

ETUDE COMPLEMENTAIRE DES DORON DE BOZEL ET DORON DE BELLEVILLE

Etude de Dangers de Moûtiers



Rapport d'analyse de la régulation du transport solide sur les Doron de
Bozel et de Belleville

D	28.06.2022	BoJu	BoJu
C	11.04.2022	TeM	BoJu
B	10.01.2022	ColA/TeM	
A	29.10.2021	ColA/TeM	BoJu
0	09.08.2021	ColA/TeM	BoJu
Version	Date	Rédigé	Vérifié

Lombardi Ingénierie

66/70, rue de la Villette, 69003 Lyon

Téléphone +33 (0)4 26 84 26 10, Fax +33 (0)4 26 84 26 39

lyon@lombardi.group, www.lombardi.ch

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	1
2.	RAPPEL DU CONTEXTE DE L'ETUDE	2
2.1	Localisation de l'étude	2
2.2	Etudes préliminaires	3
3.	DOCUMENTS DE REFERENCES	4
4.	RAPPEL DES ETUDES PRECEDENTES	5
4.1	Hydrologie	5
4.2	Transport solide	6
4.3	Aménagements proposés	9
4.4	Qualité des sols	14
5.	HYDROLOGIE ET TRANSPORTS SOLIDES, HYPOTHESES RETENUES	18
5.1	Hydrologie	18
5.1.1	Débits de référence	18
5.1.2	Hydrogrammes de crues	19
5.2	Transport solide	20
5.2.1	Méthodologie	20
5.2.2	Estimations des apports	22
5.2.3	Capacités de transport et risques d'engrèvement	28
6.	ANALYSE HYDRAULIQUE DU COMPORTEMENT EN CRUE DES DORONS DE BOZEL ET DE BELLEVILLE	29
6.1	Présentation du modèle hydraulique : construction et hypothèses employées	29
6.1.1	Généralités : profils en travers et maillage	29
6.1.2	Données de bases utilisées : topographie, hydrologie, transports solides	31
6.2	Analyse qualitative d'identification des zones de dépôts	32
6.3	Analyse quantitative du comportement en crue des Dorons de Bozel et de Belleville	36
6.3.1	Description du modèle, méthodologie	36
6.3.2	Résultats des simulations	38

6.3.3	Synthèse	43
6.4	Modèle 1D-2D et identification des zones vulnérables à enjeux	46
6.4.1	Modélisation d'une crue centennale du Doron de Bozel (Q10 sur Isère et Doron de Belleville), Fond fixe	46
6.5	Conclusions de l'analyse hydraulique 1D/2D	48
7.	PROPOSITIONS D'ACTIONS	55
7.1	Plage de régulation Doron Belleville	55
7.2	Rive gauche carrières Doron de Belleville	55
7.3	Plage de régulation du Doron de Bozel	56
7.4	Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.	56
7.5	Protections contre les débordements rive gauche à l'aval du pont caréné	58
7.6	Autres propositions d'action par rapport au risque d'engravement identifié	60
7.7	Réhausse des points bas au droit de la traversée de Moûtiers	60
8.	DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS PROPOSES	61
8.1	Plage de régulation Doron de Belleville	61
8.1.1	Description de la solution d'aménagement	61
8.1.2	Volume à excaver	63
8.1.3	Evacuation des matériaux	66
8.2	Sécurisation de la rive gauche du Doron de Belleville au niveau de l'usine de matériaux	66
8.3	Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.	67
8.4	Suppression des débordements en Rive Gauche en aval du pont caréné.	68
8.5	Travaux à l'aval sur le secteur de Moutiers	69
9.	ESTIMATION DES DEPENSES	72
9.1	Plage de régulation du Doron de Belleville	72
9.2	Sécurisation de la rive gauche du Doron de Belleville	75
9.3	Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.	77
9.4	Suppression des débordements en Rive Gauche en aval du pont caréné.	80

9.5	Suppression des débordements au droit de Moutiers	82
10.	RECAPITULATIF	84

TABLEAUX

Tableau 1 :	Documents de références	4
Tableau 2 :	Données hydrologiques retenues dans les études ETRM [2] et [4]	6
Tableau 3 :	Synthèse des volumes de matériaux et débits solides calculés par l'ETRM [2] et [4]	7
Tableau 4 :	Granulométries retenues – [4]	8
Tableau 5 :	Propositions d'aménagements faites par l'ETRM en 2012 [2] et 2020 [4]. (En hachuré : aménagements non retenus ni étudiés dans ce rapport)	11
Tableau 6 :	Données hydrologiques LOMBARDI	18
Tableau 7 :	Synthèse des estimations d'apports - Doron de Belleville – LOMBARDI	22
Tableau 8 :	Synthèse des différentes estimations d'apports solide du Doron de Bozel – Lombardi	23
Tableau 9 :	Estimation des apports ravin d'Enfer – LOMBARDI	25
Tableau 10 :	Valeurs retenues des apports solide des Dorons de Bozel et de Belleville – Lombardi	27
Tableau 11 :	Apports solide à Moutiers - PPRI	27
Tableau 12 :	Volumes retenus par Lombardi pour le transport solide sur le Doron de Bozel et le Doron de Belleville	27
Tableau 13 :	Capacités de transport solide des tronçons - Analyse Lombardi	32
Tableau 14 :	Scénarios simulés en fonds mobiles- LOMBARDI	37

1. INTRODUCTION

Le présent rapport est réalisé dans le cadre de l'étude complémentaire des Doron de Belleville et de Bozel qui a été commandée par la CCCT à Lombardi dans le cadre du marché de réalisation de l'étude de dangers de Moûtiers.

Il s'agit dans le présent rapport de compléter les données déjà existantes sur le secteur du Doron de Bozel et du Doron de Belleville, depuis leur confluence jusqu'à Moûtiers en étudiant particulièrement la traversée de Salins-Fontaine au-droit du pont caréné de la RD915, qui pourrait présenter un risque important d'aggravement qui impacterait le risque inondation localement et plus en aval.

Les éléments d'études réalisés en 2012 et 2020 par l'ETRM pour le compte de la Mairie de Salins-Thermes puis de la Communauté de Commune Cœur de Tarentaise (CCCT) sont analysés dans ce rapport et actualisés.

Les objectifs de cette étude sont :

- **Sur la totalité de la zone d'étude** : identifier les zones favorables aux dépôts solides.
- **Sur le secteur du Doron de Belleville** : analyser les risques de venues d'eau et les zones impactées. Vérifier la pertinence et l'impact de la création d'une plage de dépôt en lieu et place de l'ancien stade (surface et volume nécessaire pour répondre à un événement centennale).
- **Sur le secteur du Doron de Bozel depuis la confluence avec le Doron de Belleville et le long de Salins-Fontaine** : déterminer les zones de débordement et l'occurrence des crues associée, cartographier et caractériser les aléas d'inondations, valider et/ou mettre à jour les aménagements proposés par l'ETRM destinés à réduire la vulnérabilité du secteur.
- **Sur le Doron de Bozel jusqu'à la confluence avec l'Isère** : étendre l'étude de caractérisation du risque inondation en amont de Moûtiers et les éventuelles interférences de ces derniers sur les aléas de Moûtiers.
- Proposer un **programme d'actions** dans le but de réduire le risque inondation identifié dans l'étude

2. RAPPEL DU CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Localisation de l'étude

L'étude complémentaire objet de ce présent rapport concerne le Doron de Bozel et le Doron de Belleville, particulièrement :

- La partie aval du Doron de Belleville, depuis une centaine de mètres en amont de l'ancien stade communal établi en rive gauche de ce-dernier jusqu'à sa confluence avec le Doron de Bozel
- Le Doron de Bozel : entre l'amont de sa confluence avec le Doron de Belleville à Salin-les-Thermes et sa confluence avec l'Isère, à l'aval de Moûtiers (73600).

La zone étudiée est illustrée sur la **Figure 1**.

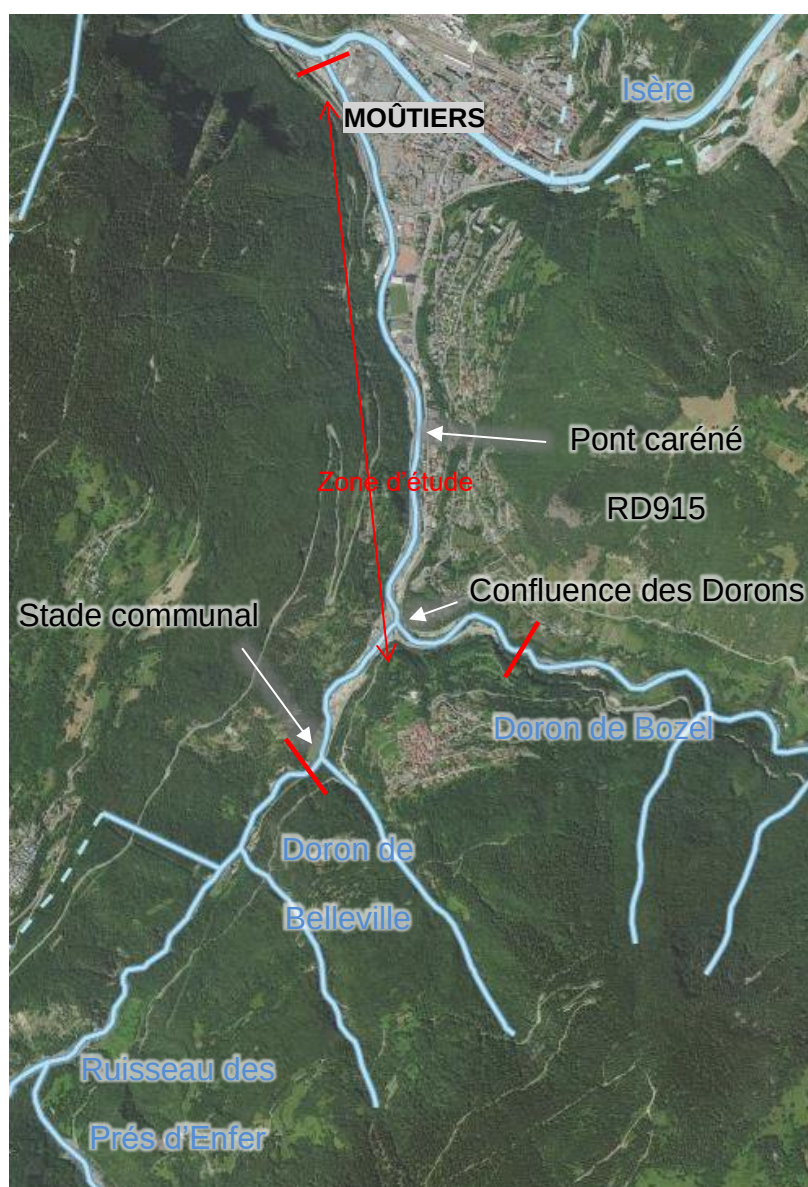


Figure 1: Zone d'étude, source Géoportail

2.2 Etudes préliminaires

Des études préliminaires visant à caractériser l'aléa d'inondation entre Salins-les-Thermes et Moûtiers et à proposer des aménagements pour la régulation du transport solide des deux torrents - le Doron de Bozel et le Doron de Belleville ont été réalisées en 2011, 2012 et 2020. Les références de ces études sont rappelées au chap.3 par ordre chronologique et reprises en références, [], ci-dessous :

- En mai 2011, le RTM a réalisé le plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) pour la commune de Salins-les-Thermes. Les risques naturels et incidents naturels survenus par le passé sur le secteur de la commune sont référencés sous forme de fiches aléas dans ce document [1]. La commune est inondable en rive droite par le Doron de Bozel.
- Deux études sur la confluence entre les deux Dorons ont été réalisées en 2012 et 2020 par ETRM pour le compte de l'Assemblée du Pays de Vanoise (APTV) et de la Communauté de Commune Cœur de Tarentaise (CCCT). [La MO était la commune de Salins-Les-Thermes.](#)
 - o En 2012 : Etude hydraulique de la confluence du Doron de Belleville avec le Doron de Bozel [2] qui propose plusieurs aménagements dont principalement l'aménagement du stade comme plage de régulation dans le but de réduire le risque inondation par engravement sur le secteur. Dans cette étude, ont été réalisées une analyse hydrologique du secteur pour l'estimation des débits liquides et une estimation des volumes de matériaux charriés pour des apports solides estimés sur la base de la formule de Lefort 1990 ;
 - o En 2020 ; une actualisation de l'étude de 2012 et l'optimisation des aménagements de régulation du transport solide en situation centennale suite au refus de la mairie d'aménager le stade en plage de régulation [4]. Les volumes de matériaux ont été réestimés avec la formule de Lefort 2015. Un volume supplémentaire de matériaux provenant du ravin d'enfer a été pris en compte. [A noter que l'étude de solutions alternatives à la zone de régulation sédimentaire au droit du stade pour assurer la régulation du transit sédimentaire dans le secteur de confluence. D'autres solutions existent mais celle du stade est techniquement et financièrement la plus avantageuse](#)

En prévision de la réalisation d'aménagements sur les deux Dorons, la Communauté de Commune Cœur de Tarentaise a réalisé un diagnostic de la qualité environnementale des sols au niveau de l'ancien stade communal du Doron de Belleville et sur la zone de dépôt située en rive gauche du Doron de Bozel proche de la confluence. Le bureau d'étude Améten a réalisé un premier diagnostic dont les conclusions ont fait l'objet d'un rapport en décembre 2019 [3] complété par des investigations complémentaires réalisés en cours d'étude et rendus en mars 2021 [5]. Ces nouveaux éléments sont présentés au chap. 8.1 et pris en compte dans l'estimation du coût des aménagements proposés.

Les principaux éléments de ces études sont présentés au chap. 4

3. DOCUMENTS DE REFERENCES

Le présent document s'appuie sur le recueil de données fournies par la CCCT classées de [1] à [5] dans le **Tableau 1** ci-dessous :

N°	Titre	Date	Auteur
[1]	PPRn de Salins et Fiches aléas : - Plan de prévention des risques naturels prévisibles	Mai 2011	ONF – RTM
[2]	Etude hydraulique de la confluence du Doron des Belleville avec le Doron de Bozel	Décembre 2012	ETRM, Vincent KOULINSKY
[3]	Diagnostic de la qualité environnementale des sols Prestation globale DIAG	Décembre 2019	AMÉTEN - Antenne des Pays de Savoie
[4]	Etude du Doron des Belleville en amont de la confluence du Doron de Bozel – Optimisation des aménagements de régulation du transport solide contre les crues centennales	Mars 2020	ETRM, Vincent KOULINSKY
[5]	Diagnostic de la qualité environnementale des sols Prestation globale DIAG complémentaire Doron de Bozel et de Belleville	Mars 2021	AMÉTEN - Antenne des Pays de Savoie

Tableau 1 : Documents de références

4. RAPPEL DES ETUDES PRECEDENTES

4.1 Hydrologie

❖ Méthodologie

La méthodologie employée par l'ETRM, [2] et [4] pour l'estimation des apports liquides en crue des deux cours d'eau est la suivante :

- Analyse de répartition spatiale des précipitations journalières : récupération des données météorologiques des postes présents sur le secteur (EDF, météoFrance), hypothèse que la loi de Gumbel est applicable. (Pluie décennale 60mm, Pluie centennale 90 mm Gradex 12.8 mm).
- Analyse des pluies à faibles pas de temps
- Choix des paramètres représentatifs sur le bassin versant
- Détermination des débits liquides
- Comparaison avec les autres bassins versants proches

Cette étude a permis l'élaboration des hydrogrammes de crue des deux cours d'eau, qui sont directement exploités pour les modélisations hydrauliques et l'analyse des apports solides des torrents.

Un décalage de ~ 9 h entre les débits de pointe du Doron de Belleville et celui du Doron de Bozel est pris en compte au niveau de leur confluence, les crues du Doron de Belleville, au bassin versant plus compact et plus à l'ouest, étant les premières à atteindre la confluence.

❖ Données retenues

Le **Tableau 2** suivant reprend les données hydrologiques retenues dans les études de l'ETRM de 2012 et 2020.

Cours d'eau	Commune et lieux dit	Surface totale	Temps de concentration	Débit (m³/s)	
		Km²	Heures	10 ans	100 ans
Doron de Belleville	Salins-Fontaine Les Belleville, à la confluence avec le Doron de Bozel	227	6	65	150
Doron de Bozel	Salins-Fontaine Les Belleville, à la confluence avec le Doron de Belleville	437	8	100	230
Doron de Bozel	Moûtiers, à la confluence avec l'Isère	664	10	145	300

Tableau 2 : Données hydrologiques retenues dans les études ETRM [2] et [4]

L'ETRM retient dans son rapport [4] de 2020, une valeur de **débit centennal du Doron de Bozel à la confluence avec l'Isère** de **300 m³/s** correspondant au débit initialement estimé en 2012.

Entre ces 2 études, dans le cadre du PPRI, Hydratec a procédé à une actualisation de ces valeurs qui a conduit à une réestimation de ce débit à **360 m³/s**. Cette non-actualisation de ce débit centennal dans l'étude ETRM de 2020 n'a pas d'incidence sur le dimensionnement des aménagements proposés qui traitaient essentiellement des aménagements du Doron de Belleville et du transport solide.

Dans le présent rapport, cette actualisation est prise en compte pour l'analyse du comportement hydraulique de l'ensemble du secteur, en la justifiant (voir Chapitre 5).

4.2 Transport solide

❖ Méthodologie

Concernant le transport solide, dans son étude de 2020, ETRM a procédé à une actualisation de ses estimations établies en 2012 (Lefort 1990) en employant la formulation de Lefort 2015.

Les volumes obtenus sont nettement plus faibles, jusqu'à deux fois moindre que ceux établis avec la formulation Lefort 1990.

❖ Données retenues par l'ETRM

Pour caractériser le transport solide il convient de distinguer différents volumes :

- Les volumes pouvant être apportés au cours d'eau ; apports amont ou de versant (Volumes d'apport) ;
- Les volumes susceptibles d'être charriés par le cours d'eau exprimés en débits solides (Q_s), capacité de transport solide ;
- Les volumes qui seraient déposés ou érodés lors d'une crue, ces-derniers étant fluctuant selon l'intensité du débit liquide.

Le **Tableau 3** ci-contre résume les données caractéristiques du transport solide retenues par l'ETRM pour le Doron de Bozel et le Doron de Belleville. Le **Tableau 5** rappelle les granulométries retenues, qui sont reprises dans la quantification du transport solide réalisée dans le cadre de cette étude.

Seul le rapport d_{90}/d_{30} a été ramené de 10 à 4 (voir justification §5.2).

Cours d'eau	Méthode employée	Largeur du lit	Diamètre moyen	Débits liquides et solides (m^3/s) – (m^3/s) et volumes charriés (m^3)	
		m	cm	10 ans	100 ans
Doron de Belleville	Lefort 1990	-	8	$Q_l \sim 65 m^3/s$ $Q_s \sim 0.75 m^3/s$ $V_s \sim 18\,000 m^3$	$Q_l \sim 150 m^3/s$ $Q_s \sim 1.9 m^3/s$ $V_s \sim 80\,000 m^3$
	Lefort 2015	15	8	$Q_l \sim 65 m^3/s$ $Q_s \sim 0.37 m^3/s$ $V_s \sim 9\,000 m^3$ Cas avec apport majoré : $16\,000 m^3$	$Q_l \sim 150 m^3/s$ $Q_s \sim 1.25 m^3/s$ $V_s \sim 50\,000 m^3$ Cas avec apport majoré : $66\,000 m^3$
Doron de Bozel	Lefort 1990	-	6 *	$Q_l \sim 100 m^3/s$ $Q_s \sim 0.25 m^3/s$ $V_s \sim 8\,000 m^3$	$Q_l \sim 225 m^3/s$ $Q_s \sim 0.65 m^3/s$ $V_s \sim 33\,000 m^3$
	Lefort 2015	18	6 *	$Q_l \sim 100 m^3/s$ $Q_s \sim 0.25 m^3/s$ $V_s \sim 4\,300 m^3$	$Q_l \sim 225 m^3/s$ $Q_s \sim 0.65 m^3/s$ $V_s \sim 33\,000 m^3$

* Matériaux plus fins que le Doron de Belleville

Tableau 3 : Synthèse des volumes de matériaux et débits solides calculés par l'ETRM [2] et [4]

	d_moyen	d90/d30
Doron de Bozel amont	6 cm	10
Doron des Belleville	8 cm	10

Tableau 4 : Granulométries retenues – [4]

❖ Comportement en crue

Les 2 études ETRM caractérisent le comportement en crue des deux Dorons en simulant différents scénarios.

Les objectifs de ces scénarios étaient d'identifier ceux critiques ainsi que l'intensité de leurs impacts sur les secteurs étudiés.

3 scénarios ont été étudiés dans le rapport de 2012 [2] et un seul des 3, le plus pénalisant, dans le rapport de 2020 [4].

Les 3 scénarios sont rappelés ci-après, seul le dernier correspondant est retenu dans le rapport de 2020.

- **Scénario 1 :** Crue centennale du Doron de Belleville (apport liquide ~ 150 m³/s), et crue décennale du Doron de Bozel (apport liquide ~ 100 m³/s). Ce scénario montre un engravement à la confluence (de l'ordre d'1m) et décalé par rapport à la pointe de l'hydrogramme. Le niveau maximal d'engravement est atteint lors de la décrue
- **Scénario 2 :** Crue centennale du Doron de Bozel (apport liquide ~ 230 m³/s) et décennale du Doron de Belleville (apport liquide ~ 65 m³/s).
- **Scénario 3 :** Crue centennale généralisée sur les deux Dorons avec un décalage entre les deux crues, celle du Doron de Belleville arrivant en premier. Pour ce scénario, des débits Q₁₀₀ de 230 et 270 m³/s du Doron de Bozel respectivement en amont et en aval de la confluence du Doron de Belleville, sont pris en compte, ainsi qu'un débit Q₁₀₀ de 150 m³/s pour le Doron de Belleville.

Les simulations hydrauliques du **scénario 3** avec la formulation Lefort 2015 ont conduit aux conclusions suivantes :

- Un engravement du Doron de Belleville de 1.20 m à la confluence et de 0.50 m au droit de l'ancien stade de foot. Les dépôts à la confluence sont plus faibles que ceux estimés en 2012 et remontent beaucoup moins dans le lit du doron de Belleville.
- Le pavage du lit sur le Doron de Bozel facilite la reprise des matériaux. Les dépôts restent cependant importants en aval de la confluence (1.30 m estimé sous le pont caréné de la RD915).
- Des dépôts modérés sur le Doron de Bozel en amont de la confluence.

- Les mêmes points critiques qu'en 2012 sont identifiés sur le Doron de Bozel (entrepôts de Botto TP, conduites en amont de la passerelle piétonne et le pont de la RD915). Les risques d'érosion de berges et d'affouillement sont toujours mis en avant dans cette nouvelle étude.

4.3 Aménagements proposés

ETRM propose 3 catégories d'interventions dans le secteur de la confluence :

- **Les interventions globales sur le transport solide et la morphologie des lits** : élargissement et restaurations au niveau du stade et de la confluence, tels qu'illustré sur la **Figure 2**.



Figure 2: Emprise des aménagements "plages de dépôts" proposés par l'ETRM en 2012

Pour le Doron de Belleville : il est envisagé de réaliser un élargissement du lit de 15 à 70 m au droit du stade et de 20 à 50m au droit des terrains de tennis. Pour ce faire les travaux consisteraient à un décaissement de toute la rive gauche. Des simulations montrent que cet élargissement présente un impact significatif en cas de forte crue du Doron de Belleville, impliquant d'important volumes de matériaux charriés et déposés.

Au niveau du stade, il était à une protection des berges pour retenir les éboulements de blocs.

Le programme d'actions prévoit d'autres interventions :

- élargissement du lit au droit de la plateforme VORGER TP , couplé à des protections de berges en RD le long de la plateforme TP,
- protection de berge en RG au droit du versant de gypse.

Pour le Doron de Bozel : il est envisagé d'élargir le lit entre 13 et 40 m sur la zone représentée à droite de la **Figure 2**. Cet élargissement serait bénéfique pour la capacité hydraulique sous le pont de la RD915 dans la mesure où les niveaux d'eau seraient réduits. Cependant l'effet de la contraction du lit engendrée par la création d'un tel élargissement est à prendre en compte. Cette dernière a été caractérisée dans le rapport de l'ETRM à travers différentes simulations.

Enfin ETRM précise que tout aménagement du lit des cours d'eau devra être accompagné par des protections de berges impliquant souvent le recul de ces dernières pour restaurer une largeur de lit suffisante.

