut

La digue la plus proche du hameau du Laisonnay d'en Haut sera consolidée pour constituer l'ouvrage principal de protection.

Le confortement traduit :

- Une amélioration du raccordement au versant qui se traduit, via une légère réhausse de l'ouvrage (notamment au point de raccordement où la pente actuelle faiblit) et une homogénéisation du profil en crête d'ouvrage selon une pente de 4,1 %, supérieure à la pente du lit et des dépôts prévisibles.
- Une protection du parement coté Doron en enrochements secs, avec mise en œuvre d'un sabot pour protéger l'ouvrage contre l'affouillement.

Les dimensions de l'ouvrage sont les suivantes :

- Digue au corps en remblai de 3 mètres de hauteur coté Doron, et de 3,90 m mètres de largeur en crête, et avec un fruit de 3H/2V coté terre et légèrement plus couché coté Doron (3H/2V pour la partie « structurale » mais adoucissement lié au remblaiement de l'enrochement, décrit ci-après).

- Longueur : 136 mètres

- Protection :

- o Carapace en enrochements secs du talus coté Doron, épaisseur 1,2m, fruit 1h/1v, hauteur 3 m (soit sur toute la hauteur).

La carapace en enrochements sera recouverte de matériaux de remblai pour améliorer l'intégration paysagère de l'ouvrage.

- o Sabot en enrochements libres, 2 m de profondeur, 2,2 m de longueur
 - o Pas de protection du talus coté terre (engazonnement et éventuel végétation arbustive)

- Hauteur de l'ouvrage (coté terre): la hauteur de la digue coté terre proposée varie entre 2,5 m en limite amont et 3,25 m en limite aval.

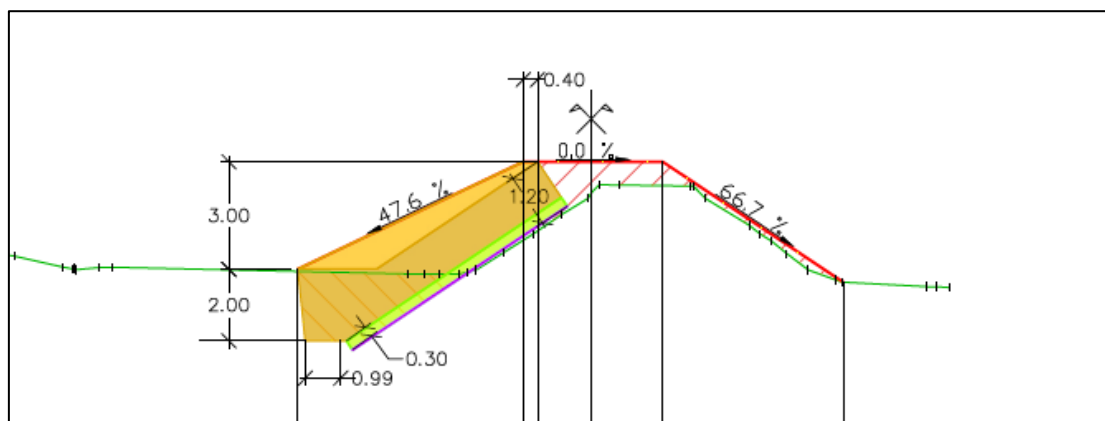


Figure 65 : Protection rapprochée du Laisonnay d'en Haut

VI.4.2 Digue de fermeture en rive droite

Une digue unique, fermant l'espace de régulation entre les deux hameaux du Laisonnay et protégeant le hameau contre les crues du Doron et du Py, est proposée.

Sur sa partie aval notamment au droit du parking, elle correspond aux tronçons existants le long du parking qu'il est prévu de conforter. Le reste de l'ouvrage, en amont, est à créer.

Les dimensions de l'ouvrage sont les suivantes :

- **Sur sa partie aval, le long du parking du Laisonnay,**
 - Digue au corps en remblai de 1,80 mètres de hauteur coté Doron, et de 3 m mètres de largeur en crête, et avec un fruit de 3H/2V de chaque côté.
 - Longueur (B10 à la route) : 143 mètres
 - Protection :
 - Carapace en enrochements secs du talus coté Doron, épaisseur 1,2m, fruit 3H/2V, hauteur 2 m (soit sur toute la hauteur).
 - Sabot en enrochements libres, 2 m de profondeur, 2,2 m de longueur
 - Pas de protection du talus coté terre (engazonnement et éventuel végétation arbustive)
 - Hauteur de l'ouvrage (coté terre): la hauteur de la digue coté terre proposée varie entre 1,5 m et 2 m.

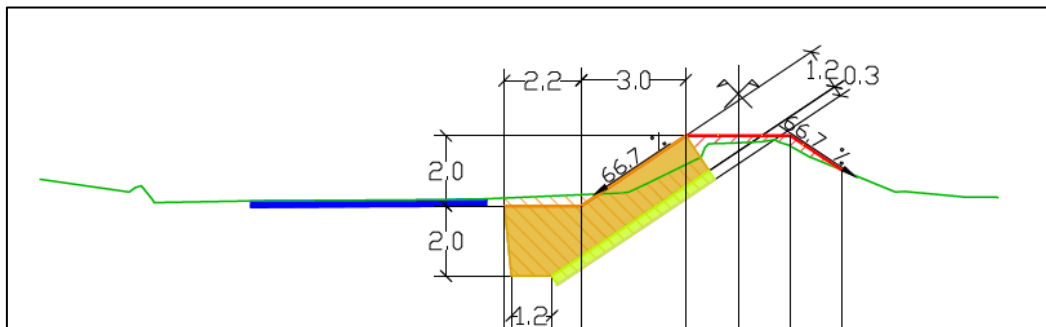


Figure 66 : Digue du Laisonnay d'en Bas, le long du parking

- **Dans l'espace boisé, du Doron jusqu'à la route communale :**
 - Longueur (B10 à B3) : 90 mètres
 - Digue au corps en remblai aux dimensions devant plus imposantes que le long du Doron. La **crête de digue s'élargit à 6 m** et les pentes de talus s'adoucissent, plus particulièrement coté aval. Ce choix n'est pas structural. Il permet à la fois de limiter l'impact visuel de l'ouvrage et également de constituer une destination des matériaux excédentaires.
 - Coté Doron, le fruit « structural » est de 3H/2V pour l'enrochement et plus faible en apparence (41%) en lien avec le remblaiement de l'enrochement (décrit ci-après).
 - Coté aval, le fruit est réduit à 27% environ.

- Protection :
 - Carapace en enrochements secs du talus coté Doron, épaisseur 1,2m, fruit 1h/1v, hauteur 2 m (soit sur toute la hauteur).
 - La carapace en enrochements sera recouverte de matériaux de remblai pour améliorer l'intégration paysagère de l'ouvrage.
 - Sabot en enrochements libres, 2 m de profondeur, 2,2 m de longueur
 - Pas de protection du talus coté terre (engazonnement et éventuel végétation arbustive)
- La hauteur de l'ouvrage est de 2 mètres de hauteur par rapport au terrain naturel de part et d'autre de l'ouvrage

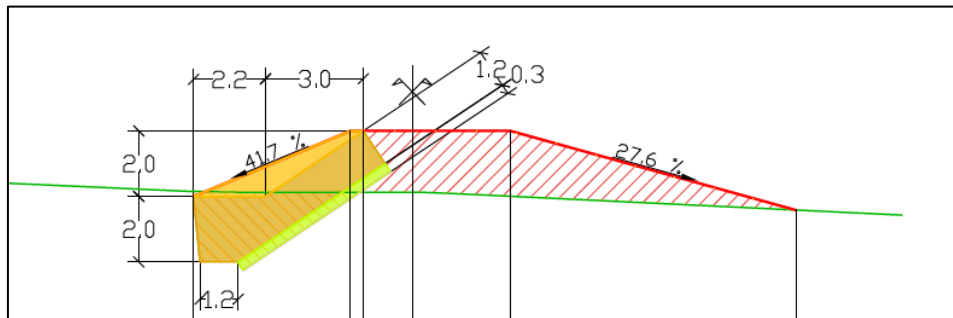


Figure 67 : Digue du Laisonnay d'en Bas, entre le Doron et la route

- **En amont de la route**, le prolongement de la route a pour unique fonction de capter les écoulements du Py et le rediriger vers le Doron. Des divations du Doron au-delà de la route communale sont considéré improbable pour la crue de projet. Les dimensions de l'ouvrage sont les suivantes :
 - Longueur (B3 au versant) : 45 mètres
 - Corps de digue : la digue conserve des dimensions géométriques similaires au tronçon précédent.
 - Protection :
 - Carapace en enrochements secs du talus coté Doron, épaisseur 1,2m, fruit 1h/1v, hauteur 1,2 m seulement.
 - L'ouvrage peut seulement être concerné par des écoulements provenant d'un débordement du Py, de plus faible hauteur et intensité. Aussi, en amont de la route, il a été proposé de réduire la hauteur protégée à 1,2 m, la partie supérieure de la digue restant en remblai.
 - La carapace en enrochements sera recouverte de matériaux de remblai pour améliorer l'intégration paysagère de l'ouvrage.
 - Sabot en enrochements libres, 1,2 m de profondeur, 1,5 m de longueur (dimensions également inférieures au reste du linéaire en ne considérant que les écoulements du Py).
 - Pas de protection du talus coté terre (engazonnement et éventuel végétation arbustive)

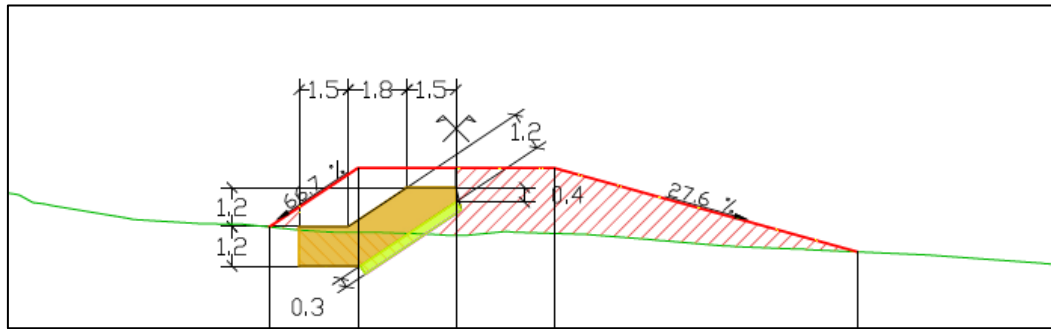


Figure 68 : Digue du Laisonnay d'en Bas, en amont de la route

- **Cas du passage de la route (autour du profil B3) :** l'emprise au sol de l'ouvrage a été augmentée pour adoucir les talus à 15 % environ pour le passage de véhicules.

