

Département des Alpes de Haute Provence
Périmètre RTM de l'Ubaye
Forêt Domaniale de Costebelle
Division Domaniale du torrent des Sanières
UBA_COSTEBEL_9

Torrent des Sanières

Etude de bassin de risques

Rapport - Décembre 2015



Service RTM
des Alpes de Haute Provence
7, rue Monseigneur Meirieu
04000 Digne-les-Bains
Tél. : 04.92.32.62.00 - Fax : 04.92.32.62.01
E.mail : rtm.digne@onf.fr



Table des Matières

I	Introduction	7
I.1	Situation géographique	7
I.2	Contexte	8
I.3	Objectifs	8
I.4	Périmètre de l'étude et situation foncière	9
I.5	Hierarchisation des phénomènes	9
I.6	Documents de référence	10
I.7	Rédacteurs de l'étude	10
II	Description du bassin versant	11
II.1	Caractéristiques générales du bassin versant des Sanières	11
II.2	Contexte géologique	13
II.2.1	Contexte Général	13
II.2.2	L'héritage glaciaire	15
II.2.3	Géomorphologie détaillée du bassin versant des Sanières	15
II.2.4	Influence sur les mouvements de terrain	17
II.3	Analyse des autres aléas	21
II.4	Caractérisation du réseau hydrographique	22
II.4.1	Organisation générale	22
II.4.2	Identification des zones de production de matériaux disponibles pour le transport solide	23
II.4.3	Description des profils en long	24
II.4.4	Description du lit et des profils en travers	27
II.5	Enjeux concernés	34
II.6	Description des peuplements forestiers et de l'aménagement	35
II.6.1	Présentation générale	35
II.6.2	Description des peuplements et de l'aménagement	36
II.7	Contexte Environnemental	39
III	Historique des évènements	40
III.1	Crues	40
III.1.1	Synthèse historique des crues	40
III.1.2	Analyse des crues de 1874 du 8 août 1876	42

III.1.3	Analyse détaillée des crues de 2002 et 2003	43
III.2	Eboulement de la Roche Plombée	44
III.3	Evolution de la surface boisée	45
IV	Analyse historique de la création de la division domaniale RTM des Sanières	48
IV.1	Date de création du périmètre et premiers objectifs de protection	48
IV.2	Modifications du périmètre	48
V	Description des dispositifs et des ouvrages de protection existants	49
V.1	Description générale des dispositifs domaniaux	49
V.2	Dispositif domanial « Parc ONF »	50
V.3	Dispositif domanial « Endiguement »	52
V.4	Dispositif domanial « La Rua »	53
V.5	Dispositif domanial « Couarp Aval »	54
V.6	Dispositif domanial « Aval Cascade »	54
V.7	Dispositif domanial « Amont Cascade »	56
V.8	Dispositif domanial « Fumet »	58
V.9	Dispositif domanial « Clapière Jausiers »	59
V.10	Dispositif domanial « Clapière Faucon »	60
V.11	Dispositifs non domaniaux	61
VI	Historique et bilan des travaux domaniaux	63
VI.1	Travaux réalisés de 1863 à 1911	63
VI.1.1	Bilan sur l'efficacité des ouvrages réalisés de 1863 à 1911	65
VI.2	Travaux réalisés entre 1950 et 2014	66
VI.2.1	Création de nouveaux barrages	66
VI.2.2	Déviations du lit sur le cône de déjection en 1957-1958	67
VI.2.3	Travaux d'entretien des ouvrages	68
VI.3	Bilan financier	68
VI.3.1	Somme investie pour la réalisation de nouveaux ouvrages	68
VII	Analyse hydrologique et hydraulique	70
VII.1	Analyse hydrologique	70
VII.1.1	Etude des précipitations à pas de temps journalier	70

VII.1.2	Etude des précipitations à faible pas de temps	70
VII.1.3	Estimation des débits de crue liquide décennale et centennale	71
VII.2	Analyse hydraulique	72
VII.2.1	Transport solide par charriage	72
VII.2.2	Estimation des volumes de laves torrentielles	73
VII.2.3	Calcul du débit des laves	75
VII.2.4	Choix des paramètres rhéologiques et estimation des hauteurs de lave	75
VII.2.5	Impact prévisible de l'éboulement de la Roche Plombée	77
VII.2.6	Points critiques sur le cône de déjection	77
VIII	Diagnostic et efficacité globale du système de protection existant	78
VIII.1	Choix du scénario de référence	78
VIII.2	Diagnostic et efficacité du système de protection	78
VIII.2.1	Ouvrages domaniaux de correction torrentielle	78
VIII.2.2	Impact des boisements de stabilisation en partie domaniale	87
IX	Définition de la stratégie d'aménagement du bassin versant	88
IX.1	Mise en œuvre immédiate	88
IX.2	Mise en œuvre rapide souhaitable	90
IX.3	Mise en œuvre en cas de dégradations ou de dysfonctionnement	91
X	Dépassement de la crue de référence / Défaillance du dispositif	92
X.1	Comportement au-delà du scénario de référence	92
X.2	Comportement en cas de défaillance du dispositif	92
	Liste des tableaux	94

I Introduction

I.1 Situation géographique

Le torrent des Sanières s'écoule quasiment exclusivement sur le territoire de la commune de Jausiers dans le département des Alpes de Haute-Provence. Seule une partie de sa tête de bassin, située sur son extrême partie nord-ouest, est positionnée sur le territoire communal de Faucon-de-Barcelonnette. Il est situé en adret du bassin de Barcelonnette, en rive droite de l'Ubaye.

