

Commune des Allues

Étude hydraulique des engravements du Plan de Tuéda

Novembre 2009



Eaux, Torrents & Rivières de Montagne

S.A.R.L. E.T.R.M.
Vincent KOULINSKI
Chef Lieu
73700 Les Chapelles
Tél. : 04.79.40.04.78
etrm@cegetel.net

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

Le Doron des Allues prend sa source au pied du glacier de Gébroulaz. L'érosion est alors variable, mais la succession de plusieurs zones alluviales permet une régulation du transport solide.

Cependant, la partie aval du Plan de Tuéda, avec une pente remarquablement faible de 0.6 %, entraîne un dépôt. Ce dépôt correspond aux phénomènes de crue dans la partie aval, comme en mai 2008, mais s'est aussi poursuivi, durant l'été 2009, dans la partie centrale.

L'engravement du lit varie aujourd'hui entre 30 centimètres (amont et aval du Plan de Tuéda) et 80 centimètres dans la partie centrale qui présente une rupture de pente brutale de 1 % en amont à 0.6 % en aval. Cette rupture de pente correspond à l'élargissement du lit qui avait permis la formation d'une mare. Cette mare est aujourd'hui totalement engravée et annexée par le lit mineur.

Cet engravement a conduit à une réduction très préoccupante de la capacité du lit mineur et accroît fortement les risques d'inondation et la vulnérabilité des terrains riverains.

L'engravement rend aujourd'hui très probable un débordement, même pour une petite crue. Les dégâts seraient potentiellement importants :

- La piste est très vulnérable et dessert le site, le pont conduisant à la bergerie en rive gauche, et l'ensemble de la vallée.
- Les réseaux (conduite d'eau, ligne EDF, réseau téléphonique...) sont menacés avec un risque de grave pénurie en eau dans la station.
- Les activités sur le site (pêche, pastoralisme, maison de la réserve, refuge...) risquent d'être sérieusement compromis, le lit mineur s'étendant sur tout le fond de vallée.

Cet engravement généralisé masque deux phénomènes :

- Un engravement lié à l'érosion dans le bassin versant causé localement par la rupture de pente. Un curage permettant la restauration du niveau du lit en 2006 est conseillé. Ces curages devraient être assez espacés pour minimiser l'impact sur le milieu.
- La contraction du lit au droit du verrou aval entraîne un dépôt lors des crues dans la zone de remous. Dans ce cas, un enfoncement du lit est proposé. Il doit être associé à un curage du lit en amont afin d'abaisser le lit d'une trentaine de centimètres et de s'approcher le niveau de 2006. Cet abaissement du lit au droit du verrou permet de réduire durablement la tendance au dépôt dans la partie aval du Plan de Tuéda. La réalisation de cet abaissement risque cependant d'être délicate.

Une solution alternative est proposée. Elle consiste à réaliser un curage en amont du verrou sans toucher à ce dernier, en attendant notamment les lourds travaux correspondant à la création d'un barrage écrêteur. Évidemment, dans ce cas, un nouveau dépôt est prévisible lors de la prochaine crue.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	1
1.1.	OBJET DE L'ETUDE	1
1.2.	CARACTERISTIQUES D'ENSEMBLE DU DORON DES ALLUES	3
1.3.	LIT ENTRE LE GLACIER ET LE PLAN DE TUEDA	6
1.4.	LE PLAN DE TUEDA	12
1.4.1.	Description	12
1.4.2.	Analyse du profil en long	13
1.4.3.	Analyse hydrologique.....	14
1.4.4.	Engrèvement depuis 2008	15
1.4.5.	Évolution du profil en long.....	20
1.4.6.	Évolution probable des niveaux	21
2.	CURAGE AMONT	22
2.1.	PRINCIPE	22
2.2.	MODALITE DE PRELEVEMENT DE MATERIAUX	23
2.2.1.	Linéaire.....	23
2.2.2.	Emprise.....	23
2.2.3.	Niveaux après curage.....	24
2.3.	PROTECTION DE LA PISTE	25
2.3.1.	Déplacement de la piste.....	25
2.3.2.	Protection de la piste	26

3. GESTION DU VERROU AVAL

27

3.1.	ÉCOULEMENTS DANS LA SITUATION ACTUELLE	27
3.1.1.	Morphologie du site.....	27
3.1.2.	Hydrologie.....	28
3.2.	DEPOT DE MATERIAUX LORS DES CRUES.....	28
3.2.1.	Nature du phénomène.....	28
3.2.2.	Calcul des conditions d'écoulement.....	30
3.2.3.	Résultats obtenus	32
3.3.	AMENAGEMENT PROPOSE.....	33
3.3.1.	Principe.....	33
3.3.2.	Caractéristiques de l'intervention	33
3.3.3.	Curage du lit	35
3.3.4.	Compatibilité avec le remblai écrêteur	35
3.4.	CURAGE DU LIT SEUL	36
3.4.1.	Principe.....	36
3.4.2.	Modalité de prélèvement	36
3.4.3.	Compatibilité avec le remblai écrêteur.....	36

1. INTRODUCTION

1.1. Objet de l'étude

En amont du Mottaret, deux verrous (moraines ou éboulement) ont permis la formation de deux plaines alluvionnaires. La plus aval - secteur du Châtelet - a été conquise par les parkings et l'urbanisation alors que le Plan de Tuéda, en amont, est beaucoup plus étendu comme le montre la carte de localisation ci-dessous :

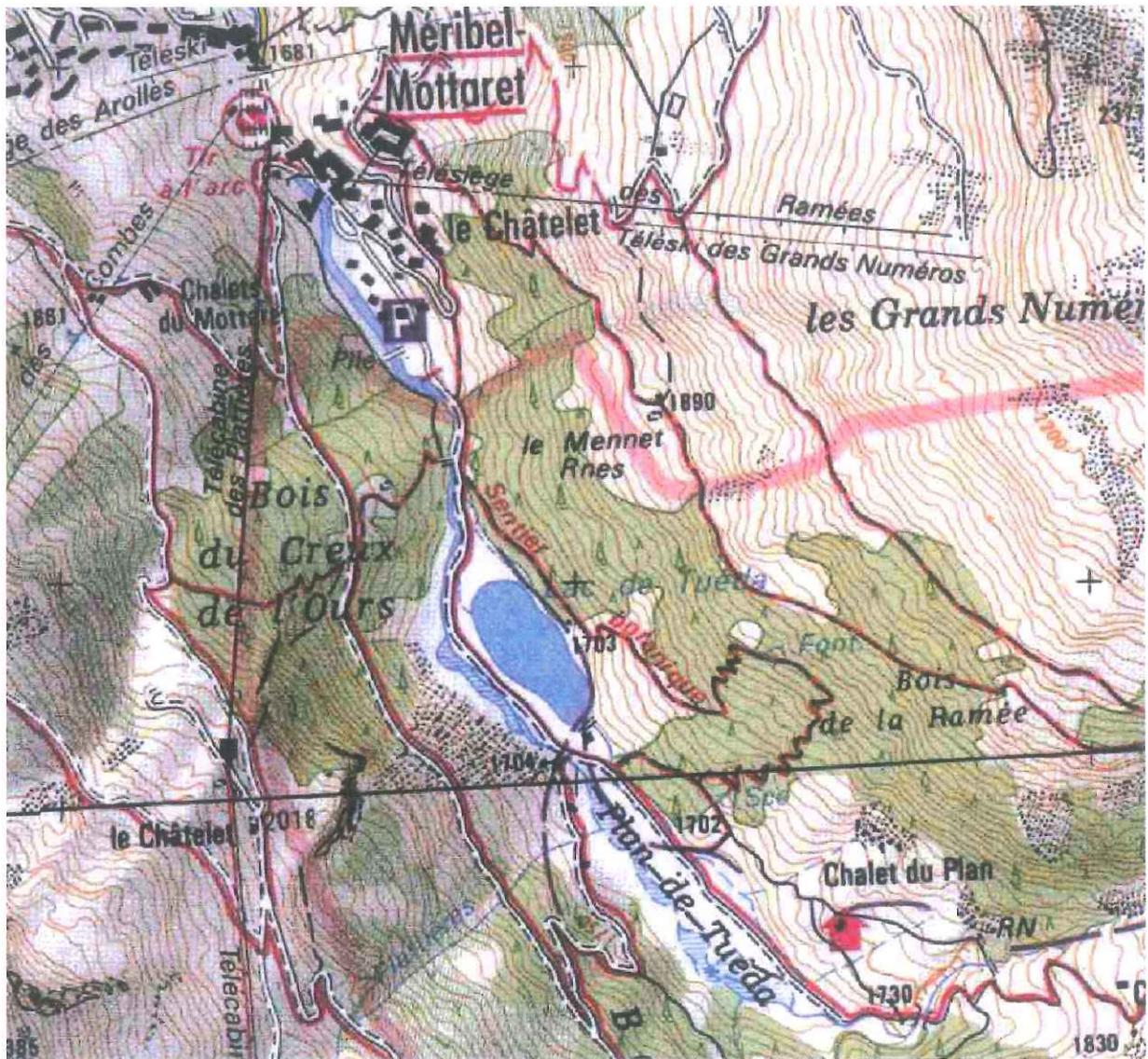


Figure 1 : Carte de situation du site.

Le Doron des Allues forme donc au plan de Tuéda une remarquable zone alluvionnaire. Il a subit récemment un engrèvement important, menaçant les différents aménagements dans cette zone.

L'engravement rend aujourd'hui très probable un débordement et des divagations, même pour une petite crue. On observera alors vraisemblablement un changement de lit avec le creusement d'un nouveau lit dans la plaine rive droite.

Les dégâts seraient potentiellement importants :

- La piste est très vulnérable et dessert le site, le pont conduisant à la bergerie en rive gauche, et l'ensemble de la vallée.
- Les réseaux (conduite d'eau, ligne EDF, réseau téléphonique...) sont menacés avec un risque de grave pénurie en eau dans la station. Si les risques de crue sont très faibles en plein hiver, une rupture de la conduite est à craindre au printemps et en été, alors que la fréquentation de la station est importante.
- Les activités sur le site : pêche, pastoralisme, maison de la réserve, refuge... On risque notamment une érosion de la digue du plan d'eau avec sa vidange au moins partielle.

Par contre, ces engravements n'ont pas d'impact en aval, sauf peut être à l'extrémité amont de la zone alluviale du Châtelet où est implanté un parking

Il apparaît donc qu'il est nécessaire de dégager les causes de cette évolution (en rapport avec le fonctionnement général du Doron) puis de proposer des aménagements et une gestion du site permettant de remédier à l'engravement observé. Cela permettra de réduire les risques de débordement et de divagation même si ceux-ci restent probables pour les plus fortes crues.

1.2. Caractéristiques d'ensemble du Doron des Allues

Le Doron des Allues est l'un des principaux affluents rive gauche du Doron de Bozel. Il naît au pied du glacier de Gébroulaz. Son confluent avec le Doron de Bozel se situe à Brides les Bains. Son bassin versant couvre une superficie de 83.6 km².

La figure suivante montre le profil en long du Doron des Allues sur l'ensemble de son linéaire :

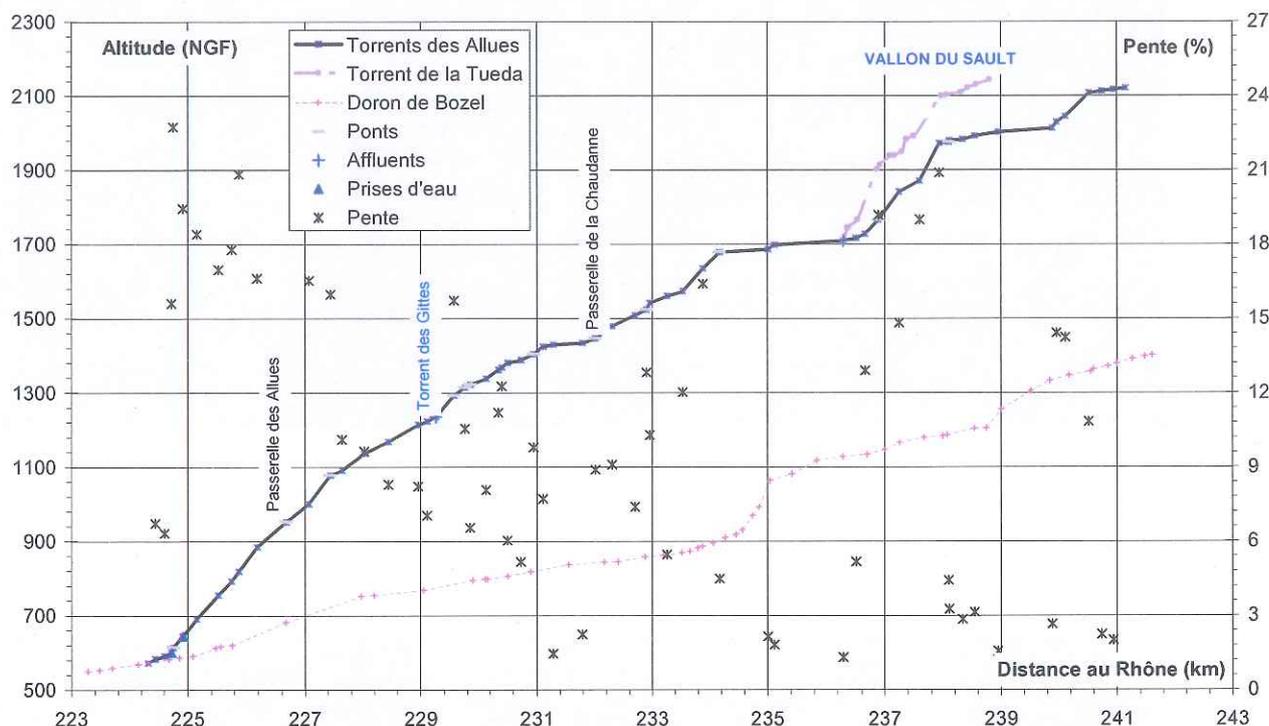


Figure 2 : Profil en long général du Doron des Allues.