Le tableau suivant combiné avec une vue en plan illustre les actions proposées par l'ETRM. Le Chapitre 8, spécifique aux propositions d'actions sur le secteur reprend les aménagements proposés par l'ETRM :

Tableau 5 : Propositions d'aménagements faites par l'ETRM en 2012 [2] et 2020 [4]. (En hachuré : aménagements non retenus ni étudiés dans ce rapport)

Propositions d'aménagements ETRM 2012 et 2020				
N° de l'action	Cours d'eau	Zone d'intervention	Description / Objectifs	Commentaire
1	Doron de Belleville	Ancien stade communal	Restauration de la zone de divagation au droit du stade : decassement de la zone à hauteur du lit du Doron de Belleville : au plus 50cm au dessus du fil d'eau d'étiage.	Volumes d'excavation importants à prévoir : des sondages pour quantifier la pollution des sols ont été effectués sur le secteur.
2	Doron de Belleville	Rive gauche face à l'installation de traitement de matériaux : entre le stade et le Super U	Protection du versant en rive gauche sensible à l'érosion. Présence de gypses et risque de dissolutions de ces-derniers à prévenir. --> Proposition d'aménagements : enrochement ou merlon	Les matériaux du versant en rive gauche peuvent glisser lorsqu'ils se dissolvent au contact de l'eau et constituer un apport supplémentaire de matériaux en cas de crue. Le volume reste à définir au travers d'une étude géotechnique spécifique
3	Doron de Belleville	Rive droite au droit du supermarché	Protection de la rive droite contre les érosions de berges.	Influences locales de potentielles érosions de berges.
4	Doron de Bozel	En rive droite amont de la confluence avec le Doron de Belleville	Restauration de la zone de divagation du Doron de Bozel dans la zone de confluence.	Volumes d'excavation importants à prévoir : des sondages pour quantifier la pollution des sols ont été effectués sur le secteur.
5	Doron de Bozel	En rive droite au droit du Merlon situé à proximité des entrepôts de l'entreprise de travaux publics.	Une remontée de la route au droit de ce merlon permettrait de réduire les risques de débordements.	RAS
6	Doron de Bozel	Pont caréné de la RD915	Ce pont est placé relativement bas par rapport aux lignes d'eau ou lignes d'énergie qui pourraient être atteintes. Cependant aucun aménagement réalisable semble possible.	Point de vigilance au droit de ce pont. Des actions de redirections des eaux de débordement, localisées à proximité du pont peuvent être proposées.

7	Sur les 2 cours d'eau	Ensemble du linéaire	Curage des lits en cas d'apport soudain de matériaux : chutes de blocs, éboulements (risques naturels notables sur le secteur).	
8.a	Doron de Belleville	En aval de la confluence avec le Ravin d'Enfer	Création d'une zone de dépôt / régulation	
8.b		En amont de la central EDF		
8.c		En aval de la centrale EDF		
9	Doron de Belleville	Entre le Ravin d'Enfer et l'entrée dans les gorges	Mise en œuvre d'une plage de dépôts avec ouvrage de contrôle aval du fait de la pente forte sur le secteur. 12râce12tio d'une 12râce12tion de berge en rive gauche le long du versant. (Réduction de pente 12râce à un esuil de grande hauteur.)	La fréquence de curage de la zone à envisagée devrait être importante et cela impose la création d'une route d'accès facile. Il s'agira de réfléchir à intégrer une passe à poissons dans l'ouvrage aval.

Les aménagements cités dans le tableau ci-dessus sont localisés sur les **Figure 3** et **Figure 4** ci-contre.

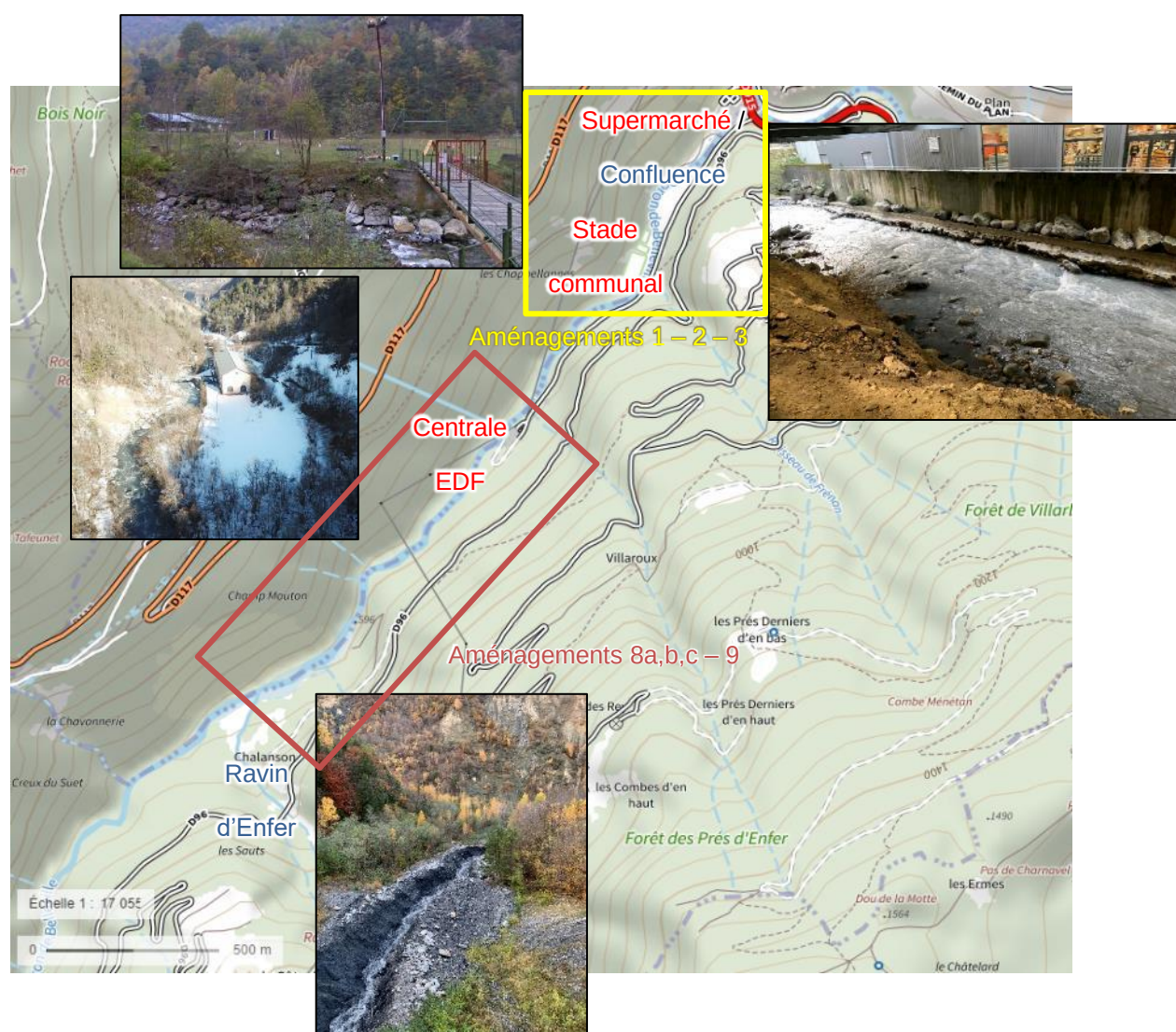


Figure 3 : Localisation en plan des aménagements proposés par ETRM sur le Doron de Belleville



Figure 4 : Localisation en plan des aménagements proposés par ETRM et des points critiques sur le Doron de Bozel

4.4 Qualité des sols

Un diagnostic de la qualité environnementale des sols a été réalisée en décembre 2019 et complété par une campagne complémentaire début 2021 par le bureau d'études Améten [3] et [5].

Pour la réalisation de cette expertise et d'analyses des sols, 5 sondages, SC1 à 5, ont été réalisés sur la zone entre 3 à 6 m de profondeur dans un premier temps (déc. 2019 [4]) et complété par 4 nouveaux sondages autour du SC1, SC1A à D, afin de préciser l'étendue des contaminations qui y avaient été détectées (voir **Figure 5** ci-après).

Les lithologies rencontrées sont :

- Des limons sableux et graveleux en surface (profondeur <1m)

- Des blocs et des graviers dans une matrice sableuse (profondeur >1m)

Sur les 12 premiers échantillons analysés, SC1 à 5, 4 échantillons sont non inertes (33%). Les analyses réalisées ont mis en évidence :

- **Un impact en Hydrocarbures (1 200 mg/kg MS) sur l'échantillon SC1 (2-3m) ;**
- **Des dépassements des seuils d'acceptation en ISDI sur éluât (réglementation déchet) pour les sulfates et la fraction soluble** pour les échantillons **SC1 (0-1m), SC3 (2-3m), SC3 (3-4m). Ces déclassements sont très probablement liés à la nature même du terrain** (blocs de gypse contenant naturellement des sulfates - origine géochimique naturelle).
- L'absence d'impact/de dépassement des seuils ISDI sur les sondages SC2, SC4 et SC5.

Sur les **12 prélèvements réalisés lors de la 2^{ème} campagne autour du SC1 :**

- 8 échantillons présentent des teneurs en **HC** inférieures à la limite de quantification du laboratoire (<20 mg/kg MS) ,
- 4 échantillons présentent des teneurs supérieures à la limite de quantification du laboratoire qui **restent largement inférieures au seuil ISDI fixé à 500 mg/kg MS.**

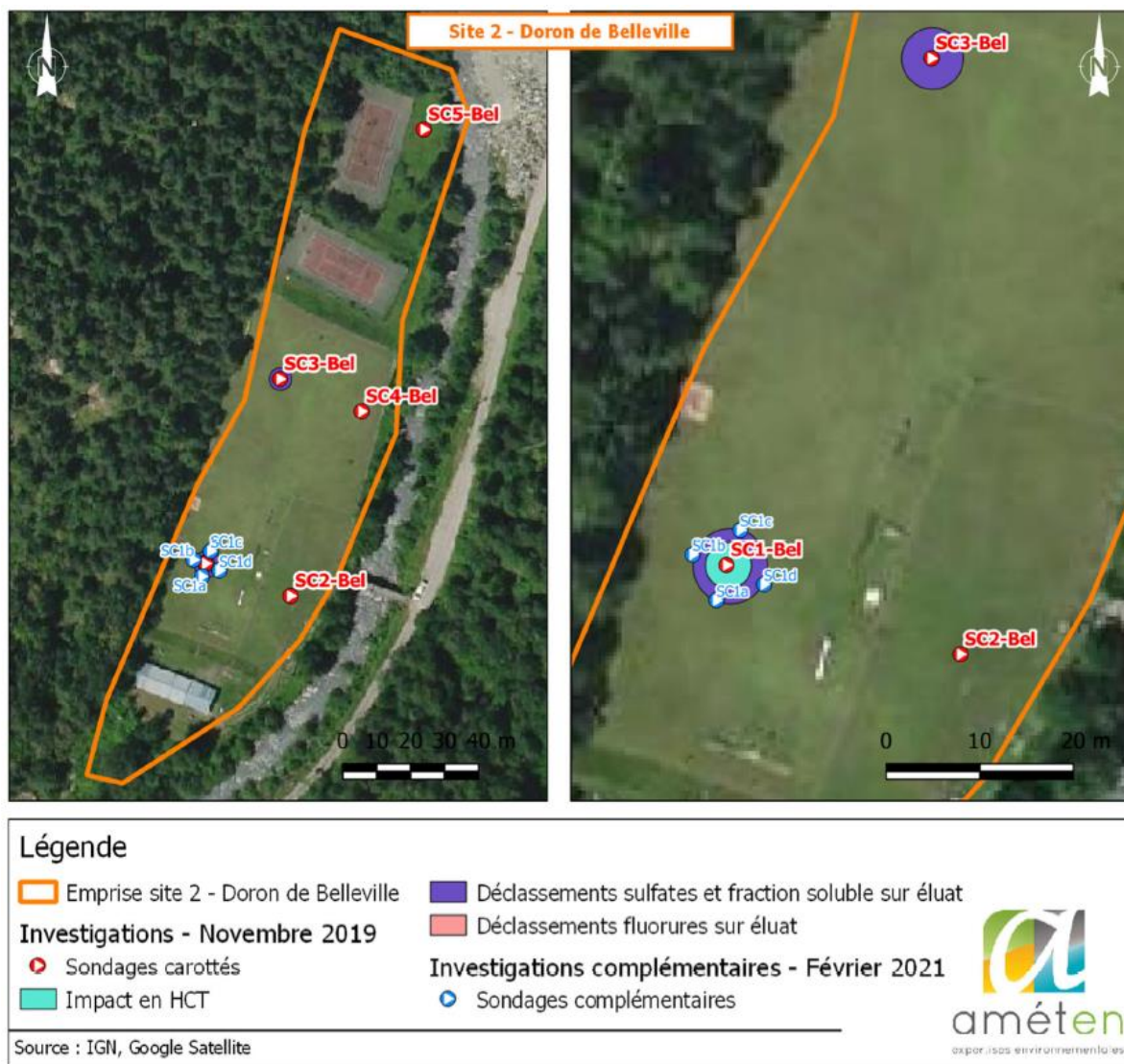


Figure 5 : Cartographie des résultats des diagnostics, Source Amétén mars 2021

Il convient de distinguer les impacts et déclassés d'origine anthropique type : hydrocarbures et fluorures sur éluât provenant de remblais, et les déclassés d'origine naturelle type : fraction soluble et sulfates sur éluât, liés aux blocs de gypse des matériaux naturels du site contenant naturellement des sulfates.

Pour les matériaux Non Inertes, il est préconisé d'envisager une évacuation vers une filière spécialisée de type ISDND ou équivalent, ou justifier d'une réutilisation sur site. Pour les matériaux présentant des déclassés d'origine naturelle, il est possible d'envisager une réutilisation hors site, dans un contexte géochimique semblable.

Pour les matériaux Non Inertes et Dangereux, type contamination par hydrocarbures, Il faut envisager une évacuation en ISDD ou un traitement en Biocentre.

Les volumes et coûts de traitement sont estimés ainsi par Améten, sur la base d'un coût unitaire, hors transport, de ; 20 €/HT/T en ISDI, 50 €/HT/T en ISDI3+, et 80 €/HT/T en Biocentre, à :

- 3 060 m³, (20 m³ (HC SC1) + 3 040 m³ (Sulfate sur éluats SC3), arrondi à **3 100 m³ en Biocentre** pour un coût, hors transport, arrondi à **450 000 € HT**
- **4 120 m³ en ISDI3+** , pour un coût, hors transport, arrondi à **410 000 € HT** (Sulfate sur éluats SC1).

Compte tenu de l'incidence financière de la qualité des matériaux extraits, il est recommandé le processus opératoire suivant :

- **Réalisation d'un criblage des matériaux impactés et/ou non inertes** pour séparer la fraction fine de la fraction grossière. La fraction grossière (blocs) peut être considérée comme inerte et pourra être valorisée (ex : concassage). Cela permet également de **réduire les volumes** (fines uniquement) et par conséquent les **coûts de gestion des matériaux impactés** qui sont élevés notamment pour les matériaux qui devront être envoyés en filière spécifique (ISDI3+, biocentre ou équivalent) ;
- **Caractérisation physico-chimique** des fines (passant de criblage) à **l'avancement dans les zones avec des matériaux non inertes ou impactés où l'incertitude est importante**. Cette caractérisation pourra être réalisée pa lot d'environ 100 m³ pour être ensuite évacué lot par lot en filière adaptée en fonction des résultats.

5. HYDROLOGIE ET TRANSPORTS SOLIDES, HYPOTHESES RETENUES

Ce chapitre présente les données retenues par LOMBARDI pour réaliser l'étude complémentaire sur les Doron de Bozel et Doron de Belleville.

L'analyse hydrologique a essentiellement été reprise des études de ETRM [2], [4], considérées pertinentes (5.1) sauf pour le débit centennal Q100 qui a été retenu égal à 360 m³/s conformément aux hypothèses du PPRI.

Quant au transport solide, les données d'apports estimées par ETRM 2020 ont été globalement validées. L'hypothèse d'apports majorés du Doron de Belleville en raison du ravin d'Enfer n'a pas été retenue pour les raisons explicitées en 5.2.2.

Une analyse spécifique visant à caractériser le transit des matériaux sur les 2 cours d'eau a été menée par LOMBARDI, cette-dernière est présentée au **Chapitre 6**.

5.1 Hydrologie

Le débit centennal du Doron de Bozel a été actualisé afin de conserver une cohérence avec le débit retenu dans le PPRI du tronçon Moûtiers-Albertville réalisé par Hydratec en 2012.

Les données hydrologiques des deux Dorons d'ETRM sur le secteur ont été retenues.

5.1.1 Débits de référence

Les débits retenus pour l'étude sont les suivants :

Débits pointes (m³/s)	Sbv (km²)	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Doron de Bozel à Moûtiers, confluence avec l'Isère Source : PPRI	664	99	128	147	165	214	276	360
Doron de Bozel entrée modèle hydraulique. par transfert de bassin versant (coeff $\alpha \sim 0.7$)	437	74	96	110	123	160	206	270
Doron de Belleville confluence avec le Doron de Bozel. Source : ETRM	227	/	/	65	/	/	/	150
Isère à Moûtiers. Source : PPRI	907	93	140	171	200	241	292	360

Tableau 6 : Données hydrologiques LOMBARDI

5.1.2 Hydrogrammes de crues

Les données hydrologiques sont intégrées dans le modèle hydraulique de LOMBARDI sous forme d'hydrogrammes afin de respecter le régime transitoire des crues et leurs dynamiques.

Les décalages entre les pics de crues en cas de concomitance de crues du Doron de Bozel, du Doron de Belleville et/ou de l'Isère, sont repris des études précédentes : études ETRM 2012 [2] et 2020 [4] et PPRI-Hydratec 2012.

La **Figure 6** illustre l'exemple d'une concomitance Q100 Doron de Bozel – Q10 Doron de Belleville – Q10 Isère injectés dans le modèle :

- Une crue centennale sur le Doron de Bozel d'intensité maximale : 270 m³/s.
- Une crue décennale sur le Doron de Belleville d'intensité maximale : 65 m³/s.
- Une crue décennale sur l'Isère d'intensité maximale : 171 m³/s.

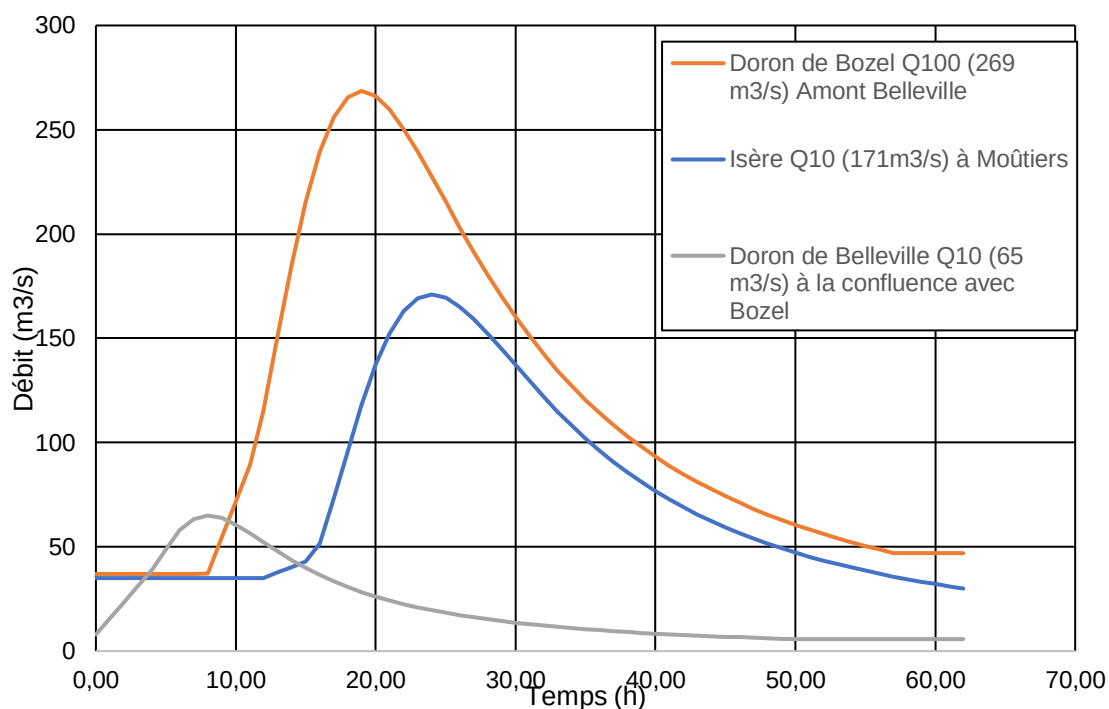


Figure 6 : Hydrogrammes de crues injectés dans le modèle hydraulique - LOMBARDI

Les hydrogrammes sont des hydrogrammes type « SOCOSE », construits sur la base d'un temps de montée égale aux temps de concentration. **A noter qu'il existe un déphasage important entre les deux pics de crue de 11 h.**

La forme des hydrogrammes, étalement du pic de crue, a été ajustée pour restituer un coefficient d'apport respectivement de 0,35 et 0,60 sur la pluie journalière décennale et centennale.

Ceci conduit à des hydrogrammes plus « trapus » de durées caractéristiques, $Q > Q_p/2$, sensiblement supérieures au temps de concentration : 10 h pour le Doron des Belleville et 12 h pour le Doron de Bozel amont.

5.2 Transport solide

5.2.1 Méthodologie

Les données retenues par LOMBARDI pour caractériser le transport solide sur la zone d'étude reposent sur les principaux éléments :

- Analyse des formulations Lefort 1990 et Lefort 2015 employées par ETRM dans ses études de 2012 [2] et 2020 [4] ; La formulation Lefort 1990 fournit une estimation globale reposant sur un équilibre largeur/hauteur de rivière non contrainte.

La formulation Lefort 2015 revient sur une estimation unitaire par mètre de largeur de lit avec une prise en compte des phénomènes de pavage (intégration des travaux de Recking 2010), formulation mieux adaptée aux Dorons de Belleville et de Bozel.

- Estimation des apports solides sur les deux cours d'eau à partir d'autres formulations adaptées au contexte des Dorons :

- Meyer-Peter (1948) : formulation basée sur des mesures en laboratoire dans des domaines de granulométrie de 0.4 à 40 mm et des pentes de 0.4 à 2.4 %.

Il s'agit d'une formulation unitaire, par mètre de largeur de lit, exprimée à l'origine en masse, qui en dehors de sections rectangulaires d'écoulement, nécessiterait théoriquement une intégration sur la largeur du lit selon la loi hauteur/largeur.

- Smart et Jaeggi (1983) : Adaptation de Meyer-Peter aux fortes pentes : 2 à 20 % ;
- SOGREAH-Lefort (1990) : Adaptation de Smart-Jaeggi aux rivières naturelles (L/h, rapport largeur sur hauteur de l'écoulement, constant, 18 à 20, contre h constant dans les formulations précédentes) ;
- Rickenmann (1990) : calage en laboratoire, type Meyer-Peter et Smart-Jaeggi sur des pentes de 0.0004 à 0.20 m/m et d de 0.4 à 10 mm. Bien que calée sur des granulométries relativement basses, cette formulation se trouve bien adaptée aux rivières de montagne ou torrents alpins ;
- Meunier (1991) : formulation simplifiée applicable aux torrents de montagne à forte pente qui rejoint celle de Rickenmann ;

Lefort (2015) : intégration des travaux de Recking (2010) sur la mobilisation des fonds (prise en compte du phénomène de pavage) couvrant tous les domaines du transport solide (charriage, suspension et mixte).

- Estimation des capacités de transport solide :
 - Les cours d'eau sont décomposés en tronçons géomorphologiquement homogènes : section d'écoulement, pente, conditions d'écoulement. Pour chacune des formulations, un hydrogramme solide est construit à partir des relations hauteurs/débits du tronçon considéré. Le volume cumulé sur l'évènement donne une estimation de la capacité de transport solide de ce tronçon du cours d'eau, comme l'illustre la **Figure 7** ci-contre.