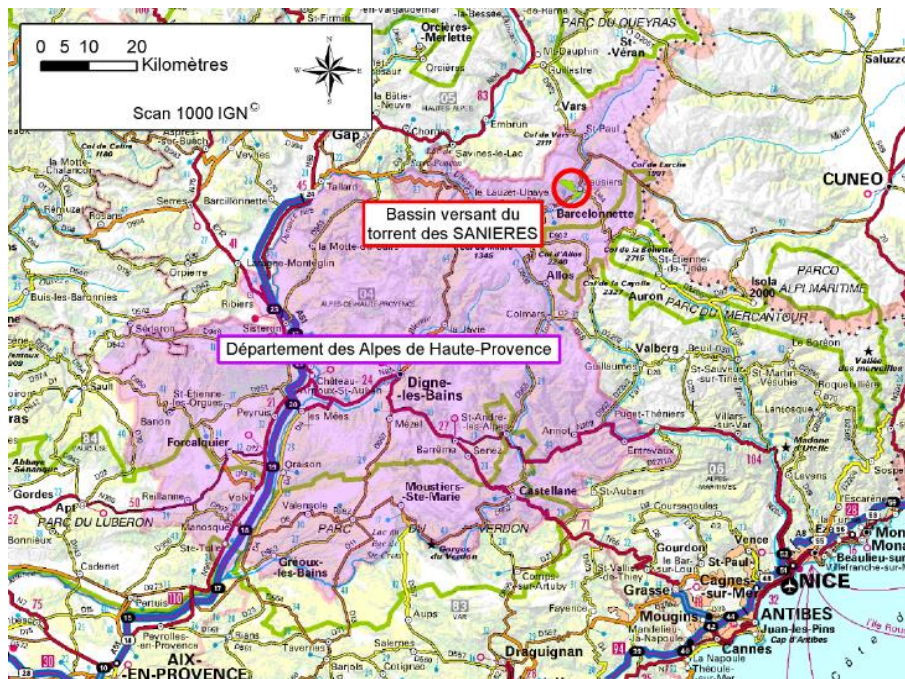


Figure 1. Carte de situation du bassin versant sur fond IGN scan 1000

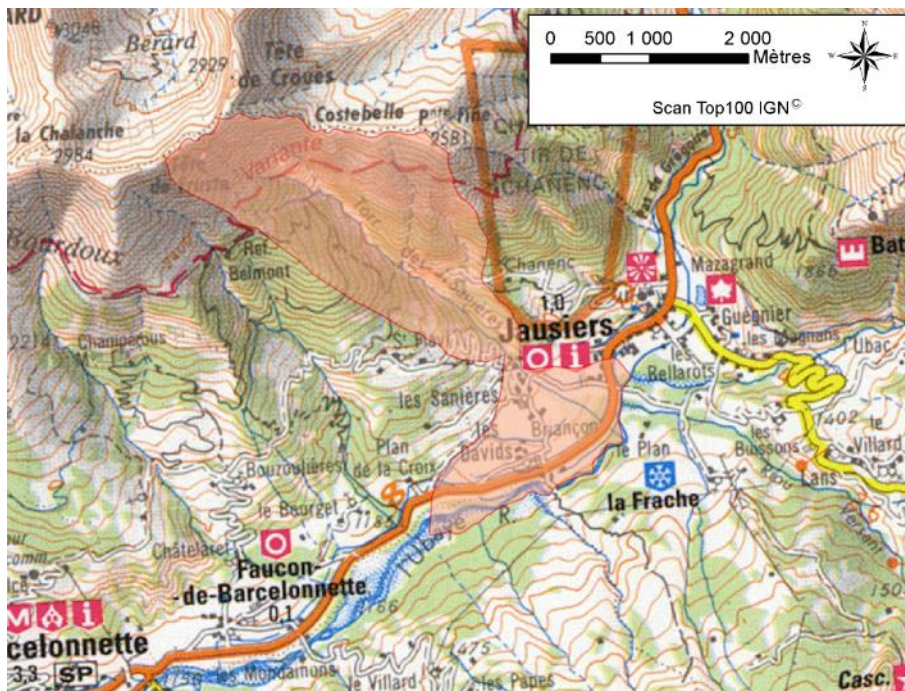


Figure 2. Carte de situation du bassin versant sur fond IGN Top 100

I.2 Contexte

Depuis 150 ans que les aménagements (génie biologique et génie civil) ont commencé à être mis en place dans les séries domaniales, il n'existe pas, à l'exception de quelques initiatives locales, d'études détaillées des bassins versants. Or ce sont justement l'analyse détaillée des bassins versants et la connaissance la plus fine des phénomènes qui s'y développent, qui justifient la présence et le dimensionnement des dispositifs et ouvrages.

L'étude des bassins versants domaniaux paraît incontournable pour évaluer le niveau de maîtrise de l'aléa atteint aujourd'hui et pour justifier la poursuite de notre action.

Dans un contexte où l'utilisation des crédits publics doit être optimisée, où toute dépense publique doit être justifiée et la continuité écologique recherchée, nous devons réfléchir à la pertinence et au maintien de certains dispositifs existants et concentrer nos efforts sur les dispositifs les plus stratégiques au regard des enjeux qu'ils protègent.

C'est pourquoi, le MAAF a jugé pertinent de financer une nouvelle action auprès des services RTM, qui consiste à l'étude des bassins de risques domaniaux RTM.

Ces études permettront de conforter notre expertise sur la fiabilité et la pertinence des ouvrages et dispositifs existants sur les terrains domaniaux RTM, ce qui est d'ailleurs un des objectifs fixés par l'Etat pour ces prochaines années, dans le cadre du contrat d'objectifs et de performance Etat - ONF – FNCOFOR 2012-2016 :

« Concernant les terrains domaniaux RTM, où plus de 17 000 ouvrages sont recensés dans la BD RTM, l'Etat demande au service RTM de l'ONF de conforter son expertise en vue de mieux contrôler la fiabilité et la pertinence socio-économique de ce parc d'ouvrages, au regard de l'évolution des enjeux dans les territoires montagnards. L'Etat assurera ainsi, avec l'appui du service RTM, une programmation refondée des travaux (financés hors contrat) dans les terrains domaniaux, incluant notamment des premières interventions en faveur du renouvellement des peuplements forestiers jouant un rôle de protection avéré. »

Le bassin versant du torrent des Sanières a été retenu comme sujet pour cette première série d'études de bassins de risques notamment pour les raisons suivantes :

- Il a connu les crues parmi les plus importantes de la vallée de l'Ubaye au cours de ces 16 dernières années ;
- Son cône de déjection présente de nombreux enjeux ;
- Il a fait l'objet d'une intense correction torrentielle depuis la fin du XIX^{ème} siècle (c'est l'un des torrents les plus corrigés de la vallée de l'Ubaye).

I.3 Objectifs

Les objectifs de l'étude sont multiples. Au niveau local, l'objectif principal est de définir une stratégie d'intervention pertinente sur les dispositifs RTM s'appuyant sur :

1. une description complète des aléas affectant le bassin versant ;
2. un bilan des actions de défense réalisées par le passé ;
3. une analyse des risques susceptibles de menacer les enjeux recensés ;
4. une analyse de l'efficacité du système de défense ;
5. la proposition d'une stratégie de gestion et/ou d'aménagement pour l'avenir.

Dans un cadre plus global, les études de bassins versants ont également pour objectif de rationaliser l'action de l'Etat dans le domaine de la prévention des risques naturels.

Il s'agit pour les services RTM d'aboutir à une clef de répartition des crédits de travaux suivant des critères plus objectifs qu'une simple logique historico-géographique qui a longtemps prévalu.

I.4 Périmètre de l'étude et situation foncière

Le périmètre de l'étude correspond à l'ensemble du bassin versant topographique du torrent des Sanières, jusqu'à la confluence avec l'Ubaye (cf. bassin versant délimité sur la figure suivante et présentée au format A4 en annexe 1).

Le bassin versant topographique du torrent des Sanières draine une surface d'environ 4,7 km² (à l'apex du cône de déjection). A l'intérieur de ce bassin versant topographique, la division domaniale du torrent des Sanières couvre 4,3 km², soit 91 % de la surface totale du bassin versant étudié.

Le torrent présente la particularité de s'écouler également sur une partie de son cône de déjection en terrains domaniaux. C'est effectivement le cas à l'aval du pont de Briançon et jusqu'à l'Ubaye pour une surface totale de 0,2 km². Cette surface représente environ 10% de la surface totale du cône de déjection géologique du torrent des Sanières. Le reste du cône de déjection est situé en partie communale ou privée.