Ce profil en long montre une pente générale très élevée, de l'ordre de 10%. Cependant, les zones alluvionnaires séparées par des gorges très raides présentent une pente beaucoup plus faible.

Les différents tronçons sont les suivants :

1. Le Doron des Allues prend naissance au pied du glacier de Gébroulaz dominé par les Aiguilles de Pécllet, de Polse, du Borgne, le Mont du Borgne et le Grand Mont Coua. L'érosion dans le haut bassin versant est localement active.
2. Deux zones alluvionnaires à faible pente se développent au Saut et dans le Vallon du Fruit. Ces zones sont analysées en détail (avec l'ensemble du lit entre le glacier et le plan de Tuéda) au paragraphe suivant.
3. Le plan de Tuéda, formé après le retrait des glaciers a été lourdement aménagé avec la création du lac de Tuéda dans le lit majeur pour permettre la pêche. Ce lac est déconnecté du Doron des Allues. La pente moyenne à ce niveau n'est que de 9 ‰ environ. Cette faible pente du lit montre que le transit solide est modéré et donc que l'érosion dans le haut bassin versant est faible malgré l'altitude élevée. Il est probable que la pente d'équilibre ne soit pas encore atteinte et qu'il existe à ce niveau une faible tendance au dépôt à long terme.

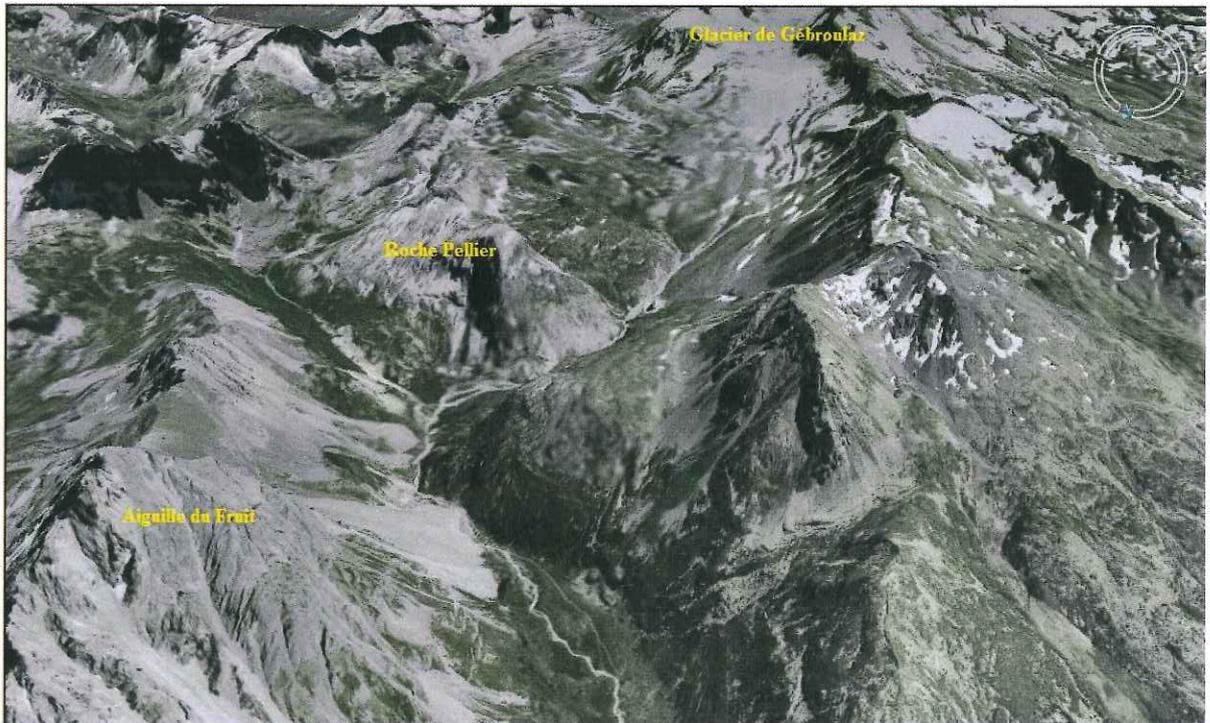


Figure 3 : Vue d'ensemble du bassin versant en amont du Vallon du Fruit.

4. En aval du plan de Tuéda, un verrou explique une rupture de pente localisée. Il est probable qu'il s'agisse d'un phénomène géologiquement récent, ce qui explique la pente remarquablement faible dans cette zone.

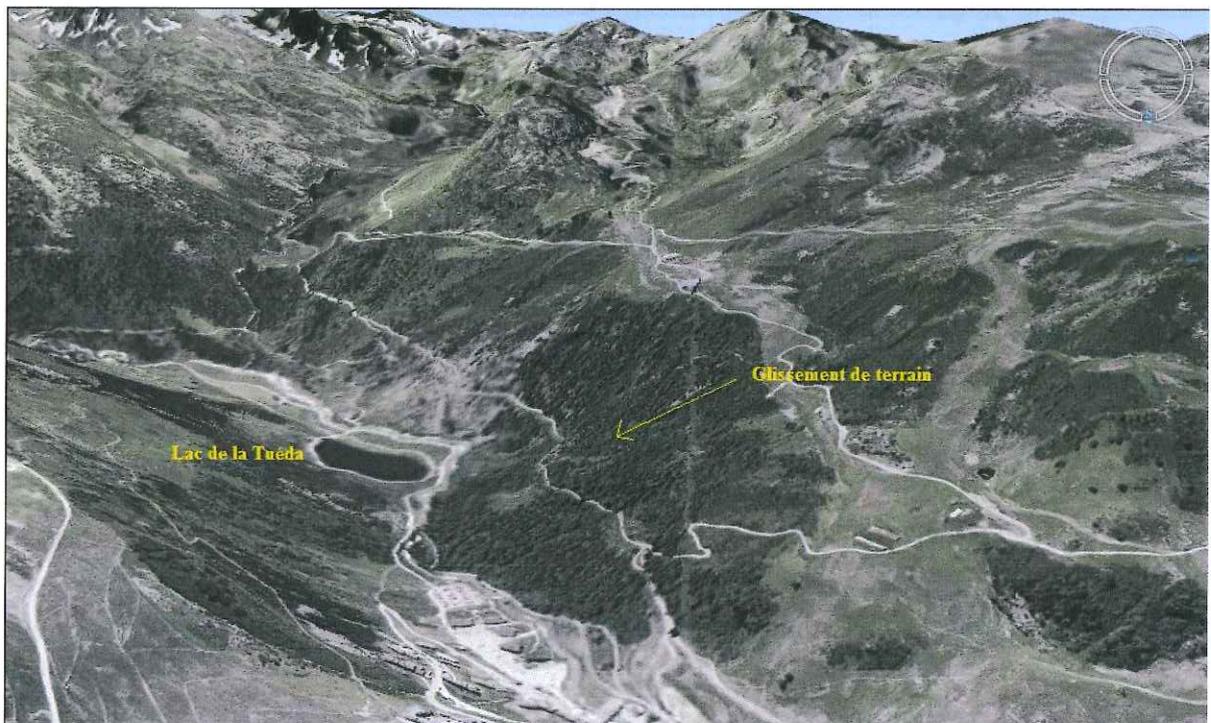


Figure 4 : Vue d'ensemble du secteur du Plan de Tuéda (Géoportail).

5. A l'aval de cette rupture de pente, une seconde zone alluvionnaire à faible pente, plus courte, couvre le fond de vallée, toujours avec une pente proche de 9 ‰. Comme en amont, les aménagements (parkings, urbanisation) réduisent fortement la largeur du lit, limitant les possibilités de régulation du transport solide.
6. Entre le Mottaret et la passerelle de la Chaudanne, la pente est très forte mais le lit est pavé et les apports sont relativement faibles. La prise d'eau EDF, de dérivation vers la Coche, est implantée dans ce tronçon.
7. Un replat peut être observé au niveau de la Chaudanne. Sa pente est de 8.4 ‰, cohérente avec la pente du Plan de Tuéda et traduit des apports solides ordinairement très faibles. Cette faible pente correspond vraisemblablement à la pente d'équilibre du Doron des Allues dans cette zone. Ce secteur à faible pente précède le remblai de grande hauteur qui barre la vallée en aval de la Chaudanne.
8. En aval de la Chaudanne, la pente est nettement plus forte (jusqu'à 20 ‰) et relativement homogène, mais les apports sont relativement limités à l'exception d'une zone active en rive droite, vers 793 m d'altitude, au Grand Biolley. Le transport solide reste modéré et le risque de dépôt paraît très faible jusqu'au confluent avec le Doron de Bozel à Brides les Bains. La photo suivante montre ce tronçon à forte pente où le lit pavé permet le transit des matériaux.
9. le Doron des Allues a formé un petit cône de déjection à relativement forte pente (5 ‰), dans la traversée de Brides les Bains. Il conflue avec le Doron de Bozel dans une zone très contrainte.

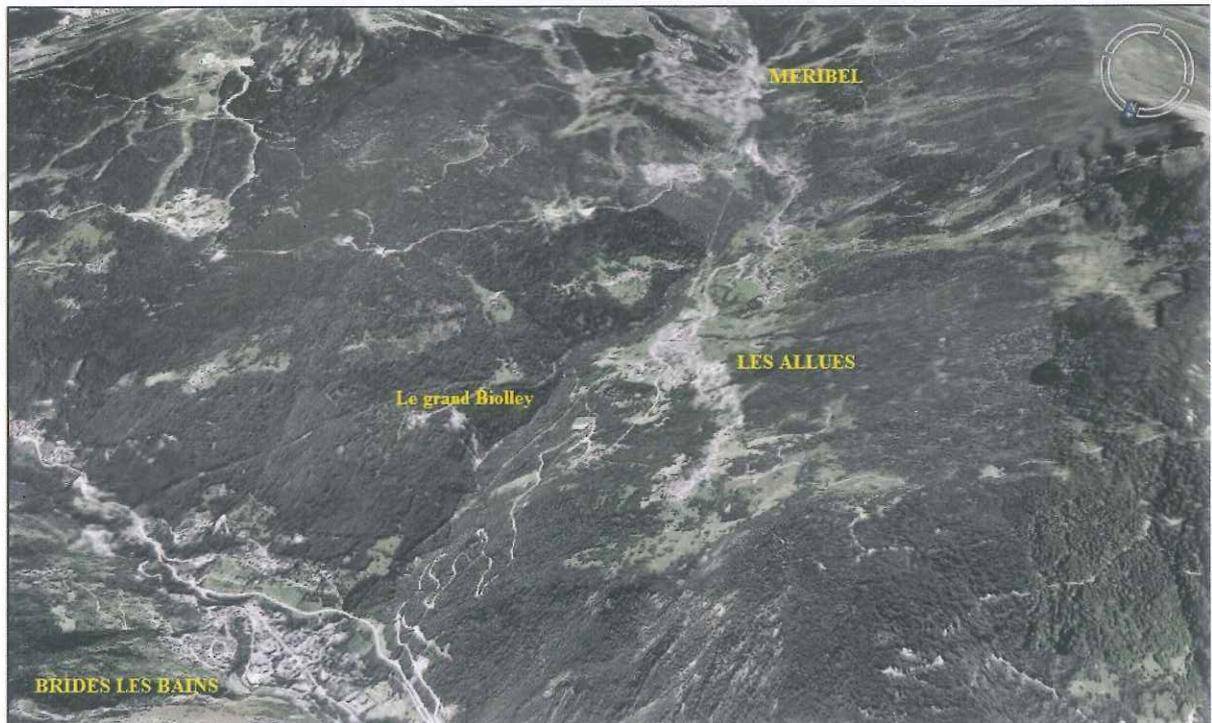


Figure 5 : Cours aval du Doron des Allues (Géoportail).

1.3. Lit entre le glacier et le Plan de Tuéda

Une analyse détaillée du lit a été réalisée entre la sortie du Glacier de Gébroulaz et le Plan de Tuéda. L'objectif était d'analyser les signes d'une éventuelle augmentation des apports solides.

Le glacier de Gébroulaz ne présente pas un front net mais disparaît progressivement sous les matériaux. Il est donc difficile de connaître avec précision la position du front du glacier. La photo suivante montre une des sorties d'eau et des affleurements de glace :



Photo 6 : Front du glacier de Gébroulaz.

Il n'apparaît pas sur le site de trace flagrante d'érosion récente. Évidemment, les terrains sont très chahutés et des traces d'écoulement relativement récents, nettement en dehors du talweg actuel, sont clairement visibles.

Le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement de Grenoble effectue un suivi régulier de ce glacier, à la suite des mesures très anciennes effectuées par l'Administration des Eaux et Forêts. Des mesures ont été réalisées en 2009 mais ne sont pas encore disponibles.

Suite à une discussion avec Delphine SIX de cet organisme, il semblerait qu'il n'y a pas eu d'évolution significative du front du glacier en 2008/2009, même si sa position n'est qu'approximative. Par contre, il est clair que ce glacier s'est beaucoup rétracté dans le passé. Ainsi, en 1730, le front du glacier était stabilisé à 2 260 m d'altitude contre 2 650 m d'altitude environ aujourd'hui.