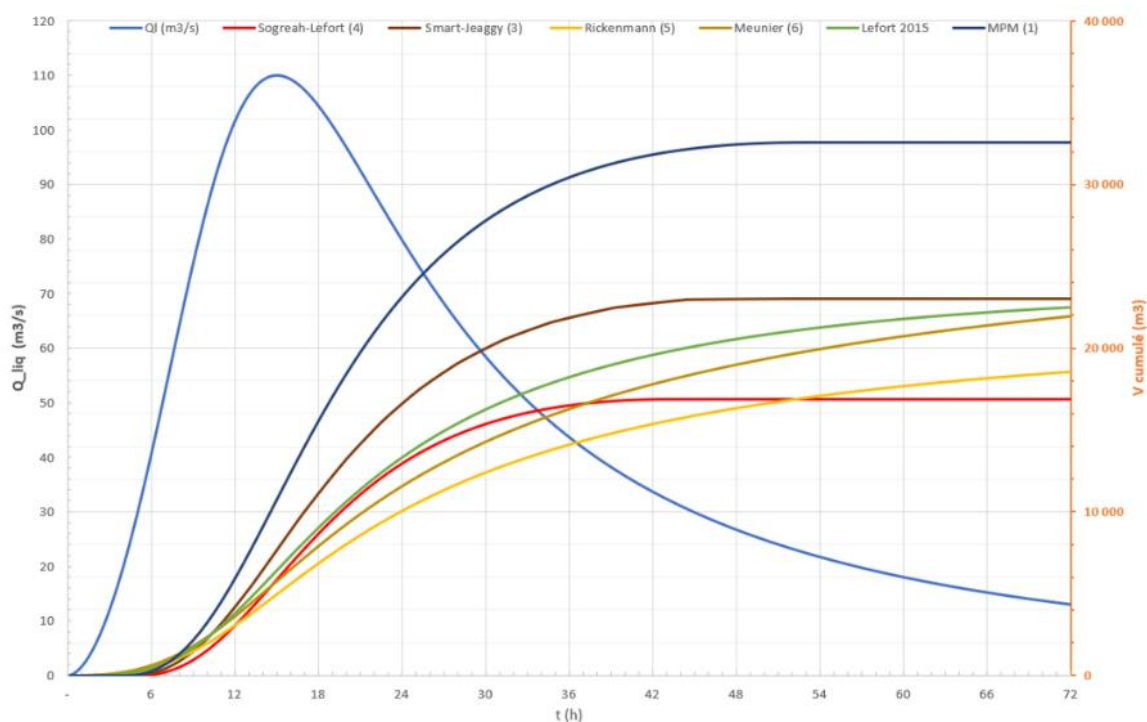


Figure 7: Modèle d'estimation capacité de transport solide – LOMBARDI

- Comparaison des différentes estimations et choix des valeurs de référence

L'incertitude sur ces estimations est importante : A. Recking, dans un travail sur les estimations des intervalles de confiance des principales formulations disponibles couvrant tous les domaines du transport solide, charriage, suspension et mixte, arrive au constat que les valeurs « vraies » seraient comprises à 80% entre deux ordre de grandeur : +/- un facteur 10, et à 50% entre un demi ordre de grandeur ; +/- un facteur 5, divergence d'autant plus importante que les pentes deviennent importantes ; $> 1\%$, que le charriage devient important ; $d_{50} > 20 \text{ mm}$, et que l'écart entre la contrainte de l'écoulement, θ , et la contrainte critique de mise en mouvement, θ_c , paramètre de Shields, est peu significatif ; $\theta / \theta_c < 2$.

On retrouve dans ces calculs ces dispersions, +/- importantes selon les conditions d'écoulement, valeurs de débits, granulométrie et pente de la ligne d'eau, cette dernière étant retenue car plus représentative des vitesses et hauteurs d'eau de l'écoulement, paramètres déterminant dans le calcul de la contrainte de mise en mouvement sur laquelle sont basées l'essentiel de ces approches, que les pentes de fonds. La formulation Lefort 2015 préconise, elle, la pente de la ligne d'énergie. Ces valeurs peuvent aller du simple au double. Dans cette situation, les valeurs extrêmes sont écartées et une valeur moyenne sur les valeurs les plus probables a été alors retenue. Dans l'exemple de la **Figure 7**, une valeur de 20 000 m^3 serait retenue.

5.2.2 Estimations des apports

L'application des différentes approches a permis d'effectuer une comparaison de volumes obtenus et de faire ressortir des ordres de grandeurs qui sont retenus.

- Les sections et profils amont sont supposés représentatifs de l'état d'équilibre du cours d'eau : les capacités théoriques de transport solide ainsi calculées sont alors représentatives des apports amont ;
- L'incidence de la granulométrie sur ces estimations est examinée avec pour valeurs médianes :
Sur le Doron de Belleville : $d_{50} = 0.08$ m et sur le Doron de Bozel : $d_{50} = 0.06$ m .

5.2.2.1 Doron de Belleville

	dm (m)	0.08	0.10	0.15
V100	Lefort 1990	90 519	77 223	49 959
	Smart-Jeaggy	87 962	80 633	65 240
	Rickenmann	51 767	50 904	47 367
	Lefort 2015	56 185	52 210	42 575
	pm : Lefort 2015 (ETRM 2020)	48 195	44 605	36 608
V10	Lefort 1990	30 376	23 820	11 223
	Smart-Jeaggy	30 053	26 031	17 886
	Rickenmann	21 801	20 955	18 266
	Lefort 2015	18 364	16 610	12 444
	pm : Lefort 2015 (ETRM 2020)	16 663	15 029	11 153

Tableau 7 : Synthèse des estimations d'apports - Doron de Belleville – LOMBARDI

La **Figure 8** suivante récapitule ces différentes estimations :

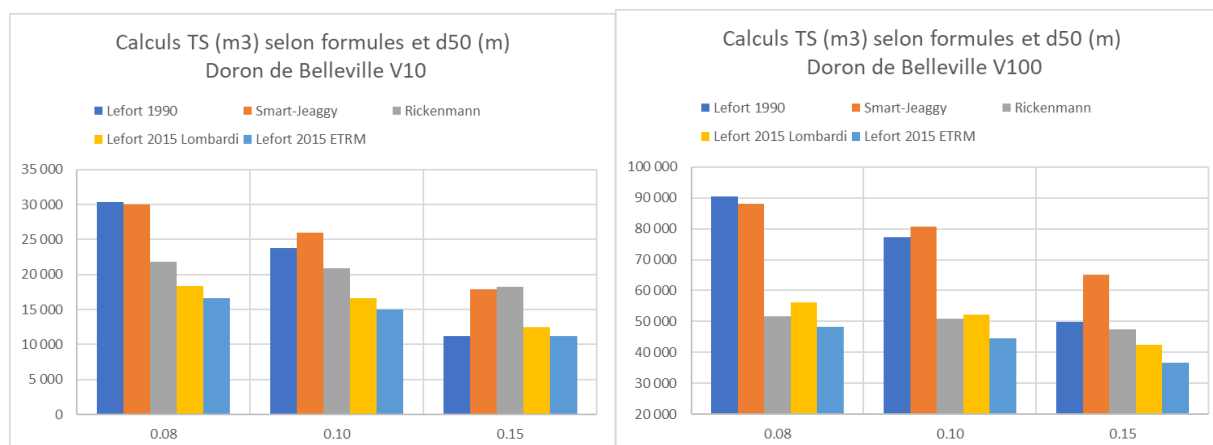


Figure 8 : Récapitulatif des estimations des apports solides Doron de Belleville – Lombardi

5.2.2.2 Doron de Bozel

	dm (m)	0.06	0.08	0.10
V100	Lefort 1990	64 454	50 754	39 136
	Smart-Jeaggy	65 107	58 530	52 757
	Rickenmann	28 394	28 035	27 514
	Lefort 2015	45 107	41 468	38 151
	<i>pm : Lefort 2015 (ETRM 2020)</i>	<i>37 015</i>	<i>33 909</i>	<i>31 059</i>
V10	Lefort 1990	21 064	14 427	9 126
	Smart-Jeaggy	22 929	19 315	16 226
	Rickenmann	12 165	11 819	11 316
	Lefort 2015	14 462	12 957	11 548
	<i>pm : Lefort 2015 (ETRM 2020)</i>	<i>12 752</i>	<i>11 382</i>	<i>10 098</i>

Tableau 8 : Synthèse des différentes estimations d'apports solide du Doron de Bozel – Lombardi

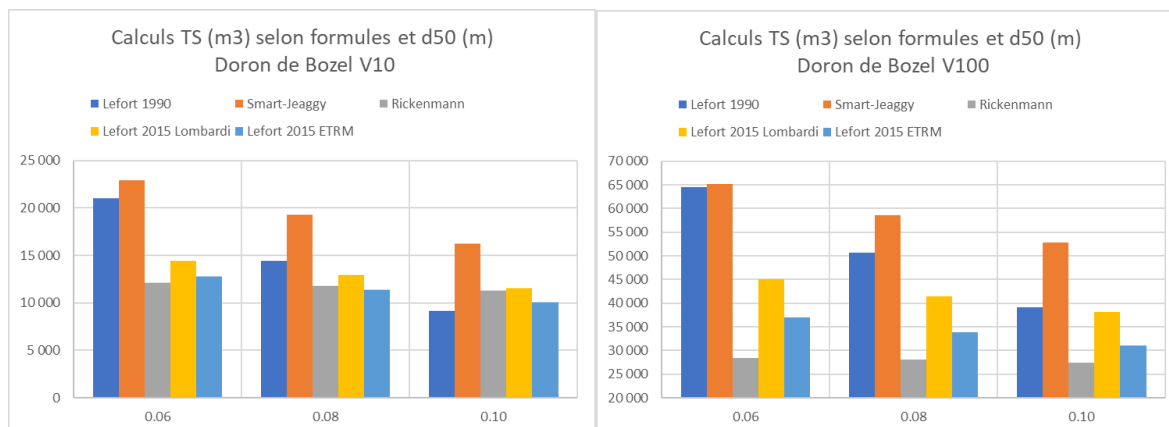


Figure 9 : Récapitulatif des estimations des apports solides Doron de Bozel – Lombardi

5.2.2.3 Ravin d'Enfer

Le ravin d'Enfer draine un petit bassin versant de 0.85 km² du Doron de Belleville juste en amont de la zone d'étude, fruit d'un ancien glissement de terrain et aujourd'hui très actif, sujet à des laves torrentielles.

Il est identifié comme un contributeur majeur au transport solide du Doron de Belleville [4]. Son débouché dans le Doron de Belleville contraint ce dernier en rive droite qui vient saper le pied d'un autre glissement important de terrains gypseux :



Figure 10 : Vue du ravin d'Enfer et glissement rive gauche confluence Doron de Belleville - LOMBARDI

L'estimation de ses apports potentiels en comparaison du retour d'observations sur d'autres bassins versants (Méthode ECSTReM) serait de l'ordre de (V_{moyen} ; [min ; max]) :

- Décennal : 5 000 m³ [2 000 ; 12 000]
- Centennal : 12 000 m³ [4 000 ; 25 000]

BV : Ravin d'Enfer			
ST	1.00	km ²	
SA	0.50	km ²	50%
J	0.2000	m/m	
Dz	1 000	m	
IG	5	Indice d'intensité géologique (1 à 5)	
IT	1	Indice d'intensité TS (1 à 3)	

		[min ; max]		
Laves et charriage	Va	506 m ³ /an		
	V ₁₀	4 066 m ³	1 355	10 164
	V ₁₀₀	17 690 m ³	3 538	44 226
Laves	V ₁₀	4 616 m ³	1 846	11 539
	V ₁₀₀	11 788 m ³	3 929	23 576
	V _{max}	20 066 m ³	8 026	60 198

Tableau 9 : Estimation des apports ravin d'Enfer – LOMBARDI

Compte tenu de leur contexte géologique ; schistes ardoisiers, ces apports sont majoritairement composés de matériaux fins facilement mobilisables et peu impactant en termes d'engravement en temps de crue (cité en [2] et [4] et constaté sur le terrain) :

ETRM intégrait à ces estimations des apports du Doron de Belleville, des apports majorés, + 16 000 m³, pour tenir compte de cet aléa supplémentaire.

Ces apports sont pour l'essentiel composés de fines facilement mobilisables en temps de crue [4] que l'on retrouve dans les zones mortes plus en aval ; voir photos ci-dessous.

A noter que les capacités de transport solide du Doron de Belleville en amont de sa confluence en fonction de la granulométrie, seraient portées de 50 000 m³ à 60 000 m³ pour des granulométries respectivement de 6 cm à 1 cm, 1 cm étant l'ordre de grandeur majorant retenu de la granulométrie de ces matériaux qui y seraient transmis. Cette diminution de granulométrie compenserait en capacité de transport cette augmentation potentielle d'apport.

Compte tenu de leur proportion et caractéristiques, il semble raisonnable et prudent de majorer les apports théoriques de ces apports en occurrence décennale, mais pas nécessaire en occurrence centennale.



Figure 11 : Confluence ravin d'Enfer – Doron de Belleville – extrait [4]

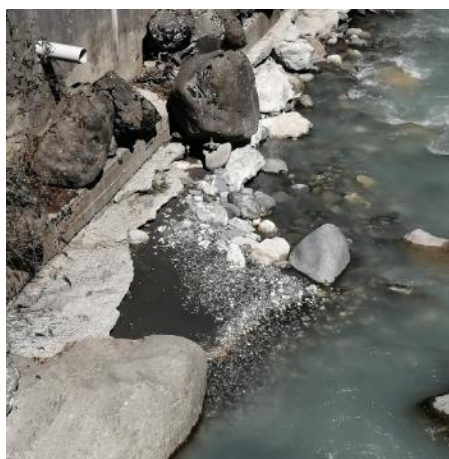


Figure 12 et Figure 13 : Atterrissements facilement remobilisables en berges – Doron de Belleville
partie aval avant couverture – LOMBARDI

5.2.2.4 Valeurs retenues

Après confrontation de ces différentes estimations, les valeurs suivantes sont retenues :

Doron de Belleville	V10	V100
<i>ETRM 2012</i>	18 000 m3	80 000 m3
<i>ETRM 2020 majorés (Ravin d'Enfer)</i>	9 000 m3 15 000 m3	50 000 m3 66 000 m3
retenus LOMBARDI	20 000 m3	50 000 m3

Doron de Bozel	V10	V100
<i>ETRM 2012</i>	8 000 m ³	33 000 m ³
<i>ETRM 2020</i>	4 300 m ³	21 000 m ³
retenus LOMBARDI	10 000 m ³	30 000 m ³

Tableau 10 : Valeurs retenues des apports solide des Dorons de Bozel et de Belleville – Lombardi

Pour mémoire, les apports solides à Moutiers étaient estimés au PPRI à :

	V10	V100
Doron à Moutiers	5 000 m ³	22 000 m ³
Isère à Moutiers	5 000 m ³	23 000 m ³

Tableau 11 : Apports solide à Moutiers - PPRI

Ces capacités de charriage estimées par ces différentes formulations tiennent compte d'un fonctionnement classique d'un lit de cours d'eau dont les matériaux déposés au fond peuvent être remobilisés. Dans le cas présent, les lits sont fortement pavés, ceci limitant ainsi les apports potentiels.

Les volumes retenus sont rappelés dans le **Tableau 12** ci-après avec en comparatif les données établies dans les études antérieures d'ETRM.

		Valeurs retenues LOMBARDI	Rappel ETRM 2012	Rappel ETRM 2020
Doron des Belleville	V100	50 000 m ³	80 000 m ³	50 000 m ³
	V10	20 000 m ³	18 000 m ³	9 000 m ³
Doron de Bozel amont	V100	30 000 m ³	33 000 m ³	21 000 m ³
	V10	10 000 m ³	8 000 m ³	4 300 m ³

Tableau 12 : Volumes retenus par Lombardi pour le transport solide sur le Doron de Bozel et le Doron de Belleville

A noter que pour les scénarii étudiés dans la présente analyse hydraulique (Chap. 6) et en vu de répondre au cahier des charges (étudier les effets d'une crue centennale sur l'aval de la confluence), il n'est pas jugé pertinent d'étudier le cumul de l'engrèvement lié à un apport solide V100 cumulatif provenant des deux Dorons. Cette configuration de concomitance de crue amènerait à étudier une crue bien supérieure à la crue centennale en aval, ne faisant pas l'objet de la présente étude.

5.2.3 Capacités de transport et risques d'engravement

A partir des volumes d'apports retenus et du découpage en tronçons homogènes, LOMBARDI a dans un premier temps estimé la capacité de transport solide de chaque tronçon.

Les variations significatives d'un tronçon à l'autre, et par rapport aux apports, permet d'identifier les zones favorables à l'engravement, ou, au contraire, à l'incision.

Ces calculs ont permis de faire ressortir ces tendances présentées au **Chapitre 6.2** ci-après.

Dans un second temps, un modèle de transport solide avec simulation des variations des fonds des lits du Doron de Belleville a été réalisé et du Doron de Bozel depuis la confluence jusqu'à l'Isère.

Cette approche est détaillée et présentée dans le **Chapitre 6** ci-après.

6. ANALYSE HYDRAULIQUE DU COMPORTEMENT EN CRUE DES DORONS DE BOZEL ET DE BELLEVILLE

Il s'agit dans ce chapitre de confronter les estimations théoriques du comportement en crue des Dorons de Bozel et de Belleville avec considération du transport solide (**Chapitre 5**) avec les résultats d'une simulation hydraulique permettant d'observer la dynamique des cours d'eau selon les hypothèses retenues (granulométries, volumes, hydrologie).

L'analyse qualitative est tout d'abord rappelée et ses résultats sont comparés avec ceux issus d'un modèle à fonds mobiles.

6.1 Présentation du modèle hydraulique : construction et hypothèses employées

Afin d'étudier le comportement hydraulique du Doron de Bozel en amont de Moûtiers, un modèle 1D couplé 2D a été créé sur le logiciel Hec-Ras : la partie 1D représentant les écoulements dans le lit mineur du Doron de Bozel et du Doron de Belleville et la partie 2D permettant de visualiser l'étalement des débordements sur les communes de Salins-Fontaine et Moûtiers.

Le modèle hydraulique 1D/2D correspond à l'extension du modèle hydraulique construit plus localement sur la zone d'étude de Moûtiers et réalisé dans le cadre de l'étude de dangers de la commune et des systèmes d'endiguement de l'Isère et du Doron de Bozel.

Le modèle hydraulique a été exploité selon 2 approches :

- Dans un premier temps, des simulations ont été menées en unidirectionnel (1D) sur les Dorons de Bozel et de Belleville afin de mener une approche hydrosédimentaire et de caractériser le transport solide sur la zone d'étude. Objet de la partie **6.3**.
- Dans un second temps, la partie 2D a été ajoutée pour la caractérisation du risque de venues d'eau sur la commune de Salins-Fontaine et sur les rives du Doron de Belleville, objet de la partie **6.4**.
- Ce modèle s'étend sur Moûtiers et est essentiellement exploité dans le cadre de l'étude de dangers menée en parallèle.

6.1.1 Généralités : profils en travers et maillage

- **Emprise de la zone 1D** : La zone 1D concerne trois cours d'eau, le Doron de Bozel, le Doron de Belleville et l'Isère. Le Doron de Bozel est modélisé sur un linéaire total d'environ 3km, étendue 600m en amont de la confluence avec le Doron de Belleville jusqu'à la confluence avec l'Isère, quant au Doron de Belleville, le linéaire modélisé est d'environ 1km et s'étend 200m à l'amont de l'ancien stade communal jusqu'à la confluence avec le Doron de Bozel.
- **Nombre de profils en travers** : 64 profils en travers ont été construits sur le Doron de Bozel, numérotés de 100 (limite amont) à 37 (limite aval), espacés tous les 50 m. Sur le Doron de

Belleville : 21 profils avec le même espacement. Sur l'Isère on compte 29 profils en travers avant la confluence et 8 après cette-dernière, espacés également tous les 50m.

- **Structures latérales** : Il s'agit des structures séparant les zones 1D (lit mineur) de la zone 2D. Pour le modèle hydraulique de Lombardi étendu sur le Doron amont, 5 structures latérales ont été créées, une première en rive droite du Doron de Bozel entre la limite amont de l'Avenue des Thermes (où la circulation est interdite désormais) jusqu'aux terrains de Tennis situés sur le secteur Pontserand. Les 4 autres structures latérales correspondent à chaque linéaire des berges des cours d'eau dans la traversée de Moûtiers et sont spécifiquement étudiées pour l'étude de dangers de Moûtiers.
- **Maillage de la zone 2D** : 2 zones 2D distinctes connectées l'une à l'autre ont été créées. Pour la présente étude la zone 2D est située en rive droite du Doron de Bozel est connectée à la première structure latérale. L'emprise totale de la zone couvre près de 11hectars (113 000 m²).

La **Figure 14** suivante illustre l'emprise totale de la géométrie du modèle hydraulique (à gauche) ainsi que son emprise plus locale (à droite) pour répondre à cette étude complémentaire.

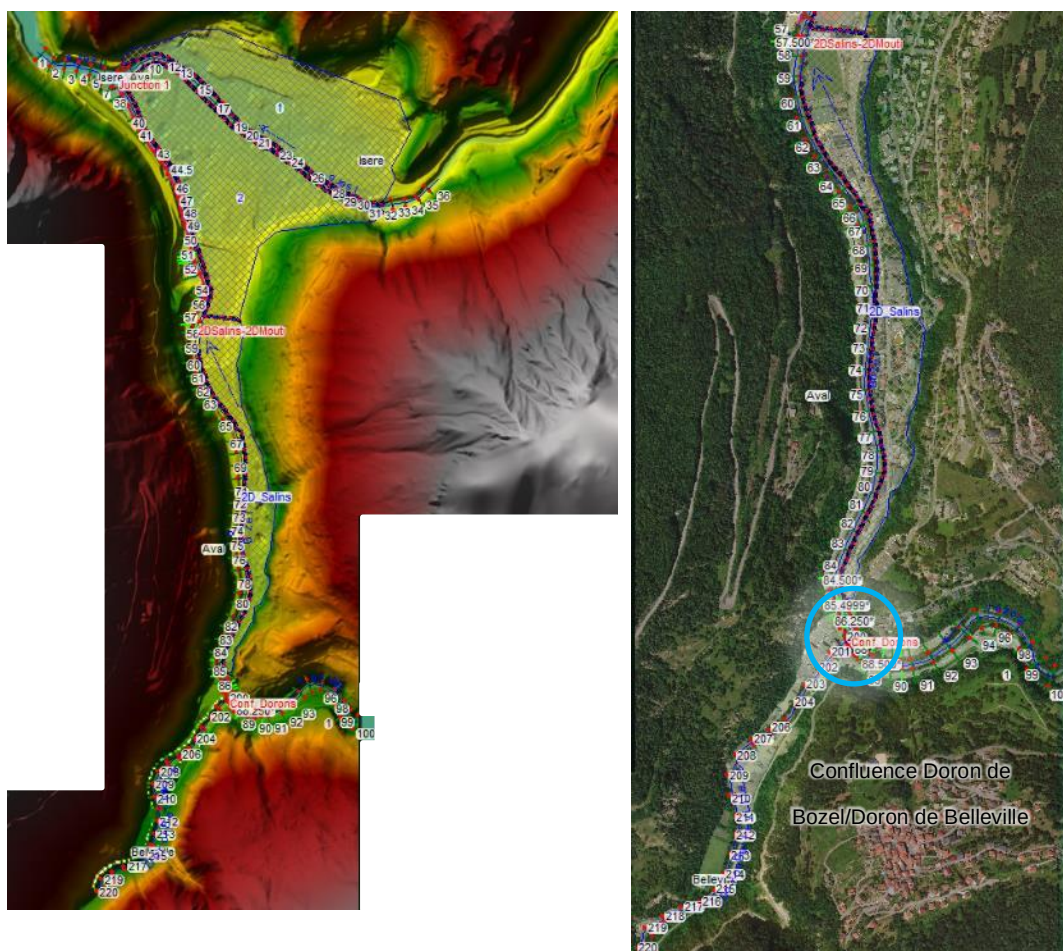


Figure 14 : Modèle hydraulique de l'étude complémentaire sur les Doron de Belleville et Bozel, source Lombardi

6.1.2 Données de bases utilisées : topographie, hydrologie, transports solides

Topographie

En raison de la faible quantité de données topographiques à disposition sur la partie amont du Doron de Bozel et étant donné que les levés topographiques réalisés en février 2000 par Sintégra n'ont pu être communiqués à Lombardi que partiellement (localisation des levés accessibles mais sans information sur le fond du lit), l'unique topographie exploitable sur le secteur correspond au modèle numérique de terrain MNT (plaques Lidar) de 2013.

Ce LIDAR de 2013 couvrant les lits de l'Isère, du Doron de Bozel et du Doron de Belleville sur toute la zone d'étude. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Précision Altimétrique : 0.2 m
- Précision planimétrique : 0.6 m
- Résolution : 1 m
- Densité minimum : 1 point par m²
- 12 dalles de 1km × 1km

La précision est largement suffisante pour l'analyse des débordements dans le lit majeur. Cependant il convient de préciser que ce MNT représente le fil d'eau et non le fond du lit des cours d'eau en lit mineur.

A titre indicatif, sur le fil d'eau indiqué par le Lidar 2013 du Doron de Bozel à Moûtiers est en moyenne supérieur d'environ 1m30 par rapport aux levés du fond lit réalisés sur ce secteur en 2000 et 2011.

Le lit du Doron de Bozel étant relativement pavé depuis la confluence avec le Doron de Belleville, l'hypothèse d'un écart entre le fil d'eau et le vrai fond du lit de l'ordre d'1m30 également paraît envisageable et plausible.

Hydrologie

Les données hydrologiques utilisées pour la modélisation sont les hydrogrammes de débits liquides définis au **Chapitre 5**, présentés sur la **Figure 6** et dans le **Tableau 6** pour les débits.

Transports solides

Les données de transports solides utilisées pour la modélisation sont les volumes de matériaux recalculés par Lombardi en termes d'apports solides définis au **Chapitre 5**.

6.2 Analyse qualitative d'identification des zones de dépôts

Comme rappelé au **Chapitre 5**, une première approche qualitative a été réalisée sur la base des capacités de transport solide par tronçons homogènes du cours d'eau.