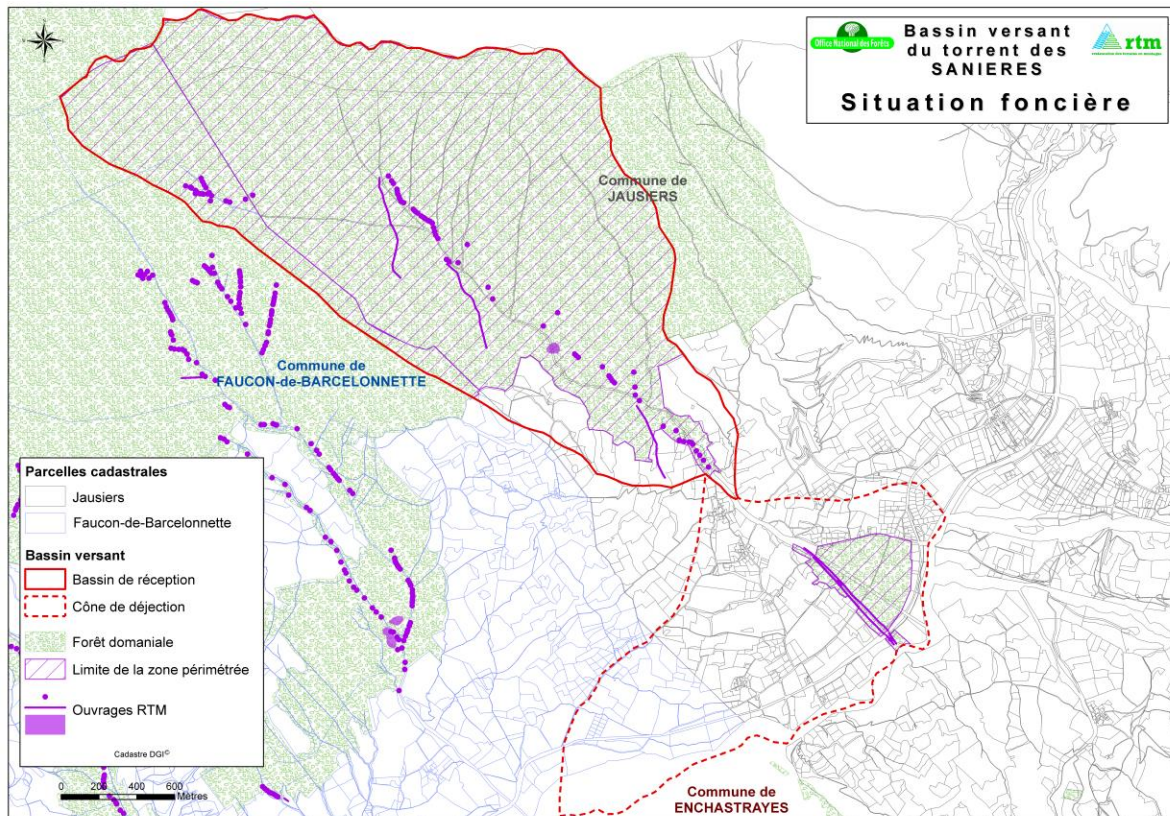


Figure 3. Carte de situation foncière du bassin versant

Les dispositifs RTM, tout comme les zones de déclenchement des principaux aléas (cf. suite de l'étude), sont principalement positionnés en Forêt Domaniale.

I.5 Hiérarchisation des phénomènes

Le bassin versant étudié est principalement concerné par les phénomènes suivants :

- les phénomènes torrentiels induits par le torrent (inondations, ravinement);

- des glissements de terrain non connectés (dans une moindre mesure) et connectés (dans une plus forte mesure) au torrent ;
- Un écoulement important – se transformant également en glissement sur sa partie Est - produit en août 2013 (site de la Roche Plombée), toujours actif aujourd'hui, et susceptible d'apporter une grande quantité de matériaux.

Nous verrons dans la suite de l'étude que les phénomènes « avalanches » et « chutes de bloc » sont bien moins préoccupants dans le bassin versant des Sanières.

I.6 Documents de référence

Tous les documents consultés lors de l'élaboration de cette étude de bassin versant sont présentés en fin de rapport (« Références bibliographiques »).

I.7 Rédacteurs de l'étude

L'équipe projet est composée de :

Chef de service (CS)	Charles BOSSHARDT
Responsable de l'étude (RE)	Marc FOUQUET
Ingénieur territorial (IT)	Christian DEYMIER
Technicien territorial (TT)	Michel PEYRON
Responsable information géographique (IG)	Michel RENAUD
Resp. Recherche études existantes	Nathalie RAGUIDEAU
Resp. Recherche documents historiques	Nathalie RAGUIDEAU
Resp. Recherche évènements	Michel RENAUD
Hydraulicien	Marc FOUQUET
Géologue(s)	Delphine CAUBET - Michel TUCHE
Dessinateur-topographe /Ing. génie civil	Benoît SERRA
Assistante administrative	Nathalie RAGUIDEAU

Tableau 1 : Composition de l'équipe projet

II Description du bassin versant

L'objectif de cette partie est de fournir une description détaillée du bassin versant, de son réseau hydrographique et des principaux phénomènes ayant une influence sur les écoulements en crue (ravinement, glissements de terrain, chutes de blocs) ou une importance propre vis-à-vis des enjeux qu'ils sont susceptibles d'impacter. La cartographie des enjeux est également présentée.

II.1 Caractéristiques générales du bassin versant des Sanières

Le torrent des Sanières est un affluent rive droite de la rivière torrentielle Ubaye – son exutoire. Il prend sa source aux pieds des crêtes rejoignant les têtes de Fin Fond (2872 m d'altitude) et de Frustra (2926 m d'altitude).

Le bassin versant est délimité à l'Ouest par les crêtes de Fumet et à l'Est par une crête sans nom menant à un sommet (sans nom également) situé à proximité de Pointe Fine (2581 m d'altitude). La forme générale du bassin versant est plutôt allongée, avec une partie intermédiaire plus large que sur ses extrémités.