En aval du glacier, deux zones de dépôt/reprise permettent une régulation du transport solide. Ces zones de divagations, de granulométrie modérée, sont clairement visibles sur le terrain, comme le montre les photos suivantes :



Photos 7 & 8 : Zones de régulation en aval du glacier.

Ces zones traduisent une respiration liée à des apports solides variables mais pas de basculement de pente importante. Cela montrent qu'elles remplissent correctement leur fonction et que le transport solide est partiellement régulé en aval.

Il est probable que ces zones de régulation du transport solide correspondent à des surcreusement et à d'éphémères lacs glaciaires. L'analyse des photographies aériennes suggère que la zone de régulation amont n'existe que depuis quelques années.

En aval de 2600 m d'altitude, la pente augmente nettement, à la fois dans la branche principale et dans la branche rive droite, apparemment déconnectée pour le moment du glacier. Cette branche rive droite se caractérise, vers 2450 m d'altitude, par une vaste zone de dépôt régulation à faible pente.

Une branche centrale est aussi visible (notamment sur la photo ci-dessous) mais elle paraît être aussi déconnectée du glacier actuellement.

Dans la branche principale, la tendance est clairement à l'érosion mais les blocs de la moraine permettent un pavage qui limite grandement la fourniture en matériaux. La figure suivante montre cette zone à forte pente avec un lit mobile lors des crues :



Photo 9 : Secteur à forte pente en aval du glacier.

La capacité de transport est très importante mais, même sur ces terrains abandonnés récemment par le glacier, l'érosion et le transport solide effectifs sont modérés.

Après la traversée de gorges rocheuses, le Doron des Allues arrive au niveau du replat du Saut. Il reçoit en rive droite le ruisseau de Chanrouge, impressionnant mais qui apporte essentiellement des fines formées de l'érosion des gypses. La présence de gypses dans cette zone est mise en évidence de façon spectaculaire par des dolines en face du refuge du Saut :

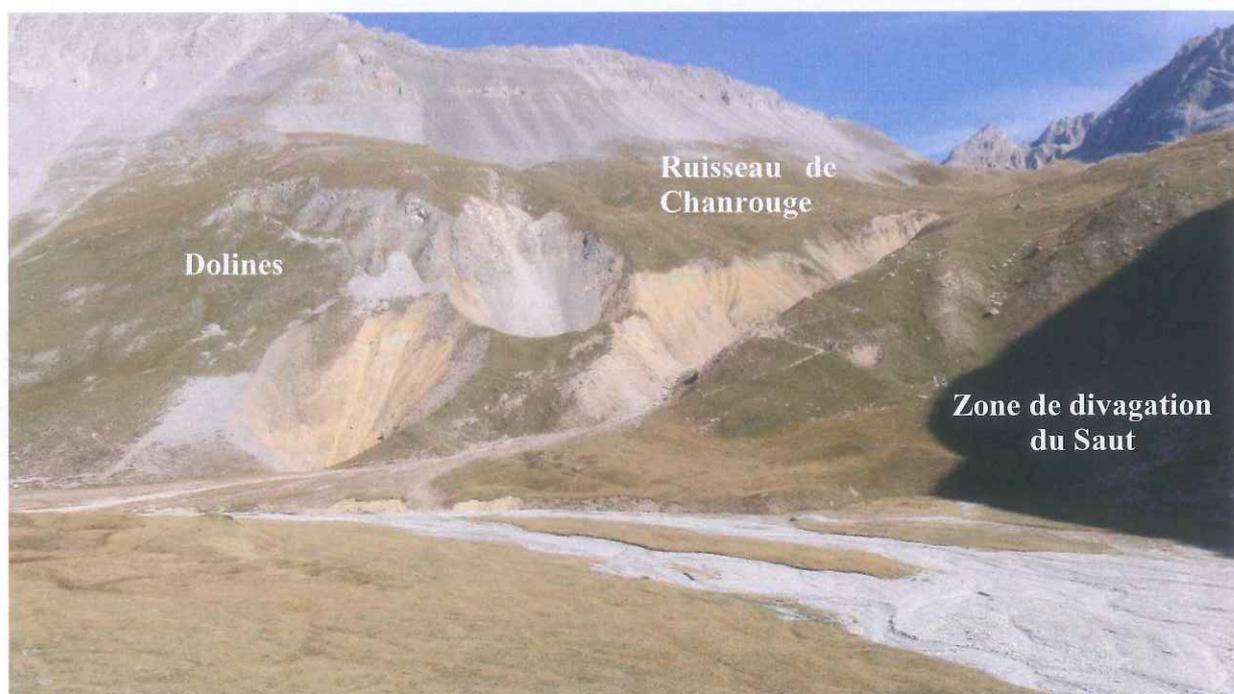


Figure 10 : Confluence avec le ruisseau de Chanrouge au Saut.

La zone de divagation et de régulation du Saut permet aussi une régulation du transport solide efficace. Elle présentait en 1907, lors du levé des Grandes Forces Hydrauliques, une pente de 1.9 %. L'analyse du lit ne montre pas de respiration particulièrement importante mais plutôt une stabilité du profil en long. Le transport solide dans cette zone paraît donc régulier et équilibré.

Cette zone alluvionnaire, pas très étendue, est formée par l'impressionnant éboulement provenant de l'Aiguille du Fruit en rive gauche, 800 mètres en aval du refuge du Saut. Cet éboulement participe à la recharge du Doron lors des crues par des matériaux de granulométrie relativement modérée. Surtout, il forme un rapide marqué entre les deux zones de divagations.

Il paraît probable que cet éboulement ait conduit à une remontée des niveaux relativement récente, les traces du glacier étant gommées au niveau du replat du Saut alors qu'elles sont très nettes en aval, dans le Vallon du Fruit, avec notamment des moraines caractéristiques dans le cours aval.

En aval, le Doron serpente, toujours avec un équilibre apparent dans le Vallon du Fruit. En 1907, la pente était localement de 1.2 % seulement.

Les photos suivantes montrent l'éboulement du Fruit depuis l'aval et la zone alluvionnaire du Vallon du Fruit :



Photos 11 & 12 : Éboulement et Vallon du Fruit.

En aval du Vallon du Fruit, le Doron des Allues entre dans les gorges qui le conduiront au Plan de Tuéda. Un replat intermédiaire (Pré du Petit Jean) a permis une régulation des apports solides lors d'épisodes exceptionnels mais correspond aujourd'hui à du transit. La photo suivante montre ce replat et, au second plan, la partie amont du Plan de Tuéda :



Photo 13 : Pré du Petit Jean et Plan de Tuéda.

En conclusion, il n'apparaît pas de signe de déstabilisation des terrains et d'augmentation des apports solides. Le front du glacier présente une morphologie très changeante dans le temps, mais les zones de laminage en aval - y compris le vallon du Saut et le Vallon du Fruit - permettent une régulation efficace mais ne semblent que faiblement sollicitées. La pente de ces tronçons est cependant nettement plus forte que celle de la partie aval du Plan de Tuéda. La régulation du transport solide n'est alors que très partiellement sensible au niveau de la zone à plus faible pente de l'aval du Plan de Tuéda.

Les engravements au Plan de Tuéda ne paraissent pas directement liés à une érosion exceptionnelle dans le bassin versant même s'il est difficile de mettre en évidence, à l'échelle de ce bassin versant, la fourniture d'un volume de l'ordre de quelques milliers de m³.

1.4. Le Plan de Tuéda

1.4.1. Description

La photo suivante, issue du Géoportail montre l'ensemble de ce secteur :

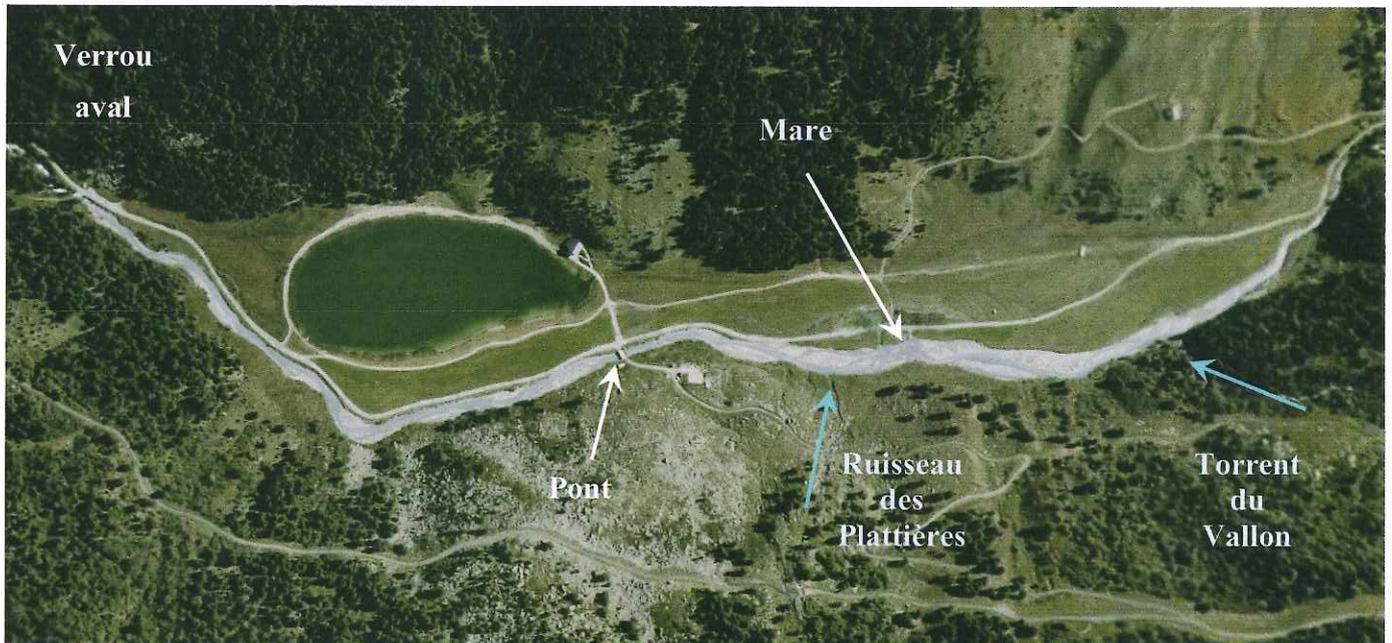


Figure 14 : Vue d'ensemble du Plan de Tuéda.

Dans sa partie amont, le Plan de Tuéda présente une pente élevée, héritage des apports grossiers provenant exceptionnellement des gorges. Des protections de berges sont clairement visibles sur les berges. Elles sont hétérogènes et vraisemblablement peu résistantes mais suffisantes pour les crues ordinaires. Le lit est globalement étroit.

Environ 200 mètres en amont du pont de la bergerie, on note un élargissement du lit majeur. Une mare y était visible jusqu'en 2008 et le lit y divague largement aujourd'hui dans le lit majeur rive droite - très encaissé par rapport à la plaine. Cette zone correspond à une nette tendance au dépôt, attestés par de nombreuses divagations déjà visibles il y a quelques années. Elle s'est engravé en mai 2009 et cet engravement s'est poursuivi lors de l'été 2009, le lit occupant désormais tout l'espace.

Des érosions se sont développées, principalement le long de la rive gauche, sans conséquences importantes.

Le pont offre une section à la fois étroite et peu profonde. Son débordement en crue ne fait guère de doute. Ce pont marque la limite entre les tronçons amont et aval :

- En amont, les aménagements sont rares et l'aspect de cette zone alluvionnaire est plutôt naturel.
- En aval, au contraire, la création d'un vaste plan d'eau a conduit à une multiplication des aménagements et notamment l'implantation de la route et des réseaux le long du Doron des Allues. Le lit dans cette zone reste peu profond et relativement étroit.

En aval, un verrou marqué matérialise la fin du Plan de Tuéda. Le lit est alors très étroit. C'est là qu'il est franchi par la passerelle de la piste de ski de fond.

1.4.2. Analyse du profil en long

La figure suivante montre le levé topographique levé en 2006 :

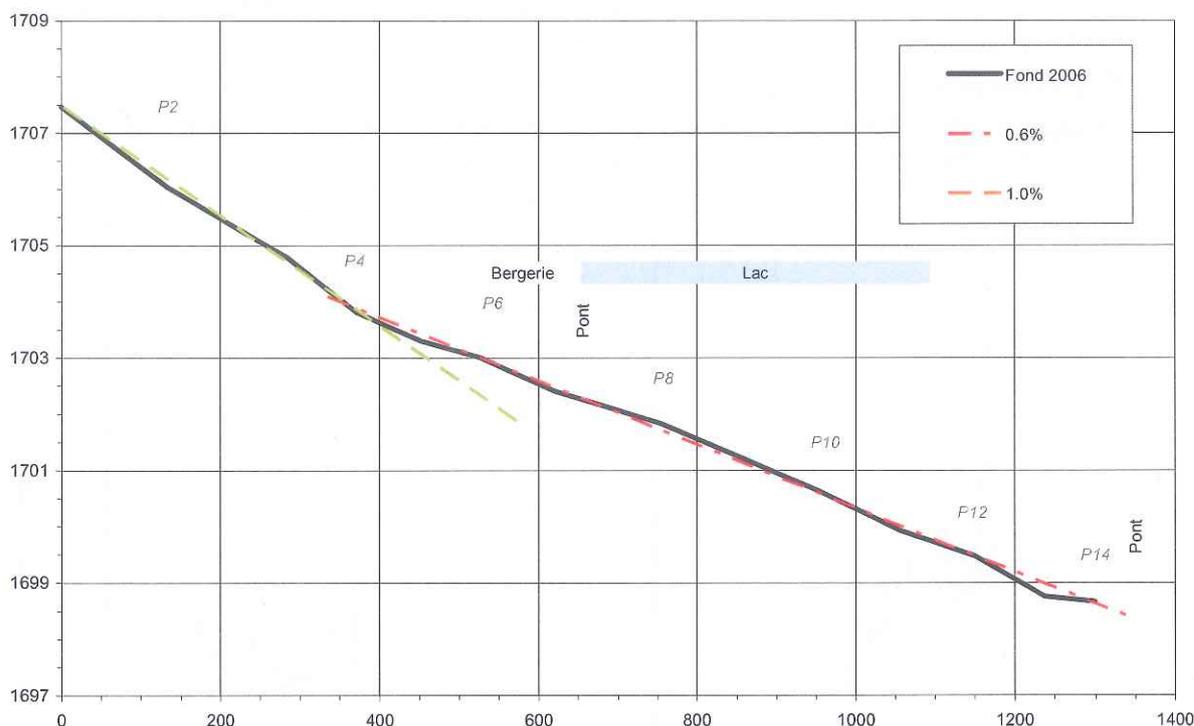


Figure 15 : Profil en long du fond en 2006.