VI.4.3 Effacement ou abaissement des merlons inappropriés

Les merlons de 2015 qui se retrouvent au cœur de la zone de mobilité seront arasés. Lors de l'arasement, il est envisagé de laisser un cordon d'environ 1 m de hauteur, qui deviendra transparent et érodable en cas de forte crue, mais qui permet de limiter les sollicitations des ouvrages et notamment de miser sur la reprise de la végétation sur le remblai recouvrant les enrochements avant les premières sollicitations. En cas de crue, le remblai restera toutefois érodable/fusible.

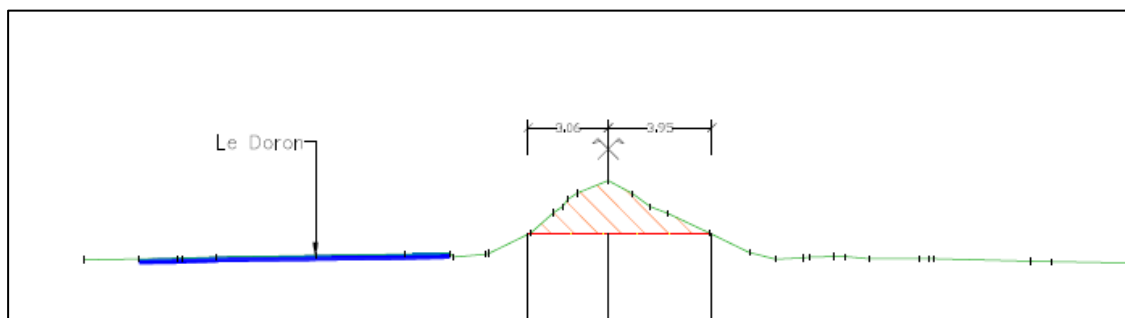


Figure 69 : arasement du merlon en aval de la confluence du Py

Au Laisonnay d'en Haut, le merlon le long du Doron ne sera en revanche que partiellement arasé. Une hauteur de merlon de 2 m sera maintenue entre le fond du lit et le merlon après arasement partiel, jusqu'au passage de la nouvelle passerelle. L'objectif, comme précédemment indiqué, est de maintenir une chenalisation du Doron tant que les crues ne sont pas suffisamment intenses pour également engraver ce tronçon et surverser le merlon (et donc contourner la passerelle).

Bien que non protégé, les matériaux constituant ce merlon et également disposés en pied d'ouvrage sont plus grossiers que sur les autres ouvrages, ce qui offre une certaine durabilité à cette chenalisation (hors crue majeure). Depuis 2015, ce tronçon n'a pas été érodé malgré un lit étroit.

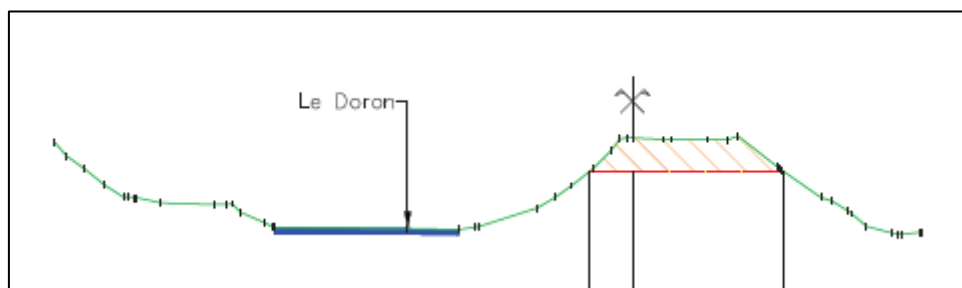


Figure 70 : Arasement partiel du merlon en amont de la passerelle et maintien d'une chenalisation

VI.4.4 Gestion du Py

La protection du hameau du Laisonnay d'en Bas contre les crues du Py est gérée, pour la crue de projet, par la « digue en virgule » et son raccordement au versant.

Aussi, coté rive droite, il est prévu de procéder **à l'enlèvement d'une plateforme constituée de matériaux de curage de crues passées, en aval rive droite du pont**. Cela permet de favoriser, ou de ne pas bloquer, des débordements vers la rive droite sur le tronçon terminal, sachant que des enjeux (Laisonnay d'en Haut) sont présents vers la rive gauche.

Concernant la protection du Laisonnay d'en Haut, une intervention contribuant à limiter les risques de débordement pouvant atteindre le hameau est proposée, sans objectif quantifié, avec un souhait exprimé de ne pas mettre en œuvre d'ouvrage au faciès digue.

L'intervention consiste à combler une dépression/un talweg qui pourrait être emprunté par des débordement au niveau d'un point bas en berge, et de chercher à inverser le dévers pour que les premiers débordements tendent à retourner vers le Py.

A noter que le dévers a une influence pour des premiers débordements, mais une crue débordante de manière significative pourrait ré-éroder les terrains.

Cette intervention contribue également à revaloriser des matériaux en excès sur le Doron et limiter l'évacuation.



Figure 71 : zone comblée (en rouge) et dévers recherché en partie supérieure (flèches)

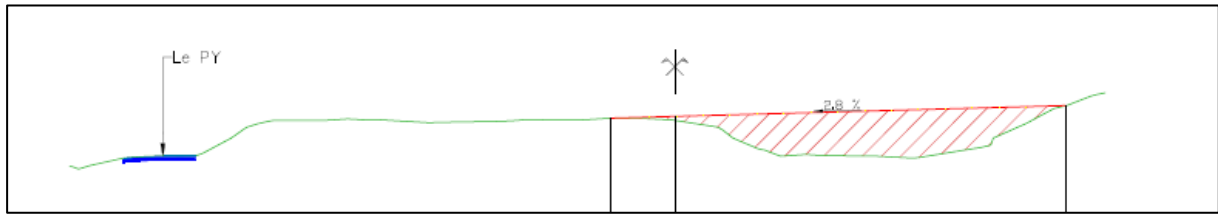


Figure 72 : comblement d'une dépression en rive gauche du Py.

VI.4.5 Franchissement du sentier

VI.4.5.a Nouvelle passerelle

Le franchissement s'effectuera environ 90 m en amont de l'actuel. La nouvelle passerelle sera similaire à l'actuelle avec :

- Des culées en enrochements bétonnées (et un support béton en tête en support des éléments métalliques)
- Une structure métallique d'une portée de 9 m (hors appui)
- Un platelage bois, d'une largeur de 2 mètres
- Des garde-corps mixte (bois + métal), selon les normes en vigueur.

L'ancienne passerelle sera démontée.



Figure 73 : passerelle actuelle

Les dimensions hydrauliques seront également similaires, avec une portée de 9m, et un tirant d'air de 2,5 m.

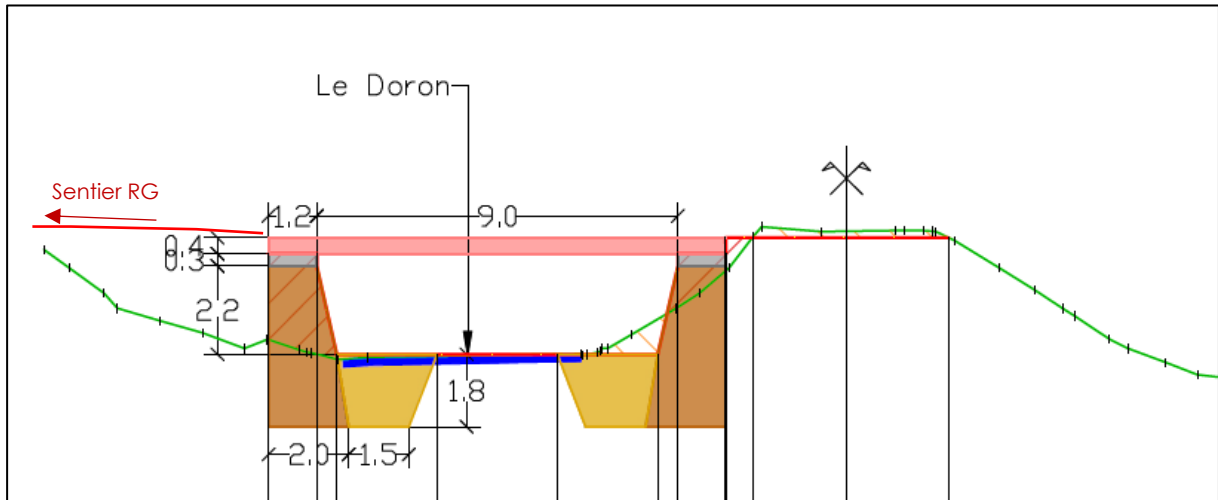


Figure 74 : section hydraulique, sans représentation du garde-corps

Le dimensionnement structurel de la passerelle (type, nombre et taille des HEB) sera réalisé au stade du PRO. L'actuelle structure est composée par quatre IPN280, sous un platelage de 2 m de largeur, pour une portée de 9 mètres.