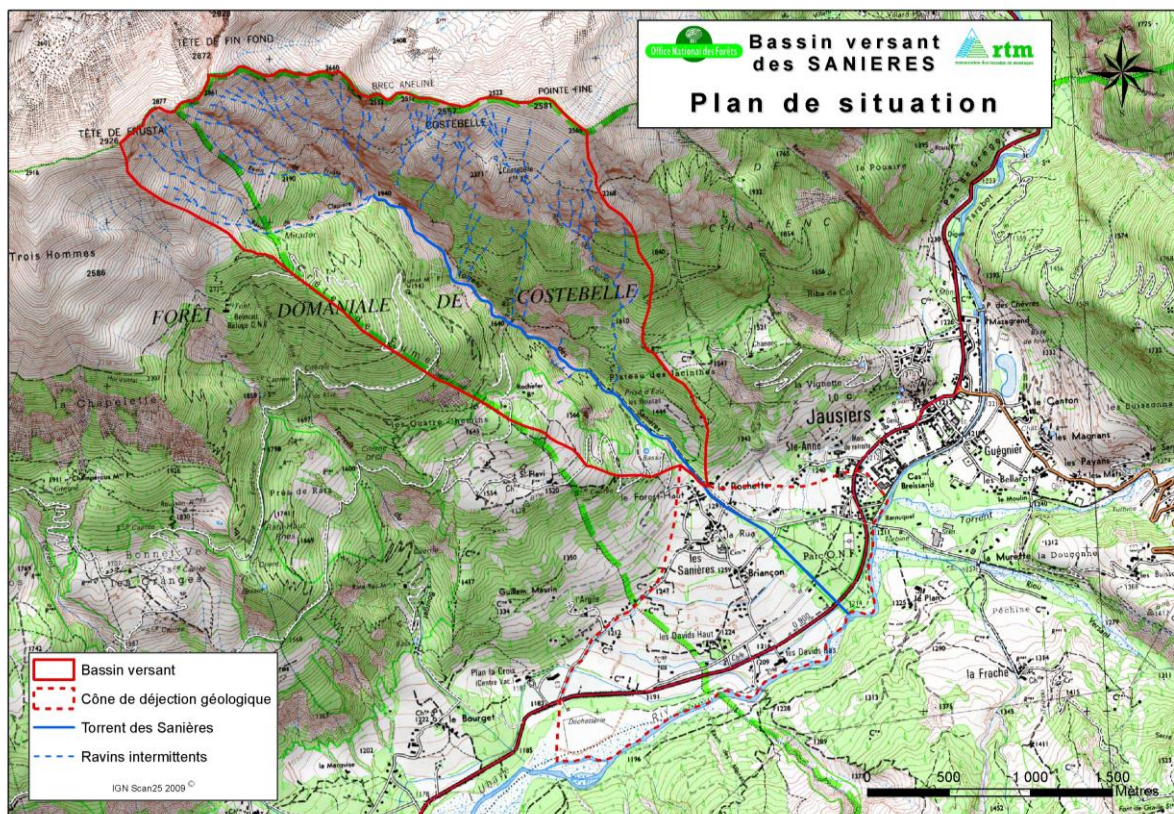


Figure 4. Carte de localisation du bassin versant sur fond IGN

Les caractéristiques du bassin versant des Sanières sont récapitulées dans le tableau suivant.

Le torrent s'écoule sur un linéaire de 6 km dans un long et profond chenal au tracé et au profil transversal changeant. Il draine une superficie de 4,7 km² (au sommet du cône de déjection) et présente une dénivellation importante de 1600 m entre son point culminant et son exutoire à 1 200 m.

Donnée / paramètre		Unité	Valeur
A	Surface BV	km ²	4.71
P	Périmètre	km	10.21
KG	Coefficient de Gravelius	-	1.33
Zmax	Altitude max	m NGF	2926
Zmin	Altitude min	m NGF	1310
Zmoy	Altitude moyenne du BV	m NGF	2062
L	Longueur du plus long chemin hydraulique (planimétrie)	m	5958
i	Pente moyenne du BV	%	27%

Tableau 2 : Grandeurs caractéristiques du bassin versant du torrent des Sanières

L'altitude moyenne du bassin versant est élevée puisqu'elle se situe à environ 2060 m : seule une assez faible partie supérieure du bassin (située au-dessus de 2350 m) se positionne au-dessus de la limite supérieure de la végétation forestière. Le reste du bassin versant est situé en dessous de cette limite ce qui permet un bon développement de la végétation lorsque le sol est adapté. Les pentes supérieures sont cependant souvent trop fortes pour permettre toute forme d'implantation.

La pente moyenne du cours d'eau est de 27 %, caractéristique d'un cours d'eau torrentiel dont l'écoulement est rapide et le transport solide important.

La caractérisation de la forme du bassin versant est donnée par l'indice de compacité de GRAVELIUS « K_G » calculé à l'aide de la formule suivante : $K_G = 0,28 \times P/\sqrt{A}$. L'indice de compacité de GRAVELIUS compare le périmètre du bassin P à celui d'un cercle qui aurait la même superficie A que le bassin considéré. L'importance de cette information est évidente dans le comportement du bassin du point de vue du ruissellement donc de l'érosion (MAKOKO et al., 1986). Le coefficient est nécessairement supérieur à 1 et est d'autant plus grand que le bassin versant est allongé.

Dans notre cas du bassin versant des Sanières, le coefficient de GRAEVLIOUS est de 1,3, correspondant à une forme de bassin versant plutôt allongée. La concentration des écoulements y est plus longue et la pointe de crue atténuée comparativement à des bassins qui auraient une forme circulaire.

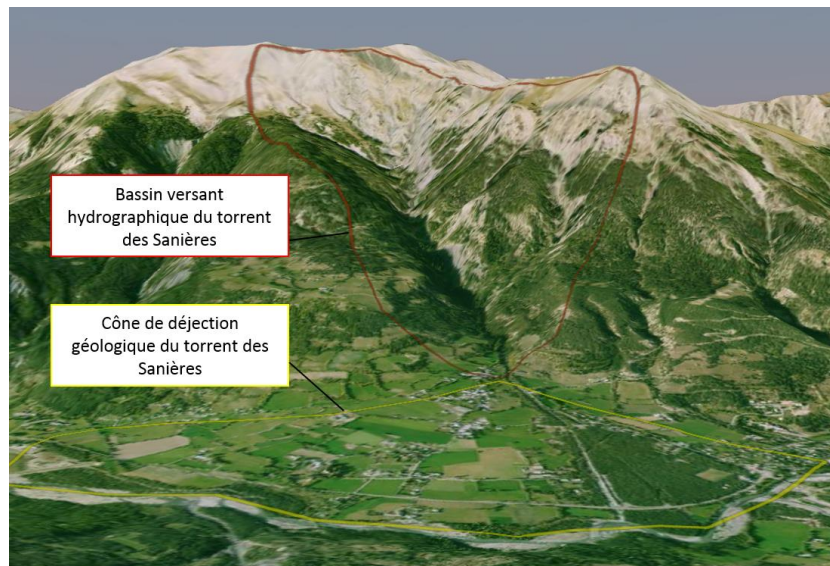


Figure 5. Délimitation 3D du bassin versant et du cône de déjection géologique

Le cône de déjection géologique est très vaste puisqu'il possède une superficie de près de 2 km², signe d'une activité ancienne particulièrement soutenue. Il s'étale entre les altitudes 1310 m (apex) et 1200 m en bordure de l'Ubaye.

II.2 Contexte géologique

Une grande partie des contenus des paragraphes ci-dessous sont issus de la thèse « morphologie et dynamique des laves torrentielles : applications aux torrents des Terres Noires du bassin de Barcelonnette » (ETUDE-1) réalisée en 2006 par A. Remaître.

II.2.1 Contexte Général

La zone d'étude (délimitée en rouge sur la figure suivante) prend place au sein des nappes de l'Embrunais-Ubaye dans le domaine interne des Alpes du Sud.