Ce profil en long ne correspond pas au fil d'eau d'étiage mais au plus bas niveau du fond de chaque profil. Ce niveau est localement variable (un obstacle peut causer un surcreusement très important), mais il permet de dégager les tendances générales.

Ce profil en long montre clairement une rupture de pente brutale... au niveau de l'ancienne mare, 200 mètres environ en amont du pont. En effet, en amont, la pente est régulière et proche de 1 %. En aval, la pente passe brutalement à 0.6 % et reste constante sur la quasi-totalité du linéaire.

Sur le profil en long de 1907, global à l'échelle du Doron des Allues, il apparaissait seulement une pente constante de 0.9 %.

Cette pente de 0.6 % est - de loin - la plus faible observée le long du Doron des Allues depuis la sortie du glacier de Gébroulaz. Il est normal que la pente diminue progressivement en allant vers l'aval, le débit liquide augmentant plus rapidement que le débit solide. Ce phénomène est particulièrement net au droit du Plan de Tuéda. Le torrent du Vallon, en amont et le ruisseau des Plattières au droit de la rupture de pente apportent en effet des eaux relativement peu chargées en matériaux. Cependant, ces apports liquides sont trop réduits pour expliquer à eux seuls cette réduction de pente.

Ainsi, la partie aval du Plan de Tuéda constitue la zone de moindre capacité de transport et la rupture de pente forme une zone de dépôt préférentiel malgré les vastes zones de dépôt en amont. Cette zone est donc particulièrement sensible à un accroissement - même très limité - de l'érosion dans le bassin versant.

1.4.3. Analyse hydrologique

On a la chance de pouvoir disposer ici d'une station de mesure à l'aval du Plan de Tuéda. Cette station est destinée à la gestion des alertes en rapport - notamment - avec le remblai des ravines.

Les hauteurs sont disponibles depuis Mars 2008 et les débits depuis seulement Août 2008. Le graphique suivant regroupe les hauteurs disponibles en indiquant, pour chaque journée, les niveaux minimums, maximums et moyens :

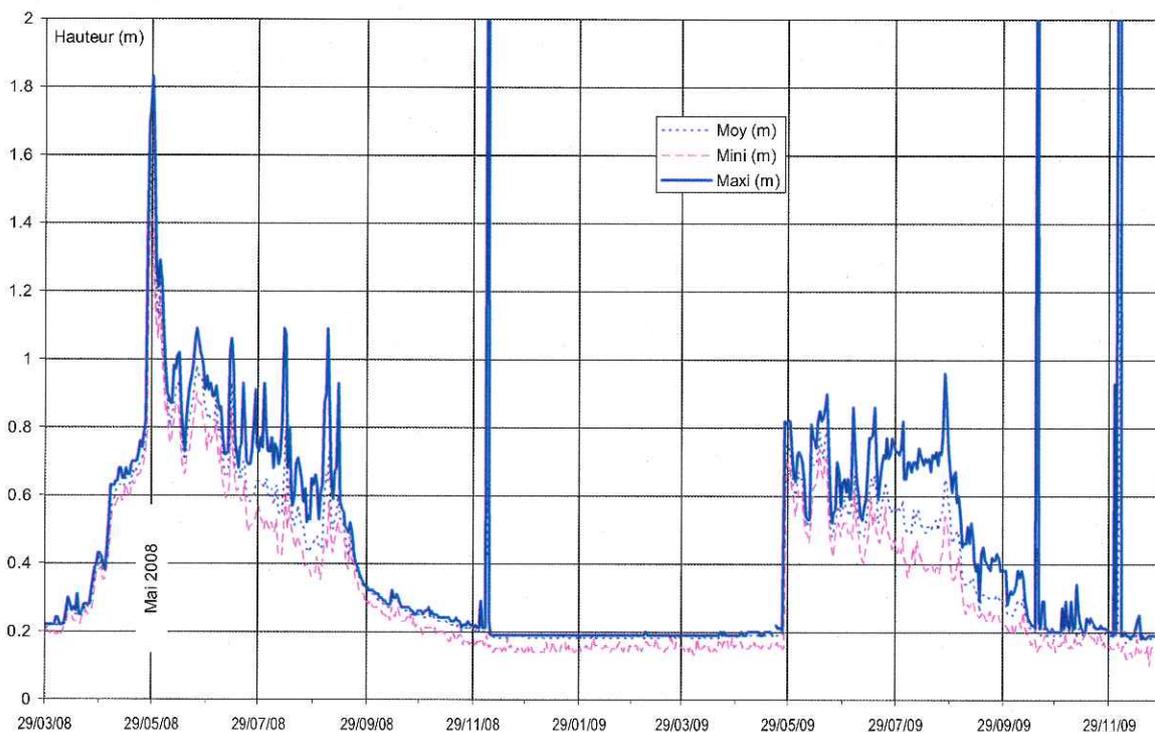


Figure 16 : Mesure de hauteur d'eau sur le site.

Ce graphique conduit aux remarques suivantes :

- Quelques points aberrants - avec une hauteur de 4 mètres - sont représentés.
- Il semble que le fonctionnement de l'appareillage ne soit pas satisfaisant sur la période novembre 2008 - mai 2009. La première partie de la période correspond à l'étiage hivernal et présente peu d'intérêt du point de vue du transport solide. Par contre, le début du printemps serait plus intéressant, même si aucune crue n'a été observée durant cette période.
- Le printemps et l'été se caractérisent par une forte amplitude journalière caractéristique de la fonte.
- La crue de mai 2008 se distingue nettement de l'échantillon avec une hauteur d'eau supérieure de 1 mètre environ aux hauteurs d'eau habituelles. La période de retour de cette crue - en débit de pointe - serait de l'ordre de 5 ans. Particulièrement longue sur les autres bassins versants des Alpes, elle présenterait une période de retour supérieure, sans être très exceptionnelle. Cette durée facilite un engravement et notamment sa progression vers l'amont.
- Ce graphique confirme que les engravements ordinaires correspondent à une période hydrologique tout à fait ordinaire.

1.4.4. Engravement depuis 2008

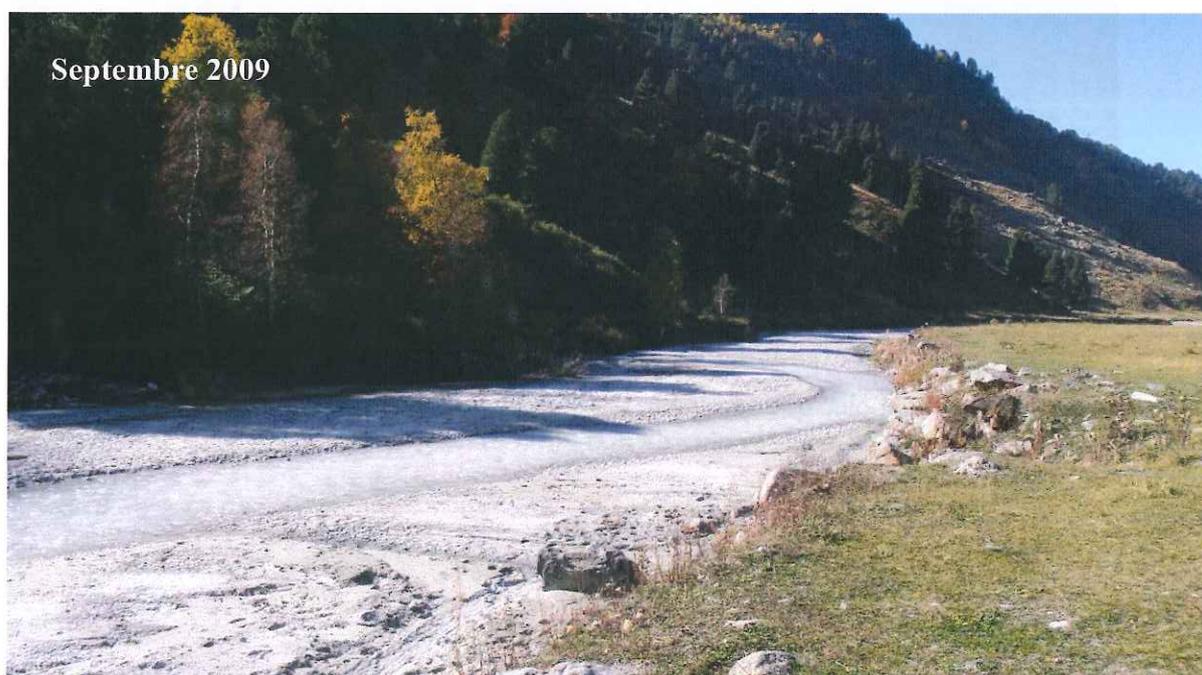
Le Doron des Allues a subi une crue en mai 2008 qui a engendré une tendance forte au dépôt, surtout dans la partie aval. Cependant le dépôt s'est poursuivi durant l'été 2009 dans la partie centrale, en l'absence de crue, comme le montre les photos suivantes prises en juillet 2008 et septembre 2009 :



Photos 17 & 18: Confluent avec le torrent du Vallon.

Ces photos montrent un engravement de quelques décimètres et un changement de lit. Dans les deux cas, les apports solides du torrent du Vallon paraissent très faibles.

Il convient de rappeler que le niveau de juillet 2008 correspondait déjà à un engravement du lit par rapport à l'état avant la crue de mai 2008.



Photos 19 & 20: Aval du confluent avec le torrent du Vallon.

Le lit se caractérise par un engravement avec des matériaux plutôt fins (qui transitent sans difficulté dans les zones alluvionnaires amont) et une section d'écoulement très peu encaissée dans les dépôts.

Les photo suivantes, montrent la poursuite de l'engravement, tendance déjà très nette en 2008. Les enrochements en berge permettent de mettre en évidence l'exhaussement du lit et le déplacement naturel des dépôts :



Photos 21 & 22: Amont de la rupture de pente.

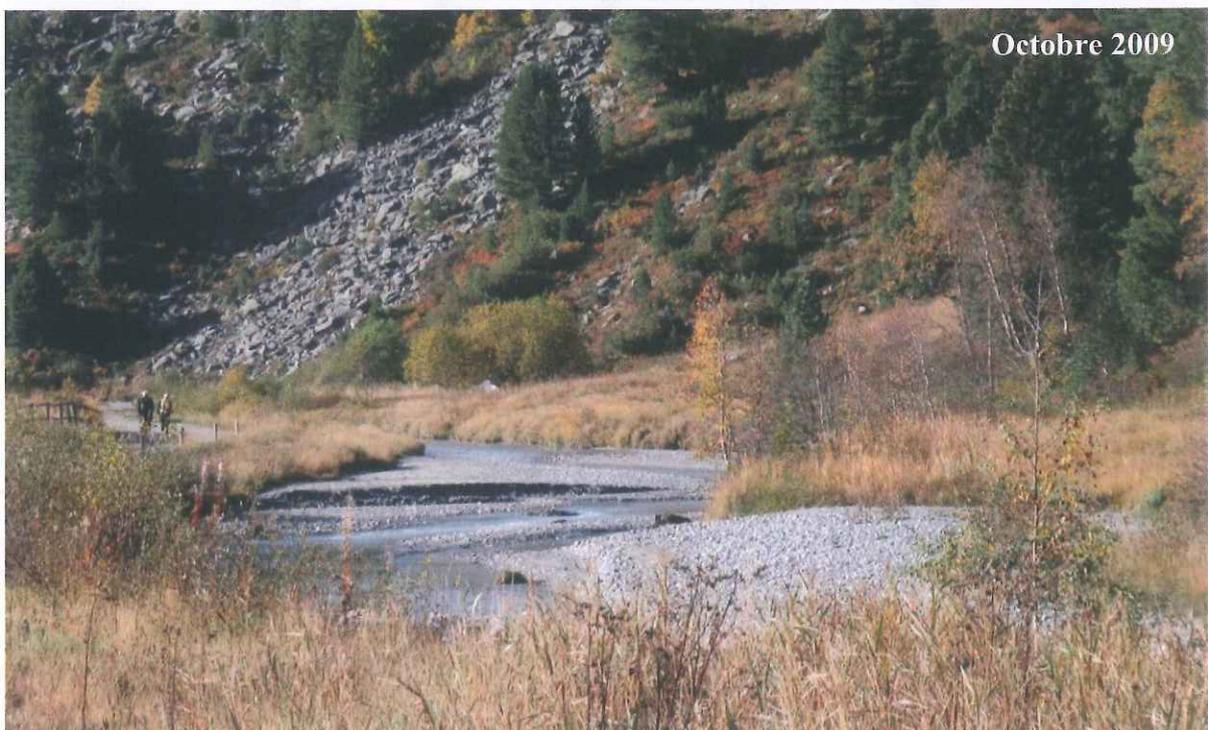
Les photos suivantes montrent le secteur qui a le plus évolué au droit du confluent avec le ruisseau des Plattières :



Photos 23 & 24: Dépôt au droit de la mare.