VI.4.5.b Raccordement au sentier en rive gauche

La passerelle sera raccordée à un sentier existant en sommet de berge coté rive gauche. Un court tronçon est à aménager pour relier ce sentier à la passerelle.



Figure 75 : sentier existant (à gauche) - cheminement à créer (à droite)

VI.4.5.c Raccordement au sentier en rive droite

Le sentier doit traverser la partie de l'espace de mobilité du Doron dédié aux très fortes crues du Doron (mais non concerné hors crue majeure grâce à la chenalisation apporté par le maintien du merlon le long du Doron, partiellement arasé).

Le sentier doit également traverser le petit affluent à l'écoulement assez diffus sur ce secteur.

Deux options sont proposées au stade d'avant-projet pour la traversée du petit affluent, alliant également un choix d'aménagement paysager du site :

- Option A : cheminement sur dalles, rappelant le franchissement du lac des Vaches dans le massif de la Vanoise, sur la commune voisine de Pralognan la Vanoise.



Figure 76 : franchissement lac des Vaches (source : Pralognan la Vanoise)

- Option B : cheminement en bois de type ponton de faible hauteur



Figure 77 : exemple de cheminement en boise (© Bois Loisirs Création)

VI.4.6 Aucune action sur le merlon O1 (épi amont)

Aucune intervention n'est proposée au niveau du merlon le plus en amont (O1), ni confortement, ni arasement pour les raisons suivantes :

- Sa fonction d'épi n'est pas nécessaire à l'aménagement pour la protection contre le Laisonnay d'en Haut. La digue de protection est confortée, notamment au niveau de son raccordement au versant pour éviter un risque de contournement.
- A l'étiage et pour des crues courantes à rare, il est recherché une chenalisation du Doron contre le versant rive gauche. Toutefois, l'écoulement se fait déjà naturellement en rive gauche, et l'épi situé en lit majeur ne participe pas à ce fonctionnement. Seule

la limite aval est en contact avec l'écoulement et tend à être érodée. L'épi n'est donc pas fonctionnel.

- En cas de crue majeure, si d'importants dépôts se produisaient et si le Doron tendait à divaguer dès ce secteur, l'épi serait très rapidement dépassé et/ou érodé. Il reste en effet érodable et ses dimensions sont peu imposantes. En effet, la hauteur du merlon apparaît assez proche de la hauteur du dépôt naturel quelques dizaines de mètres en amont cerclés par des bras de divagations du Doron. (cf. photo suivante). Aussi, l'épi ne perturbe pas le fonctionnement de l'aménagement hydraulique.
- D'un point de vue paysager, aucun point de vue ne permet d'avoir une visibilité sur ce merlon. Il reste par ailleurs assez peu marqué, de hauteur assez similaire à des dépôts naturels en amont (comme mentionné précédemment). Seule la forme trapézoïdale rappelle l'origine anthropique de ce merlon. Par ailleurs, sans sollicitation, le développement de la végétation en ripisylve participe à le masquer.

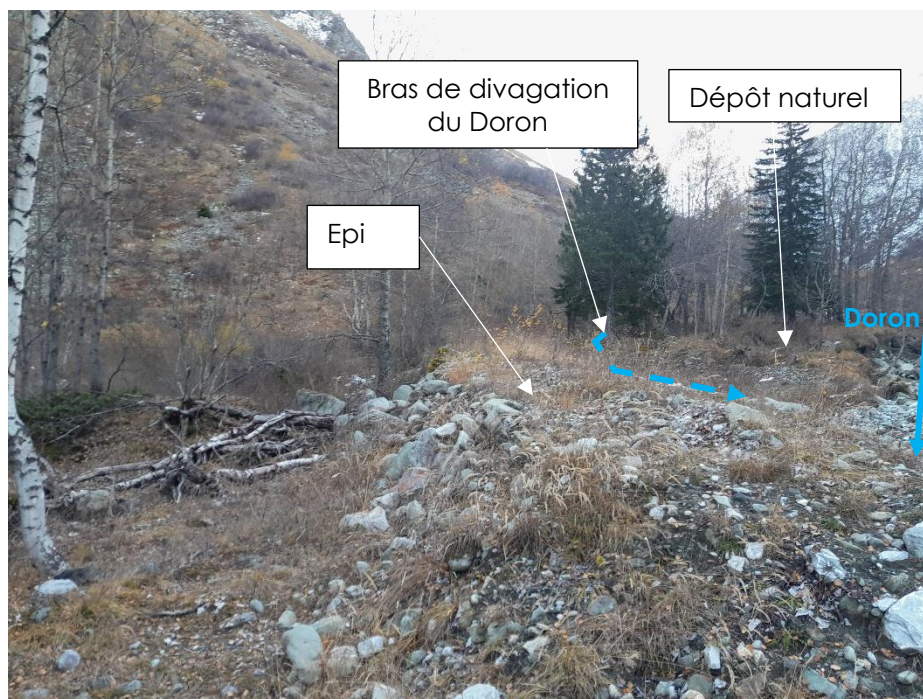


Figure 78 : épi en amont du Laisonnay d'en Haut ('merlon O1 »)

VI.5 Gestion de la végétation

Une partie de l'espace boisé en rive droite (celle coté amont de la digue en virgule) fera partie intégrante de l'espace de mobilité du Doron.

D'un point de vue purement hydraulique, la coupe des arbres coté Doron permettrait de s'affranchir de toute problématique de basculement ou arrachement d'arbres susceptibles de constituer des facteurs aggravants en crue.

Néanmoins, dans le cadre du projet et après concertation avec le maître d'ouvrage, il est envisagé de conserver le boisement en considérant les éléments de nuances et les autres enjeux ci-dessous :

- Vis à vis de l'enjeu paysage : cela limite évidemment l'impact paysager (changement limité / participation à limiter la visibilité des ouvrages)

- Vis-à-vis des enjeux milieu/environnement :
 - o Bien qu'aucune cavité n'ait été identifiée, les arbres constituent un habitat pouvant être intéressant et à valoriser.
 - o En tout état de cause, limiter le déboisement limite le volume et l'impact environnemental des travaux.
- Vis-à-vis de l'enjeu hydraulique :
 - o Les crues qui seraient de nature à atteindre et arracher des arbres sur cette zone seraient notables ; ces crues seront déjà capables d'arracher d'autres arbres en berges du Doron en amont (ex : berge érodée en amont rive gauche de la passerelle), plus « accessibles ». Aussi, à ce niveau d'intensité de crue, la gestion des bois sur la seule zone d'étalement n'aurait pas un effet significatif sur le transport de flottants par le Doron.
 - o Le principal enjeu autour du transport de flottants (et de l'éventuel effet d'un déboisement ou non) est le pont de la route départementale. Même sans arbre, ce pont est déjà identifié comme un point limitant : capacité hydraulique + problématique d'engrèvement. Aussi, le projet prévoit de limiter les débordements en amont en cas d'obstruction (digue en rive droite) et de maîtriser les débordements via le passage à gué sur la route. Aussi, les conséquences d'un éventuel blocage sont gérées par le projet.
 - o Pour les ouvrages plus en aval dans la vallée, au regard des nombreux arbres en berges ou ripisylve tout le long du Doron, la gestion des bois sur la seule zone d'étalement n'aurait pas un effet significatif sur le transport de flottants par le Doron.
 - o En complément des travaux, cet espace restera suivi par l'APTV dans le cadre de la gestion des ouvrages (abord du système d'endiguement, avec un regard sur les effets de l'environnement sur l'ouvrage) mais également dans le cadre de l'entretien du lit (DIG).

VI.6 Prise en compte des enjeux environnementaux

Le site des hameaux du Laisonnay, à quelques centaines de mètres du Parc National de la Vanoise, présente une forte sensibilité environnementale.

Des études environnementales sont menées parallèlement à l'élaboration du projet pour prendre en considération les enjeux environnementaux dans le cadre de la définition de l'aménagement.

Plusieurs expertises de terrain avec inventaires faune/flore et habitats ont été menées par H2O environnement depuis 2018 (août 2018, juin 2019, juin 2022, octobre 2025) et ont permis de bien cerner les enjeux environnementaux sur le site. Un passage complémentaire est également prévu en mai-juin 2026.

La flore pour sa part ne compte pas de plante protégée, rare ou remarquable aux différents niveaux (national, régional, départemental) hormis le tamaris d'Allemagne (classée « Vulnérable » sur la liste rouge régionale Rhône-Alpes) présent uniquement en aval du Laisonnay d'en bas, donc en dehors de la zone du projet. Par ailleurs aucune espèce inscrite sur les annexes de la Directive communautaire Habitats n'a été recensée.

Certaines des espèces identifiées ont été évaluées lors de l'élaboration de la « Liste rouge des espèces menacées en France - Comité français de l'UICN ». Toutes sont sous un statut de « préoccupation mineure » (LC).