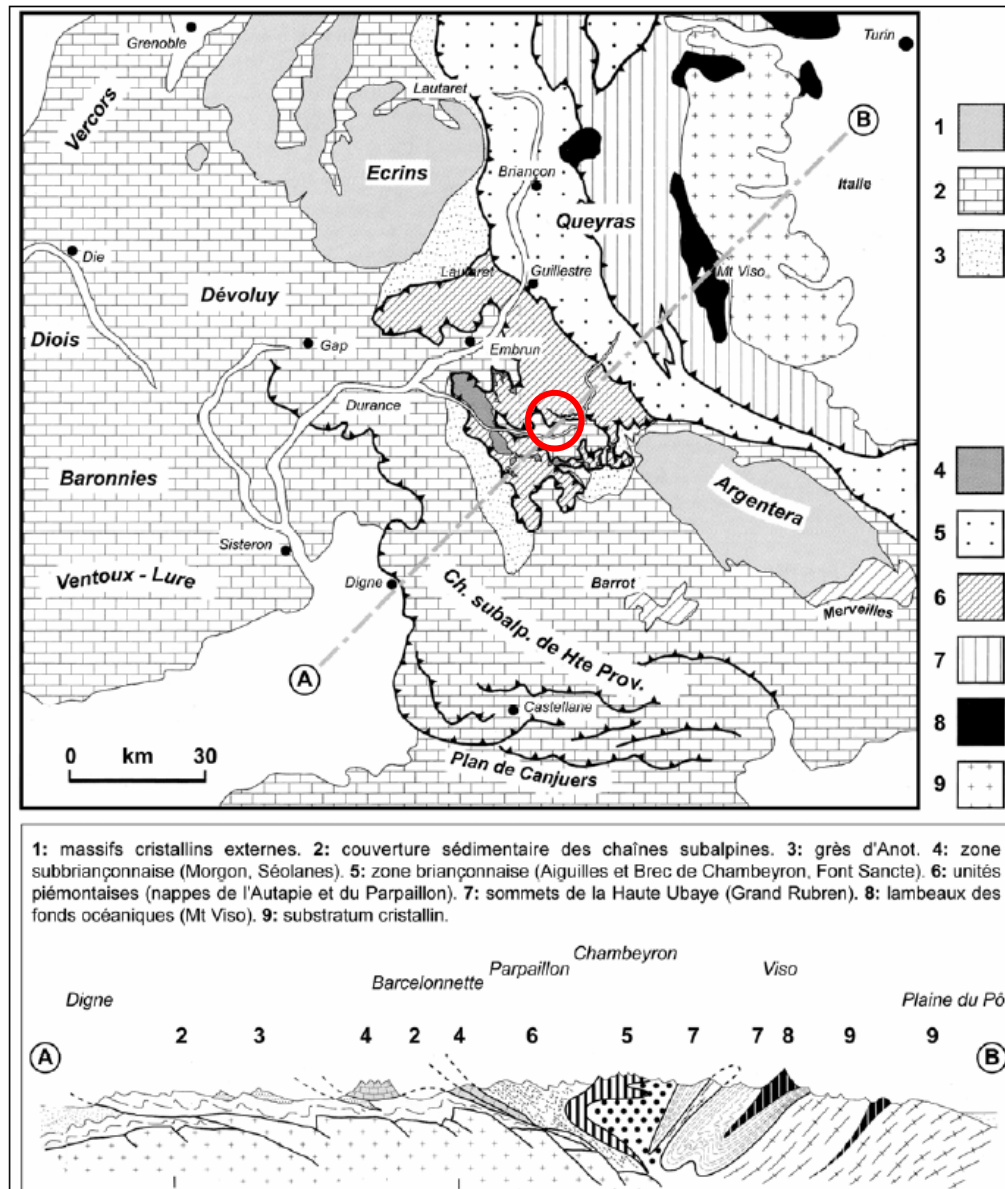


Figure 6. Croquis morphostructural et coupe géologique des Alpes du Sud (source : Evin, 1997)

Les nappes de l'Embrunais-Ubaye sont composées de deux nappes lithologiquement différentes :

- La nappe inférieure au Sud de Barcelonnette, dite Nappe de l'Autapie, est composée de flyschs à Helminthoïdes et/ou de flyschs dissociés (schistes noirs,

calcaires gréseux et brèches siliceuses). Elle repose directement sur les terrains autochtones ;

- Au Nord de Barcelonnette, la nappe du Parpaillon recouvre en partie la Nappe de l'Autapie, mais sur certaines zones, elle repose en discordance sur les terrains autochtones. Les faciès sont essentiellement des flyschs à Helminthoïdes, des grès de l'Embrunais et des schistes noirs. La destruction de la couverture autochtone (triasique et jurassique) a formé de nombreuses écailles constituant la zone Briançonnaise.

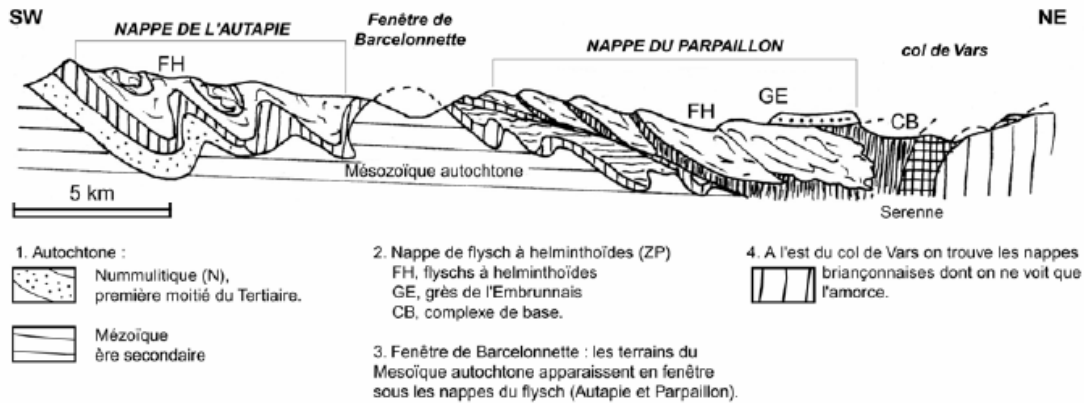


Figure 7. Coupe géologique de la moyenne Ubaye (source Evin, 1997)

Les nappes de charriage du domaine interne, lors de leur déplacement d'Est en Ouest, ont incorporé des fragments rocheux de terrains sous-jacents à la manière d'un rabout. Ces fragments rocheux collés à la base des nappes (écailles) et les lambeaux des nappes de l'Autapie et du Parpaillon (klippes) arment la majorité des crêtes méridionales (versant ubac) du bassin de Barcelonnette. Parmi ces crêtes citons entre autre la grande Séolane (2909 m) ou encore le chapeau de Gendarme (2685 m). **Les crêtes septentrionales (versant adret) du bassin de Barcelonnette sont armées massivement par les nappes de l'Embrunais Ubaye. Parmi ces crêtes citons entre autre la Tête de Louis XVI (2408 m) ou encore la Chalanche (2984 m).**

Les affleurements allochtones résistants sont très développés, à partir de 1600 m d'altitude. Les crêtes sommitales sont armées intégralement par la Nappe du Parpaillon, la plus récente et la moins déformée. La partie supérieure du bassin versant, entre 1900 et 3000 m d'altitude, est armée par les écailles basales de la Nappe du Parpaillon et la Nappe de l'Autapie, avec divers faciès de flyschs.