L'évolution est ici spectaculaire car la terrasse du lit majeur était très basse comme le montre la dépression qui était naturellement alimentée par le Doron des Allues. Un engrèvement de quelques décimètres a suffi à un accroissement remarquable de la largeur du lit. La largeur du lit est alors très dépendante des niveaux et une rétraction temporaire reste possible.

Les photos suivantes ont été prises dans la partie aval du Plan de Tuéda :



Photos 25 & 26: Extrémité aval du Plan de Tuéda.

Ces photos montrent que les évolutions des niveaux sont faibles dans la partie aval. En effet, le débit liquide en octobre 2009 est très faible et fait ressortir le niveau des dépôts mais aucune variation de niveau n'est véritablement perceptible. La partie aval paraît donc n'avoir subi un engrèvement que lors de la crue de mai 2008.

1.4.5. Évolution du profil en long

La figure suivante montre l'évolution du profil en long entre 2006 et 2009 :

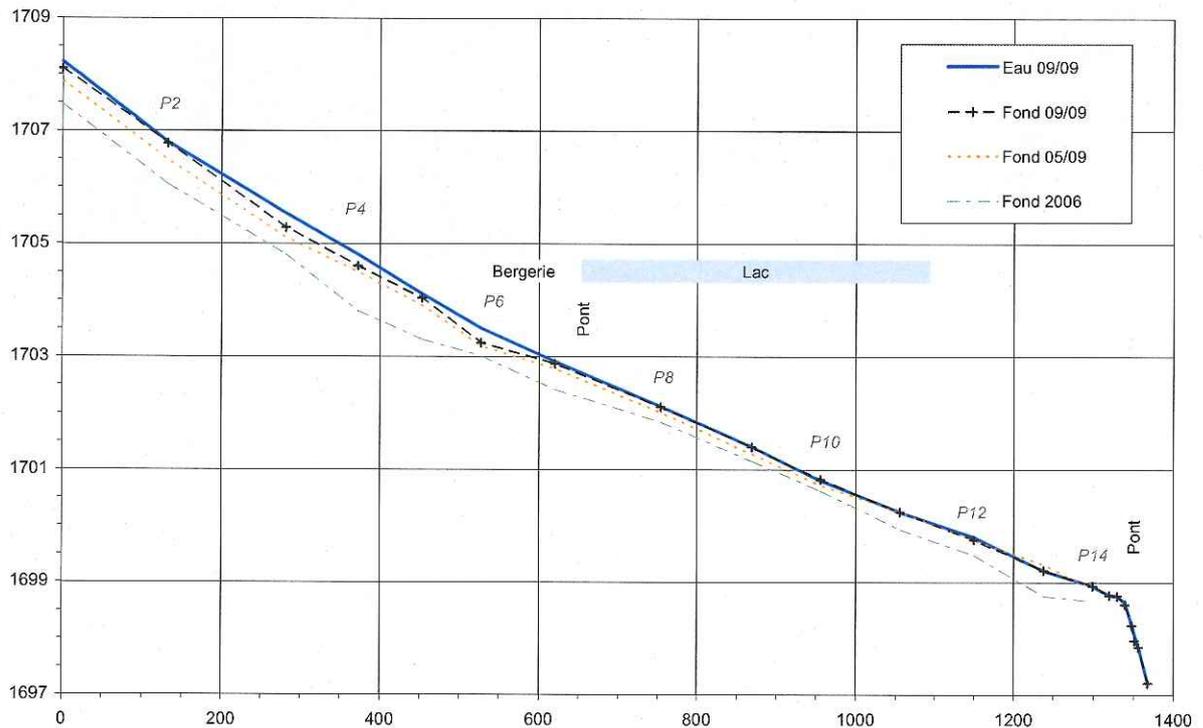


Figure 27 : Évolution du profil longitudinal au plan du Tuéda.

Ce profil en long regroupe les données suivantes :

- Niveau bas des profils transversaux relevés en 2006, mai 2009 et septembre 2009. Le niveau bas de la section est un paramètre assez variable notamment à cause des surcreusements locaux qui ne sont pas représentatifs.
- Niveau du fil d'eau d'étiage en septembre 2009.

Cette figure conduit aux remarques suivantes :

- Sur l'ensemble du linéaire, les niveaux ont clairement augmentés lors de la crue de mai 2008.
- Dans la partie aval (en dessous du pont et surtout du profil P10), les niveaux n'ont pas connu d'évolution depuis la crue de mai 2008. Les engravements dans cette zone sont modérés (20 à 30 centimètres en général).
- Au niveau de la rupture de pente, l'engravement est très marqué. Il atteint 80 centimètres au P4, ce qui est très significatif.
- Par contre, dans la partie amont, l'engravement est un peu plus modéré mais dépasse localement 50 centimètres.
- Durant l'été 2009 (en l'absence de crue), il n'y a pas d'évolution significative des niveaux dans la partie aval. Par contre, l'engravement se serait poursuivi avec des valeurs de l'ordre de 10 à 20 centimètres dans la partie amont. Notons que cet engravement correspond à des matériaux fins qui pourraient être facilement repris lors d'une crue.

Dans l'ensemble, ces mesures correspondent bien aux observations faites sur le site. Les évolutions ne sont pas très importantes (toujours inférieures au mètre) mais sont très influentes sur l'écoulement des crues, la profondeur du lit étant faible. La capacité hydraulique du lit mineur est donc considérablement réduite.

Il semblerait que deux phénomènes distincts se soient produits :

- Dans la partie aval, le dépôt est causé par une contraction de l'écoulement au droit du verrou aval qui entraîne une remontée importante des niveaux en crue. L'engravement est alors essentiellement lié à la crue de mai 2008. Ce point est abordé dans le paragraphe suivant.
- Dans la partie amont, et surtout à la rupture de pente, le dépôt paraît lié à un accroissement des apports amont, la pente en aval de cette zone étant particulièrement faible.

Les volumes d'engravement seraient les suivants :

- 15 000 m³ entre 2006 et le printemps 2009,
- 5 000 m³ durant l'été 2009. Ce volume est relativement faible et il n'est pas surprenant qu'il n'apparaisse pas de façon flagrante dans le bassin versant, d'autant plus qu'il peut provenir de plusieurs zones.

Soit un total de l'ordre de 20 000 m³ depuis 2006.

Le Plan de Tuéda présentant une morphologie très contrastée entre l'amont et l'aval du pont, la gestion sur les deux sites est différente. Elle est donc présentée dans deux paragraphes différents.

1.4.6. Évolutions probables du lit

Les évolutions des niveaux du lit sont ici contrastées :

- Dans la partie aval, les niveaux sont directement liées à l'hydrologie (voir paragraphe 3.2 page 28) : les fortes crues entraînent un dépôt rapide alors que les crues faibles reprennent les matériaux. Cette reprise est cependant lente et partielle car elle correspond à des débits assez faibles pour ne pas causer de remous mais assez importants pour déplacer les matériaux grossiers. On risque notamment la formation d'un pavage qui bloque cette reprise. Ce phénomène n'est pas cumulatif mais directement lié à la géométrie du verrou aval.
- Dans la partie centrale, il existe une tendance au dépôt à long terme. Cette évolution est beaucoup plus lente que celle observée en 2009 mais présente un caractère plus systématique. L'évolution rapide de 2009 correspond à un accroissement de la fourniture en matériaux qui n'a pu être identifié. Deux hypothèses doivent être retenues :
 - ❖ Les apports exceptionnels s'arrêtent. On observera alors - peut être - une faible reprise à court terme, d'autant plus que les dépôts sont constitués de fines. Le plus probable à moyen terme est la poursuite, très ralentie, de l'engravement.
 - ❖ Les apports exceptionnels persistent et l'engravement se poursuit. Un débordement généralisé et un changement de lit sont alors très probables dès la première crue.
- A long terme, et en l'absence d'intervention, l'ensemble du Plan de Tuéda - et d'abord la partie centrale - sera balayé par les divagations du Doron des Allues, rendant les terrains inutilisables.

2. CURAGE AMONT

2.1. Principe

Il s'agit du secteur en amont du profil P9 (environ 200 mètres en aval du pont de la bergerie). Dans cette zone, un curage paraît indispensable pour éviter un débordement qui paraît maintenant très probable. Désormais la vulnérabilité des terrains remet en question leur usage. De plus, ce débordement menace la digue du plan d'eau, un débit liquide important pouvant conduire à une érosion - puis une rupture - de la digue.

Deux types d'interventions peuvent être envisagées :

- Le curage d'un volume modéré ce qui entraîne des opérations fréquentes. Cette solution ne paraît pas souhaitable car sa répétition est pénalisante pour le milieu et pour la gestion touristique du site.
- Le curage exceptionnel d'un volume important. Cette solution permet de réduire la pression sur le milieu grâce à l'espacement des interventions alors qu'un prélèvement massif ne paraît pas significativement plus pénalisant qu'une intervention superficielle.

La seconde solution est donc retenue, avec pour objectif de rétablir le niveau de 2006 dans cette zone.

Les matériaux seront extraits du site et valorisés à l'exception d'une faible fraction qui pourra être réutilisée sur place. En effet, aucune trace de pénurie en matériaux n'est visible le long du Doron des Allues et même sur le Doron de Bozel ou l'Isère en aval.

Il convient de noter que le curage proposé ne conduit pas à une réduction des apports en aval, les pentes du lit étant conservées. Au contraire, le recalibrage du lit au droit du verrou (voir paragraphe suivant) permettra même un faible accroissement à long terme du transport solide en aval sans réelles conséquences dans un lit pavé.

2.2. Modalité de prélèvement de matériaux

2.2.1. Linéaire

Le linéaire concerné par les curages s'étend du profil P1 au profil P9 ce qui permet le curage de l'essentiel des dépôts sans intervenir dans les zones plus naturelles en amont :

- En amont, les dépôts sont relativement modérés et les enjeux sont plus faibles. D'autre part, il paraît souhaitable de minimiser les interventions dans cette zone. Notons que le curage y sera sensible, le lit étant naturellement creusé par érosion régressive.
- En aval, l'effet du verrou paraît prépondérant. La gestion de cette zone est précisée au chapitre suivant. Le curage sera donc prolongé seulement pour permettre un raccordement du profil P10.

2.2.2. Emprise

Le curage ne doit pas être l'occasion d'une rectification et d'un recalibrage du lit. Ainsi, aucune recharge des berges n'est souhaitable. Au contraire, les curages suivront les berges actuelles en restant à plus d'un mètre de la limite du lit mineur. Ainsi, les curages n'augmenteront pas les risques de déstabilisation de berge et leur impact paysager sera minoré. Sur les cotés, les curages conduiront à un fruit de l'ordre de 2H/1V (cette valeur est indicative pour un talus d'une hauteur de quelques décimètres, mais il paraît essentiel d'obtenir une pente modérée).

Concernant la zone d'élargissement correspondant à l'ancienne mare, il paraît souhaitable de ne pas y intervenir. Ainsi, dans cette zone, le curage sera limité à l'emprise du lit mineur initial.

Le graphique page suivante est une vue schématique de cette intervention.

En cas de prélèvement de blocs (plus de 100 kg) ceux-ci seront déposés le long de la rive droite en aval du pont afin de prévenir une érosion.



2.2.3. Niveaux après curage

La solution qui paraît la plus adaptée est un retour au niveau du lit en 2006 :

- Le volume prélevé - de l'ordre de 15 000 m³ - est suffisant pour réduire la fréquence des interventions. Si l'apport exceptionnel persiste, ce prélèvement est indispensable pour préserver les usages de la plaine alluvionnaires. Si l'apport exceptionnel cesse, ce prélèvement permet d'anticiper la tendance à long terme au dépôt et de différer le prochain curage.
- L'abaissement du lit à ce niveau devrait permettre d'éviter des affouillements d'ouvrage, aucun disfonctionnement en 2006 n'étant connu.

Afin d'éviter un étalement de la lame d'eau (et donc un réchauffement), le prélèvement présentera une section transversale de forme grossièrement triangulaire avec un point bas permettant la concentration des débits d'étiage.

Les curages seront réalisés en période d'étiage afin de réduire les interventions dans l'eau. Il paraît cependant difficile et contre productif - dans un lit étroit et divagant tel que celui du Doron des Allues - de réaliser un ensemble de dérivations et de batardeaux. La commune prendra contact avec l'ONEMA afin de préciser les modalités d'interventions.

Le lit étant relativement étroit, il paraît accessible de réaliser les prélèvements directement depuis la berge sans que la pelle mécanique ne descende dans le lit.