Le site présente une grande richesse faunistique avec notamment :

- La truite fario sur le Doron ;
- La grenouille rousse, espèce protégée profitant des milieux annexes lenticues pour la reproduction
- De nombreuses espèces d'oiseaux pour la plupart protégées en France, dont les plus sensibles : la chouette de Tengmalm, le chardonneret élégant, le serin cini, le tarier des prés ne sont pas directement liés au Doron. Le cincle plongeur et la bergeronnette des ruisseaux apparaissent les plus exposés étant directement liés aux cours d'eau.
- De nombreuses espèces de papillons exploitant la diversité des milieux avec en particulier des espèces patrimoniales comme l'Apollon (protégé en France et classé « En danger » sur la liste rouge Nationale), le petit apollon et l'azuré de la croisette (protégés en France), l'hespérie des cirses (classé « Vulnérable » sur la liste rouge Européenne), le damier de l'alchémille (classé « Quasi menacé » sur la liste rouge Nationale).
- Plusieurs espèces de mammifères remarquables vivent également sur le site ou à proximité pendant au moins une partie de l'année. Citons le bouquetin, le chamois, les chiroptères.

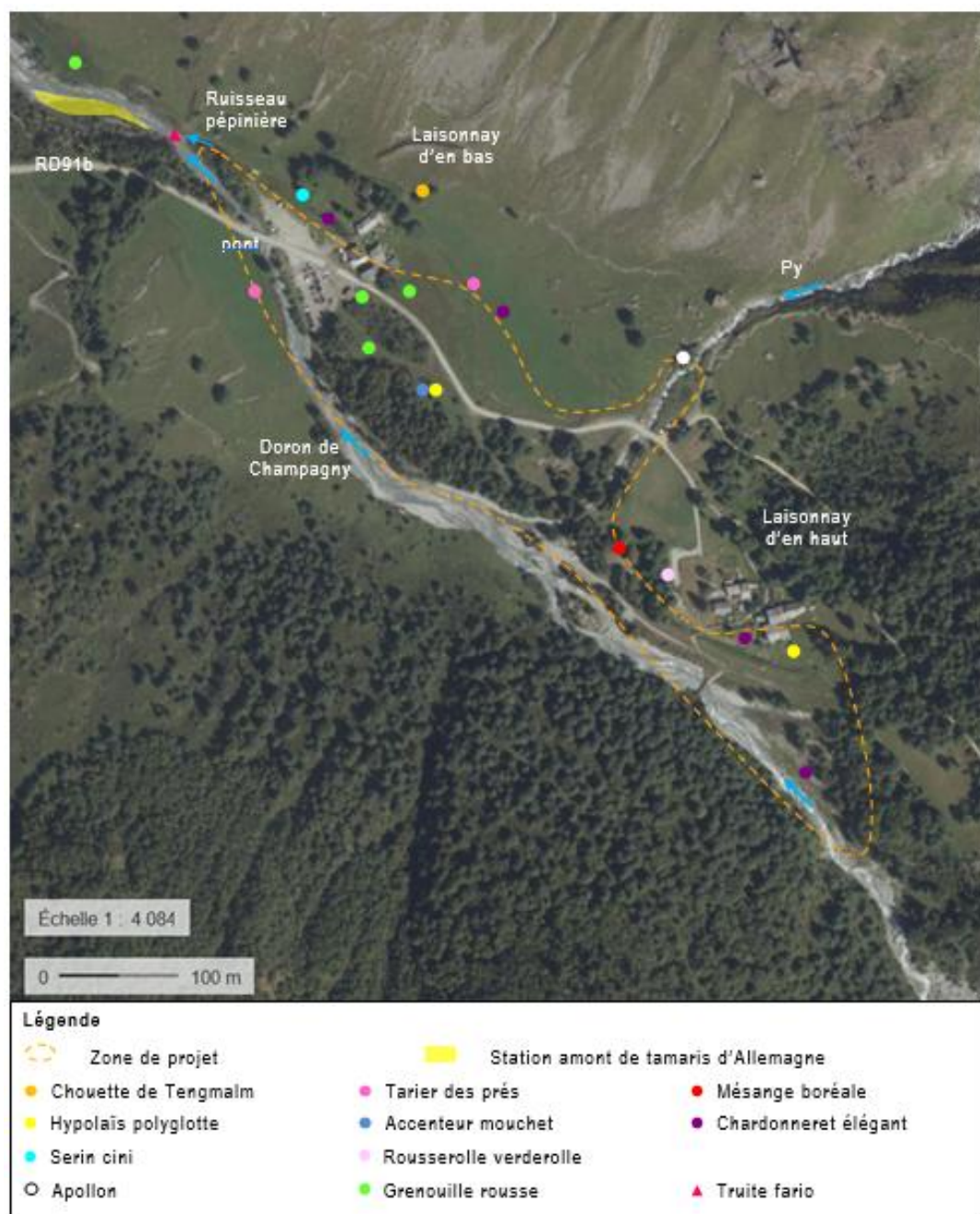


Figure 79 : Localisation des espèces patrimoniales identifiées sur la zone du projet (source : rapport H2O Environnement 2025)

Une cartographie des habitats a été proposée par H2O, ainsi qu'une carte de la localisation des espèces patrimoniales identifiées.

Les principales espèces patrimoniales ont été rattachées à leur habitats typiques, tout en sachant qu'elles n'ont pas été systématiquement observées sur chacun des habitats.

→ Cette caractérisation permettra notamment au bureau d'étude d'évaluer la sensibilité et les impacts potentiels du projet dans le cadre des démarches de demande d'autorisation environnementale.