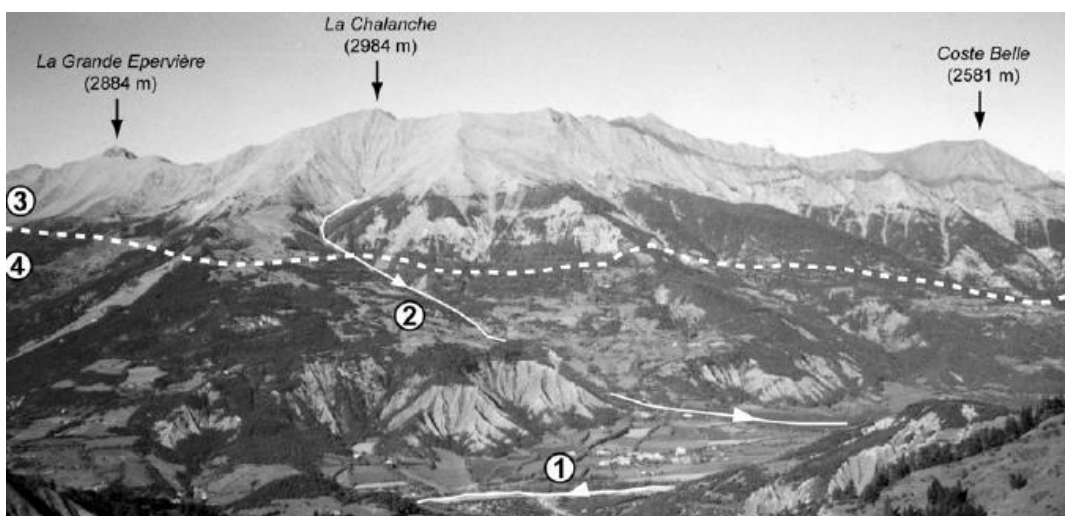


Figure 8. Vue sur le bassin versant adret du bassin de Barcelonnette (A. Remaître, 2004)

L'érosion différentielle a dégradé une fenêtre tectonique dans les nappes, laissant apparaître les terrains autochtones du Mésozoïque. L'autochtone se présente comme une épaisse série sédimentaire s'étendant du Trias à l'Eocène supérieur. Les affleurements sont dans la grande majorité des marno-calcaires de l'Argonien et surtout les « Terres Noires » du Callovo Oxfordien.

Les « Terres Noires » sont constituées d'une succession d'assises argileuses et marneuses faillées et marquées par de brusques et fortes variations de pendage. Elles atteignent 250 à 300 m d'épaisseur dans le bassin.

II.2.2 L'héritage glaciaire

La structure géologique initiale du bassin de Barcelonnette a été fortement remodelée par le glacier de l'Ubaye et par de nombreux petits affluents lors de la dernière glaciation quaternaire. Long d'une soixantaine de kilomètres et épais d'environ 600 à 800 m, le glacier de l'Ubaye a creusé de nombreux ombilics, tel celui de Barcelonnette, comblés de nos jours par les alluvions de l'Ubaye.

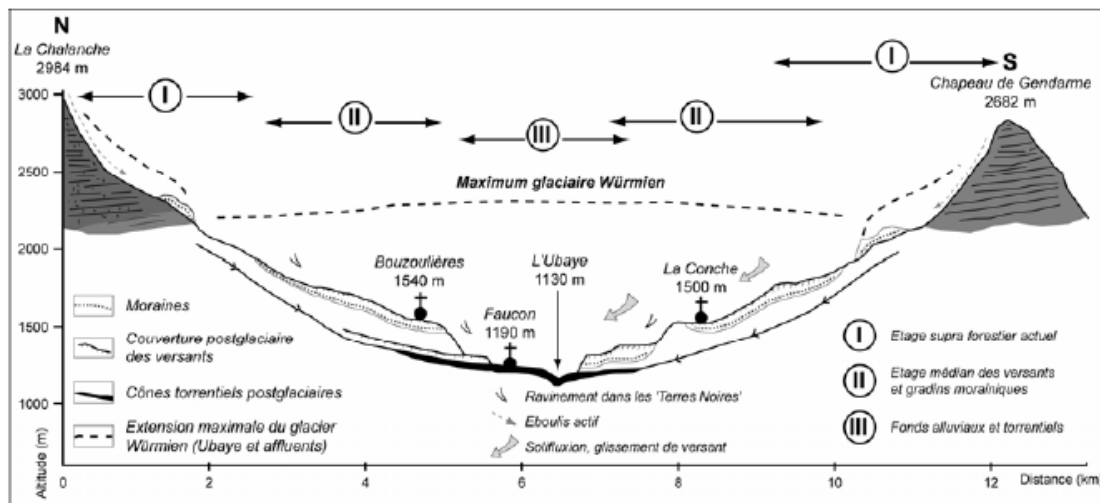


Figure 9. Extension latérale du glacier de l'Ubaye, localisation des dépôts glaciaires et morphodynamique dans le bassin de Barcelonnette (Jorda, 1980)

Les formes glaciaires, nombreuses et variées (terrasses, glaciers rocheux, arc et cordons morainiques, roches moutonnées), jalonnent l'ensemble de la vallée. Les formations glaciaires masquent une grande partie des affleurements marneux sur des épaisseurs pouvant atteindre une vingtaine de mètres. Les dépôts glaciaires et périglaciaires sont très riches en matrice fine de teinte beige claire à gris foncé. Des blocs morainiques hétérométriques jonchent les fonds de vallons ou les versants, en particulier sur l'ubac. Reposant sur le substrat marneux imperméable, ces formations morainiques sont souvent affectées par des mouvements superficiels. Ces formations superficielles instables fournissent une partie de la charge des torrents lors des crues et sont impliquées plus ou moins directement dans les glissements de terrain.

II.2.3 Géomorphologie détaillée du bassin versant des Sanières

La carte morphologique du bassin versant du torrent des Sanières est présentée page suivante.

Principales remarques :

Division Domaniale du torrent des Sanières – Etude de bassin de risques

- Les terrains sont constitués majoritairement par les calcaires et les flyschs de la nappe du Parpaillon. Cette lithologie s'étend de 2900 m à 1350 m.
- Le torrent affouille les Terres Noires entre 1750 et 1200 m d'altitude.
- Des formations glaciaires recouvrent par bribes les affleurements des nappes et de marnes en dessous de 2100 m d'altitude environ en rive droite et 1700 m en rive gauche.

La présence de berges très raides, très hautes et de composition très érodables fait que le chenal du torrent est ainsi fortement sensible aux phénomènes d'affouillement sur pratiquement tout son linéaire.