Ces valeurs sont présentées dans le **Tableau 13** où sont rappelés les sections type trapézoïdales (largeur en fond ; fruit des talus (t)) localisées sur la vue jointe. La **Figure 15** synthétise ces résultats :

Doron de Bozel Amont – Q100 = 290 m³/s Q10 = 110 m³/s		
T1 Sec. 99-95	L = 10 m t : 1/1 p = 0.014 m/m	V10 = 15 000 m³ V100 = 50 000 m³
T2 Sec. 94-88	L = 17 m t : 1/1 p = 0.014 m/m	V10 = 15 000 m³ V100 = 50 000 m³
Doron de Belleville – Q100 = 210 m³/s Q10 = 70 m³/s		
T1B	L = 10 m t : 1/1 p = 0.026 m/m	V10 = 30 000 m³ V100 = 90 000 m³
Doron de Bozel Aval – Q100 = 360 m³/s Q10 = 150 m³/s		
T3 Sec. 87-79	L = 20 m à 30 mt : 1/1 p = 0.015 m/m	V10 = 30 000 à 20 000 m³ V100 = 90 000 à 70 000 m³
T4 Sec. 79-74	L = 30 m à 20 mt : 1/1 p = 0.015 m/m	V10 = 20 000 à 30 000 m³ V100 = 70 000 à 90 000 m³
T5 Sec. 73-70	L = 20 à 15 mt : 1/1 p = 0.010 m/m	V10 = 10 000 à 13 000 m³ V100 = 30 000 à 40 000 m³
T6A Sec. 69-65	L = 20 m t : 1/1 p = 0.013 m/m	V10 = 20 000 m³ V100 = 60 000 m³
T6B Sec. 64-60	L = 20 m t : 1/1 p = 0.009 m/m	V10 = 7 000 m³ V100 = 25 000 m³
T7A Sec. 59-58	L = 25 m t : 1/1 p = 0.016 m/m	V10 = 30 000 m³ V100 = 80 000 m³
T7B Sec. 57-56	L = 20 m t : 1/1 p = 0.014 m/m	V10 = 25 000 m³ V100 = 70 000 m³
T7C Sec. 55-54	L = 15 m t : 1/1 p = 0.012 m/m	V10 = 20 000 m³ V100 = 50 000 m³
T8 Sec. 53-46	L = 15 m t : 1/1 p = 0.010 m/m	V10 = 10 000 m³ V100 = 35 000 m³

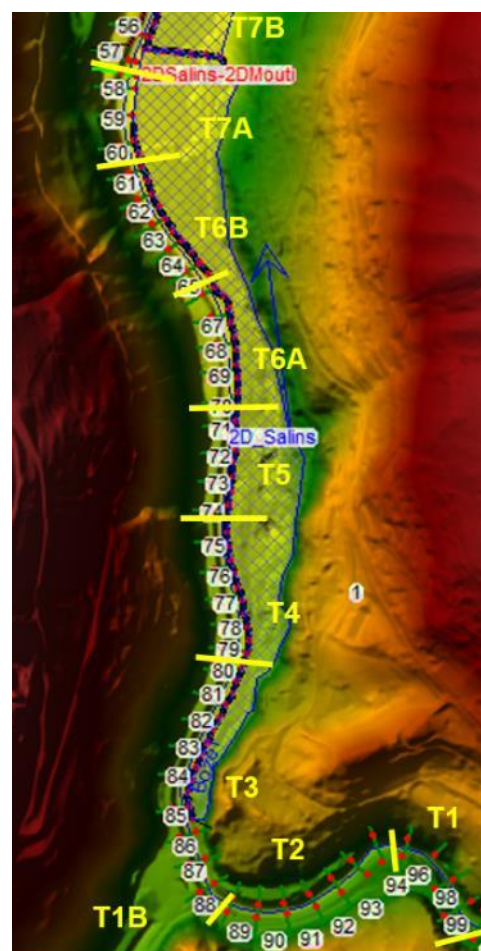


Tableau 13 : Capacités de transport solide des tronçons - Analyse Lombardi

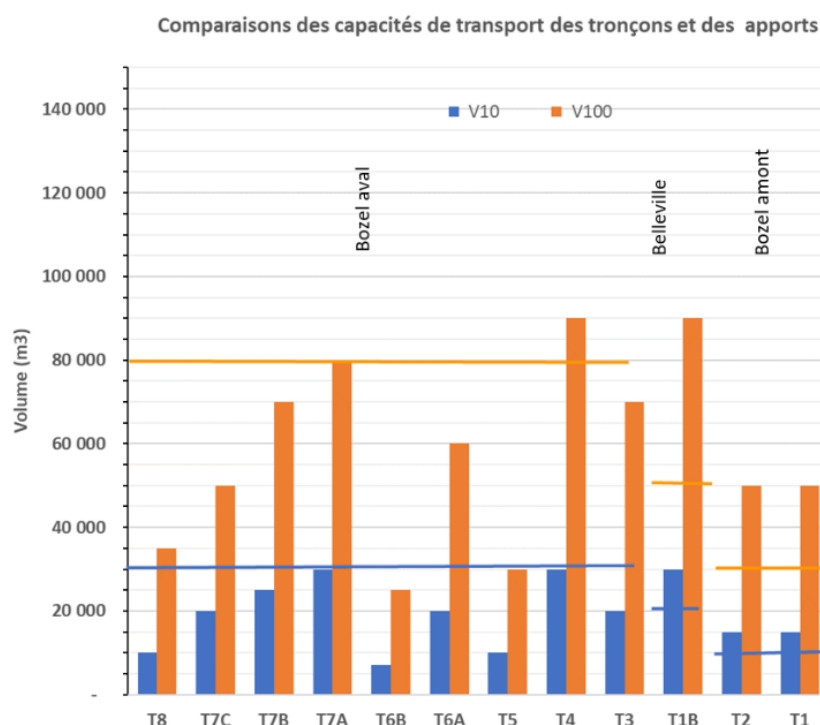


Figure 15 : Comparaison des capacités de transport solide aux apports par tronçons - LOMBARDI

De cette approche, il ressort :

- Les capacités des tronçons amont, Doron de Bozel T1-T2 et de Belleville T1B, sont compatibles, voire significativement supérieures aux apports estimés. Les risques d'engrèvement en amont seraient limités.
- Les capacités en aval de la confluence des Dorons chutent de 30 000 m³ à 20 000 m³ en décennale, 90 000 m³ à 70 000 m³ en centennale : Compatibles à la confluence, T3 – T4, elles diminuent en aval, T5 à T6b, présentant donc un risque d'engrèvement dans le secteur de la zone d'activité de Salins. On note sur le profil en long de ce tronçon, **Figure 16** ci-après, un changement de pente qui serait représentatif d'un engrèvement de l'ordre de 1 m (sect 79)
- Le cours d'eau retrouve une capacité compatible avec les apports potentiellement maximaux, T4, où on retrouve une pente voisine de celle en amont du tronçon T3 ;
- Le tronçon suivant, T5, en amont du pont caréné, présente une faible capacité avec une pente moindre mais homogène à celle du tronçon aval, T6A. Le pont génère une discontinuité dans le profil avec un rehaussement ponctuel amont. La diminution de capacité, T4-T5, serait à l'origine d'un rehaussement ponctuel du fond de l'ordre de 1 m sections 74 – 75.
- On retrouve une capacité satisfaisante en entrée de Moutiers, **T7A**, capacités qui sont alors décroissantes jusqu'à la confluence avec l'Isère : le Doron de Bozel est sensible à un engrèvement régressif depuis la confluence avec l'Isère. Cette transition, T6B-T7, se traduit par un rehaussement dans le secteur du stade de Moutiers, Sections 61 à 55 **Figure 17** ci-dessous, en amont du franchissement de la RN 90 (Sect. 50) :

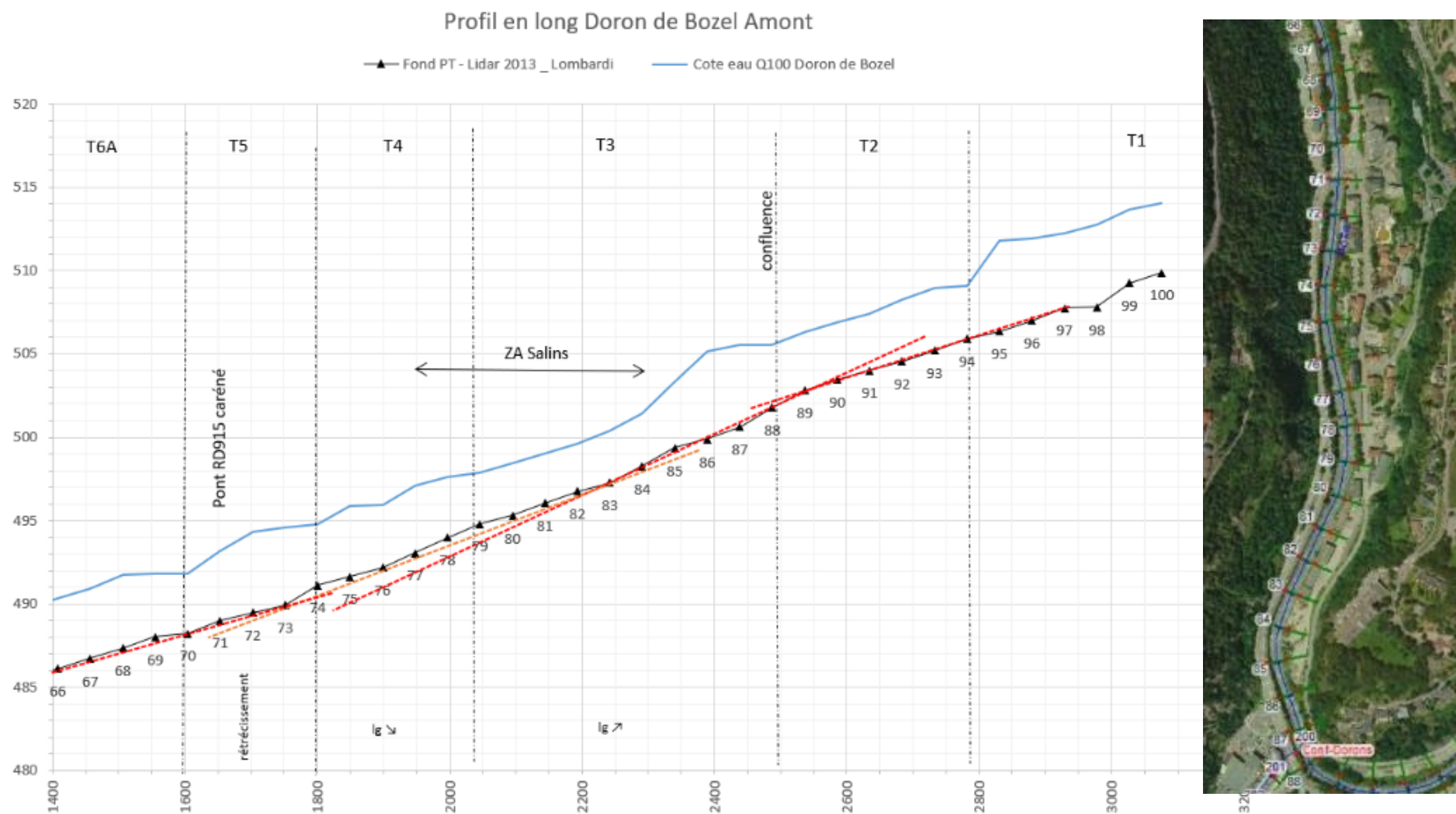


Figure 16 : Profil en long Doron de Bozel Salins - Topographie Lidar 2013

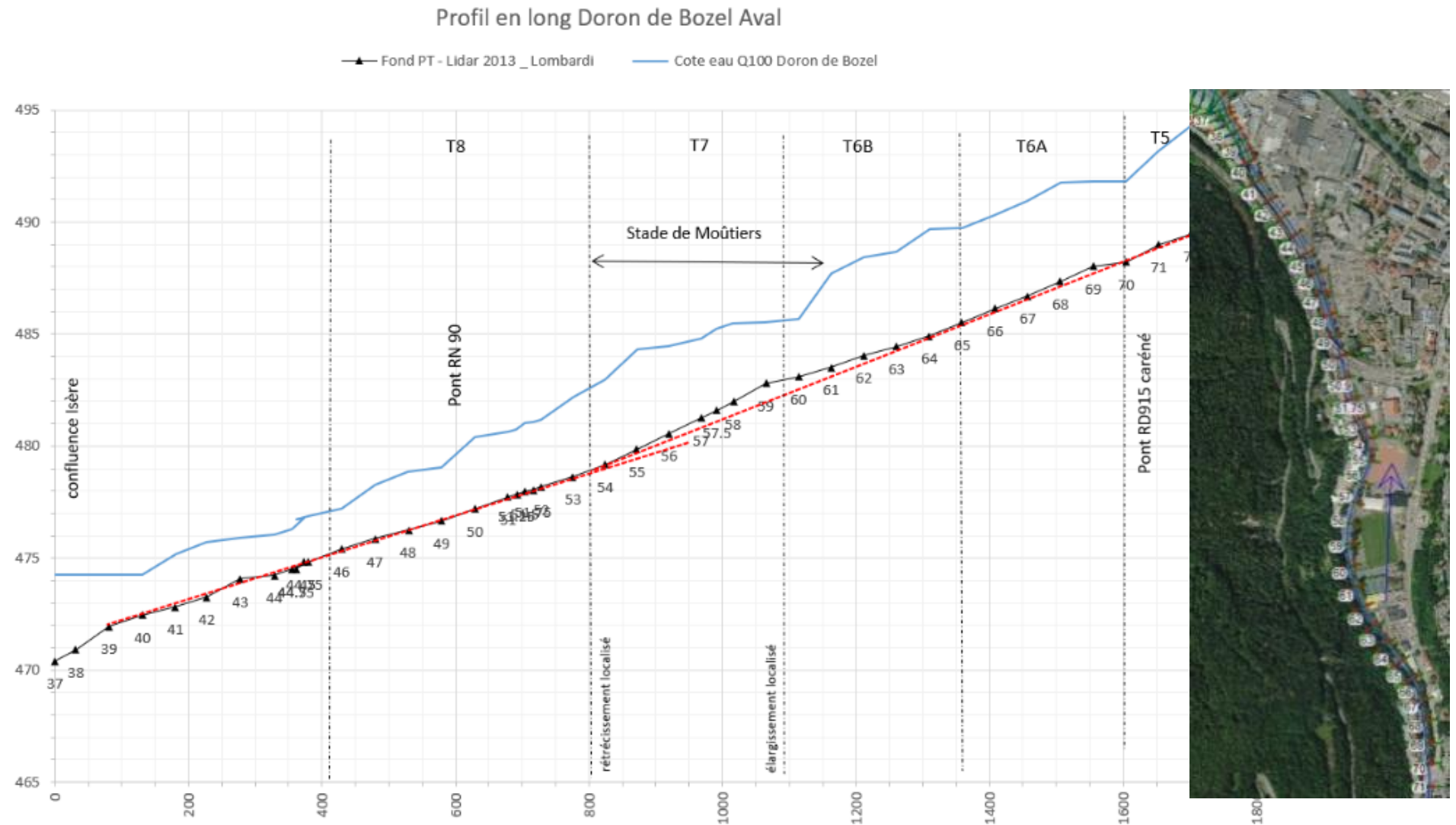


Figure 17 : Profil en long du Doron de Bozel Aval -Topographie Lidar 2013

6.3 Analyse quantitative du comportement en crue des Dorons de Bozel et de Belleville

Afin de quantifier les risques d'engravement et leurs incidences sur les écoulements dans les secteurs sensibles identifiés ; confluence (formation de « bouchons »), ZA de Salins, entrée de Moûtiers (stade), les crues théoriques avec apports solides ont été simulées sur un modèle 1D à fonds mobiles sur le logiciel HEC-RAS. L'objectif est de ;

- caractériser la dynamique de ces dépôts ; dépôts temporaires avec « curage » en décrue ou tendance pérenne, et,
- déterminer un « fond haut » après un évènement majeur et de voir l'impact de ces nouveaux fonds sur les écoulements liquides et zones d'inondations (voir §6.4).

6.3.1 Description du modèle, méthodologie

Les crues liquides et solides ont été simulées à l'aide du module transport solide de HEC-RAS 5.05.

La formulation de Wong et Parker (2006), adaptation de la formulation d'origine de Meyer- Peter pour le calcul du transport solide, a été retenue.

Les granulométries ; dm de 6 et 8 cm, $d_{90}/d_{30} = 4$, ont été calées d'après les études ETRM, voir **Figure 18** ci-dessous, et adaptées en calage du modèle, pour tenir compte du pavage des cours d'eau, voir **Figure 19** ci-après ;

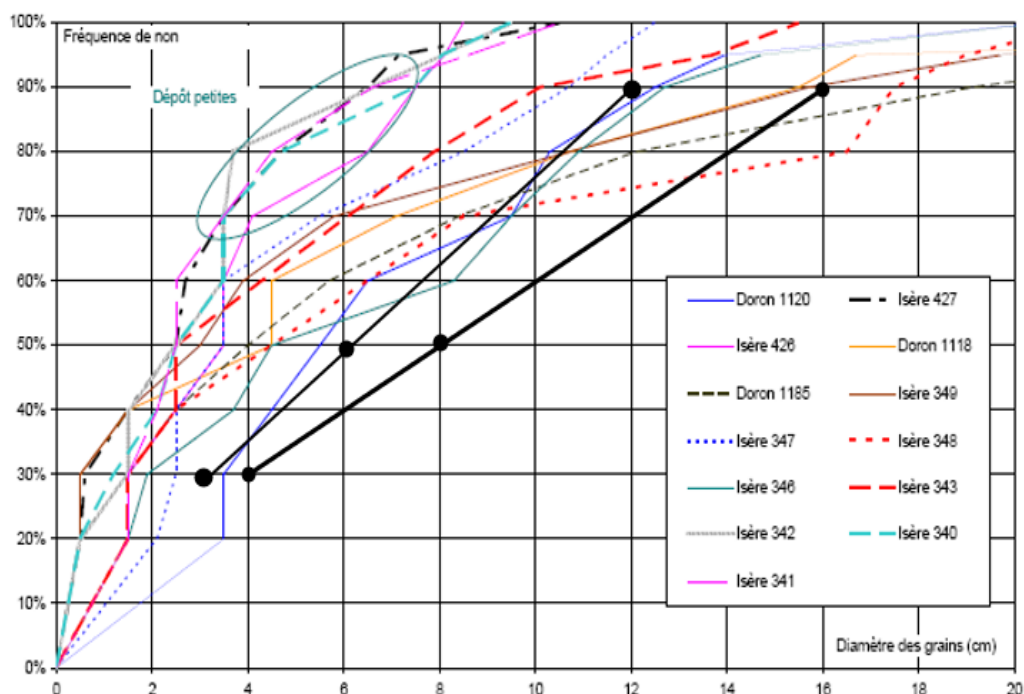


Figure 18 : Données de granulométrie Isère amont et Doron (ETRM 2007) et valeurs retenues –
Modèle LOMBARDI

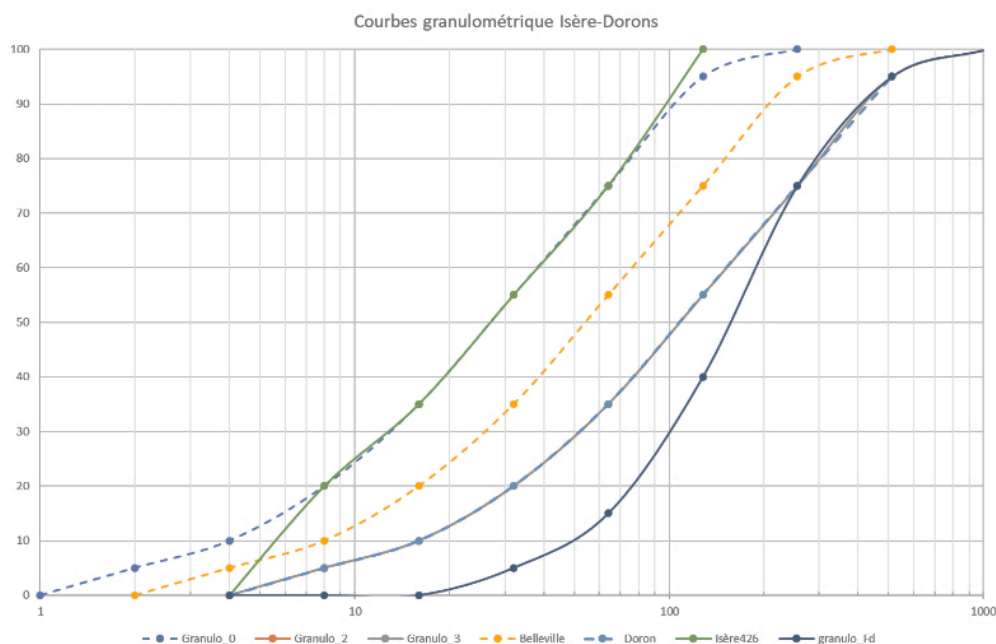


Figure 19 : Distributions granulométriques retenues en mm (échelle logarithmique) - LOMBARDI

Le calage du modèle, stabilité des fonds à l'équilibre (apports amont = condition d'équilibre) nous a contraint de « forcer » les granulométries théoriques pour tenir compte du pavage.

Trois situations ont été simulées et sont présentées dans le **Tableau 14** suivant :

- Concomitance de deux crues décennales sur les Dorons avec les volumes d'apports estimés correspondants,
- Deux autres simulations en considérant le déphasage des crues entre le Doron de Bozel et le Doron de Belleville respectivement pour des périodes de retour 10 ans et 100 ans et inversement.

Tableau 14 : Scénarios simulés en fonds mobiles- LOMBARDI

	Doron de Bozel (amont)	Doron de Belleville	Isère (p.m.)
1 : Q10Boz – Q10Bell	Q10 =150 m ³ /s V10 = 10 000 m ³	Q10 =70 m ³ /s V10 = 20 000 m ³	Q10 = 180 m ³ /s 5 000 m ³
2: Q100Boz – Q10Bell	Q100 = 360 m ³ /s V100 = 30 000 m ³	Q10 =70 m ³ /s V10 = 20 000 m ³	Q10 = 180 m ³ /s 5 000 m ³
3: Q10Boz – Q100Bell	Q10 =150 m ³ /s V10 = 10 000 m ³	Q100 =210 m ³ /s V100 = 50 000 m ³	Q10 = 180 m ³ /s 5 000 m ³

6.3.2 Résultats des simulations

Les résultats de simulation des fonds mobiles pour les 3 scénarios sont illustrés sur les **Figure 20**, **Figure 24** et **Figure 23** ci-contre qui synthétisent les zones de dépôt ou d'incision le long des Dorons de Belleville de Bozel jusqu'à la confluence avec l'Isère. L'Isère n'est pas intégrée dans le modèle à fonds mobiles ; sont juste injectés à sa confluence, son hydrogramme décennale et le transport solide associé.

En négatif (**-1**, **-0.5**, **-0.3**, **-0.2**, **0**) sont identifiables les zones à tendance d'incision, où le curage des matériaux est réalisé naturellement par le passage des débits liquides de la crue. L'échelle est en mètre.

En positif (**0.2**, **0.5**, **1**, **1.5**, **2**) sont identifiables les zones sensibles aux dépôts des matériaux selon leurs intensités.

Cette visualisation des résultats est complétée par les profils en long pertinents simulés.

6.3.2.1 Concomitance Q10 Bozel – Q10 Belleville

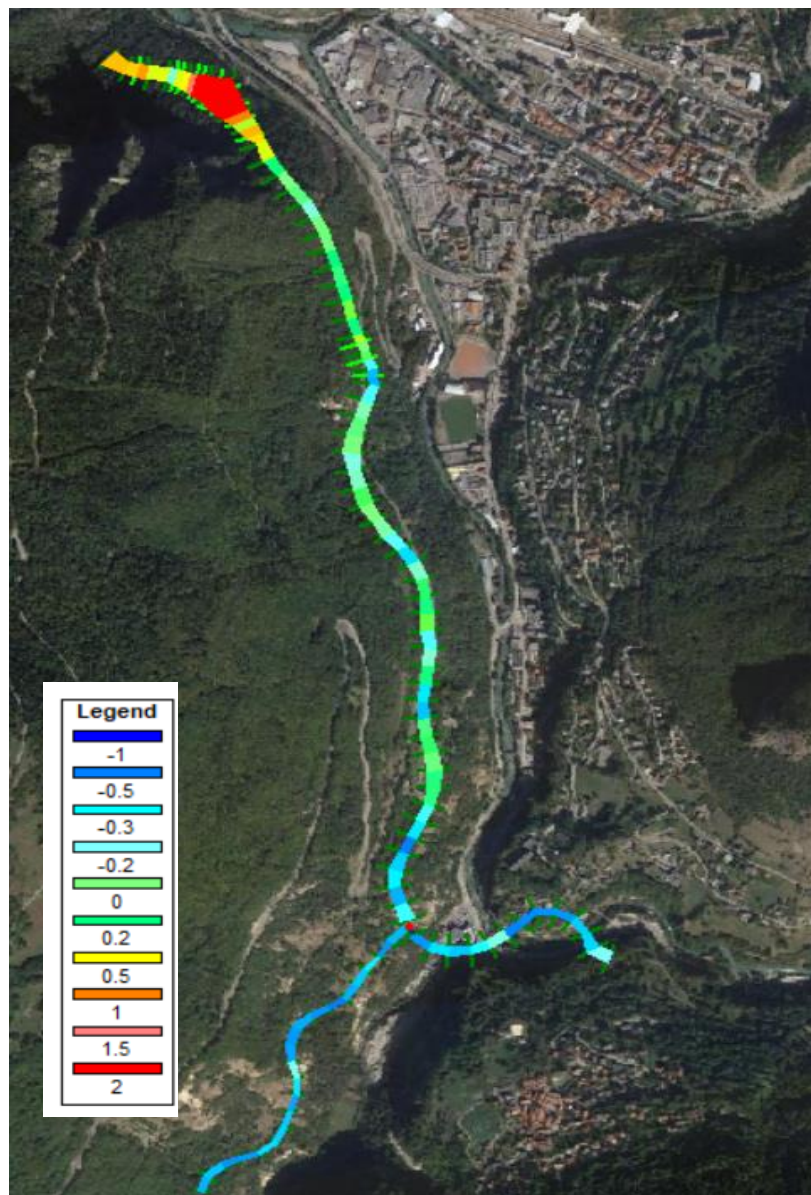


Figure 20 : Variation des fonds après passage des crues Q10 Bozel et Q10 Belleville (m.)