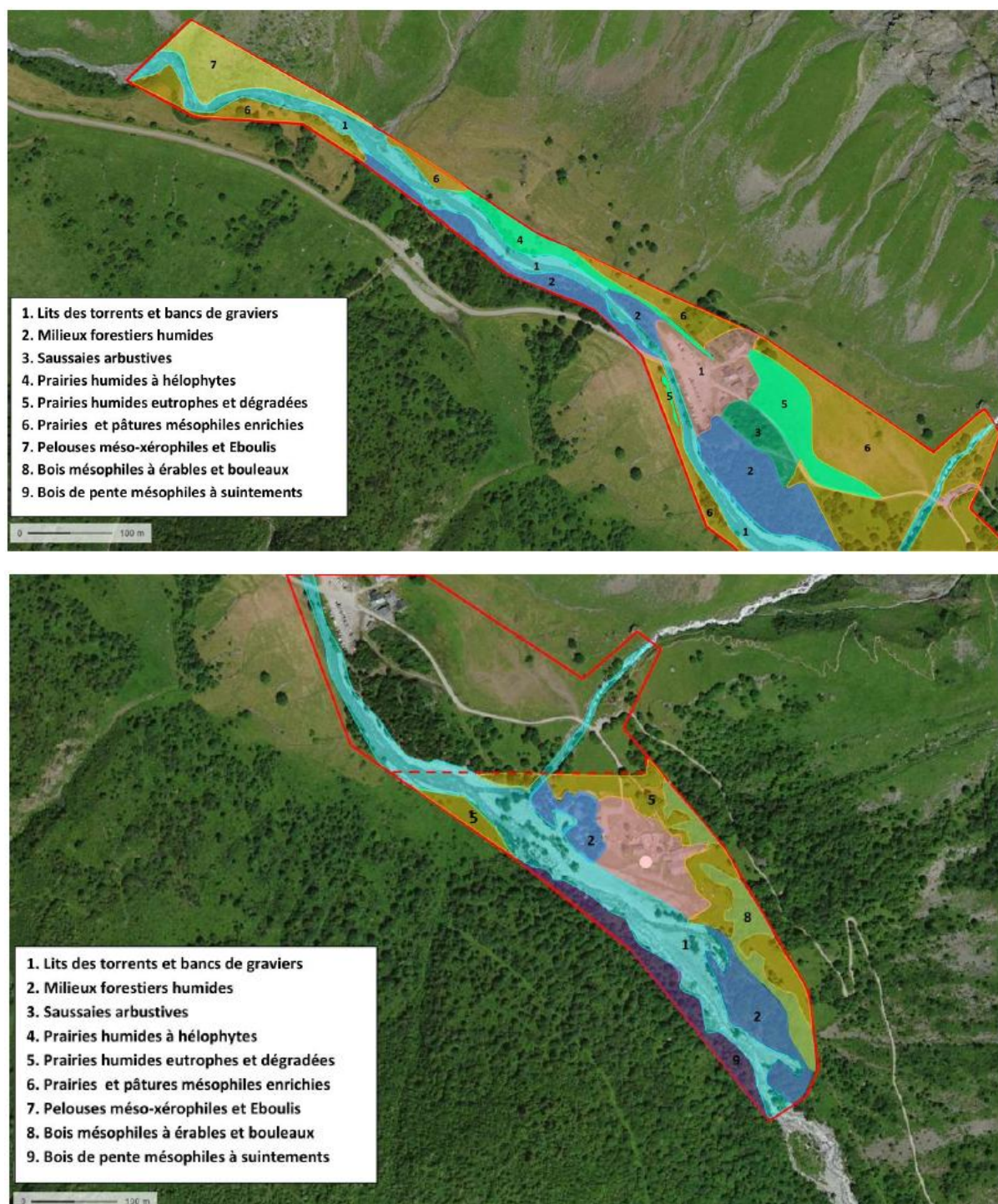


Figure 80 : cartographie des habitats

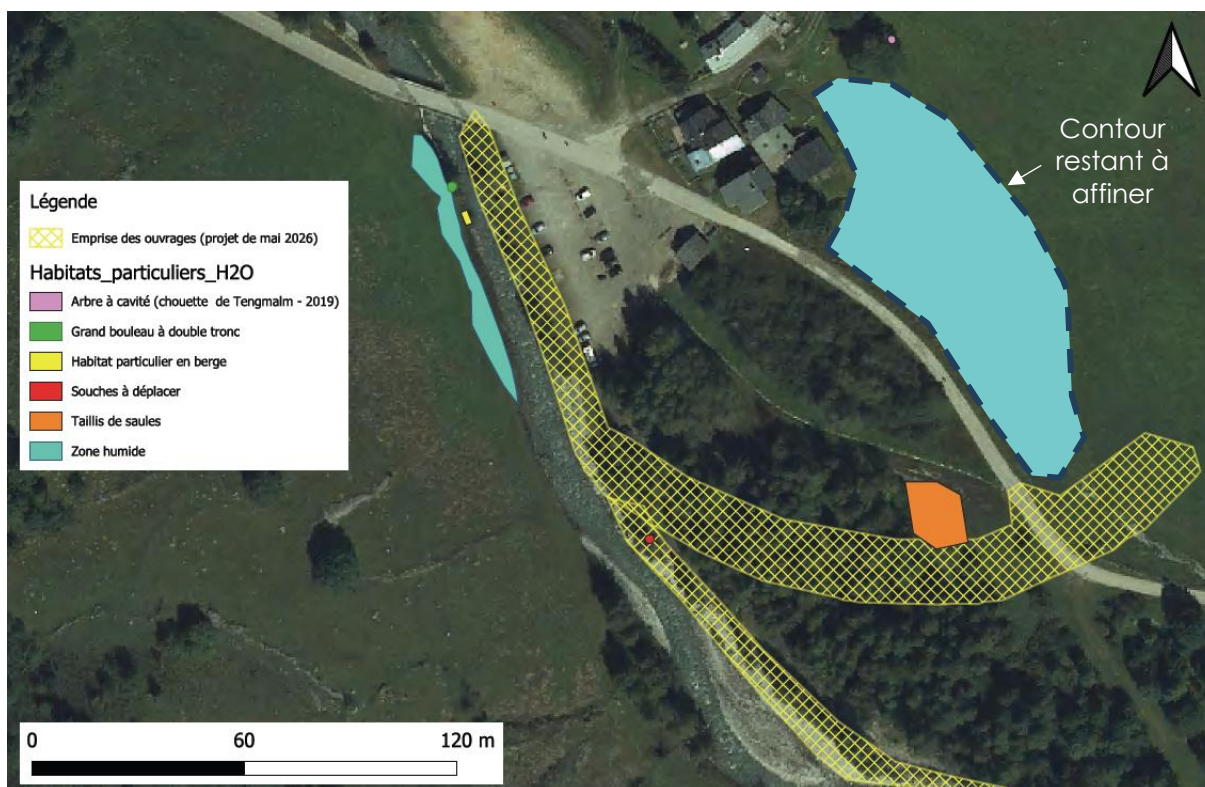
Point d'intérêt environnemental au droit des ouvrages

En complément, une analyse de terrain a porté sur l'emprise des ouvrages pour identifier des point intérêt environnemental particulier.

Sont identifiés :

- Un habitat de bloc en rive gauche du Doron, en amont du pont départemental, offrant une belle diversification.

- Un amas de souches en rive droite du Doron, sur un tronçon de digue à araser, qui peut constituer un habitat pour la petite et moyenne faune.
- Une zone humide localisée en rive gauche du Doron
- Une zone humide en amont du Laisonnay d'en Bas, dans la dépression située entre le pied de versant et la route communale



C'est principalement les abords du projet au Laisonnay d'en Bas qui sont concernés. A date de la rédaction de l'AVP, des analyses restent à préciser autour du secteur de la nouvelle passerelle.

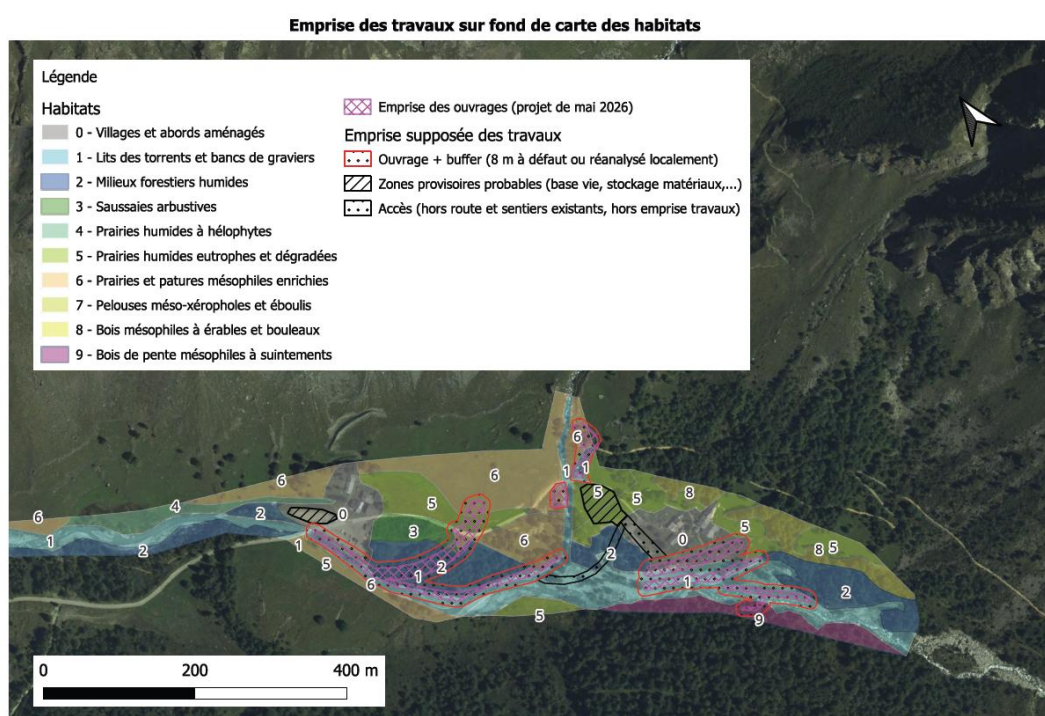
Prise en compte dans le cadre du projet et des travaux :

La prise en compte des enjeux environnementaux dans le cadre du projet s'est traduite comme suit :

- Avant tout, les expertises réalisées ont permis de vérifier l'absence de plante protégée, rare ou remarquable aux différents niveaux (national, régional, départemental), concernée sur l'emprise des travaux.
- Après identification des zones à enjeux environnemental, un évitement a pu être envisagé et pris en compte pour être prévu lors des travaux, par adaptation du projet selon les possibilités techniques ou évitement/déplacement selon les cas :
 - o L'amas de souche présent sur une digue à araser sera déplacé en début de travaux pour maintenir cette zone d'habitat potentiel
 - o Concernant la saulaie arbustive, le projet pourra l'éviter en adaptant très à la marge la géométrie de l'ouvrage, sans contrainte technique sur un secteur où les pentes sont déjà douces.
 - o Les habitats en berge rive gauche à l'approche du pont départemental et la zone humide en rive gauche sont identifiés et seront pris en compte dans les

choix de modalité de dérivation de l'eau sur ce secteur pour les éviter dans la mesure du possible.

- La présence de la zone humide potentielle en arrière du Laisonnay du Bas. L'expertise du bureau d'étude environnemental permettra de préciser si la digue en virgule influence l'alimentation de cette zone, et le dimensionnement géotechnique de l'ouvrage au stade du PRO pourra étudier et proposer du drainage sous l'ouvrage.
- L'expertise complémentaire de mai-juin 2026 permettra aussi d'adapter l'implantation de la passerelle et du sentier rive gauche si nécessaire.
- Un croisement de l'emprise des travaux (ouvrage et espace nécessaire aux travaux : accès, zone de stockage, abords des ouvrages) avec la cartographie des habitats a été réalisée et permettra, dans le cadre du dossier d'autorisation environnementale, d'évaluer la sensibilité et les impacts potentiels de l'opération sur les milieux, afin de proposer des mesures de type « RC » adaptées.



- D'autres mesures plus classiques sont également prévues pour limiter l'impact. La liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée dans le cadre des dossiers environnementaux : Choix d'une période de travaux adaptée (entre août et octobre), pêche de sauvegarde avant dérivation, mesures de réduction des risques de pollution des engins, mis en défens des zones d'enjeux restant proches des travaux, ...

VI.7 Prise en compte des enjeux paysagers

Le vallon de Champagne le Haut est un site classé et les hameaux de Champagne le haut est un site inscrit par arrêté du 15 septembre 1992.

De ce fait, l'intégration paysagère des aménagements est un enjeu fort dans le dimensionnement du projet.

Un diagnostic paysager du site a été réalisé en 2022 (Territoire et Paysage). Dans le cadre de cette étude, le scénario d'aménagement a également été soumis à l'avis du bureau d'études, vis-à-vis de la prise en compte des aspects paysagers. Bien que le scénario

d'aménagement retenu aujourd'hui présente quelques modifications par rapport au scénario de 2022, elles ne sont pas significatives et le projet global reste très similaire à celui soumis à l'avis du bureau d'études. Un avis complémentaire sera porté par le bureau d'étude sur le projet final retenu en juin 2026.

« Les ouvrages réalisés en 2015 au lendemain de la crue du Doron visaient à remettre le Doron dans son lit initial ont conduit à une chenalisation du torrent. A l'inverse **l'avant-projet vise à laisser faire le cours d'eau le plus possible tout en s'assurant de la sécurisation des hameaux habités lors des risques de crues**. Cette philosophie plus respectueuse du projet **se base sur l'acceptation d'un vaste espace de divagation du torrent** entre les deux hameaux du Laisonnay. Grâce à cet espace, en cas de crue, le torrent disposerait d'**un vaste espace ingénieusement défini grâce à la microtopographie** de l'ombilic et pourrait s'étendre tout en pouvant déposer un grand nombre de sédiments risquant d'obstruer le pont en aval du Laisonnay d'en bas.