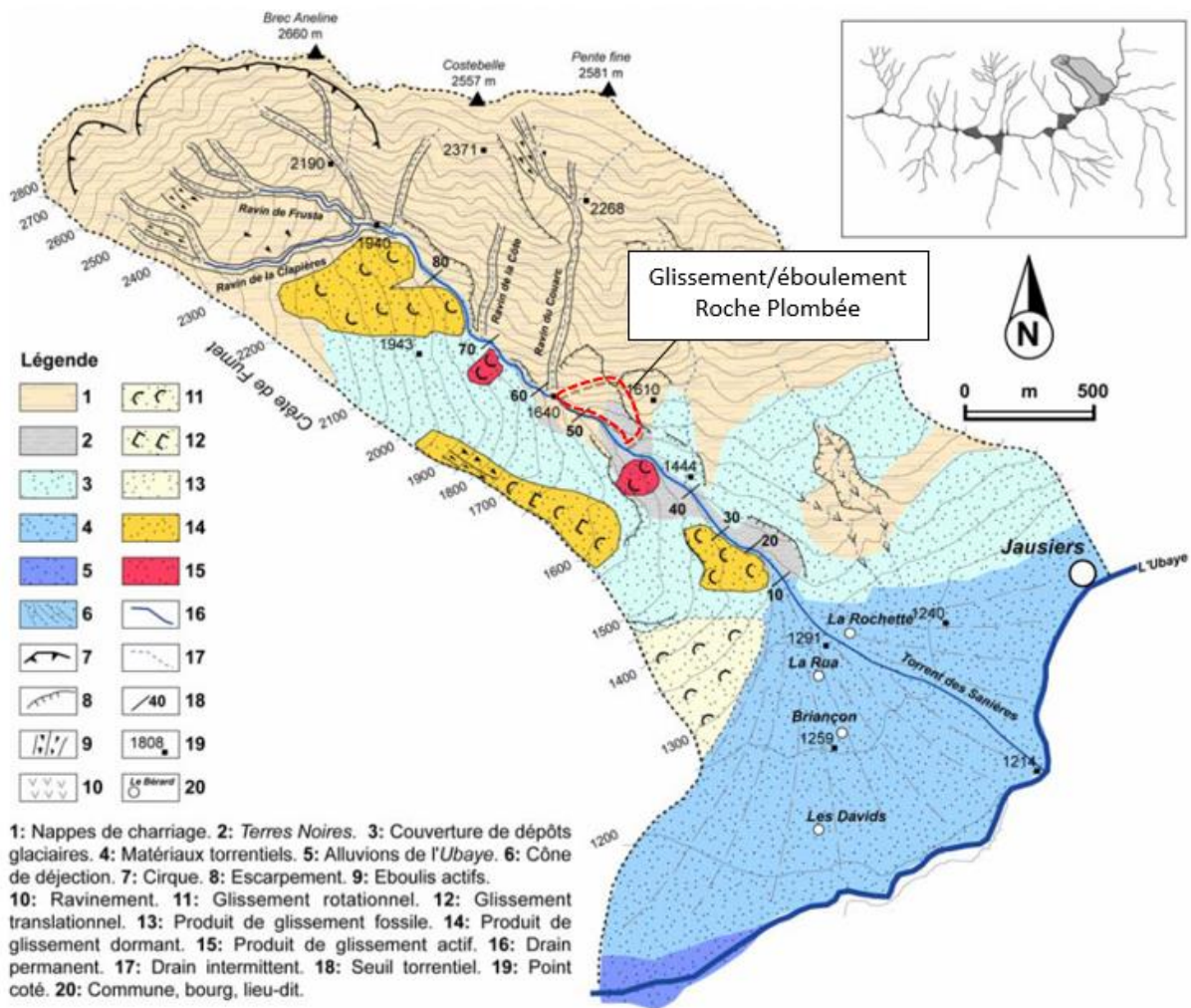


Figure 10. Carte géomorphologique du bassin versant des Sanières (A. Remaître, 2006 + adaptation RTM 2015)

Notons que cette carte a été réalisée avant l'éboulement/glissement de Roche plombée de 2013. Nous avons donc ajouté en pointillés rouges les limites grossières de ce phénomène. Seuls quelques escarpements rocheux avaient été initialement identifiés dans cette zone.

II.2.4 Influence sur les mouvements de terrain

Les terrains contigus au chenal torrentiel sont parfois affectés par des mouvements de terrains, de quelques dizaines à quelques milliers de mètres cubes. Les principaux mouvements affectant le bassin versant du torrent des Sanières sont les glissements de terrain, les ravinements, et les éboulements.

Leur cartographie détaillée est présentée en annexe 2 (cartographie aléa/enjeux du programme de Renouveau des Peuplements).

II.2.4.a Les glissements de terrain

Comme l'indique la carte géomorphologique précédente, les principaux glissements de terrain se situent en rive droite du chenal d'écoulement. De nombreux ouvrages ont été créés pour caler leurs pieds et la situation est actuellement semble contrôlée ; bien reboisés et végétalisés, les glissements de rive droite possèdent une activité modérée.

Depuis l'éboulement important de Roche Plombée, un glissement important s'est formé en marge Est, en rive gauche du torrent, en août 2013. La description détaillée de ce phénomène est abordée dans la suite de l'étude.

II.2.4.b Les ravinements

Le phénomène de ravinement - ou l'entraînement mécanique des particules de sol par les eaux de ruissellement - se manifeste principalement dans les terrains tendres à dominance argileuse ou marneuse (les Terres Noires). Ces dernières présentent des entailles vives dans le versant.

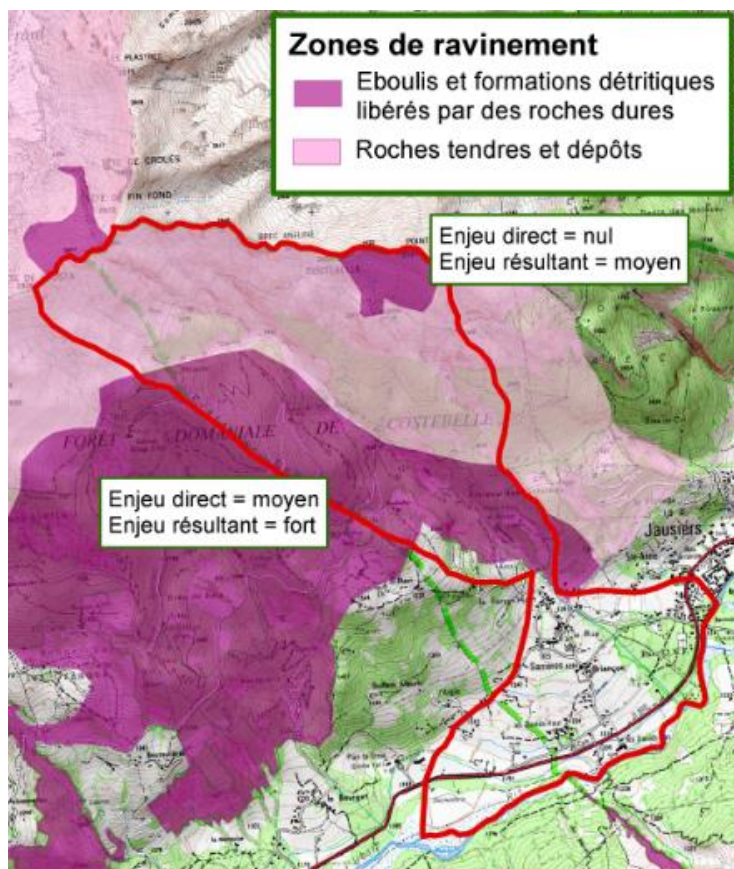


Figure 11. Cartographie RPP de l'aléa ravinement (RTM, 2010)

Le développement de ce phénomène est favorisé par différents paramètres : la nature et l'épaisseur des terrains affleurant, la topographie, la présence et la densité du couvert végétal et l'intensité des précipitations. Le ravinement contribue activement à alimenter les ravins en fines.