Ce modèle confirme bien les bonnes capacités de charriage au niveau de la confluence des deux Dorons où à la fin de la simulation, les secteurs sont plutôt en tendance à l'incision (couleurs froides).

Ces incisions potentielles sont limitées dans la réalité par le pavage des lits.

On note une tendance à un léger engravement dans le secteur amont de la Zone d'Activité des Salins, du pont caréné de la RD 915, et en amont du franchissement de la RN 90 dans le secteur des installations sportives de Moûtiers.

L'engravement à la confluence avec l'Isère reste limité en amont, entre le pont des carrières et le pont des Belleville de la RD117.

Les reconnaissances de terrain confirment ces tendances à l'incision sur des Dorons à leur confluence où on relève des marques d'incision des lits des cours d'eau :



Figure 21 : Doron de Belleville amont couverture Super U : déchaussement des fondations – LOMBARDI 2021

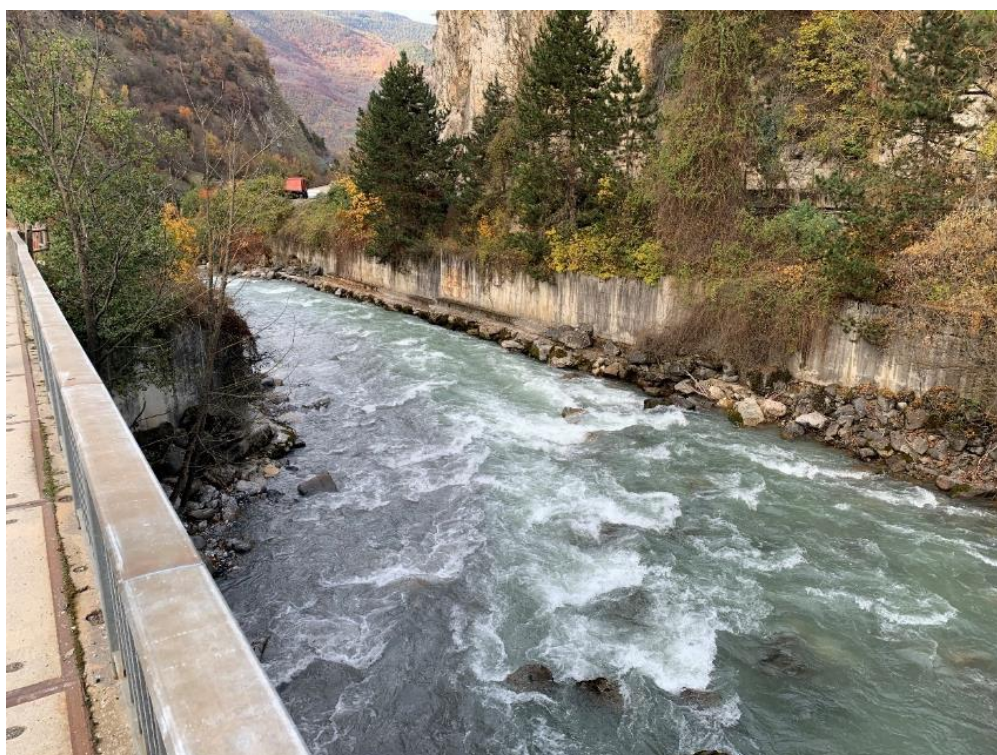


Figure 22 : Doron de Bozel aval confluence, incision rive droite – LOMBARDI 2021

6.3.2.2 Concomitance Q100 Bozel – Q10 Belleville

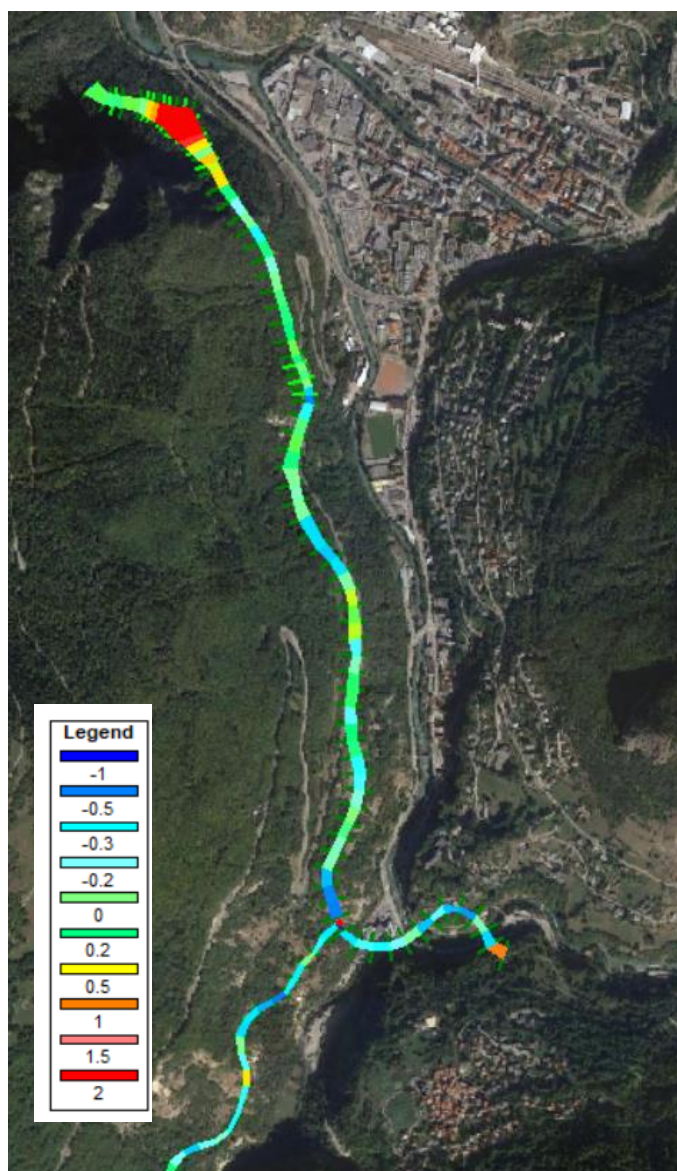


Figure 23 : Variation des fonds après passage crue Q100 Bozel et Q10 Belleville (m.)

La sensibilité à l'engravement du Doron de Belleville est plus marquée que dans le scénario Q10 Bozel – Q10 Belleville précédent ; la zone de l'ancien stade est impactée par des dépôts de l'ordre de 0.50 à 1 m ;

Des dépôts de 0.20 à 0.50 m sont observés en amont de sa confluence avec le Doron de Bozel. Ceci s'explique par l'effet de bouchon que génèrent les forts débits du Doron de Bozel à leur confluence.

Les dépôts en aval du pont caréné de la RD915 sont plus marqués que dans le scénario Q10 Bozel – Q10 Belleville précédent ;

Les dépôts à la confluence avec l'Isère sont comparables au scénario Q10 Bozel-Q10 Belleville précédent.

6.3.2.3 Concomitance Q10 Bozel – Q100 Belleville

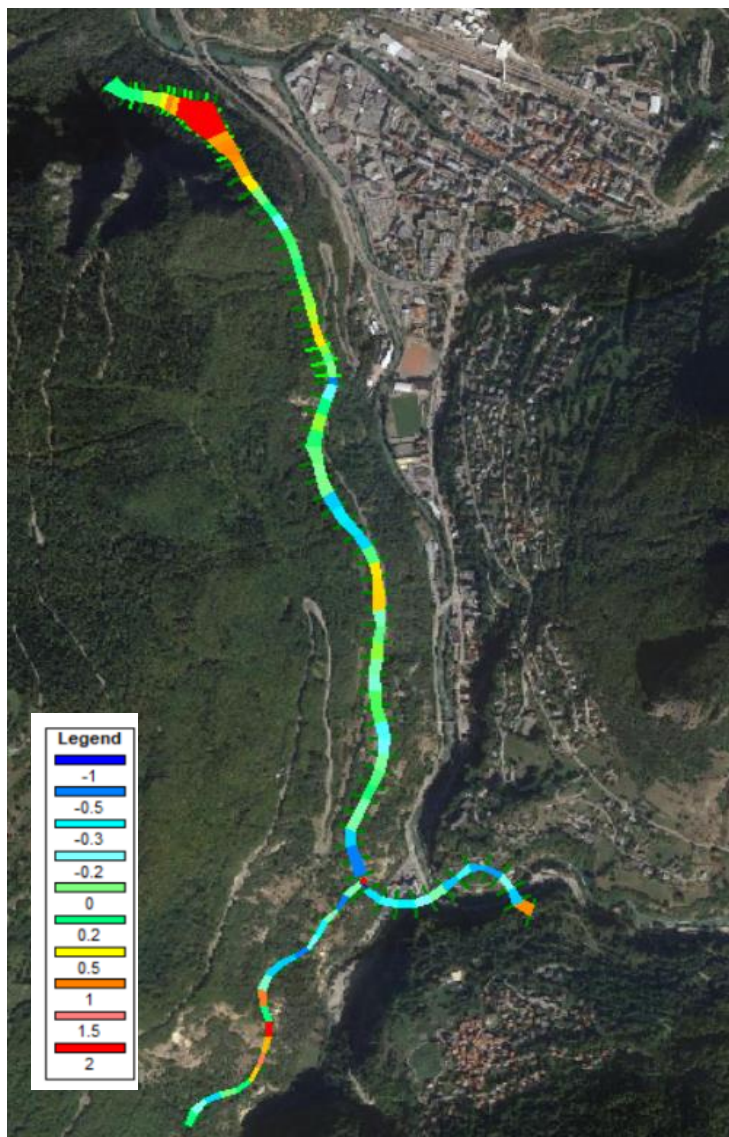


Figure 24 : Variation des fonds après passage crue Q10 Bozel et Q100 Belleville (m.)

Cette configuration est la plus impactante du point de vue du transport solide : apports maximaux du Dorons de Belleville, et débit moindre, Q10, du Doron de Bozel, soit moins de capacité d'auto-curage en aval de leur confluence.

L'impact au droit de l'ancien stade du Doron de Belleville atteint jusqu'à 2 m d'engravement ;

Les dépôts à son embouchure sont plus localisés et pas plus intense que dans le scénario Q100 Bozel – Q10 Belleville : malgré les forts apports solides, les conditions d'écoulement assurent un bon transit des matériaux ;

Les dépôts au droit de la ZA des Salins restent du même ordre que dans les scénarios Q100 Bozel – Q10 Belleville ou Q10 Bozel – Q10 Belleville précédents ;

L'impact en engravement en aval du pont caréné de la RD 915 et au droit des installations sportives de Moûtiers, est plus marqué.

L'engravement de l'embouchure remonte jusqu'au pont des Belleville (RD117).

6.3.3 Synthèse

6.3.3.1 Evolution des profils en long

Les simulations en fonds mobiles, avec toute la prudence et le recul qu'il convient d'avoir sur l'interprétation de ces résultats compte tenu de la sensibilité de ces modèles et de leurs paramétrages, des aléas modélisés, convergent avec l'approche qualitative qu'elles quantifient.

Les profils de ces simulations sont présentés sur les **Figure 25** et **Figure 26** ci-après.

Les principaux enseignements que l'on peut en tirer sont les suivants ;

- Un **bouchon sur le Doron de Belleville à sa confluence**, est susceptible de se former sous l'influence de forts débits du Doron de Bozel. Bien qu'un auto-curage s'effectue en fin de simulation, l'impact sur la ligne d'eau dans la traversée de la partie couverte du Super U peut être importante, même transitoirement, et des débordements ne peuvent pas être tout à fait écartés.
- Le **risque de bouchon sur le Doron de Bozel est limité et son intensité serait modeste**. Le risque d'embâcle sur l'ancien pont peut être écarté ;
- Le **secteur de l'ancien stade de Salins** le long du Doron de Belleville, est exposé à un engravement important ; 2 m simulé en Q100, avec un risque d'arrachement de la passerelle et de divagation sur ces terrains ;
- Le **secteur des carrières est sensible aux érosions en rive gauche de terrains gypseux** ;
- La **zone Artisanale de Salins** est exposée à des débordements indépendamment des risques d'engravement ou rehaussement des fonds qui restent faibles ;
- Au niveau du pont caréné, la simulation ne prend pas en compte l'éventuelle mise en charge de l'ouvrage. Les simulations ne montrent pas de tendance à l'engravement en son amont qui viendrait accroître ce risque ;
- Tout **le secteur en amont de la traversée de la RN90 jusqu'au stade de Moûtiers, est exposé à un engravement significatif**, de l'ordre de 1 m sous le pont de la RN90. Ce point bas de débordement identifié dans les études hydrauliques à Moûtiers, serait alors plus sollicité.
- La **zone de dépôt à la confluence avec l'Isère joue pleinement son rôle dans l'amortissement des apports et de leurs remontées potentielles jusqu'au pont des Belleville de la RD 117**. Le maintien de la disponibilité de ce volume de dépôt est important ; l'impact au niveau du pont des Belleville pouvant atteindre 1 m.

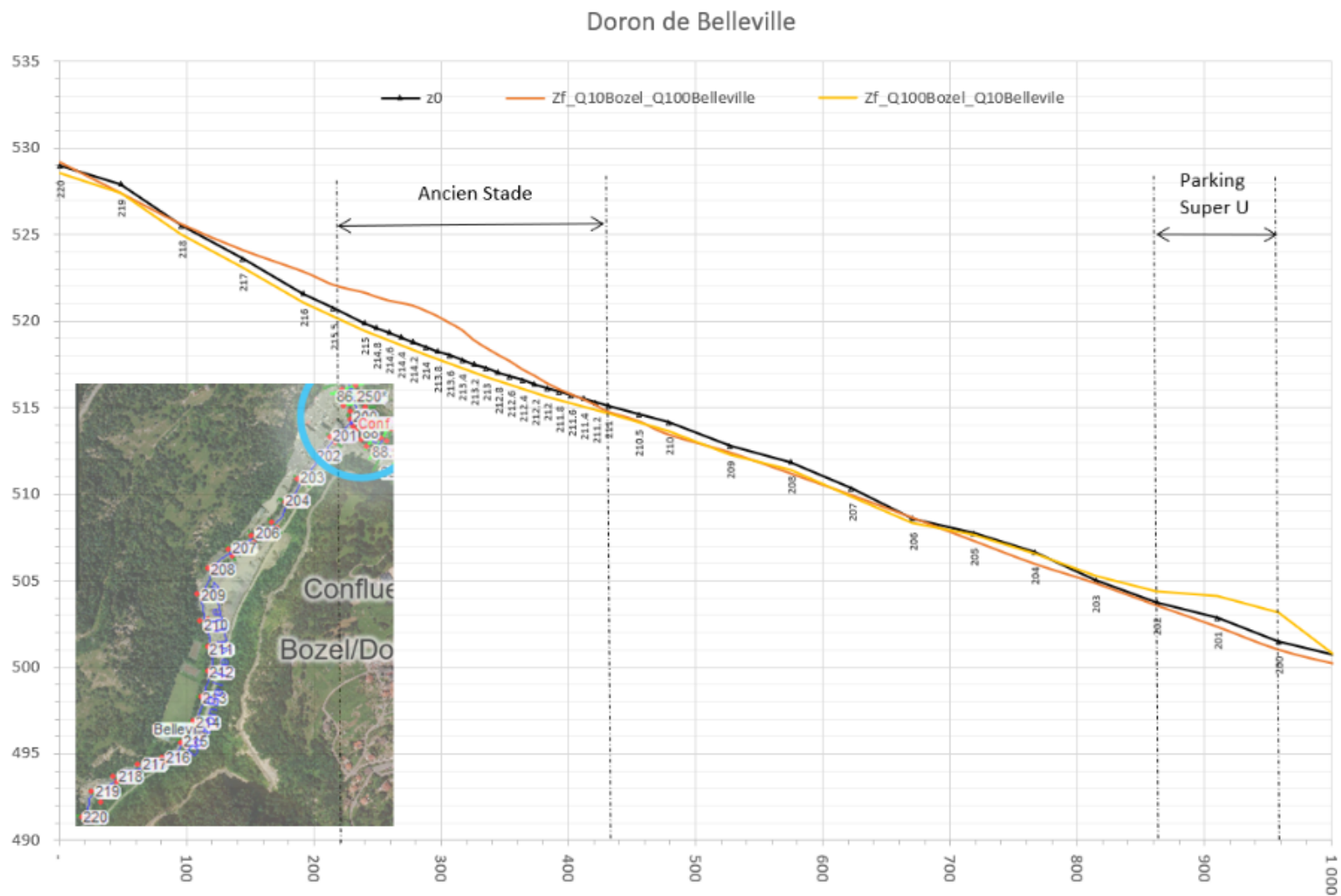


Figure 25 : Simulations des fonds Doron de Belleville - LOMBARDI

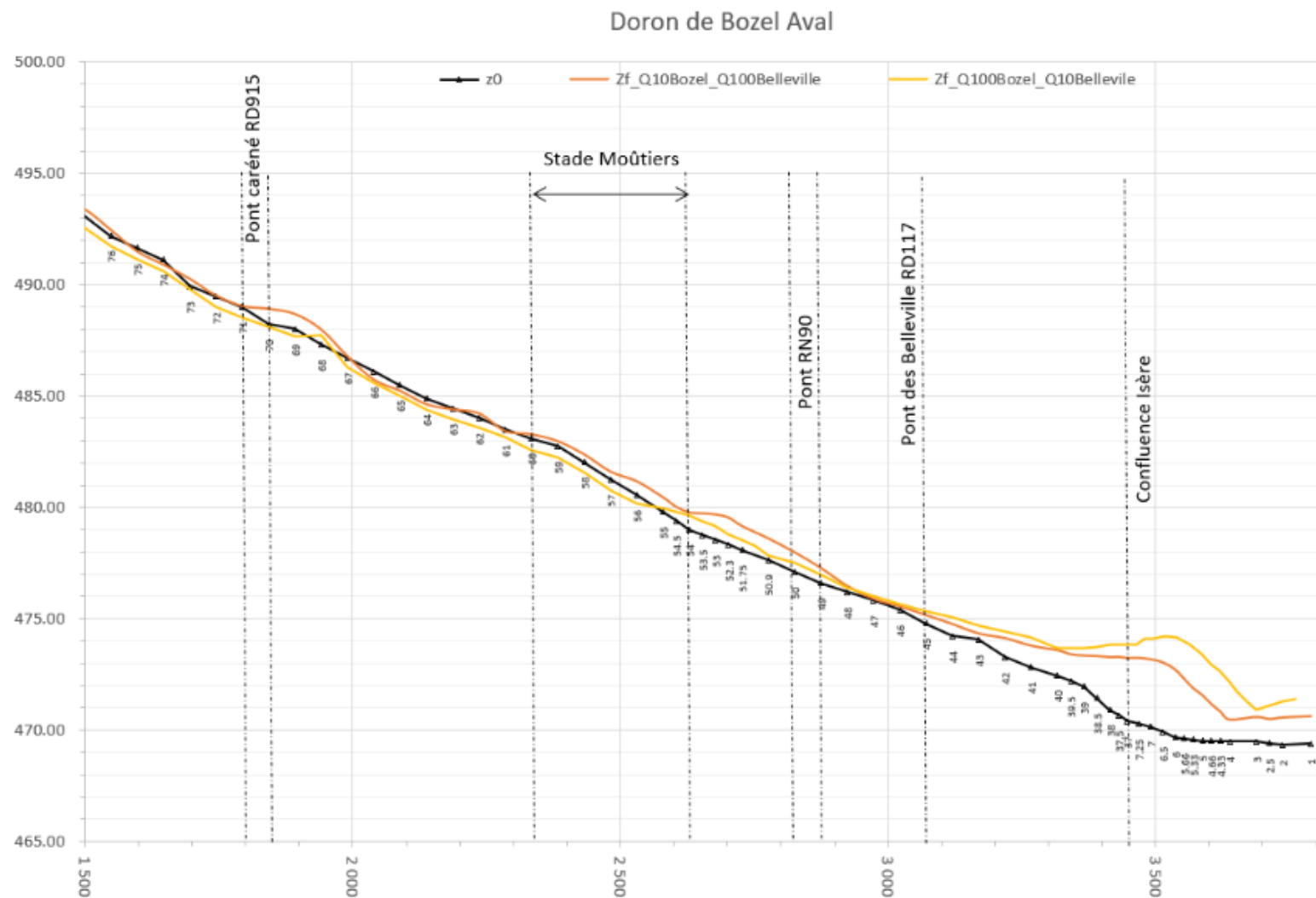


Figure 26 : Simulations des fonds Doron de Bozel Aval - LOMBARDI

6.4 Modèle 1D-2D et identification des zones vulnérables à enjeux

6.4.1 Modélisation d'une crue centennale du Doron de Bozel (Q10 sur Isère et Doron de Belleville), Fond fixe

6.4.1.1 Profil en long

La cote d'eau Q100 obtenue pour un tel scénario est présentée sur la **Figure 27**.

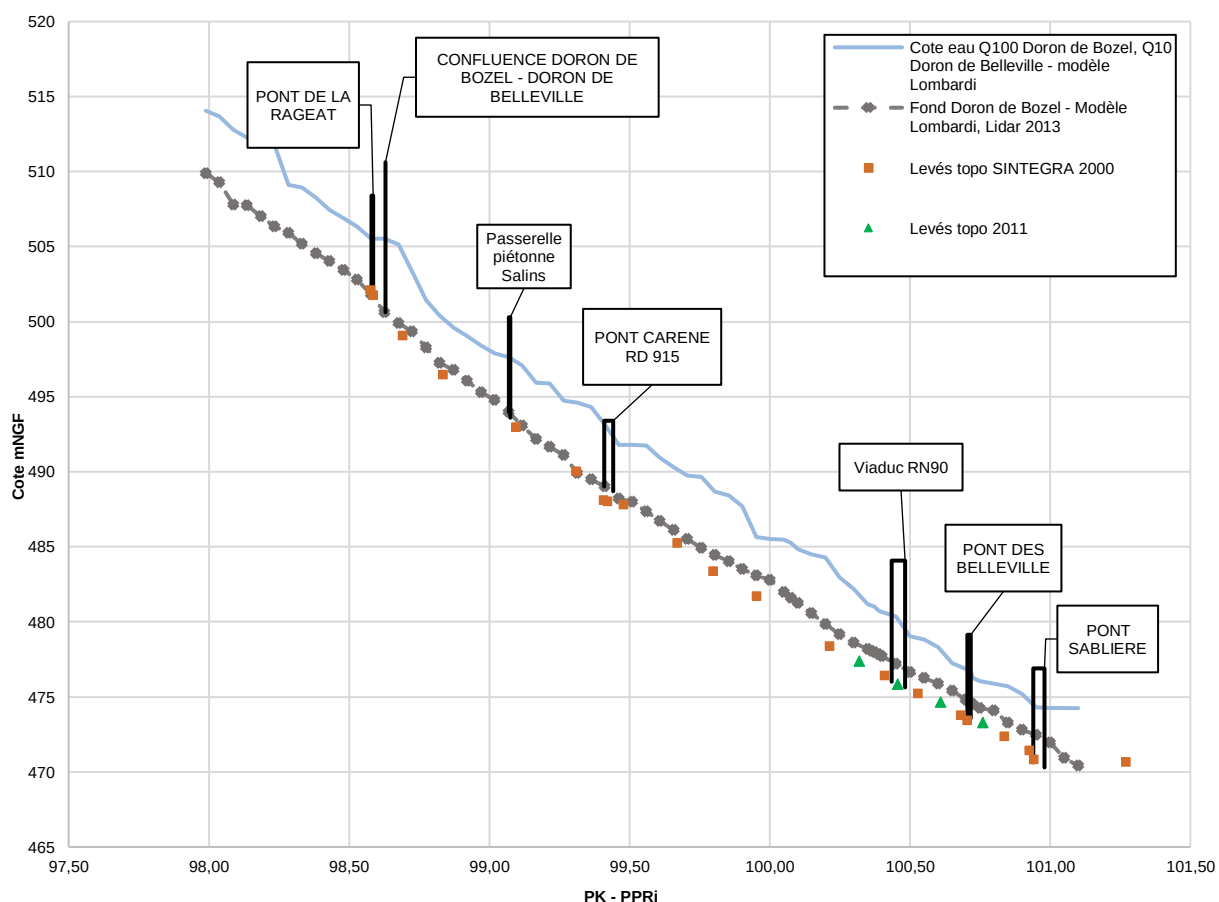


Figure 27 : Profil en long, résultat modélisation Q100 (270 m³/s) sur le Doron de Bozel

Face à une crue centennale, le modèle permet de confirmer que le pont caréné de la RD915 est limitant. Plus en amont le pont de la Rageat (ancien pont) au droit de la confluence Doron de Bozel – Doron de Belleville présente une cote supérieure de presque 3m à la cote d'eau obtenue pour une crue centennale du Doron de Bozel et une crue décennale du Doron de Belleville (simulation la plus limitante).