La figure suivante est une coupe transversale schématique d'une telle intervention :

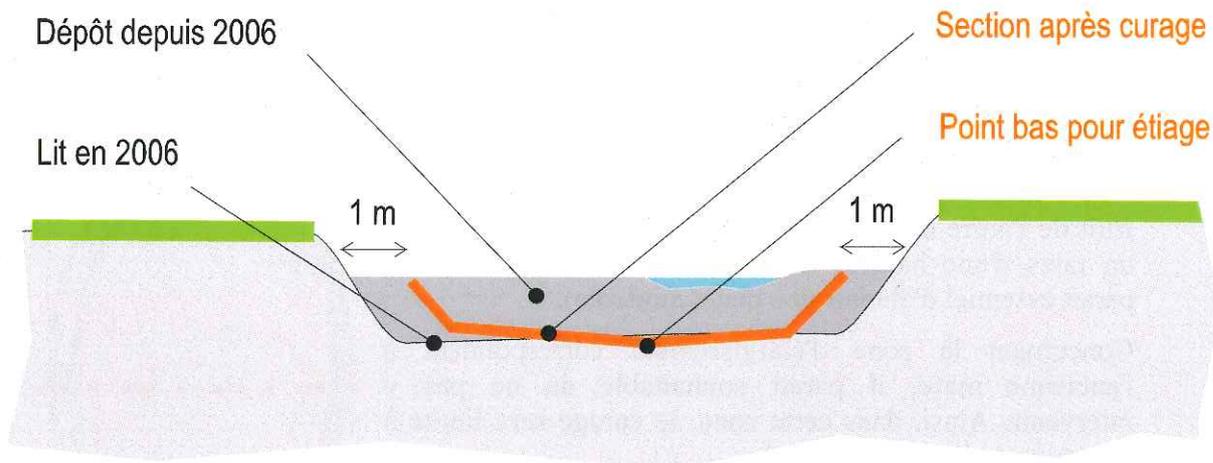


Figure 28 : Coupe schématique des prélèvements de matériaux.

Très rapidement, dès les hautes eaux, le lit retrouvera une morphologie naturelle. En effet, les matériaux déposés sont relativement fins et peuvent être remaniés même pour des débits liquides réduits.

2.3. Protection de la piste et des réseaux

2.3.1. Déplacement de la piste

En aval du pont, la piste de desserte du site est menacée d'affouillement. Les réseaux (électricité, téléphone et surtout conduite d'eau) sont implantés sous la piste. Deux types d'interventions peuvent être envisagées :

- Une première solution, a priori mieux adaptée au site, consiste à reculer la route d'au moins une dizaine de mètres par rapport à la berge et d'accepter une érosion de berge. Elle impose aussi le déplacement des réseaux ce qui conduit à des travaux de grande ampleur. La piste pourrait être constituée avec les matériaux extraits dans le lit et le remblai par rapport au terrain naturel serait de 20 centimètres maximum. Le linéaire de piste serait plutôt réduit par rapport à l'état actuel. La photo suivante montre un tel tracé :



Figure 29 : Vue schématique du réaménagement de la route.

- Une seconde solution consiste à mettre en place une protection le long du Doron des Allues et de préserver la piste en sommet de berge. Il est alors nécessaire de ne pas rétrécir le lit mineur.

Cette seconde solution paraît incontournable à cause des réseaux. Elle est détaillée page suivante.

2.3.2. Protection de la piste

Il s'agit ici de mettre en place une protection de la piste. En toute rigueur, seule une protection lourde (sabot large et profond, perré incliné, enrochements sur deux couches...) permet d'assurer l'absence d'érosion latérale.

Cette solution est cependant illusoire car les débordements importants peuvent conduire à une submersion, puis une érosion, de la piste. D'autre part, les contraintes hydrauliques restent modérées cas de débordement, très probable ici.

Ainsi, la solution proposée consiste à réduire l'érosion par la mise en place de gros blocs tout en acceptant, de façon difficilement évitable, les érosions de berge en cas de très forte crue. Une érosion de grande ampleur paraît cependant très improbable.

La démarche sera la suivante :

- ❖ En pied de berge, le lit actuel sera décaissé de 2 mètres minimum. Il est en effet essentiel d'assurer une protection efficace contre l'affouillement. Ce point est essentiel dans la mesure où aucun sabot n'est proposé afin de réduire l'ampleur des travaux.
- ❖ Des blocs de plus d'une tonne seraient alors disposés le long de la berge sur deux couches. Dans la mesure du possible (en fonction du tracé des réseaux) l'épaisseur de ces blocs sera prise sur la berge afin de ne pas réduire la largeur du lit. Le fruit de ce perré sera de l'ordre de 3H/2V même si la notion de fruit est mal adaptée à un faible nombre de rangées de blocs. Une couche de transition ou un géotextile sont indispensables.
- ❖ Le sommet de cette protection sera recouvert par la couche de roulement afin de réduire l'impact paysager.

Aucune protection ne doit être mise en œuvre sur la berge opposée. Cette protection est à mettre en place sur un linéaire de l'ordre de 100 mètres en aval du pont de la bergerie.

La figure suivante est une coupe schématique de cette protection :

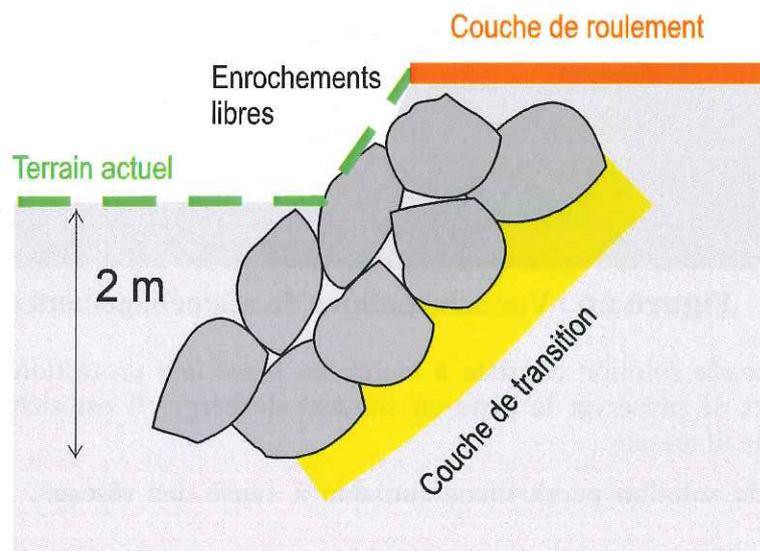


Figure 30 : Coupe schématique des protections de berge rive gauche.

3. GESTION DU VERROU AVAL

3.1. Écoulements dans la situation actuelle

3.1.1. Morphologie du site

Dans la partie aval, le Plan de Tuéda est limité par un verrou rocheux. Ce verrou a vraisemblablement été aménagé et présente aujourd'hui un fort rétrécissement, avec un lit de moins de 3 mètres en base.

Ce rétrécissement permet le franchissement du Doron des Allues par un pont de faible portée. La figure suivante montre ce rétrécissement. La pente augmente nettement en aval de ce rétrécissement.

La photo suivante montre ce rétrécissement depuis l'amont avec un très faible débit liquide :

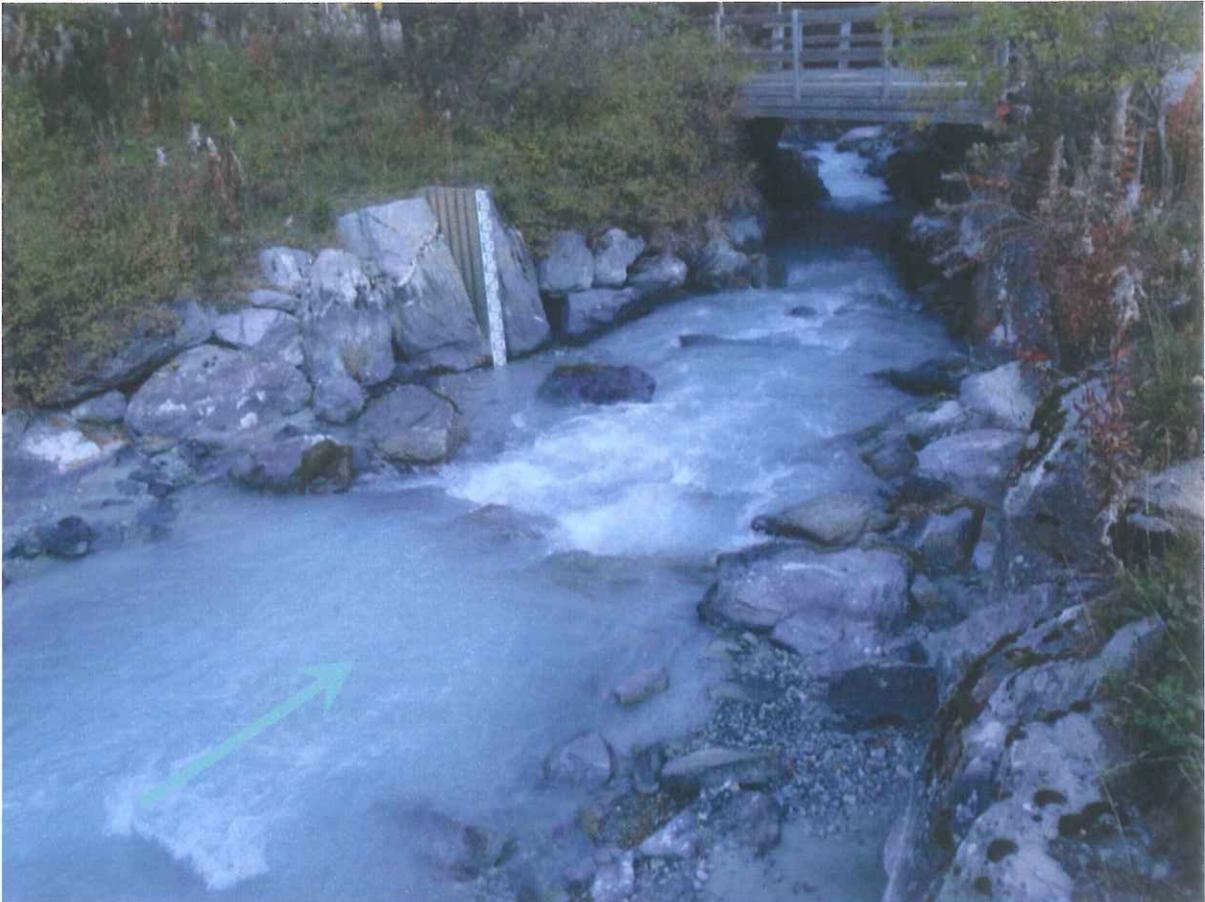


Photo 31 : Rétrécissement du lit et augmentation de pente.

Pour ce faible débit liquide, la pente en amont du pont est particulièrement forte, ce qui n'est pas le cas pour un débit liquide plus élevé. Une analyse détaillée de cette zone paraît nécessaire dans la mesure où elle commande l'ensemble des niveaux en amont.

3.1.2. Hydrologie

Dans le cadre de la réalisation d'un barrage écreteur de crue dans cette zone, une étude hydrologique détaillée a été réalisée :

*Commune des Allues
Aménagement du centre de Méribel
Maîtrise d'oeuvre des aménagements hydrauliques du Doron
Rapport de synthèse des phases 1 et 2
Août 2008 - egis eau*

Les valeurs au Plan de Tuéda, seraient les suivantes :

- Débit décennal : 23 m³/s
- Débit centennal : 45 m³/s.

Pour ce qui est du transport solide et de l'équilibre du lit, on s'intéresse à des crues de moindre ampleur, notamment parce qu'au delà de 25 m³/s environ le débordement s'étend dans le lit mineur et la géométrie du site est susceptible de profondes modifications.

L'objectif est en effet d'éviter un dépôt systématique en amont du verrou, et non de s'opposer à un dépôt lors d'une crue très exceptionnelle pour laquelle des curages semblent inévitables.

3.2. Dépôt de matériaux lors des crues

3.2.1. Nature du phénomène

La contraction du lit entraîne une hauteur d'eau importante lors des crues. Il se forme alors un remous qui ralenti l'écoulement en amont et conduit au dépôt de matériaux pour les débits extrêmes.

A la décrue, la hauteur d'eau au droit du verrou diminue rapidement permettant une reprise en amont.

La figure page suivante montre l'évolution des fonds lors d'une crue en amont d'un rétrécissement pour différents débits.

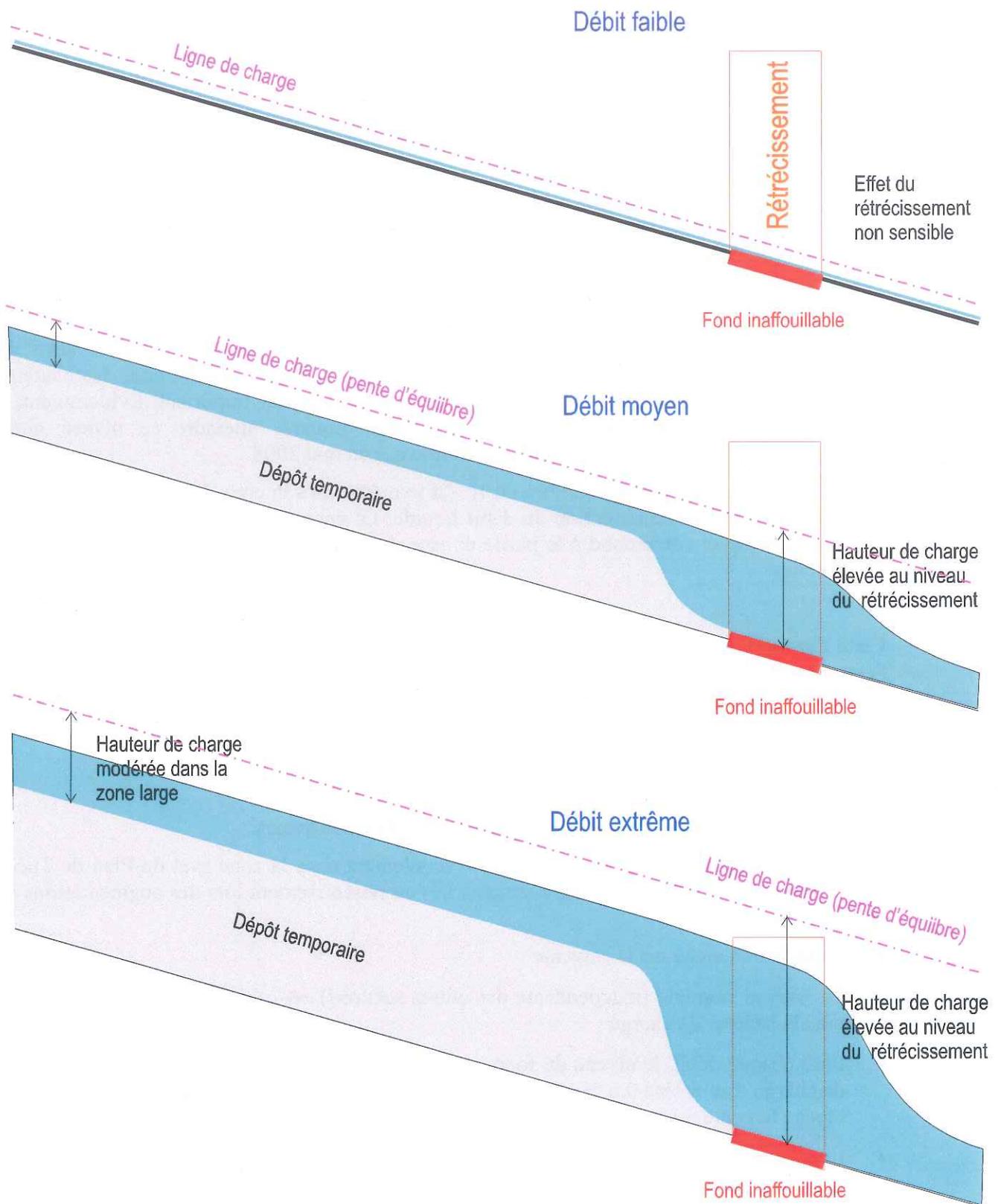


Figure 32 : Dépôt temporaire en amont d'un rétrécissement.