[...]

Cet avant-projet affirme une stratégie d'aménagement globale ingénieuse cherchant à protéger le patrimoine existant par une compréhension de la géographie des lieux et un ménagement du lieu et du torrent.

L'avant-projet initial tel qu'envisagé répond bel-et-bien aux enjeux de préservation des hameaux et de sécurité des personnes. **Le positionnement clair**, visant à laisser le torrent s'exprimer grâce à un vaste espace de divagation et en évitant de le contraindre, **fait preuve d'une certaine intelligence et d'un respect des forces naturelles du torrent**. **Cet avant-projet relève de la même ingéniosité que celle ayant construit autrefois le paysage reconnu par le site classé notamment par une lecture fine de la géographie des lieux et des dynamiques naturelles du torrent.**

Cependant, il est à noter que l'avant-projet initial peut partiellement questionner dans la matérialisation et la lisibilité des ouvrages au regard du paysage et du site classé. » Les points marquants sont repris et synthétisés ci-après :

- La visibilité des enrochements sur les talus côté cours d'eau peut interpeller. Cependant, des blocs de mêmes dimensions composent le lit du torrent, rendant une perception finalement peu artificielle au regard de l'échelle naturelle des rives.
- Certains ouvrages présentent des talus raides, notamment au Laisonnay du haut où l'espace est plus contraint. Cependant, le visiteur en arrivant est plus absorbé par le pittoresque du hameau ainsi que par la cascade du Py et l'immensité de la vallée. Bien que d'envergure, les rapports d'échelle ressentis dans le site sont singuliers et les composantes anthropiques apparaissent comme moins prégnantes face à l'envergure des reliefs naturels
- La création de la nouvelle digue « en virgule » engendrera une saignée dans l'espace boisée. Toutefois, une saignée de ce type est déjà existante sur cette zone pour le muret permettant la redirection des écoulements de nappe

Mesures prises pour l'intégration paysagère

Le projet prend en compte les mesures suivantes pour une meilleure intégration paysagère de l'aménagement :

- Les enrochements sont remblayés sur les tronçons où les sollicitations hydrauliques ne sont pas fréquentes ou continues (i.e. pas en contact permanent avec le Doron en étiage).
- Les talus en remblais seront végétalisés. Des espèces végétales adaptées seront définies en stade PRO pour être adaptées au site, et en cohérence avec le

fonctionnement d'un ouvrage au rôle de protection contre les inondations de l'ouvrage (herbacées ou arbustives),

- Les talus des digues sont modelés en pente douce pour casser les géométries marquées et les changements brutaux de topographie,
- Sur les secteurs où les enrochements sont apparents (solllicitations fréquentes par les écoulements), un choix sera fait au stade PRO sur le choix d'imposer à l'entreprise une colorimétrie de blocs similaire à la roche retrouvée localement, selon les possibilités et les incidences (notamment cout).
- La possibilité de créer des éclaircies dans la zone boisée pour atténuer l'effet de saignée liée à la création de la nouvelle digue « en virgule » sera discutée au stade du montage des dossiers réglementaires (pour le préciser dans le cadre du dossier de demande de travaux en site classé notamment). Le choix sera rappelé au PRO pour ensuite être pris en compte aux demandes fixées aux entreprises dans le cadre du DCE.

D'autres recommandations du bureau d'études Paysage pourront également être prises en compte au stade du PROjet pour améliorer l'insertion paysagère de l'aménagement.

VII Modalités et organisation de l'opération

VII.1 Démarches préalables

VII.1.1 Procédures réglementaires préalables

Le dossier de demande d'autorisation de travaux en site classé et le permis d'aménager sont prévus courant 2026, sous maîtrise d'ouvrage APTV.

Concernant la procédure réglementaire au titre du Code de l'Environnement,

- Un dossier d'examen au cas par cas va être déposé courant mai 2026 par l'APTV pour une décision de l'autorité environnementale si le dossier est soumis ou non à une étude d'impact.
- L'étude de danger est en cours d'élaboration ; elle constitue la pièce majeure de la demande d'autorisation du système d'endiguement.

Aussi, le maître d'ouvrage a préalablement identifié les différentes procédures réglementaires préalables auxquelles est soumis le projet, et intégré le délai d'élaboration des dossiers et d'instruction dans le rétroplanning de l'opération.

VII.1.2 Démarches foncières

Les démarches foncières sont également prévues par le maître d'ouvrage, et vont débuter courant 2026.

VII.1.3 Gestion des réseaux

Une déclaration de travaux DT 2020091700563DE9 avait été réalisée lors de la première version du projet pour connaître les éventuels réseaux présents dans l'emprise du projet. Aucun réseau n'était recensé dans l'emprise des travaux.

La DT sera à actualiser en phase PRO pour une prise en compte d'éventuelles problématiques.

Les trois sujets suivants sont à minima identifiés à ce stade :

- Des réseaux, dont un réseau électrique, récemment mis en œuvre sont identifiés contre la partie aval du tablier du pont départemental. Ils seront à considérer dans le cadre de l'étude de faisabilité de la création d'un cassis en rive gauche du pont, pour limiter les conséquences d'un débordement depuis le pont vers le Laisonnay d'en Bas.



Figure 81 : réseaux coté aval du pont départemental

- Une conduite d'eau est également présente sous la passerelle piétonne qui sera supprimée et remplacée par un franchissement plus en amont.

La commune avait précisé lors du COPIL 08/09/2025 du que la conduite n'était plus utilisée en raison d'un taux d'arsenic trop élevée.

Elle pourra être isolée puis retirée.



Figure 82 : Conduite d'eau sur la passerelle

- Un rejet d'eaux usées provenant des toilettes sur le parking du Doron est également identifié dans le Doron.

Les toilettes seront à supprimer ou décaler dans la mesure où ils sont sur l'emprise de l'ouvrage (au niveau d'une discontinuité actuelle du profil de berge, correspondant à l'emplacement de l'ancien pont du Doron).

Les modalités de gestion des toilettes seront requestionnées avec la commune pour éviter ce rejet d'eaux usées dans le Doron.



Figure 83 : toilettes publiques et rejet dans le Doron

VII.2 Période de réalisation / durée des travaux

Les travaux ne pourront être réalisés qu'entre août et l'arrivée de l'hiver vers la fin d'octobre – mi-novembre au plus tard, avec des travaux hors cours d'eau pour ceux après le 15 octobre.

Ce planning prend en compte :

- Des périodes sensibles pour la plupart des espèces identifiées sur site (papillons, chiroptères, avifaune...) correspondant au printemps – début d'été,
- Des périodes d'intervention en cours d'eau permettant de limiter les impacts sur la faune piscicole qui s'étalent d'avril au 15 octobre sur le secteur,
- De la période de fréquentation touristique estivale,
- Des contraintes d'accès et de réalisation des travaux liés aux conditions météorologiques (chutes de neige) et de la fermeture associée de la route d'accès menant au Laisonnay pouvant survenir dès la fin octobre, novembre jusqu'au mois de mai – juin.

Les délais sont courts. Un choix devra être fait par le maître d'ouvrage en phase PRO, ou avant montage du DCE au plus tard, pour déterminer les contraintes de délais fixés aux entreprises.

La réalisation sur une année nécessitera aux entreprises de multiplier les moyens. Une mise en œuvre sur deux ans est possible, avec un découpage par hameau. Cela est possible en considérant que :

- Chaque projet par hameau est soit proche de l'équilibre déblai/remblai (cas du Laisonnay d'en Bas), soit en excès de matériaux (cas du Laisonnay d'en Haut). Il n'y a donc pas de nécessité à définir des zones de stockage de matériaux conséquentes dans l'intervalle de temps entre l'exécution des 2 tranches, pour pallier un manque de matériaux sur un des sites.
- Il n'y a pas de dégradation de la protection contre les risques d'inondation existant actuellement dans l'intervalle de temps entre l'exécution des 2 tranches.

VII.3 Zone provisoire et accès provisoires

Zone provisoire

Des zones provisoires sont à anticiper pour l'installation de la base vie, pour proposer à l'entreprise des zones de stockage de matériaux, pour une plateforme de criblage/concassage selon les modalités de réutilisation qui seront définies sur la base de l'étude géotechnique.

Il est suggéré d'anticiper :

- La plateforme face au parking du Laisonnay d'en Bas.
- Une partie du parking du Laisonnay d'en Bas et/ou le petit parking devant le refuge.
- L'utilisation du pré en rive gauche du Py en contrebas de la route.

Accès

L'identification des accès provisoires nécessaires à la mise en œuvre des travaux est anticipée dès la phase d'avant-projet, afin de les intégrer dans l'évaluation de l'impact de l'opération.

Pour les travaux au Laisonnay du Bas, les accès seront les suivants :

- Pour les travaux le long du parking : directement via le parking, et/ou le long du Doron en rive droite sous réserve de dérivation du cours d'eau pour un travail à sec.
- Pour la digue en virgule en lit majeur, l'accès se fera depuis la route communale le long de l'emprise de la digue, qui sera déboisée pour la réalisation de l'ouvrage. Une courte piste existait également depuis le fond du parking vers la jonction de la digue le long du parking et la digue en virgule ; elle pourrait être ré-utilisée le cas échéant.
- Pour l'évacuation des matériaux d'un merlon à araser, un accès depuis le parking du refuge puis le long du Doron est prévu. Il nécessite de traverser un boisement peu dense (possible coupe de quelques arbres), d'aménager un franchissement provisoire (busé) du Py, et de gérer une dérivation du Doron pour cheminer à sec le long du Doron.