La nécessité de retirer ce pont se justifiera donc principalement par son intérêt vis-à-vis de la régulation du transport solide sur la zone. Or il s'avère que le risque d'engrèvement du Doron de Bozel et à l'amont de la confluence est a priori peu probable, selon les simulations du modèle à fond mobile.

De plus, le risque de bouchon au niveau de la confluence Belleville-Bozel en cas d'apport majoré du Doron de Bozel ou du Doron de Belleville n'engendrerait pas de remontée de dépôt notable sur le Doron de Bozel et la fin de crue du Doron de Bozel (qui passe après celle du Doron de Belleville) facilite le curage de la confluence (voir **6.3.3.1**).

6.4.1.2 Ecoulements dans la plaine d'inondation

Dans un second temps, ont été observés les venues d'eau dans la plaine d'inondation sur le secteur de Salins-les-Thermes. Les premiers débordements notables, qui conduisent à une propagation des eaux dans la plaine, s'effectuent au début de la dynamique de crue, lors de la phase de montée de l'hydrogramme. Les intensités des débits sont de l'ordre de 70 à 90 m³/s, ce qui, ramené à des occurrences de crues correspond à des périodes de retour entre 2 et 5 ans.

Les premiers débordements sont localisés sur la **Figure 28** et l'emprise maximale de ces derniers lors du pic de crue est illustrée sur la **Figure 29** en tenant compte uniquement de la topographie du modèle numérique de terrain dans la plaine d'inondation (aucun bâtiment ni ouvrage pouvant influencer les écoulements tel que des murs, ne sont pris en compte). Aussi, les écoulements se propagent jusqu'à Moûtiers en rive droite du Doron de Bozel et sur la quasi-totalité de la largeur de Salins-les-Thermes.

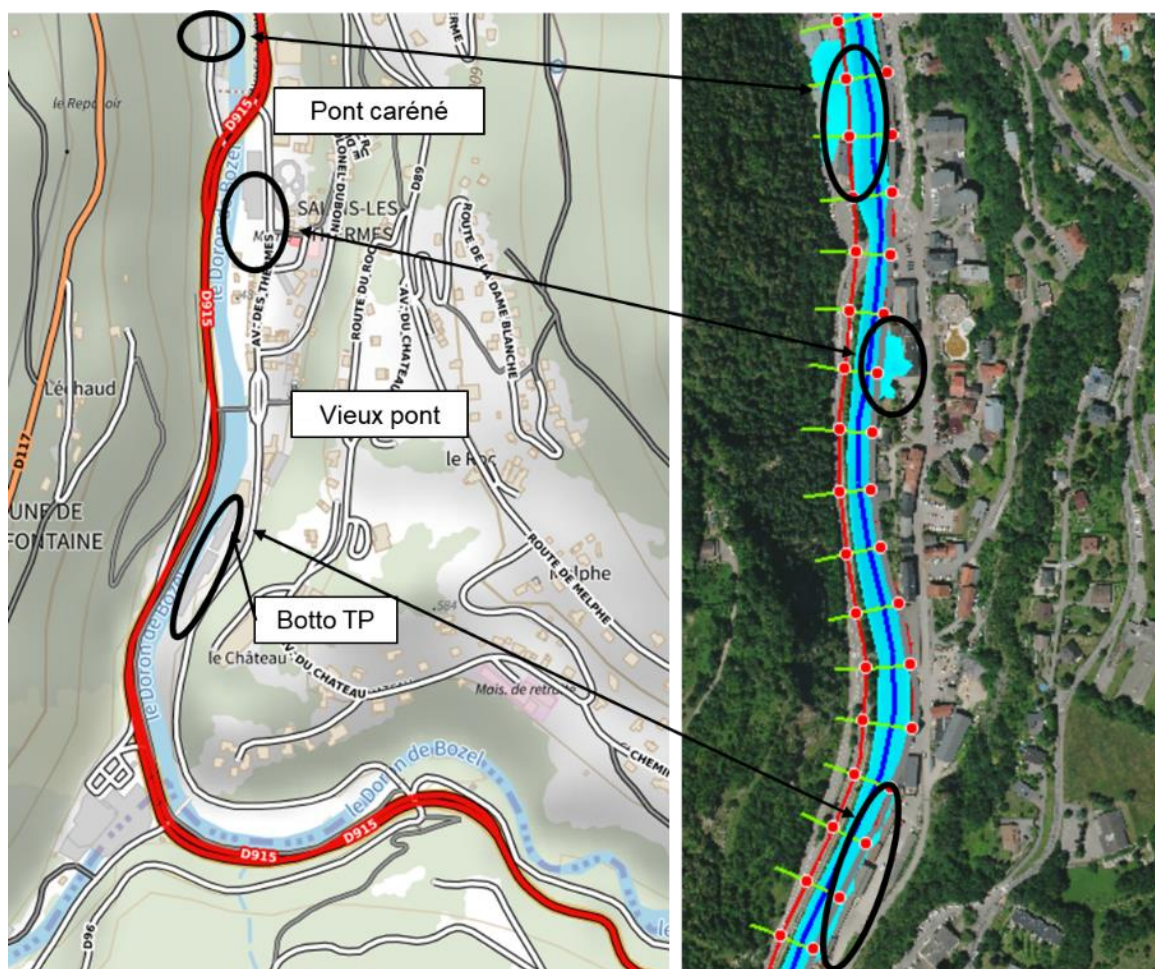


Figure 28 : Localisation des premiers débordements - LOMBARDI

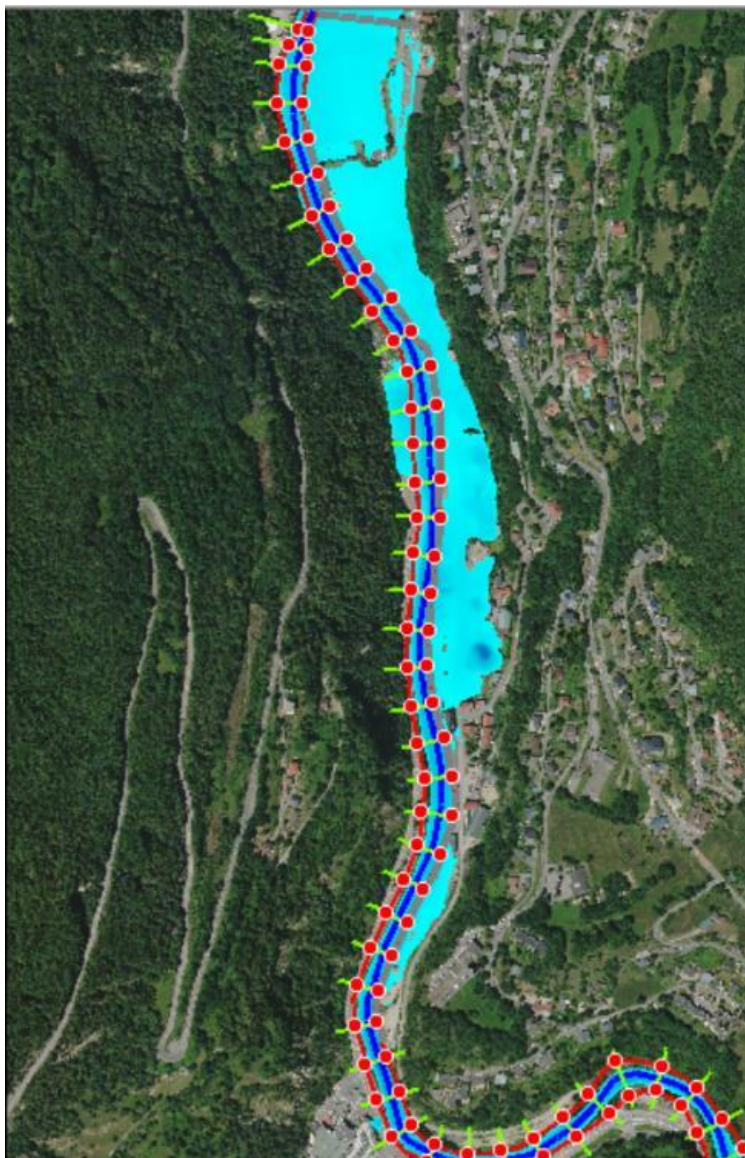


Figure 29 : Emprise des écoulements dans la plaine d'inondation pour une crue centennale - LOMBARDI

Les hauteurs d'eau obtenues en zone inondée varient entre 20 cm à 1m50 selon les points les plus bas sur les secteurs.

6.5 Conclusions de l'analyse hydraulique 1D/2D

Plusieurs zones critiques ont été identifiées dans cette étude complémentaire, le modèle 1D couplé 2D a donc permis de mettre en évidence les potentielles venues d'eau au-droit de chacune des zones et de caractériser le risque inondation des zones critiques objet de la présente étude complémentaire.

Les principales conclusions des analyses hydrauliques réalisées sont décrites ci-après, avec justifications de la pertinence des modélisations hydrauliques utilisées pour l'analyse du comportement hydro-sédimentaire lors des crues.

❖ **Sur le Doron de Bozel :**

- L'ancienne carrière en rive droite du Doron de Bozel, en amont de la confluence avec le Doron de Belleville :
 - L'analyse du transport solide sur le secteur ne conduit pas à considérer de dépôt solide sur cette zone. La capacité hydraulique est également suffisante pour les apports liquides de la crue centennale du Doron de Bozel. L'ancienne plateforme d'extraction de matériaux reste hors d'eau.
- Le vieux pont en amont de la confluence avec le Doron de Belleville, nommé pont de la Rageat n'est pas mis en charge pour le plus fort apport liquide simulé, à savoir $Q_{100} = 270 \text{ m}^3/\text{s}$ du Doron de Bozel. En cas de bouchon solide à la confluence, possible lors de l'épisode de crue mais qui serait curé lors de la phase décrue, une augmentation de la cote d'eau se verra induite en amont. Le tirant d'air sous le vieux pont est estimé à 3 m pour la crue centennale, ce qui reste largement suffisant en cas de dépôt à la confluence ($< 2\text{m}$).
- La traversée de Salins-les-Thermes : entreprise Botto TP, bâtiment des Thermes. La modélisation 1D couplé 2D a permis de mettre en évidence principalement 2 points de débordements en rive droite amont du pont caréné. Les zones concernées sont :
 - Les entrepôts de l'entreprise Botto TP situés peu en aval de la confluence entre les Dorons. Les eaux débordantes ne s'étalent dans un premier temps que peu vers l'aval et retournent dans le lit mineur comme l'illustre la suivante (Crue Q_{50} Doron de Bozel + $50 \text{ m}^3/\text{s}$ du Doron de Belleville), soit une période de retour de l'ordre de 30ans. Au-delà les eaux débordantes suivront favorablement l'avenue des Thermes.

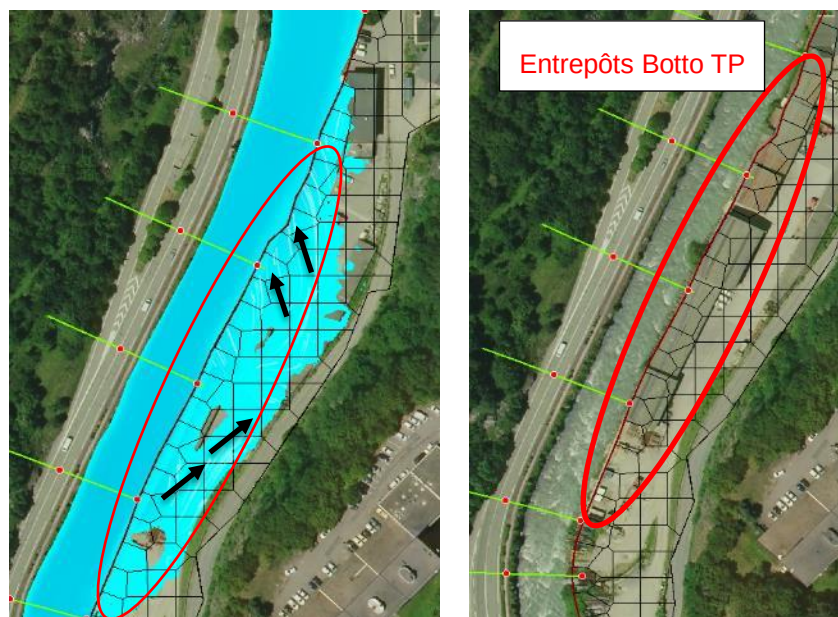


Figure 30 : Venues d'eau en rive droite du Doron de Bozel en amont du pont caréné, situation crue Q_{50} Bozel $\sim 210 \text{ m}^3/\text{s}$ et $50 \text{ m}^3/\text{s}$ d'apport du Doron de Belleville - LOMBARDI

- Des venues d'eau plus en aval, au-droit des habitations implantées directement en rive droite (906 avenue des Thermes), pour les mêmes conditions d'apports liquides dans le Doron de Bozel. Néanmoins, les eaux débordantes à ce niveau, peuvent partiellement être redirigées plus en aval dans le lit mineur mais également poursuivre leur étalement dans la plaine d'inondation jusqu'à Moutiers en suivant la RD915 comme l'illustre les **Figure 30** **Figure 31** et **Figure 32**.

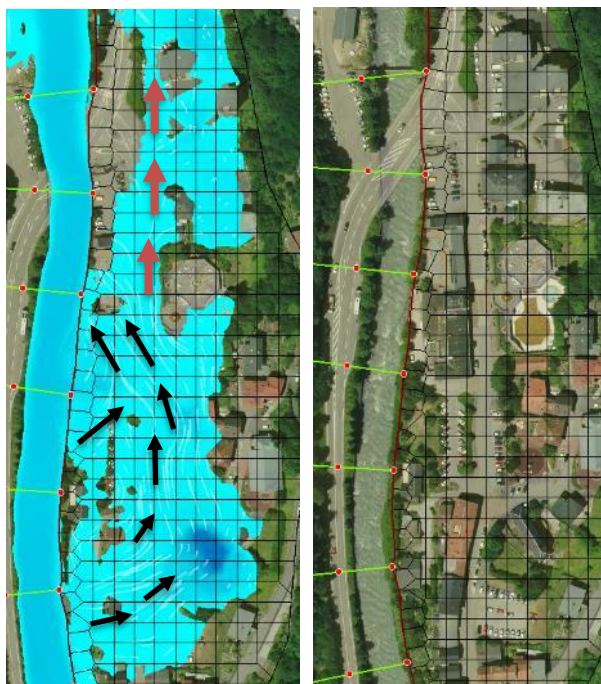


Figure 31 : Venues d'eau en rive droite du Doron de Bozel en amont du pont caréné, situation crue Q50 Bozel ~ 210 m³/s et 50 m³/s d'apport du Doron de Belleville - LOMBARDI

- Le pont caréné de la RD915 : Ce pont est limitant sur le linéaire du Doron de Bozel, comme a pu le montrer l'analyse hydraulique.
Les simulations ont montré un engravement plutôt à l'aval de ce-dernier. Cependant l'impact de celui-ci contribue à l'augmentation des hauteurs d'eau à l'amont en crue ; un engravement également en amont n'est pas exclu.
- La rive droite de Salins-les-Thermes en aval du pont caréné est soumise à des venues d'eau en provenance de l'amont illustré par la **Figure 33**.

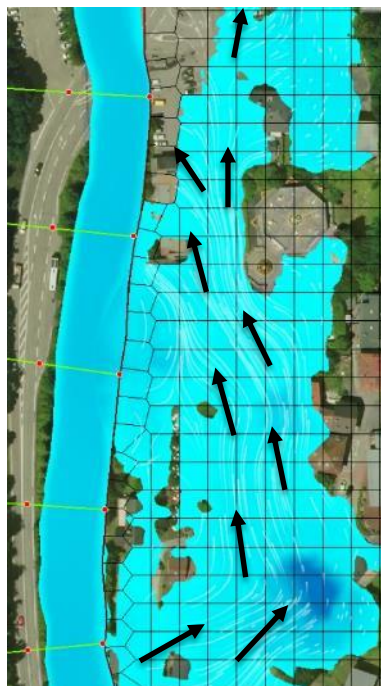


Figure 32 : Venues d'eau en rive droite du Doron de Bozel en amont du pont caréné, situation crue Q50 Bozel
~ 210 m³/s et 50 m³/s d'apport du Doron de Belleville - LOMBARDI

- La rive droite en aval du pont caréné, le route RD915 : La capacité limitante du pont caréné, liée à son faible tirant d'air, présente des conséquences sur les venues d'eau en rive gauche aval. En effet, comme présenté dans le profil en long de la **Figure 27**, les hauteurs d'eau sont perturbées par la mise en charge de ce-dernier, ce qui induit une augmentation des niveaux d'eau d'autant plus importante si des matériaux sont déposés au fond du lit.
- Aussi, des écoulements peuvent se produire en aval du parking situé sur la route « Les vignes blanches » où se situe une zone à enjeux (entrepôts). Ces débordements sont possibles à partir d'une crue cinquantennale du Doron de Bozel d'après la topographie employée (lidar 2013) et sont illustrés sur la **Figure 33**.

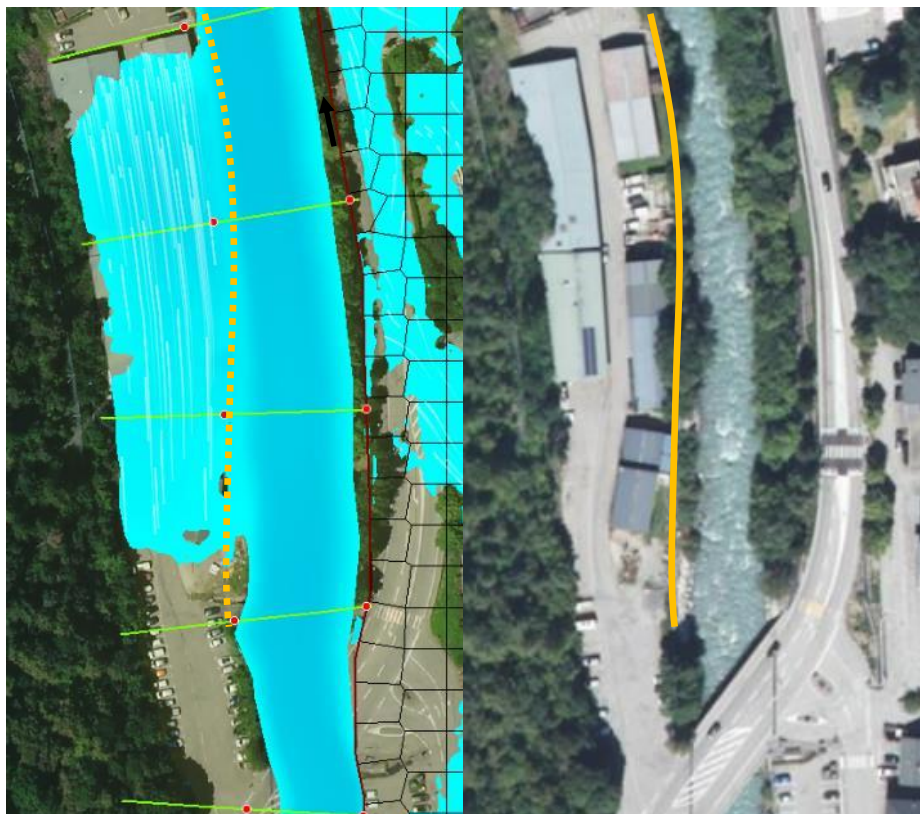


Figure 33 : Venues d'eau en rive gauche du Doron de Bozel en aval du pont caréné, situation crue Q50 Bozel ~ 210 m³/s et 50 m³/s d'apport du Doron de Belleville - LOMBARDI

- Les complexes sportifs du Doron de Bozel en rive droite, à l'arrivée à Moûtiers, secteur Pontserand. Ces-derniers peuvent à la fois être impactée par des venues d'eau provenant de l'amont mais également par des débordements du lit mineur du Doron de Bozel. De plus, les conclusions du modèle à fond mobile ont permis d'identifier une zone de dépôt solide favorable au-droit de ces complexes sportifs. Cela induit un aléa inondation d'autant plus fort sur le secteur, qui est confirmé par l'analyse des simulations hydrauliques. Les terrains sont totalement inondés pour une crue supra cinquantennale du Doron de Bozel et les eaux s'étalent sur toute la largeur en rive droite jusqu'à l'avenue des Thermes.

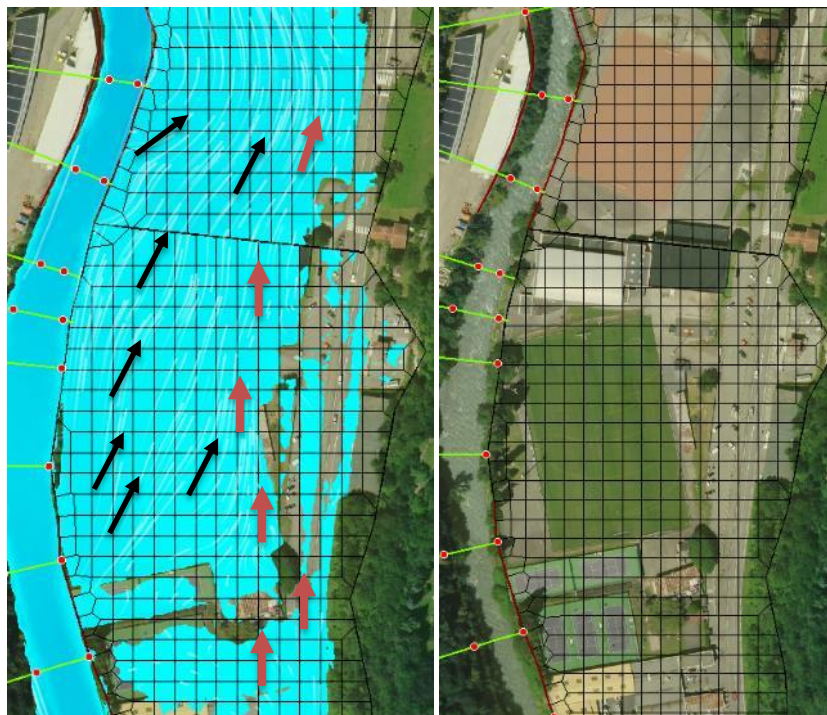


Figure 34 : Venues d'eau en rive gauche du Doron de Bozel en aval du pont caréné, situation crue Q50 Bozel
~ 210 m³/s et 50 m³/s d'apport du Doron de Belleville - LOMBARDI

- Le secteur Pontserand en rive gauche à l'arrivée de Moûtiers : vulnérable aux venues d'eau pour des crues du Doron de Bozel supra trentennales.
- Le linéaire du Doron de Bozel entre la digue RD_Bozel_Ponsterand et RD_Bozel_cimetière. Les débordements du Doron apparaissent pour des crues de temps de retour faibles (Q10 sans engravement du lit, Q2 avec engravement) au niveau du point bas situé en rive droite sous le viaduc de la RN90. Au-delà, les débordements sont possibles en rive gauche et en amont au niveau du stade d'athlétisme pour les crues supra cinquantennales.

Sur le Doron de Belleville :

- **Première remarque :** Le lit du Doron de Belleville est suffisamment encaissé en amont de la confluence pour présenter des aléas inondations en lit majeur faibles.
- La rive gauche, en amont du passage du Doron de Belleville, sous la zone commerciale de la confluence : l'augmentation du niveau d'eau du lit du Doron de Belleville en cas de crue majeure, accompagnée de vitesses d'écoulement importantes dues aux pentes du torrent (et confirmées par les preuves d'incisions du lit en contrebas) présentent un risque important pour l'érosion de la rive gauche, sujette également à la problématique de dissolution de gypses.

- Le passage sous le Super U de la confluence. Ce passage est limitant hydrauliquement en cas de forte crue du Doron de Belleville, et le devient d'autant plus en considérant un engravement de la zone (conclusions de l'analyse du modèle à fonds mobiles).