Cette figure montre le comportement dans une zone de rétrécissement :

- Pour un faible débit liquide, l'effet du rétrécissement n'est pas sensible : le profil en long a tendance à s'uniformiser mais le débit risque d'être trop faible pour une reprise complète. Cependant, on observe souvent en amont de la zone rétrécie une augmentation de la pente, héritage du niveau du lit élevé à des débits liquides important. Cette augmentation locale de pente est clairement visible sur la photo précédente.
- Pour un débit intermédiaire, la hauteur d'eau et de charge¹ est plus importante au niveau du rétrécissement. Le fond n'étant pas affouillable, le niveau atteint par l'écoulement est élevé. Pour assurer la continuité du transport solide, la ligne de charge doit avoir la pente d'équilibre dans cette zone (0.6 % ici). En amont, dans la zone large, la hauteur de charge est plus faible : le fond doit remonter et le lit s'engrave donc dans toute la partie amont.
- Pour un débit extrême, la hauteur de charge est très importante au niveau du rétrécissement. Le dépôt en amont, dont l'épaisseur est égale à la différence des hauteurs de charge, est alors accru. Le dépôt est temporairement très important. Évidemment, il faut que ce débit dure assez longtemps pour pouvoir atteindre ce niveau élevé d'engravement. Cela est vraisemblablement le cas en mai 2008.
- A la décrue, le niveau d'équilibre du lit est le même qu'à la crue. Il y a alors reprise des matériaux lors de la réduction du débit liquide. Là encore, la reprise n'est généralement que partielle et correspond à la partie en eau alors que des terrasses élevées sont encore visibles.

Cette description reste schématique, l'évolution du lit étant toujours en retard par rapport à l'état d'équilibre correspondant à un débit liquide donné. Cependant, ces évolutions du fond, notamment durant la longue crue de mai 2008, expliquent l'engravement observé dans la partie basse du Plan de Tuéda.

3.2.2. Calcul des conditions d'écoulement

Il est intéressant de calculer les conditions d'écoulement dans la zone aval du Plan de Tuéda afin de mettre en évidence les engravements liés au rétrécissement lors des augmentations de débit liquide.

Pour cela, la démarche est la suivante :

- La hauteur normale (indépendante des autres sections) est calculée dans chaque section, puis la hauteur de charge.
- Pour chaque débit, le niveau du fond est adaptée de façon à obtenir une pente de la ligne de charge d'au moins 0.6 %. Au niveau du verrou, on considère que le lit est pavé par les blocs : la pente de charge peut alors être plus forte.
- Il est alors possible de connaître le niveau d'engravement.

¹ La charge est définie comme le niveau d'eau majoré du terme $V^2/2g$. Elle est représentative de l'énergie de l'écoulement et correspondant, par exemple, à la remontée du niveau à l'amont d'une pile de pont. C'est la pente de la ligne de charge qui est représentative du transport solide.

Même si le bassin versant est peu boisé à cause de l'altitude, ce calcul est plutôt favorable car il fait abstraction de toute obstruction par les flottants. D'autre part, l'effet du pont sur l'écoulement n'est pas pris en compte.

La figure suivante montre les niveaux atteints pour le débit liquide de $20 \text{ m}^3/\text{s}$, inférieur au début de débordement massif :

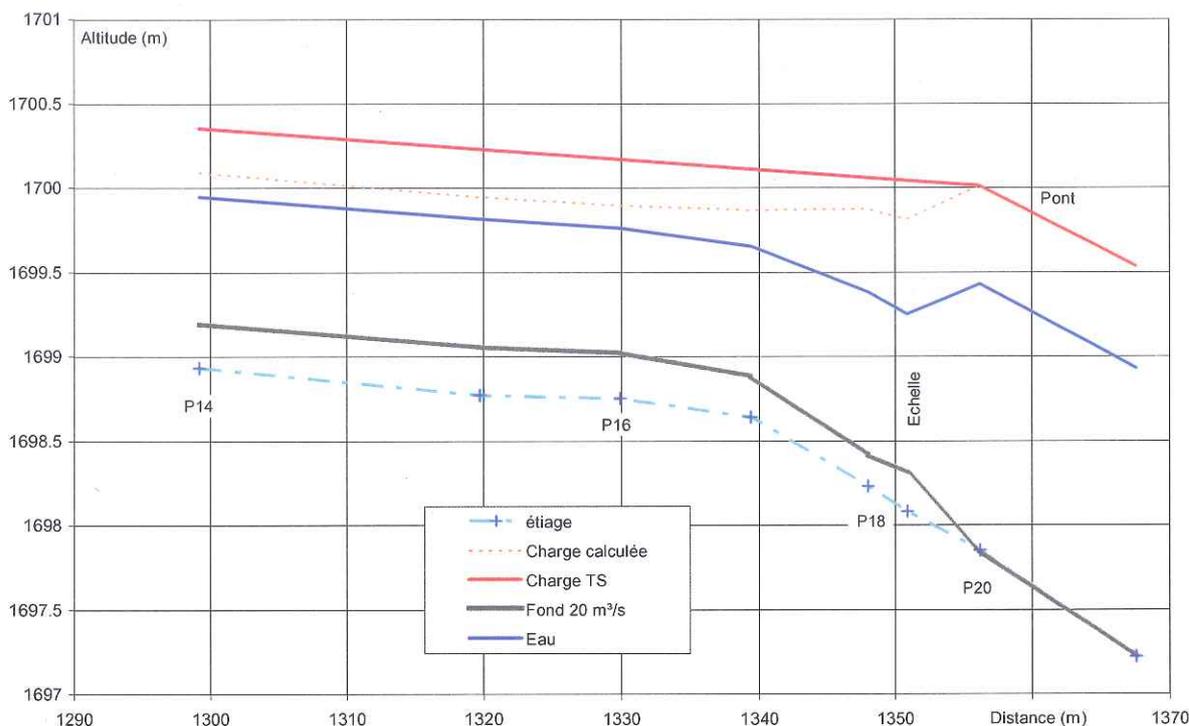


Figure 33 : Niveaux pour le débit liquide de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ce graphique conduit aux remarques suivantes :

- En aval de l'échelle, le lit est raide et étroit. Il n'y a pas de dépôt. Par contre, les niveaux d'eau et de charge sont très importants et imposent un remous en amont.
- Au dessus de l'échelle, un dépôt régulier est nécessaire pour permettre une continuité du transport solide. Il approche pour ce débit une quarantaine de centimètres. Ce dépôt permet alors de lisser le niveau de charge (visible sur le graphique) mais aussi le niveau d'eau (non représenté).
- Ces calculs sont réalisés par rapport au niveau actuel du lit, c'est-à-dire celui déjà engravé lors de la crue de mai 2008. Des calculs par rapport au niveau de 2006 (la topographie n'est disponible qu'en amont du P14) montrent une tendance à l'engravement très majorée, ce qui est cohérent, l'équilibre du lit étant indépendant de son niveau initial et le niveau actuel étant plus proche de celui correspondant à un débit liquide de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ que celui de 2006.

3.2.3. Résultats obtenus

Les calculs précédents ont été réalisés pour différents débits entre 3 et 30 m³/s les débits supérieurs étant trop rares pour avoir une influence sur la gestion du site. Il est alors possible de calculer les niveaux du fond correspondant à chacun de ces débits.

Le graphique suivant montre les niveaux d'engravement du lit pour chaque débit et le niveau probable avant la crue de mai 2008 (aucun levé topographique de 2006 n'est disponible dans la zone de ce rétrécissement) :

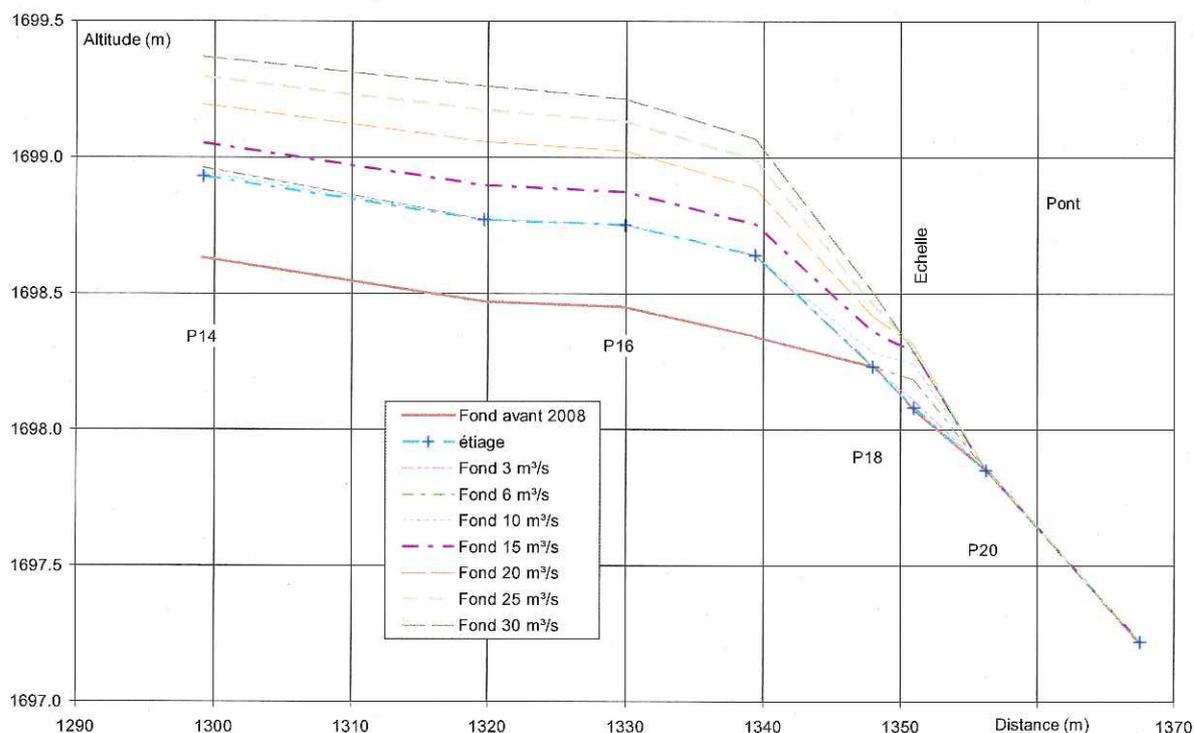


Figure 34 : Évolution des fonds pour différents débits.

Ce graphique montre une nette évolution des niveaux... pour des débits liquides supérieurs à 15 m³/s. Ils augmentent évidemment avec le débit liquide mais restent, dans l'ensemble, inférieurs à 50 centimètres.

On observe que l'engravement débute un peu plus vite au niveau de l'échelle, qui est juste en amont du rétrécissement.

Cette analyse confirme donc le rôle du rétrécissement du lit dans le dépôt de matériaux dans la partie aval du Plan de Tuéda. Ce tronçon s'est fortement engravé lors de la crue de mai 2008 mais n'a pas subi d'évolution importante depuis.

3.3. Aménagement proposé

3.3.1. Principe

Il est nécessaire, pour remédier durablement aux engravements dans la partie aval, de réduire la hauteur d'eau et la hauteur de charge au niveau du verrou aval du Plan de Tuéda. Pour cela, deux solutions sont envisageables :

- Élargir le lit. Cette solution permet une uniformisation des conditions d'écoulement et le maintien des niveaux pour des débits liquides ordinaires. Pour des raisons essentiellement paysagères, la commune ne souhaite pas de modification de la largeur du lit (ce qui entraînerait notamment la reconstruction du pont).
- Approfondir le lit dans la zone étroite. Cela permet un abaissement des niveaux de charge en crue. L'objectif, est d'obtenir le plus bas niveau possible sans intervenir en aval du pont (profil P21) afin de réduire l'impact des travaux.