Pour les travaux dans le Doron au droit du Laisonnay d'en Haut,

L'accès se fera depuis la zone du parking du refuge, puis au sein du futur espace de mobilité du Doron. Le tracé précis sera à définir en phase travaux. Ils impliqueront une gestion du petit affluent (busage, gué) pour un franchissement à sec et une gestion des eaux du Doron pour également gérer des cheminements à secs.

Pour le remblaiement en rive gauche du Py, les travaux se feront par un accès depuis la route communale, puis directement sur l'emprise des travaux, en débutant par le point le plus éloigné.

Pour l'accès des engins au parking du refuge, un franchissement provisoire du Py (buse et gué) sera vraisemblablement à aménager pour éviter de dégrader la passerelle, voire en raison d'une incompatibilité de gabarit.

VII.4 Gestion des eaux

Une grande partie des travaux concerne des zones en lit majeur et ne sont pas concernés par une problématique de dérivation provisoire des eaux.

Une dérivation des eaux sera nécessaire pour les travaux le long du parking, pour les travaux au niveau de la passerelle. Sur ces secteurs, les enjeux environnementaux en berge opposée seront à prendre en compte dans le cadre des choix de modalités de dérivation.

Par ailleurs, des franchissements provisoires de cours d'eau seront nécessaires pour gérer les accès avec :

- La traversée du Py à la confluence pour accéder à la rive droite du Doron au Laisonnay d'en Bas
- La traversée du petit affluent pour accéder au secteur de la passerelle ;
- La traversée du Doron pour les travaux sur la culée rive gauche de la passerelle.
- La traversée du Py en aval immédiat du pont pour éviter le passage d'engins sur le pont entre les deux hameaux.

VIII Exécution

VIII.1 Etude complémentaire

VIII.1.1 Faisabilité de l'abaissement de la route départementale en rive gauche

Dans le cadre du présent avant-projet, des réflexions ont porté sur la mise en œuvre d'un chenal de débordement en rive gauche du pont, avec abaissement marqué de la route. Le chenal impliquait un terrassement rive gauche.

Ce volet d'aménagement a été abandonné pour des raisons techniques :

- Le chenal serait plus bas que le Doron avec une bande de terre limitée entre le Doron et le chenal. Dans cette configuration, il aurait été probable que le chenal soit constamment alimenté en eau par la nappe, et que la bande de terre intermédiaire soit peu durable.
- En outre, le pré en rive gauche constitue un enjeu environnemental (zone humide).

L'abaissement envisagé concernerait uniquement la route, avec l'aménagement d'un cassis, pour privilégier des débordements vers la rive gauche, là où ils se font déjà naturellement depuis l'amont, sans abaissement de la rive gauche (hormis la route).

La qualification du bénéfice apporté nécessite de re-expertiser visuellement la topographie du site, prévue en juin 2026. Si l'abaissement a une plus-value en termes de gestion de risque, la faisabilité de l'abaissement nécessitera d'être étudiée vis-à-vis des réseaux présents en aval de la route.

VIII.1.2 Etude géotechnique

Une étude géotechnique est recommandée pour :

- Analyser et caractériser la nature des matériaux, la perméabilité, les paramètres géomécaniques des matériaux,
- Confirmer leur réemploi possible pour la création des digues et préciser les modalités de réemploi ;
- Pour les deux digues qui sont à conforter (digue du parking et digue du Laisonnay d'en Haut), déterminer la nature des matériaux constituant la digue et le sol support, rechercher d'éventuelles anomalies dans le corps de la digue
- Analyser la stabilité des digues pour différents cas de charge, à définir préalablement.

VIII.1.3 Actualisation levé topographique et projection de l'aménagement

Les données topographiques datent de 2018. Depuis, le Doron a charrié de nouveaux matériaux. Le bilan de volume a évolué, en toute vraisemblance avec davantage de matériaux en excès.

D'un point de vue purement technique, la problématique peut être gérée avec une actualisation durant la phase préparatoire des travaux, en phase EXE.

Toutefois, pour anticiper les conséquences de ces nouveaux apports et surtout limiter l'aléa financier et sa gestion associée en phase travaux, les données peuvent être actualisées et l'aménagement reprojeté pour une mise à jour des cubatures et des coûts. Il est suggéré de procéder à cette actualisation quelques mois seulement avant le lancement de la consultation (car les apports se poursuivront).

IX Estimation des quantités et des couts

IX.1 Quantités

Laisonnay d'en BAS									
Partie de l'aménagement	Nom de l'axe sur les plans	Déblais	Remblais	Remblai sur ES	Remblai - total	Enr. secs	Couche Transition	Enr. Bétonnés	Béton
Digue en virgule	B	2486 m ³	3038 m ³	215 m ³	3253 m ³	2415 m ³	443 m ³		
Passage de la route	Chemin Gde Casse		192 m ³		192 m ³				
Digue arasée le long du Doron	F	1091 m ³	0 m ³		0 m ³				
	Sous totaux	3577 m³			3445 m³	2415 m³	443 m³	0 m³	0 m³
Laisonnay d'en HAUT									
Partie de l'aménagement	Nom de l'axe sur les plans	Déblais	Remblais	Remblai sur ES	Remblai - total	Enr. secs	Couche Transition	Enr. Bétonnés	Béton
Digue confortée et arasement du merlon au milieu	C	2322 m ³	722 m ³	504 m ³	1226 m ³	1461 m ³	281 m ³		
Arasement partiel du merlon chenalissant le Doron et support de la passerelle	G	621 m ³	14 m ³		14 m ³	19 m ³		34 m ³	2 m ³
Sentier jusqu'à la passerelle coté RG	Sentier	16 m ³	53 m ³		53 m ³				
Terrassement en lit majeur du Py	D	317 m ³	690 m ³		690 m ³				
	Sous totaux	3276 m³			1983 m³	1480 m³	281 m³	34 m³	2 m³
PROJET GLOBAL									
		Déblais	Remblais	Remblai sur ES	Remblai - total	Enr. secs	Couche Transition	Enr. Bétonnés	Béton
TOTAUX		6853 m³			5428 m³	3895 m³	724 m³	34 m³	2 m³

IX.2 Cout des travaux

Le tableau ci-après présente l'estimation des travaux pour la réalisation des aménagements proposés. Il s'agit des coûts des travaux, hors études complémentaires, maîtrise d'œuvre, démarches foncières ou toute autre étude ou prestation associée.

L'estimation reste entachée de fortes incertitudes :

- Réalité des offres des entreprises, du marché et de la concurrence lorsque la consultation sera lancée ;
- Certains prix sont particulièrement structurant (enrochements secs) au vu du volume à mettre en œuvre. Des faibles écarts, favorables dans le cas d'opportunité d'entreprises candidates ou défavorables dans le cas de faibles disponibilités, peuvent influencer fortement le cout global.
- Volume de matériaux excédentaires : depuis 2018 (date des données topographiques), le Doron a apporté de nouveaux matériaux et les apports continueront jusqu'aux travaux. Il est probable que le volume à évacuer soit supérieur, avec donc des couts d'évacuation supplémentaire.

A noter également que l'abaissement de la route départementale, s'il s'avère faisable et opportun, n'est pas comptabilisé à ce stade.

TRAVAUX				
Nature des travaux	Unité	Prix unit. HT (en chiffres)	Quantité	Sous-Total
Préparation et installation du chantier				
Documents préparatoires (Plan Qualité, Plan prévention, DICT, ...)	ft	2 500.00 €	1	2 500.00 €
Etudes d'exécution	ft	3 500.00 €	1	3 500.00 €
Installation de chantier	ft	30 000.00 €	1	30 000.00 €
Plan de recollement et dossier des ouvrages exécutés	ft	1 500.00 €	1	1 500.00 €
Aménagement Laisonnay d'en Bas				
Deboisement et dessouchage	ft	3 000.00 €	1	3 000.00 €
Gestion de la dérivation des eaux le long du parking	ft	10 000.00 €	1	10 000.00 €
Gestion des accès et franchissements divers	ft	3 000.00 €	1	3 000.00 €
Terrassement en déblai en vue d'une réutilisation sur site pour digue.	m³	6.00 €	3 577	21 462.00 €
Terrassement en remblai avec éventuel criblage préalable, puis compactage pour création des digues.	m³	10.00 €	3 445	34 450.00 €
Terrassement en déblais avec évacuation des matériaux excédentaires sur un site à trouver dans la plaine de Champagny le Haut	m³	24.00 €	132	3 168.00 €
Enrochements secs	m³	120.00 €	2 415	289 800.00 €
Geotextile	m²	2.50 €	1 600	4 000.00 €
Matériaux de transition de type 80/160	m³	35.00 €	443	15 505.00 €
Engazonnement des digues	m²	0.80 €	2 000	1 600.00 €
Revetement route communale sur la digue et raccordement	m²	45.00 €	200	9 000.00 €
Aménagement Laisonnay d'en Haut et Py				
Decapage et mise en attente de la terre végétale de la digue du Laisonnay d'en Haut	ft	3 000.00 €	1	3 000.00 €
Terrassement en déblai en vue d'une réutilisation sur site pour digue.	m³	6.00 €	3 276	19 656.00 €
Terrassement en remblai avec éventuel criblage préalable, puis compactage pour création des digues.	m³	10.00 €	1 983	19 830.00 €
Terrassement en déblais avec évacuation des matériaux excédentaires sur un site à trouver dans la plaine de Champagny le Haut	m³	24.00 €	1 293	31 032.00 €
Enrochements secs	m³	120.00 €	1 480	177 600.00 €
Geotextile	m²	3.00 €	1 000	3 000.00 €
Matériaux de transition de type 80/160	m³	35.00 €	281	9 835.00 €
Engazonnement des digues	m²	0.80 €	4 000	3 200.00 €
Aménagement passerelle et sentier au Laisonnay du Haut				
Gestion des accès et de la dérivation de l'eau	ft	2 500.00 €	1	2 500.00 €
Enrochements bétonnés	m³	250.00 €	35	8 750.00 €
Enrochements secs	m³	120.00 €	20	2 400.00 €
Passerelle	ft	20 000.00 €	1	20 000.00 €
Terrassement manuel du sentier en rive gauche y compris gestion végétation	ft	1 200.00 €	1	1 200.00 €
Passage du ruisseau en rive droite - aménagement à définir	ft	5 000.00 €	1	5 000.00 €
		Sous total Travaux		739 488.00 €
		Divers et imprévus sur travaux 15%		110 512.00 €
		TOTAL Travaux (€ HT)		850 000.00 €

X Entretien de l'aménagement

L'aménagement est conçu pour pouvoir accueillir plusieurs crues moyenne à rare et contenir avec marge une crue majeure de type 2015 ou supérieure.