La simulation hydraulique de tels débordements n'a cependant pas été réalisée compte tenu de l'instabilité du modèle pour de forts débits injectés sur le Doron de Belleville (fortes pentes, régime torrentiel) **en considérant un Q100 Bozel et Q100 Belleville**. Néanmoins, pour un débit décennal du Doron de Belleville, les hauteurs d'eau observées au-droit du passage sous le parking du super U indiquent une revanche d'environ 2m50 qui serait insuffisante pour le transit du volume d'une crue centennale.

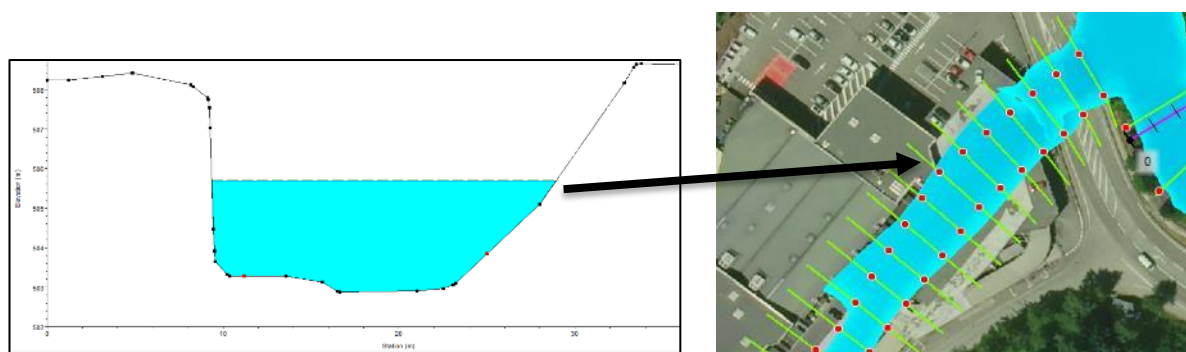


Figure 35 : Passage sous le parking du Super U, crue décennale fonds de référence -LOMBARDI

Pour rappel, sur le secteur du Super U, les simulations croisées Q100 Belleville-Q10 Bozel et inversement ont montré que :

- Au regard de la simulation hydraulique du Doron de Belleville, la capacité de transit des eaux liquides sous le Super U est tout à fait acceptable et aucun débordement n'est observé (revanche supérieure à 2m et 1m pour la ligne d'énergie) selon la géométrie considérée et les données dont nous disposons (interprétation du LIDAR 2013) ;
- Au regard des résultats de la simulation numérique TS, un bouchon solide sur le Doron de Belleville à sa confluence, est susceptible de se former sous l'influence de forts débits du Doron de Bozel. Un exhaussement maximal de 1.5 m du fond du lit est observé après le passage du pic de la crue (la concomitance d'un dépôt maximal avec le pic de crue du Doron de Belleville reste cependant peu probable) ;
- Même si un auto-curage s'effectue en fin de simulation TS, les incertitudes de calcul sur la détermination des volumes de matériaux solides et les incertitudes inhérentes à l'exploitation du modèle, nous conduisent à adopter une position sécuritaire. L'impact sur la ligne d'eau dans la traversée de la partie couverte du Super U pourrait donc dans ce cas être importante, même transitoirement, et des débordements ne sont pas tout à fait écartés.

7. PROPOSITIONS D'ACTIONS

Au regard des résultats des simulations synthétisées dans le § 6.5, nous présentons ci-après les actions prioritaires à mettre en œuvre afin de réduire le risque d'inondation par ordre de priorité de l'amont vers l'aval.

7.1 Plage de régulation Doron Belleville

Compte tenu des apports du Doron de Belleville ; 50 000 m³ en centennale et 20 000 m³ en décennale, et de leurs impacts sur les écoulements du Doron de Belleville à sa confluence ; formation potentielle de « bouchon » susceptible de générer une mise en charge de sa couverture et des débordements potentiellement non écartés sur le Super U, impact sur le Doron de Bozel en aval dans sa traversée de Moûtiers, la réalisation de la plage de régulation envisagée au niveau de l'ancien stade apparaît pertinente et **indispensable**. C'est une priorité absolue à mettre en œuvre.

55 000 m³ seraient à excaver pour un volume utile de l'ordre de 30 000 m³.

L'ouvrage ramènerait les apports exceptionnels du Doron de Belleville, centennaux, à des valeurs d'occurrence décennale dont l'étude montre qu'ils ne sont plus alors impactant.

7.2 Rive gauche carrières Doron de Belleville

La tendance érosive du Doron sur ce secteur de formation de gypse instable, présente de gros risques. Une stabilisation de la berge de type enrochement est préconisée. Une solution variante en caissons, végétalisés ou type Maccaferri, est également envisageable.

160 ml de berges seraient à aménager sur des hauteurs variant de 2 à 5 m :



Figure 36 : Aménagement Rive Gauche carrières Doron de Belleville – Source Géoportail - LOMBARDI

7.3 Plage de régulation du Doron de Bozel

Aux vues des simulations réalisées, la plage de régulation envisagée sur le Doron de Bozel en amont de la confluence n'apparaît pas nécessaire ; le vieux pont n'est pas menacé par les crues et leurs transports solides, il le reste malgré tout du fait de sa vétusté.

Sa déconstruction reste à envisager mais pas prioritaire au regard des impacts hydrauliques du Doron de Bozel.

7.4 Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.

L'ensemble de la ZA en amont du pont caréné de la RD 915 est exposé à des débordements du Doron qui peuvent se propager jusque sur Moûtiers. Ces débordements ne sont pas importants en intensité ; de l'ordre de quelques décimètres en berges, mais alimentent des points bas qui ne sont drainés que plus en aval du pont caréné de la RD915, quand ils ne constituent pas des cuvettes dont des accès parking en sous-sol:



Figure 37 : Carrefour RD915 – Ave des Thermes : écoulements superficiels - LOMBARDI



Figure 38 : Aval Carrefour RD915 (Dir Moûtiers) – écoulements superficiels - LOMBARDI

La reprise de ces débordements en aval du pont caréné de la RD915 afin d'éviter leur propagation jusqu'à Moûtiers, est difficilement réalisable et ne protégerait pas les points bas.

Deux zones de débordements déconnectées entre elles en crue centennale, sont identifiées (**Figure 29**) ;

- Au droit des entrepôts Botto en amont de la ZA et de la passerelle (détail **Figure 30**) ;
- Au droit des Thermes en aval de la passerelle (détail **Figure 31**)

La proposition de rehausser l'ave des Thermes au droit de la passerelle pour éviter la propagation de ces 1^{er} débordements plus en aval ne paraît pas justifiée : les deux zones de débordement sont

déconnectées. Elle peut s'avérer sécurisante vis à vis des aléas liés à ces simulations mais serait de peu d'impact globalement :



Figure 39 : Localisation projet de reprofilage Ave des Thermes au droit de la passerelle

Une reprise de l'ensemble des ouvrages existants en berge en amont du pont caréné de la RD915 avec occultation des points bas et discontinuité afin de supprimer ces débordements, est préconisée.

La mise en œuvre d'un muret/parapet de 1m de haut maximum (hauteurs maximum pour Q100 de 0.7 m) est préconisée. Un diagnostic complet de ces ouvrages est nécessaire ; relevé topographique, nature et structure des ouvrages pouvant nécessiter des investigations géotechniques.

7.5 Protections contre les débordements rive gauche à l'aval du pont caréné

Une augmentation du TN en rive gauche est jugée pertinente afin de lutter contre les débordements observés en rive gauche à l'aval du pont caréné.

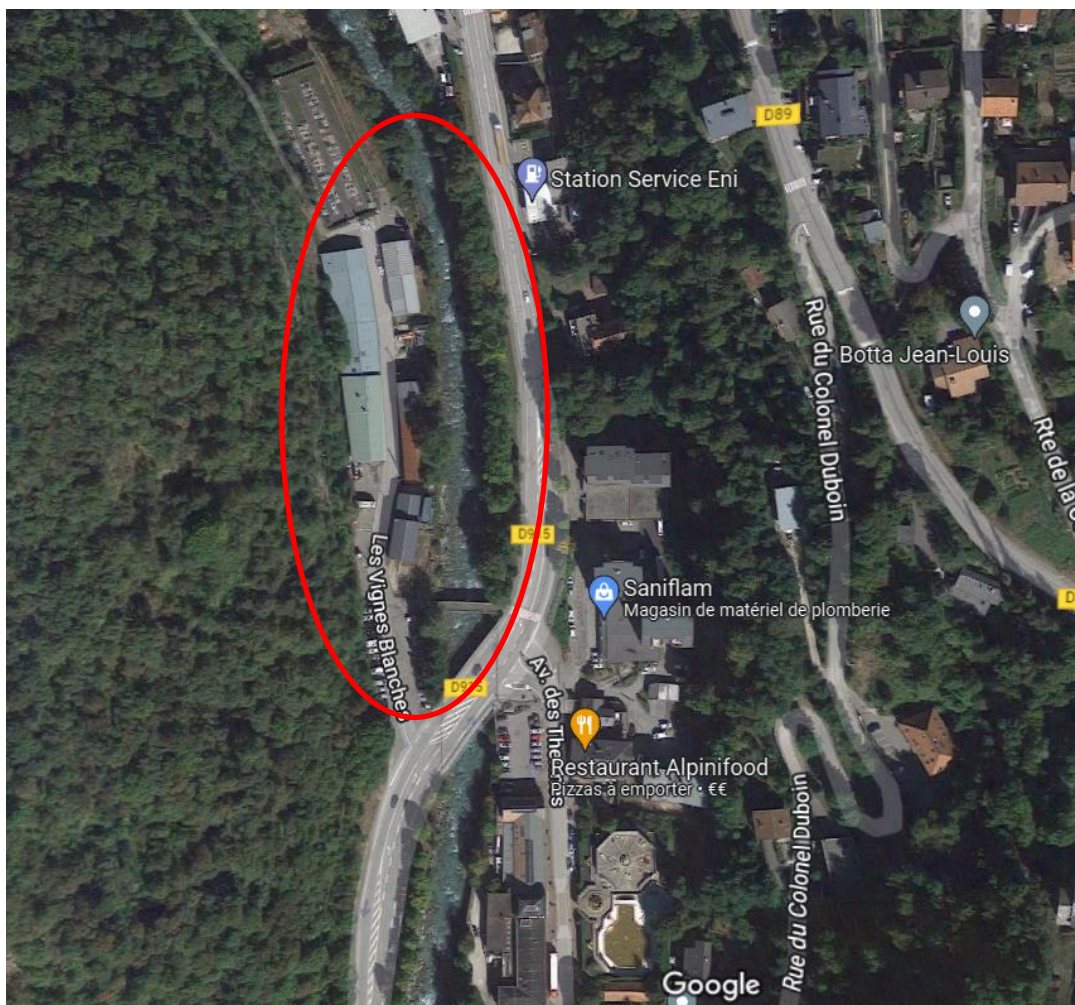


Figure 40 : Localisation de la réhausse envisagée rive gauche du Doron de Bozel pour protection du centre

Les habitations situées en contre bas sont jugées vulnérables au risque inondation où un engrèvement est jugé possible à l'aval du pont.

Une surélévation de type digue sur un linéaire de 50 cm est jugé pertinent. Mur ou remblai selon l'emprise foncière disponible.



Figure 41 : Pas de digues existantes sur le secteur

7.6 Autres propositions d'action par rapport au risque d'engrèvement identifié

Des risques d'engrèvement en aval du pont caréné de la RD915 ont été identifiés.

Un suivi régulier des fonds du Doron de Bozel dans sa traversée de Salins qui pourra être de fréquence biennale en l'absence d'événements majeurs ; > à 10 ans d'occurrence, devra être mis en place.

7.7 Réhausse des points bas au droit de la traversée de Moûtiers

Au-regard des conclusions présentées dans le §8.5, il est préconisé d'effectuer des travaux de réhausse sur les berges du Doron de Bozel :

- Soit une réhausse seule du point bas en rive droite sous le viaduc de la RN90. Ce point est le plus critique. La cote de réhausse est limitée par la cote de sous-poutre du viaduc de la RN90 et a été définie à 480.25 mNGF par Lombardi. A cette cote, l'ouvrage de réhausse apporterait une protection contre les crues cinquantennales, d'après les résultats de modélisation. Cependant pour de telles crues des débordements seraient possibles aux points identifiés dans le §8.5. Cette réhausse serait donc effective uniquement jusqu'à une crue vicennale.
- Soit des travaux plus conséquents à Moûtiers comprenant les réhausses de la rive gauche, des points bas sous le viaduc ainsi que de la rive droite au-droit du stade. Pour ce faire, une étude hydraulique est à affiner sur la zone. Une réhausse est possible au droit du stade pour une protection centennale pour une hauteur de 1 m environ.
- Enfin, une étude hydraulique affinée du Doron de Bozel entre la confluence avec le Doron de Belleville et l'arrivée dans Moûtiers est recommandée, comprenant la réalisation de levés topographiques de berges, afin de proposer un ensemble de réhausses des points bas et des berges pour protéger la ville contre des crues plus extrêmes à la crue décennale.

8. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS PROPOSES

8.1 Plage de régulation Doron de Belleville

8.1.1 Description de la solution d'aménagement

Au niveau du stade, le lit du Doron présente une rupture naturelle de pente. Le projet vise à restaurer un lit large et divagant au droit du stade communal afin de :

- Permettre une régulation du transport solide du Doron de Belleville, notamment en cas d'apport exceptionnel (crue du Ravin d'Enfer) et ainsi diminuer les niveaux de crue sur tout le lit aval.
- Réduire les risques de débordement dans ce secteur. Les eaux de débordement pourraient suivre la route/chemin menant à la centrale de la Rageat puis la route D915 à la confluence et en aval de cette dernière et de ce fait menacer les aménagements anthropiques sur ce secteur.
- Améliorer les milieux en recréant un milieu mobile et diversifié.

La zone qui serait à excaver est représentée en bleue sur la **Figure 42** :

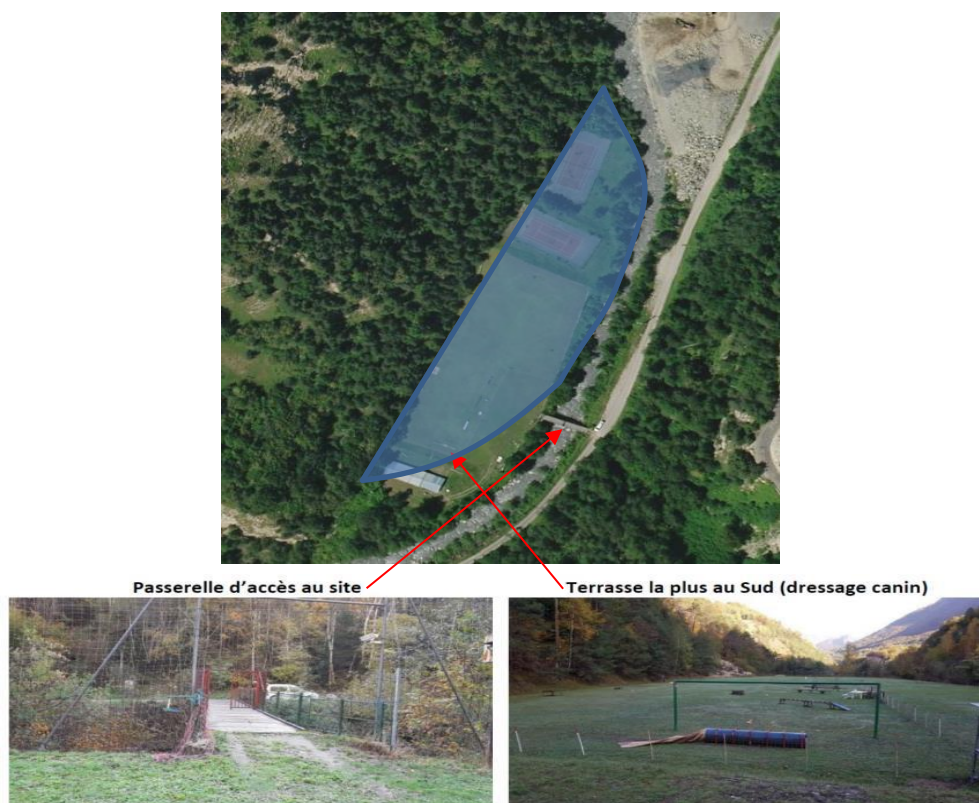


Figure 42 : Localisation de la zone excavée au niveau du stade afin de recréer une zone de dépôt et photographies (source Améten [4])

Cet aménagement consiste en :

- Le dépôt de la passerelle menant au stade ;
- L'enlèvement des protections en enrochements le long de la rive gauche sans mise en dépôt car ils pourront être utilisés pour la protection du versant restructuré ;
- Arasement grossier des terrains en rive droite au plus 50 cm au-dessus du fil d'eau d'étiage ;
- Terrassement jusqu'en amont du stade avec une pente de 2.6 %. Le terrassement du lit actuel ne se fera que sur la partie amont, la pente actuelle étant déjà suffisante pour permettre le dépôt en aval.
- Aménagement d'un talus en pente homogène (ou de fruit 3H/1V) en pied de versant afin de prévenir de toute déstabilisation du versant. La partie basse de ce talus sera protégée par un maximum d'enrochements prélevés le long de la rive gauche.

La **Figure 43** illustre la modification d'un profil en travers (en jaune sur la photo de localisation).

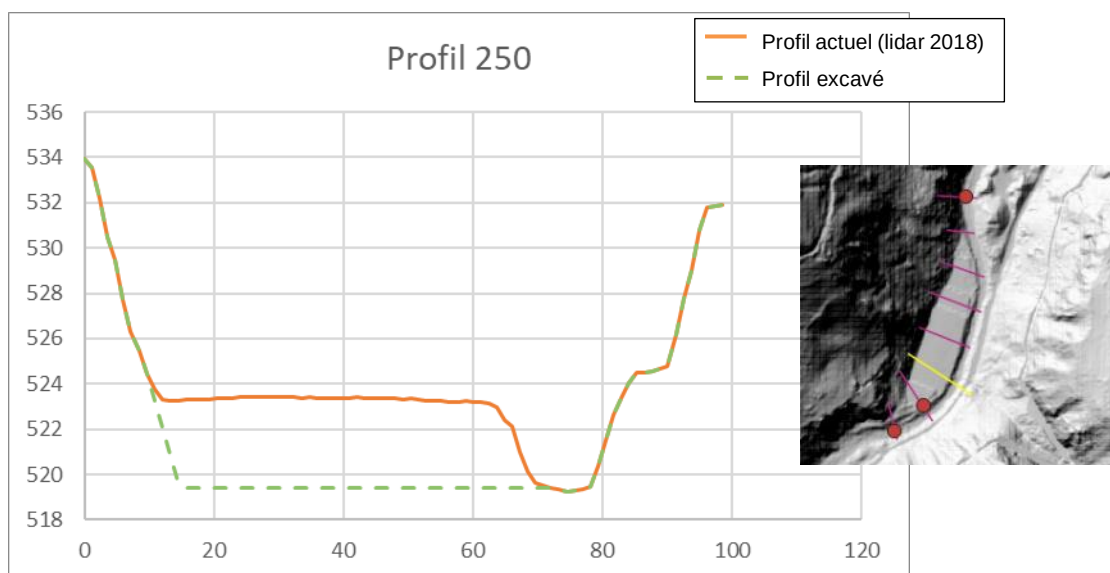


Figure 43 : Profil de l'excavation au PM 250

8.1.2 Volume à excaver

Le stade se situe en rive gauche du Doron de Belleville sur un linéaire de 350 m. Des profils en travers, réalisés tous les 50 m et extrait du lidar 2018 ont été étudiés. Ils apparaissent sur la **Figure 44**.

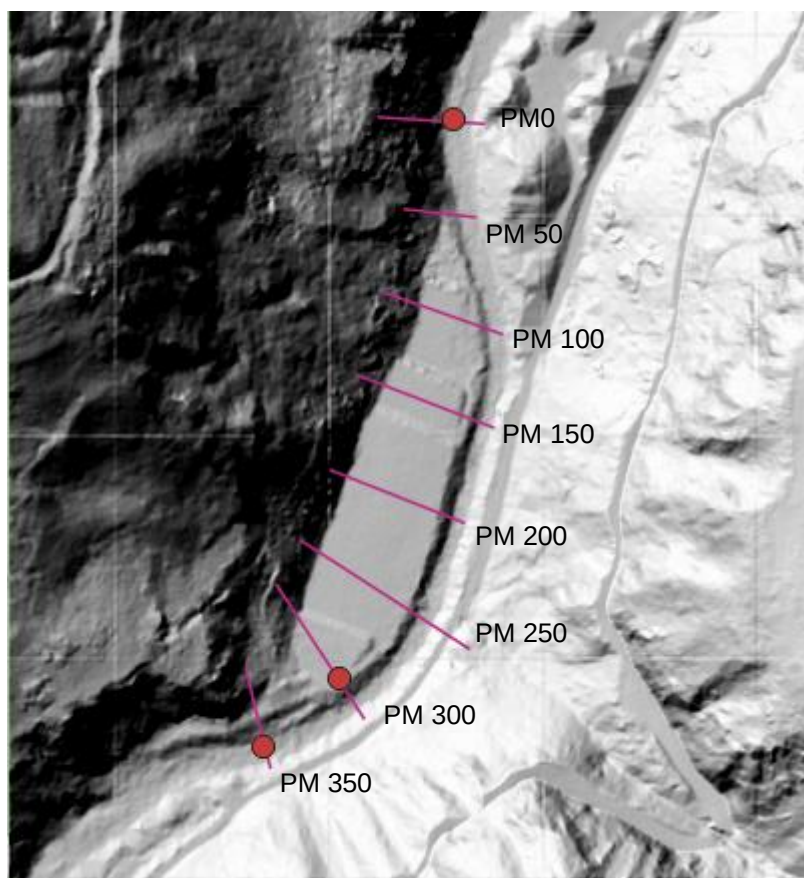


Figure 44 : Localisation des profils de calcul, Source Lombardi

Le volume à excaver est calculé en considérant une prolongation de la pente naturelle du versant de la montagne en rive gauche jusqu'au lit du Doron de Belleville (Lidar 2018), comme illustré sur la **Figure 45**.

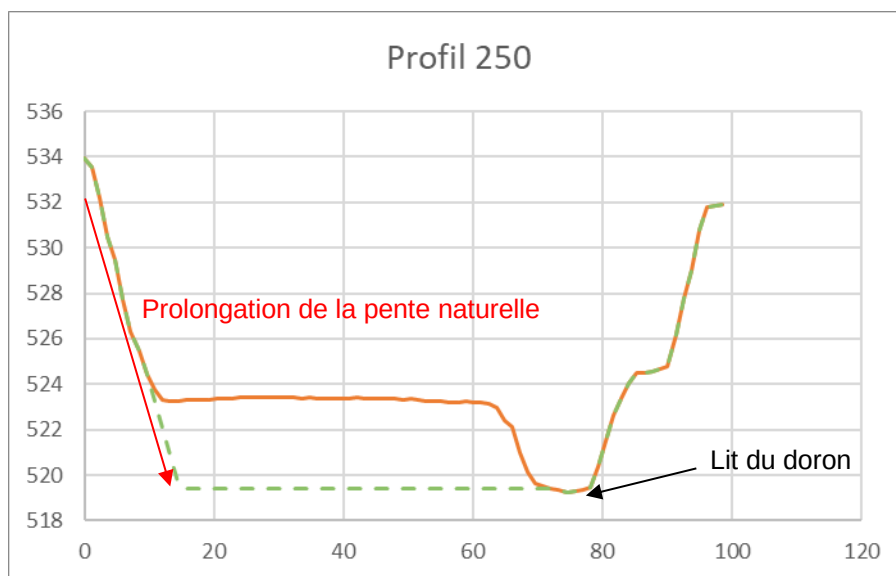
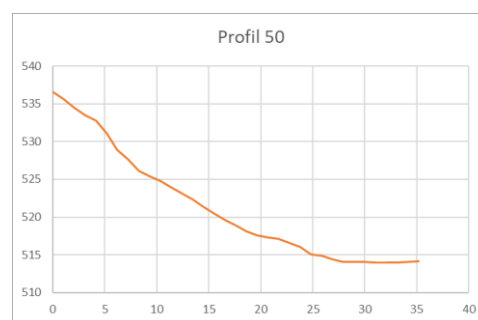


Figure 45 : Méthode de définition du volume à excaver

Les volumes indiqués ci-dessous correspondent aux volumes excavés par mètre de largeur au niveau de chaque profil ;



Pas d'excavation



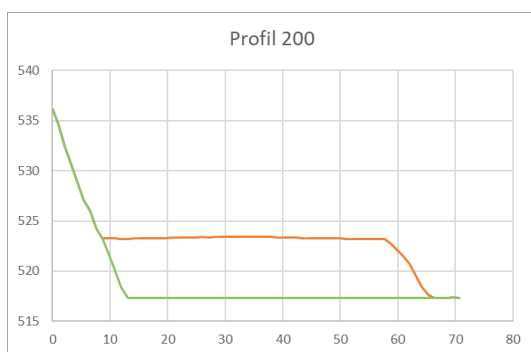
Pas d'excavation



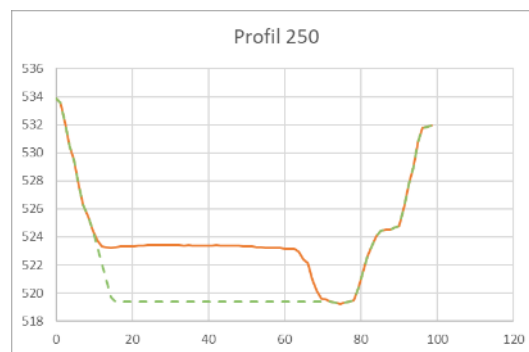
Volume excavé = 90 m³



Volume excavé = 225 m³



Volume excavé = 309 m³



Volume excavé = 212 m³



Volume excavé = 182 m³



Volume excavé = 38 m³

Le volume excavé obtenu sur chaque profil est interpolé entre les profils afin de déterminer une estimation du volume de déblais ;

Un volume d'environ **53 000 m³** de matériaux seraient à excaver, porté à **56 000 m³** avec un talutage de 3H/1V du flanc de montagne.