3.3.2. Caractéristiques de l'intervention

La démarche retenue consiste à abaisser le lit jusqu'à obtenir un engravement qui reste inférieur au décimètre pour le débit - déjà relativement exceptionnel - de $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Cela revient à abaisser le lit mineur de 60 centimètres à l'amont du pont (P20) et de 40 centimètres un peu en amont de l'échelle. Au droit de l'échelle et dans toute la partie amont, l'abaissement est de 30 centimètres.

La figure suivante (à rapprocher de celle de la page 31 correspondant à l'état actuel) montre le résultat obtenu pour le débit de $20 \text{ m}^3/\text{s}$:

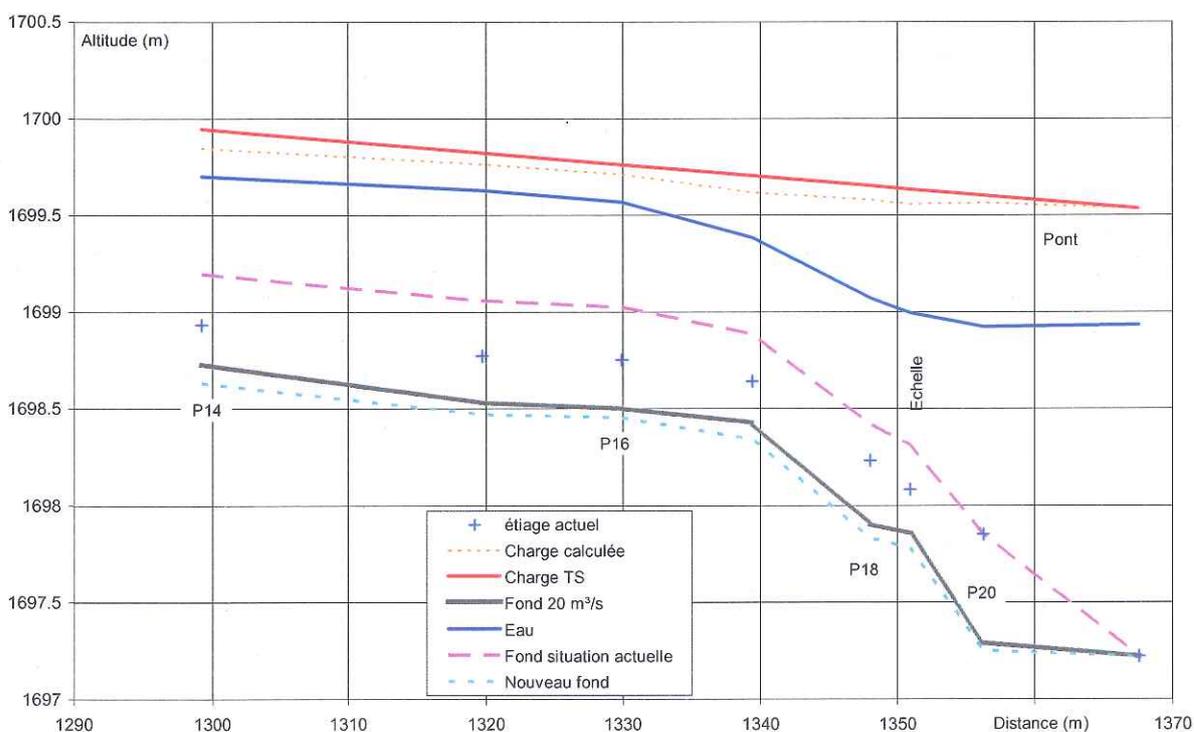


Figure 35 : Conditions d'écoulement pour le débit liquide de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ce graphique indique aussi le niveau du fond dans l'état actuel. Pour ces travaux, la réduction des dépôts est comprise entre 40 et 55 centimètres pour le débit liquide de 20 m³/s. On note que l'engravement du lit est ici très faible et proche de celui du fond en 2006.

La figure suivante montre les dépôts calculés avec cette configuration pour plusieurs débits liquides (à comparer à la figure page 32) :

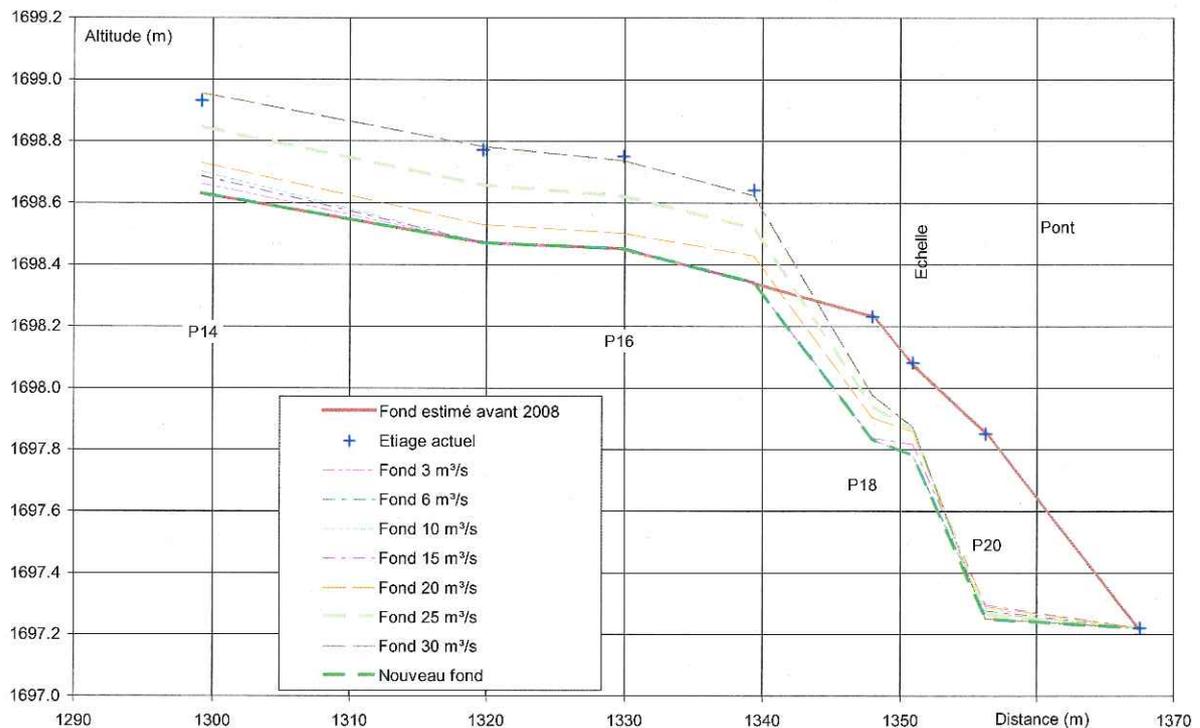


Figure 36 : Évolution des fonds après aménagements pour différents débits liquides.

Cette figure montre qu'il n'y a plus d'engravement significatif pour les débits liquides inférieurs à 20 m³/s. Au delà, les engravements sont limités et n'atteignent le niveau du lit actuel qu'au delà de 30 m³/s, ce qui est significativement supérieur au débit décennal. Sachant que la décrue entraîne une reprise des matériaux, ce résultat signifie une réduction des dépôts à un niveau qui devrait être durablement inférieur au niveau actuel.

Ainsi, l'abaissement du lit qui est proposé conduit à des résultats satisfaisants. Les travaux sont de faible ampleur (abaissement du fond du lit de 60 centimètres au maximum). Cependant, leur réalisation risque d'être très délicate dans l'amas de blocs qui forme le lit, le prélèvement des blocs dans le fond du lit nécessitant vraisemblablement la reconstruction de la berge.

Le pont, entre les profils P20 et P21 risque de compliquer les travaux au point de nécessiter son démontage temporaire.

3.3.3. Curage du lit

En amont du verrou, et jusqu'au P9 qui forme la limite des prélèvements amont, le lit, alluvionnaire sera curé sur une épaisseur de 30 centimètres avec les mêmes préconisations qu'en amont (pas de prélèvement à moins d'un mètre des berges notamment).

Le tableau suivant regroupe les abaissements préconisés dans chacun des profils transversaux :

Profils	Abaissement proposé (cm)
P10 à P17	30
P18	40
P19	30
P20	60
P21	0

3.3.4. Compatibilité avec le remblai écrêteur

Le projet de remblai écrêteur va conduire, dès le remplissage du lac, à l'arrêt de tous les matériaux grossiers en amont. En effet, cet ouvrage présente un fonctionnement du même type que le verrou aval mais dans des proportions bien supérieures.

Trois phases doivent être pris en compte :

- ❖ Au remplissage de la retenue et durant la pointe de crue, on devrait observer une sévère pénurie en matériaux en aval. L'aménagement du verrou n'est alors pas indispensable du point de vue du transport solide. Par contre, il est clairement favorable en majorant la section d'écoulement et en réduisant les risques de débordement et de changement de lit, particulièrement violent ici à cause de la forte capacité érosive du lit. Le transit des matériaux obtenu en amont du verrou permettra une réduction de la pénurie en matériaux et des érosions en aval.
- ❖ Lors de la vidange de la retenue, on risque d'observer un accroissement temporaire - mais très important - de la concentration en matériaux avec une reprise, au moins partielle, des matériaux déposés durant toute la crue. L'approfondissement du verrou est alors neutre en permettant un transit.
- ❖ Après la crue, il est vraisemblable que des curages importants seront nécessaires dans la zone de la retenue et peu être même en aval.

Ainsi, il apparaît que l'influence de l'approfondissement du verrou sera globalement très faible par rapport à celui du remblai écrêteur, et plutôt positif, notamment pour les débits liquides élevés.

3.4. Curage du lit seul

3.4.1. Principe

L'abaissement du lit au droit du verrou rocheux correspond à de très faibles volumes de matériaux mais risque d'être délicat. D'autre part, des travaux de grande ampleur sont projetés dans cette zone si l'ouvrage écreteur est construit.

Ainsi, il peut être intéressant de proposer un curage des matériaux dans la partie aval afin d'apporter une amélioration temporaire. Évidemment, en l'absence d'intervention dans le lit aval, on risque un engravement lors des prochaines crues significatives (soit une période de retour un peu inférieure à la décennie).

3.4.2. Modalité de prélèvement

La solution la plus simple consiste à appliquer un enfoncement du lit de 30 centimètres par rapport au niveau actuel depuis le profil P10 en amont (limite des curages amont) jusqu'au profil P18 (en amont immédiat de l'échelle).

Les mêmes préconisations qu'en amont doivent être appliquées :

- Aucune recharge des berges.
- Prélèvement à plus d'un mètre de la limite du lit mineur et fruit latéral important (de l'ordre de 2H/1V).
- En cas de prélèvement de blocs (plus de 100 kg) ceux-ci seront déposés le long de la rive droite afin de prévenir une érosion.
- Prélèvement présentant une section transversale de forme grossièrement triangulaire avec un point bas permettant la concentration des débits d'étiage.
- Les curages seront réalisés en période d'étiage afin de réduire les interventions dans l'eau.
- Très rapidement, dès les hautes eaux, le lit retrouvera une morphologie naturelle. En effet, les matériaux déposés sont relativement fins et peuvent être remaniés même pour des débits liquides réduits.

3.4.3. Compatibilité avec le remblai écreteur

Les curages proposés ici sont temporaires. Il est donc très probable, que l'effet des curages ait disparu bien avant la réalisation du remblai écreteur.

Une fois le remblai écreteur construit, il existera une disproportion entre la capacité de cet ouvrage et celui du lit aval. Les réseaux seront alors sérieusement menacés et il est probable que la capacité du lit aval doive être augmentée, notamment au droit du verrou aval.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Carte de situation du site.....	1
Figure 2 : Profil en long général du Doron des Allues.	3
Figure 3 : Vue d'ensemble du bassin versant en amont du Vallon du Fruit.	4
Figure 4 : Vue d'ensemble du secteur du Plan de Tuéda (Géoportail).....	4
Figure 5 : Cours aval du Doron des Allues (Géoportail).	5
Photo 6 : Front du glacier de Gébroulaz.....	6
Photos 7 & 8 : Zones de régulation en aval du glacier.....	7
Photo 9 : Secteur à forte pente en aval du glacier.	8
Figure 10 : Confluence avec le ruisseau de Chanrouge au Saut.	9
Photos 11 & 12 : Éboulement et Vallon du Fruit.	10
Photo 13 : Pré du Petit Jean et Plan de Tuéda.	11
Figure 14 : Vue d'ensemble du Plan de Tuéda.	12
Figure 15 : Profil en long du fond en 2006.	13
Figure 16 : Mesure de hauteur d'eau sur le site.	14
Photos 17 & 18 : Confluent avec le torrent du Vallon.	15
Photos 19 & 20 : Aval du confluent avec le torrent du Vallon.....	16
Photos 21 & 22 : Amont de la rupture de pente.	17
Photos 23 & 24 : Dépôt au droit de la mare.....	18
Photos 25 & 26 : Extrémité aval du Plan de Tuéda.	19
Figure 27 : Évolution du profil longitudinal au plan du Tuéda.....	20
Figure 28 : Coupe schématique des prélèvements de matériaux.....	24
Figure 29 : Vue schématique du réaménagement de la route.....	25
Figure 30 : Coupe schématique des protections de berge rive gauche.	26
Photo 31 : Rétrécissement du lit et augmentation de pente.	27
Figure 32 : Dépôt temporaire en amont d'un rétrécissement.	29
Figure 33 : Niveaux pour le débit liquide de 20 m ³ /s.....	31
Figure 34 : Évolution des fonds pour différents débits.	32
Figure 35 : Conditions d'écoulement pour le débit liquide de 20 m ³ /s.	33
Figure 36 : Évolution des fonds après aménagements pour différents débits liquides.	34