Il est estimé que l'aménagement permet d'ajouter

- Environ 25 % de surface de mobilité supplémentaire aux crues moyenne à rare (tant que la chenalisation jusqu'à la passerelle est fonctionnelle)
- Environ 80 % de surface de mobilité supplémentaire pour des crues supérieures, occupant l'ensemble de l'espace, atteignant ainsi plus de 3 hectares.

Le dimensionnement proposé permet de limiter les contraintes d'entretien.

Toutefois, bien que moins fréquentes qu'en l'état actuel, des opérations d'entretien pourront être nécessaire au fil des crues :

- Remodelage au sein des dépôts pour éviter des situations devenues défavorables (exemple écoulement frontal contre une digue) ;
- Évacuation de matériaux lorsque le volume ou la revanche deviendra inférieure au choix de gestion qui seront plus précisément développés dans le cadre de l'étude de danger.

En cas de contournement de la passerelle, par remodelage au sein de la zone de mobilité, la chenalisation pourra être retrouvée. Cette intervention répondra avant tout à une remise en état du franchissement (sentier), et restera favorable vis-à-vis des ouvrages en limitant les sollicitations sur la digue du Laisonnay d'en Haut.

En outre, le suivi régulier des ouvrages et des abords permettra :

- De déceler d'éventuelles dégradations pour programmer une opération d'entretien, de réparation si besoin ;
- De définir les opérations d'entretien de la végétation, notamment au sein de la zone de boisement.

Table des illustrations

Figure 1 : Plan de situation	7
Figure 2 : Bassin versant du Doron en amont du Laisonnay – source : Google Earth.....	8
Figure 3 : profil en long du Doron de Champagny et du Py	9
Figure 4 : Lac de la Glière et zone de régulation en amont	10
Figure 5 : lac de la Glière vu depuis le verrou aval	10
Figure 6 : passerelle au niveau du verrou emportée lors de la crue de 2015 (à gauche) – nouvelle passerelle fortement dégradée en 2018 (à droite)	11
Figure 7 : Chenal de décharge du lac de la Glière	11
Figure 8 : zones de régulation, érosion de berges et apports de torrents affluents.....	12
Figure 9 : Zone de transit sédimentaire, sur fond rocheux à gauche, sur lit pavé à droite	12
Figure 10 : Dépôts de bois dans le lit du Doron, provenant d'une récente avalanche rive gauche du Doron.....	12
Figure 11 : Dépôts selon une pente élevée quelques hectomètres en amont du Laisonnay d'en haut.....	13
Figure 12 : Vue générale du Doron de Champagny sur le secteur des hameaux du Laisonnay	14
Figure 13 : Lit large au droit de la confluence du Py avec le Doron	14
Figure 14 : Rupture de pente et passerelle piétonne.....	15
Figure 15 : Affluent rive droite au Laisonnay d'en haut (à gauche) alimenté par une résurgence (à droite).....	15
Figure 16 : Pont de la route départementale au Laisonnay d'en Bas.....	16
Figure 17 : Evolution en plan à l'aval du Laisonnay d'en Bas (1970 à 2016).....	17
Figure 18 : Vues générales du torrent du Py sur le secteur des hameaux du Laisonnay, à la confluence avec le Doron de Champagny	18
Figure 19 : Vue des débordements suite à la crue du 21 juillet 2015 (source : rapport d'évènement RTM)	19
Figure 20 : photos de la crue du 23/07/2015	20
Figure 21 : photos entre les deux hameaux (source : Dauphiné Libéré)	20
Figure 22 : photos au niveau du Laisonnay d'en Bas (source : Dauphiné Libéré)	21
Figure 23 : Débordement de faible intensité atteignant le Laisonnay d'en Bas lors de la crue du 23/07/2015 (source : video Les Echos de Bozel : https://www.dailymotion.com/video/x2z8o96)	21
Figure 24 : évolution de la largeur du lit en aval du verrou rocheux suite à la crue de 2015 ...	22
Figure 25 : élargissement accrue de l'espace de divagation	23
Figure 26 : Variation des niveaux de dépôts identifiable sur un gros bloc	24
Figure 27 : érosion lors de la crue du 21/06/2024 (source : APTV).....	25
Figure 28 : Crue de septembre 2024 - source : APTV	26

Figure 29 : photo aérienne de 1988 (source : IGN).....	27
Figure 30 : photos de la crue du 5 août 2003 sur le Py - source ONF-RTM.....	27
Figure 31 : Laisses de débordements coté rive droite du Py	28
Figure 32 : débordements du Py depuis le pont.....	28
Figure 33 : Traces des débordements de 2016 bloqués coté droit de la route atteignant le hameau (à gauche) - aménagement rustique de protection réalisé depuis 2016 (à droite)..	28
Figure 34 : trois véhicules engravés en amont rive gauche du pont	29
Figure 35 : Derniers dépôts en rive droite du Doron (le 18/08/2025)	29
Figure 36 : image reconstituée à partir de capture image d'une vidéo sur la page Facebook "Le Refuge du Laisonnay".....	30
Figure 37 : Hydrogramme d'une crue centennale	32
Figure 38 : Analyse granulométrique.....	34
Figure 39 : Estimation approximative des dépôts de 2015 à la première rupture de pente	36
Figure 40 : Possibilités d'atteinte du hameau du Laisonnay d'en Bas.....	43
Figure 41 : contour du bassin versant du Py	47
Figure 42 : analyse des risques de débordements du Py	50
Figure 43 : Pont sur le Py et lit engravé à faible pente à l'aval (débordements possibles en rouge)	51
Figure 44 : Point bas en rive gauche et risque de débordements vers le Laisonnay d'en Haut en amont du pont du Py	51
Figure 45 : Traces des débordements de 2016 bloqués coté droit de la route atteignant le hameau (à gauche) - aménagement rustique de protection réalisé depuis 2016 (à droite)..	51
Figure 46 : photos de 1947 à gauche et 1971 à droite	53
Figure 47 : Ouvrages existants au Laisonnay d'en haut	54
Figure 48 : Ouvrage O1	54
Figure 49 : Ouvrage O2	55
Figure 50 : protection de l'extrémité aval du merlon O4 (source : APTV)	56
Figure 51 : Ouvrages existants au Laisonnay d'en bas	57
Figure 52 : Tronçon O5a.....	58
Figure 53: Tronçon O5b.....	58
Figure 54: Tronçon O5c.....	58
Figure 55 : Tronçon O5d.....	59
Figure 56 : Tronçon O5e.....	59
Figure 57 : Tronçon O5f.....	60
Figure 58 : Ouvrage O6	60
Figure 59 : tracé actuel de la piste de ski de fond autour de la digue du Laisonnay d'en Haut	64

Figure 60 : déplacement de la passerelle	66
Figure 61 : Principe des aménagements proposés.....	69
Figure 62 : fonctionnement schématisé recherché en termes de mobilité du lit	70
Figure 63 : courbe de stabilité du tapis d'enrochements (relatif à des blocs encastrés à 2,65 t/m³) - source : J.Bouloc LCHF, 1983	70
Figure 64 : exposition des blocs - croquis A. Recking	71
Figure 65 : Protection rapprochée du Laisonnay d'en Haut	75
Figure 66 : Digue du Laisonnay d'en Bas, le long du parking.....	76
Figure 67 : Digue du Laisonnay d'en Bas, entre le Doron et la route	77
Figure 68 : Digue du Laisonnay d'en Bas, en amont de la route	78
Figure 69 : arasement du merlon en aval de la confluence du Py	78
Figure 70 : Arasement partiel du merlon en amont de la passerelle et maintien d'une chenalisation	79
Figure 71 : zone comblée (en rouge) et dévers recherché en partie supérieure (flèches)	79
Figure 72 : comblement d'une dépression en rive gauche du Py.	80
Figure 73 : passerelle actuelle	80
Figure 74 : section hydraulique, sans représentation du garde-corps.....	81
Figure 75 : sentier existant (à gauche) - cheminement à créer (à droite).....	81
Figure 76 : franchissement lac des Vaches (source : Pralognan la Vanoise)	82
Figure 77 : exemple de cheminement en bois (© Bois Loisirs Création).....	82
Figure 78 : épi en amont du Laisonnay d'en Haut ("merlon O1 »)	83
Figure 79 : Localisation des espèces patrimoniales identifiées sur la zone du projet (source : rapport H2O Environnement 2025).....	86
Figure 80 : cartographie des habitats.....	87
Figure 81 : réseaux coté aval du pont départemental	93
Figure 82 : Conduite d'eau sur la passerelle.....	93
Figure 83 : toilettes publiques et rejet dans le Doron.....	94