Un coefficient de foisonnement de 20% est pris en compte pour le terrassement, sa mise en dépôt et leur reprise.

Dans le but de traiter le phénomène de glissement visible de la falaise située en rive gauche du stade, nous préconisons la mise en œuvre d'un cordon en enrochements afin de créer un point de butée et limiter le glissement.

250 ml d'aménagement sont à prévoir sur 3 m de hauteur minimum de 600/1000 kg.



Figure 46 : Consolidation en enrochements du pied de butée de la falaise

8.1.3 Evacuation des matériaux

La carte géologique du site (**Figure 47**) indique que le substratum au droit du site est composé de gypse triasique ce qui peut entraîner une forte teneur en sulfate des sols. Cependant, la bibliographie indique que la plateforme étudiée aurait été réalisée en remblais de matériaux divers.



Figure 47: Carte géologique où se situe l'ancien stade communal en rive gauche du doron de Belleville, source BRGM

8.2 Sécurisation de la rive gauche du Doron de Belleville au niveau de l'usine de matériaux

La stabilisation de cette berge en enrochements nécessiterait de l'ordre de 1 500 m³ de décaissement/évacuation et l'apport d'un volume équivalent d'enrochements.

La filière d'évacuation des matériaux de déblais serait de même nature que pour ceux de la PDD vu ci-avant. Une filière ISDI3+ pourrait être envisagée puisqu'il s'agit là de matériaux naturels du site.

8.3 Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.

450 ml de berges ou murets, entre le pont caréné de la RD915 et la passerelle piétons amont, ainsi que l'occultation des points bas d'intrusion des eaux vers la ZA, seraient à reprendre afin de protéger le cœur de Salins des risques de débordements en crues supra cinquantennales.

Un relevé précis de ces ouvrages sera nécessaire, ainsi que des conventions avec les propriétaires pouvant nécessiter une DIG pour l'intervention de la collectivité Gémapienne sur les fonds privés qui seront à préciser. **Des murets de type parapets sont préconisés de 1 m de hauteur maximum.**

Les figures et photos ci-dessous illustrent ces principes. A noter sur la photo 46, les marques d'incision du lit du Doron dans ce secteur :



Figure 48 : Confortement berge par murets/parapets RD Salins les Thermes - LOMBARDI

8.4 Suppression des débordements en Rive Droite en amont du pont caréné.

175 ml de berges ou murets, en rive droite en amont du pont caréné de la RD915 sont nécessaires pour protéger la zone d'activité (voir **Figure 33**) par des réhaussements de berges ou murets (voir figure 48.)



Figure 49 : Zone d'amorce des débordements sur la ZA des Salins - LOMBARDI



Figure 50 : Point bas d'intrusion des eaux en crue sur la ZA des Salins - LOMBARDI

8.5 Suppression des débordements en rive gauche en aval du pont caréné.

175 ml de berges ou murets, en rive gauche en aval du pont caréné de la RD915 sont nécessaires pour protéger le parking par des réhaussements de berges ou murets.

8.6 Travaux à l'aval sur le secteur de Moutiers

Dans l'étude de dangers réalisée en parallèle de la présente étude, l'analyse des résultats de modélisation hydraulique a permis de mettre en évidence qu'une correction/réhausse seule du point bas situé sous le viaduc de la RN90 en rive droite, permettrait la protection de la commune contre les inondations seulement pour une gamme de débit. Cela permettrait de rehausser le niveau de protection actuel équivalent à une crue décennale à celui correspondant à une crue vicennale ou trentennale tout au plus. En effet, 2 points sont à souligner :

- Le point bas situé en rive gauche sous le viaduc de la RN90. Similairement à la berge en rive droite, aucune réhausse n'existe entre les piles du viaduc. Cette rive gauche est exposée à des surverses pour des crues supérieures à la crue décennale, et au-delà de la crue vicennale, du fait de la topographie terrain, les eaux débordantes pourraient venir se propager dans la zone d'activité de Pontserand, en amont du viaduc.
- Plus en amont, au-droit du terrain d'athlétisme, en rive gauche et rive droite, des débordements sont possibles respectivement à partir des crues trentennale et quarantennale. Ceci du fait de la configuration du lit mineur avec un virage/une courbe, qui peut perturber les lignes d'eau. Une fois que ces débordements se produisent, les eaux suivent favorablement les routes parallèles au Doron de Bozel et s'étalent plus en aval.

La **Figure 51** illustre les débordements identifiés pour le Doron de Bozel et précédemment décrits.

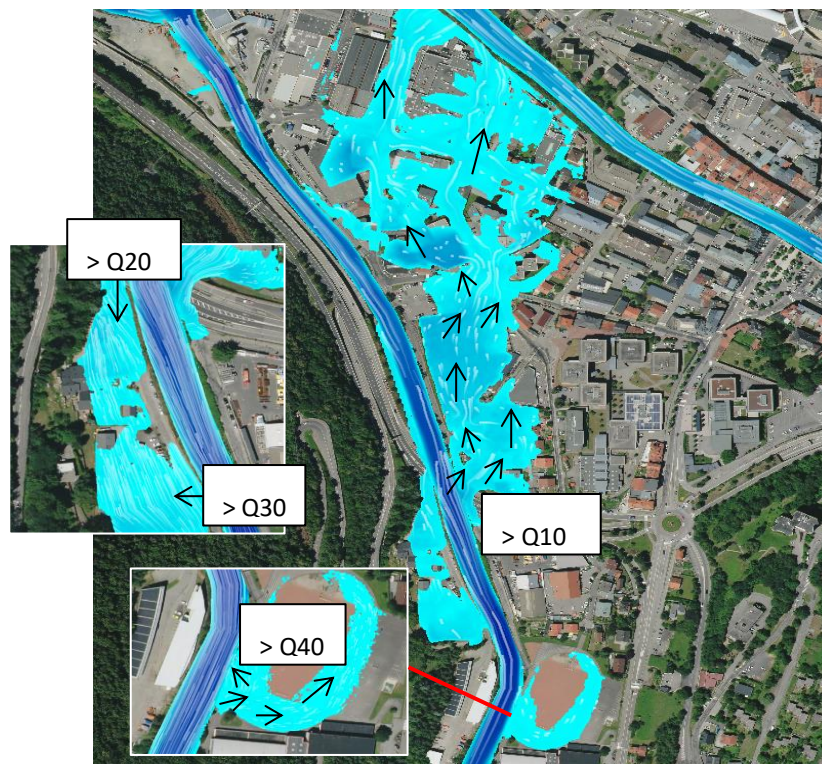


Figure 51 : Débordements possible sur le Doron de Bozel et crues à partir desquels ils se produisent, source : modèle hydraulique Lombardi, résultats de modélisation d'une crue centennale

Remarque : Sur la **Figure 51** les résultats de la crue centennale ont été affichés afin d'indiquer les chemins que suivraient préférentiellement les écoulements dans la plaine d'inondation de Moûtiers. Ce scénario reste rare.

Au-regard des conclusions venant d'être présentées, afin de minimiser l'aléa inondation induit par les débordements du Doron de Bozel, il est préconisé d'effectuer des travaux de réhausse sur les berges du Doron de Bozel :

- Soit une réhausse seule du point bas en rive droite sous le viaduc de la RN90. Ce point est le plus critique. La cote de réhausse est limitée par la cote de sous-poutre du viaduc de la RN90 et a été définie à 480.25 mNGF par Lombardi. A cette cote, l'ouvrage de réhausse apporterait une protection contre les crues cinquantennales, d'après les résultats de modélisation. Cependant pour de telles crues des débordements seraient possibles aux points identifiés plus tôt. Cette réhausse serait donc effective uniquement jusqu'à une crue vicennale.
- Soit des travaux plus conséquents à Moûtiers comprenant les réhausses de la rive gauche, des points bas sous le viaduc ainsi que de la rive droite au-droit du stade. Pour ce faire, une étude hydraulique est à affiner sur la zone. Une réhausse est possible au droit du stade pour une protection centennale pour une hauteur de 1 m environ.

- Enfin, une étude hydraulique affinée du Doron de Bozel entre la confluence avec le Doron de Belleville et l'arrivée dans Moûtiers est recommandée, comprenant la réalisation de levés topographiques de berges, afin de proposer un ensemble de réhausses des points bas et des berges pour protéger la ville contre des crues plus extrêmes à la crue décennale.

9. ESTIMATION DES DEPENSES

Les études préalables éventuelles ; travaux topographiques, reconnaissances géotechniques, ainsi que les frais de la maîtrise d'œuvre et sont inclus à ces estimations :

9.1 Plage de régulation du Doron de Belleville

Les bases de prix retenus sont :

- Evacuation en ISDI ou réemploi (rayon 30 kms) : 15 €HT/m³
- Evacuation en ISDD ou biocentre (rayon 30 kms) : 150 €HT/m³

Au-delà de 30 kms, ces prix seraient à majorer de l'ordre de 0,10 €HT/m³ du Km.

Avertissement :

Compte tenu des volumes et des aléas sur la qualité des matériaux qui seront trouvés, des disponibilités ou possibilités de réemploi ou de stockage à proximité du site, des sites d'élimination disponibles et de leurs conditions d'acceptation, ces prix peuvent fortement varier.

 Restauration de la plage de dépôt au niveau du stade Doron de Belleville					
AVANT-PROJET <u>Estimation</u>					
N°	Désignation des prix	Unités	Quantités	Prix unitaires H.T.	Coût H.T.
1	<u>PRIX GENERAUX</u>	forf	1	30 000.00	30000.00 €
	TOTAL PRIX GENERAUX				30000.00 €
2	<u>DEPOT DE LA PASSERELLE EXISTANTE</u>	forf	1	10 000.00	10000.00 €
	TOTAL DEPOT DE LA PASSERELLE EXISTANTE				10000.00 €
3	<u>ENLEVEMENT DES PROTECTIONS EN ENROCHEMENTS ET</u>	m²	1350	15.00	20250.00 €
	TOTAL ENLEVEMENT DES PROTECTIONS EN				20250.00 €
4	<u>TERRASSEMENT</u>	m³	57800	5.00	289000.00 €
	TOTAL TERRASSEMENT				289000.00 €
5	<u>EVACUATION</u>				
	5.01 Réutilisation (30%)	m³	13400	5.00	67000.00 €
	5.02 Décharge ISDI (65%)	m³	41200	15.00	618000.00 €
	5.03 Décharge ISDNI (5%)	m³	3200	150.00	480000.00 €
	TOTAL EVACUATION				1165000.00 €
6	<u>AMENAGEMENT DE TALUS (REUTILISATION DE 50%)</u>	m²	1150	25.00	28750.00 €
	TOTAL AMENAGEMENT DE TALUS (REUTILISATION DE				28750.00 €
7	<u>ING imprévus divers</u>	forf	1	107 000.00	107000.00 €
	TOTAL ING imprévus divers				107000.00 €



Restauration de la plage de dépôt au niveau du stade

Doron de Belleville

AVANT-PROJET

Estimation

RÉCAPITULATIF

1 - PRIX GENERAUX	30 000.00 €
2 - DEPOT DE LA PASSERELLE EXISTANTE	10 000.00 €
3 - ENLEVEMENT DES PROTECTIONS EN ENROCHEMENTS ET STOCKAGE POUR REUTILISATION	20 250.00 €
4 - TERRASSEMENT	289 000.00 €
5 - EVACUATION	1 165 000.00 €
6 - AMENAGEMENT DE TALUS (REUTILISATION DE 50%)	28 750.00 €
7 - ING imprévus divers	107 000.00 €

TOTAL H.T.	1 650 000.00 €
TVA 20%	330 000.00 €
TOTAL T.T.C.	1 980 000.00 €

9.2 Sécurisation de la rive gauche du Doron de Belleville

 Confortement Rive Gauche Doron de Belleville					
AVANT-PROJET <u>Estimation</u>					
N°	Désignation des prix	Unités	Quantités	Prix unitaires H.T.	Coût H.T.
1	<u>ETUDES PREALABLES</u>				
1.01	Travaux topographiques	u	1	2 500.00	2500.00 €
1.02	Reconnaitances géotechniques	forf	1	15 000.00	15000.00 €
	<i>TOTAL ETUDES PREALABLES</i>				17500.00 €
2	<u>PRIX GENERAUX</u>	forf	1	35 000.00	35000.00 €
	<i>TOTAL PRIX GENERAUX</i>				35000.00 €
3	<u>TERRASSEMENT</u>	m³	2100	15.00	31500.00 €
	<i>TOTAL TERRASSEMENT</i>				31500.00 €
4	<u>EVACUATIONS ISDI</u>	m²	2100	15.00	31500.00 €
	<i>TOTAL EVACUATIONS ISDI</i>				31500.00 €
5	<u>ENROCHEMENTS</u>	m³	2100	150.00	315000.00 €
	<i>TOTAL ENROCHEMENTS</i>				315000.00 €
6	<u>ING imprévus divers</u>	forf	1	49 500.00	49500.00 €
	<i>TOTAL ING imprévus divers</i>				49500.00 €



**Confortement Rive Gauche
Doron de Belleville**

AVANT-PROJET

Estimation

RÉCAPITULATIF

1 - ETUDES PREALABLES	17 500.00 €
2 - PRIX GENERAUX	35 000.00 €
3 - TERRASSEMENT	31 500.00 €
4 - EVACUATIONS ISDI	31 500.00 €
5 - ENROCHEMENTS	315 000.00 €
6 - ING imprévus divers	49 500.00 €

TOTAL H.T.	480 000.00 €
TVA 20%	96 000.00 €
TOTAL T.T.C.	576 000.00 €

9.3 Reprise des points bas ZA des Salins et réduction du risque d'inondation en rive droite du Doron de Bozel le long de la RD915.

Cette estimation est basée sur la reconnaissance et identification des points sensibles à traiter. Un relevé précis et diagnostic structurel des ouvrages existants sera nécessaire pour confirmer ces montants. Ces investigations préalables sont comptabilisées dans le poste « Prix Généraux ».

L'intervention sur des ouvrages privés ou en domaine privé, nécessitera l'établissement de conventions avec DIG.

 Reprise berge rive droite ZA Salins Doron de bozel					
AVANT-PROJET <u>Estimation</u>					
N°	Désignation des prix	Unités	Quantités	Prix unitaires H.T.	Coût H.T.
1	<u>ETUDES PREALABLES</u>				
1.01	Levés topographiques	u	1	7 500.00	7500.00 €
1.02	Reconnaitances géotechniques	u	10	5 000.00	50000.00 €
	<i>TOTAL ETUDES PREALABLES</i>				57500.00 €
2	<u>PRIX GENERAUX</u>	forf	1	30 000.00	30000.00 €
	<i>TOTAL PRIX GENERAUX</i>				30000.00 €
3	<u>REPRISE BERGE RD Pt RD915 - Passerelle</u>	m	450	500.00	225000.00 €
	<i>TOTAL REPRISE BERGE RD Pt RD915 - Passerelle</i>				225000.00 €
4	<u>REPRISES POINT BAS LOCALISEES</u>	u	5	50 000.00	250000.00 €
	<i>TOTAL REPRISES POINT BAS LOCALISEES</i>				250000.00 €
5	<u>REPRISE GC Amont</u>	m	60	500.00	30000.00 €
	<i>TOTAL REPRISE GC Amont</i>				30000.00 €
6	<u>REPRISE BERGE AMONT</u>	m	80	350.00	28000.00 €
	<i>TOTAL REPRISE BERGE AMONT</i>				28000.00 €
7	<u>ING imprévus divers</u>	forf	1	59 500.00	59500.00 €
	<i>TOTAL ING imprévus divers</i>				59500.00 €



Reprise berge rive droite ZA Salins

Doron de bozel

AVANT-PROJET

Estimation

RÉCAPITULATIF

1 - ETUDES PREALABLES	57 500.00 €
2 - PRIX GENERAUX	30 000.00 €
3 - REPRISE BERGE RD Pt RD915 - Passerelle	225 000.00 €
4 - REPRISES POINT BAS LOCALISEES	250 000.00 €
5 - REPRISE GC Amont	30 000.00 €
6 - REPRISE BERGE AMONT	28 000.00 €
7 - ING imprévus divers	59 500.00 €

TOTAL H.T.	680 000.00 €
TVA 20%	136 000.00 €
TOTAL T.T.C.	816 000.00 €

9.4 Suppression des débordements en Rive Gauche en aval du pont caréné.

Cette estimation est basée sur le linéaire de rehaussement de berge nécessaire à la protection de cette zone d'activité.

L'intervention sur en domaine privé, nécessitera l'établissement de conventions avec DIG.

Outre un relevé topographique de la zone, des sondages avec relevé de la nature et caractéristiques des terrains devront être réalisés au préalable à la définition détaillée des ouvrages. Compte tenu du linéaire, 175 ml, 5 sondages sont préconisés. Ces investigations préalables sont comptabilisées dans le poste « Prix Généraux ».

 Reprise berge rive gauche ZA Salins Doron de bozel AVANT-PROJET <u>Estimation</u>					
N°	Désignation des prix	Unités	Quantités	Prix unitaires H.T.	Coût H.T.
1	<u>ETUDES PREALABLES</u>				
1.01	Travaux topographiques	u	1	2 500.00	2500.00 €
1.02	Reconnaitssances géotechnique	u	5	5 000.00	25000.00 €
	<i>TOTAL ETUDES PREALABLES</i>				27500.00 €
2	<u>PRIX GENERAUX</u>	forf	1	30 000.00	30000.00 €
	<i>TOTAL PRIX GENERAUX</i>				30000.00 €
3	<u>REPRISE BERGE</u>	m	175	500.00	87500.00 €
	<i>TOTAL REPRISE BERGE</i>				87500.00 €
4	<u>ING imprévus divers</u>	forf	1	15 000.00	15000.00 €
	<i>TOTAL ING imprévus divers</i>				15000.00 €



**Reprise berge rive gauche ZA Salins
Doron de bozel**

AVANT-PROJET

Estimation

RÉCAPITULATIF

1 - ETUDES PREALABLES	27 500.00 €
2 - PRIX GENERAUX	30 000.00 €
3 - REPRISE BERGE	87 500.00 €
4 - ING imprévus divers	15 000.00 €

TOTAL H.T.	160 000.00 €
TVA 20%	32 000.00 €
TOTAL T.T.C.	192 000.00 €

9.5 Suppression des débordements au droit de Moutiers

 Réhausse digues murs Traversée de Moutiers					
FAISABILITE					
<u>Estimation</u>					
N°	Désignation des prix	Unités	Quantités	Prix unitaires H.T.	Coût H.T.
1	<u>ETUDES PREALABLES</u>				
1,01	Travaux topographiques	u	1	2 500,00	2500,00 €
1,02	Reconnaitances géotechniques	forf	1	10 000,00	10000,00 €
	<i>TOTAL ETUDES PREALABLES</i>				12500,00 €
2	<u>PRIX GENERAUX</u>	forf	1	25 000,00	25000,00 €
	<i>TOTAL PRIX GENERAUX</i>				25000,00 €
3	<u>TERRASSEMENT</u>	m³	1050	15,00	15750,00 €
	<i>TOTAL TERRASSEMENT</i>				15750,00 €
4	<u>EVACUATIONS ISDI</u>	m²	1050	15,00	15750,00 €
	<i>TOTAL EVACUATIONS ISDI</i>				15750,00 €
5	<u>MURS</u>	forf	1	200 000,00	200000,00 €
	<i>TOTAL MURS</i>				200000,00 €
6	<u>ING imprévus divers</u>	forf	1	40 000,00	40000,00 €
	<i>TOTAL ING imprévus divers</i>				40000,00 €



Réhausse digues murs
Traversée de Moutiers

FAISABILITE

Estimation

RÉCAPITULATIF

1 - ETUDES PREALABLES	12 500,00 €
2 - PRIX GENERAUX	25 000,00 €
3 - TERRASSEMENT	15 750,00 €
4 - EVACUATIONS ISDI	15 750,00 €
5 - MURS	200 000,00 €
6 - ING imprévus divers	40 000,00 €

TOTAL H.T.	309 000,00 €
TVA 20%	61 800,00 €
TOTAL T.T.C.	370 800,00 €

10. RECAPITULATIF ET PRIORISATION DES ACTIONS

Le tableau suivant propose une priorisation des travaux à prévoir parmi les actions proposées dans le présent document.

Priorité	Actions	Dépense prévisionnelle (€HT)	Bénéfices
A	Plage de dépôt Doron de Belleville	1 650 000	Réduction du risque transport solide : $T \geq 100$ ans $\Rightarrow T \approx 10$ ans
	Confortement berge RG Doron de Belleville	480 000	Protection éboulements, embâcles Super U - Réduction
B	Protection RD ZA des Salins	680 000	Protection ZA Salins et Moutiers amont $T 30$ ans $\Rightarrow T 100$ ans
B	Protection Moûtiers	309 000	Protection Moûtiers $T 5$ ans $\rightarrow T 50$ ans
C	Protection RG ZA des Salins	160 000	Protection ZA RG $T 30$ ans $\Rightarrow T 100$ ans
	TOTAL Dépense prévisionnelle €HT faisabilité	3 279 000	

Au vu des simulations numériques décrites dans le présent rapport, l'apport en matériaux provenant du Doron de Belleville est à l'origine d'un exhaussement du fond du lit très important sur les deux cours d'eau et plus principalement sur le Doron de Bozel induisant de l'amont vers l'aval :

- des débordements potentiels mais peu probables au niveau du Super U avec un risque de bouchons identifié à la confluence ;
- des débordements en amont du pont caréné liés en partie à une zone de dépôt identifiée à l'aval du pont exhaussant la ligne d'eau à l'amont ;
- des débordements sous la RD90 dans la traversée de Moûtiers liée à une zone de dépôts marquée sur ce secteur.

Compte tenu de l'impact important qu'il peut y avoir sur la ligne d'eau, cet apport en matériaux solides provenant du Doron de Belleville doit impérativement être traité. Etant donné qu'il impacte le linéaire entier du Doron de Bozel depuis la confluence, en passant par la traversée de Salins-les-Thermes jusqu'à Moûtiers, nous proposons de mettre en action prioritaire principale les aménagements proposés sur le Doron de Belleville (actions identifiées avec la lettre A).

Ces aménagements pourrait permettre de réduire le volume de matériaux solides équivalent à une crue centennale ($50\,000\text{ m}^3$) en un volume équivalent à une crue décennale ($50\,000\text{ m}^3$ à $20\,000\text{ m}^3$)

ce que le Doron de Bozel peut largement accepter en capacité de transport plus à l'aval, réduisant très fortement les débordements voire supprimant les zones de dépôt identifiées à l'aval au droit du pont caréné et du pont de la RN90.

Les travaux proposés en priorités B et C concernent plus largement la suppression des débordements identifiés au droit de la traversée de Salins-Les-Thermes et de Moûtiers en réhaussant les secteurs identifiés comme des points bas.

A noter que le niveau de protection proposé est considéré sans prise en compte de l'impact des aménagements prioritaires A. Ainsi, à ce stade de notre analyse, les aménagements B et C proposeraient d'augmenter le niveau de protection d'une crue trentennale à une crue centennale sur Salins-Les-Thermes et d'une crue d'un temps de retour 5 ans à 50 ans sur Moûtiers.

Si les aménagements A étaient mis en œuvre au préalable, les aménagements en priorité B et C pourraient se voir réduits en volume, quantité et coûts. Une étude complémentaire devra le préciser.

Ainsi, les actions proposées dans la présente étude prévoient dans le but d'une réduction efficace du risque inondation à l'échelle du bassin versant de traiter les problématiques principales identifiées en amont et plus spécifiquement sur le Doron de Belleville où l'apport en matériaux conséquent en cas de crue est celui qui induirait le risque le plus fort d'inondation depuis la confluence jusqu'à Moûtiers.

Les quatre figures suivantes permettent la localisation des aménagements proposés dans le présent rapport.

Fait à Lyon le : 30/06/2022

 **Lombardi**