Comme nous pouvons l'observer sur la figure précédente, le phénomène de ravinement est très présent dans le bassin versant du torrent des Sanières.

L'emprise de l'aléa ravinement le plus important englobe :

- Une grande partie de la rive droite du chenal entre 1650 m 2000 m d'altitude ;
- Les deux berges du chenal entre 1310 m et 1650 m d'altitude.

II.2.4.c Les chutes de pierres/blocs : description générale

En rive gauche, les parties supérieure et intermédiaire du bassin versant sont parsemées de multiples falaises et barres rocheuses délitées fournissant de nombreux matériaux aux ravines très encaissées positionnées à leur aval.

Ces chutes de blocs ne sont cependant pas susceptibles de toucher directement des enjeux.



Figure 12. Partie supérieure du bassin versant des Sanières – barres rocheuses

L'énorme éboulement qui s'est produit le 4 août 2013 au niveau du site de la Roche Plombée nous rappelle que ces phénomènes peuvent être particulièrement violents dans le bassin versant.

II.2.4.d Cas particulier de l'éboulement récent de la Roche Plombée

Les conséquences – notamment hydrauliques – de l'éboulement de la Roche Plombée (débuté le 4 août 2013 et toujours actif actuellement) ont été étudiées en détails par le RTM et le bureau d'étude ETRM dans « l'étude de l'impact de l'éboulement de la Roche plombée sur le torrent des Sanières » (étude - 2).

Les éléments ci-dessous, extraits de cette étude, ont été rédigés par M. Truche (Direction Technique – RTM) en octobre 2013.

II.2.4.d.1 Cadre géographique

Depuis le 4 août 2013 en forêt domaniale RTM de Costebelle, le versant rive gauche du torrent de Sanières à l'aval de la cascade (cote 1470 m) et en contrebas du sentier PR du Plateau des Jacinthes, est le siège d'un éboulement. Intensément actif par des chutes continues de blocs et terres, il couvre actuellement une surface de 11,5 ha. Un compartiment rocheux disloqué d'une surface estimée à 0,7 ha entre 1650 m et 1560 m d'altitude sur 103 m de long en front et 55 m entre le rebord et la couronne de décrochement est actuellement impliqué. Un abaissement de plus de 10 m a pu être mesuré en marge Est au niveau du sentier PR (cote 1610 m).

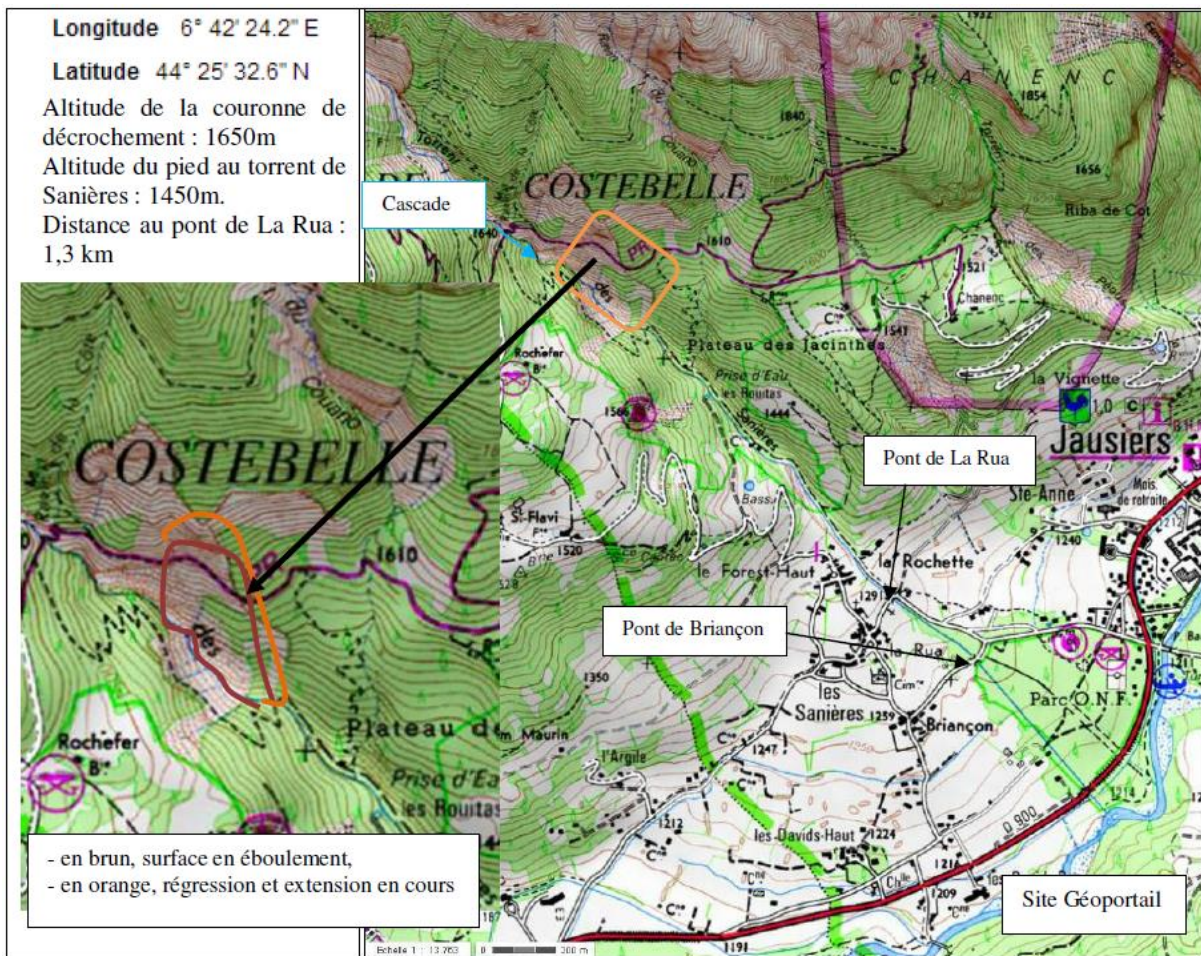


Figure 13. Localisation de l'éboulement de la Roche Plombée

A l'heure actuelle (en 2015) cet éboulement a pris la forme d'un glissement de versant s'étendant par sa marge Est. Ses dimensions ne cessent d'augmenter en direction du ravin du Cuano (ou Couarp).

II.2.4.d.2 Particularités géologiques

Cet éboulement intervient au sein des écailles briançonnaises de la base de la nappe de charriage du Parpaillon surmontées de la Nappe des Flyschs à Helminthoïdes. Interprété

comme un olistostrome associé à la mise place de la Nappe, le site de l'éboulement se localise à l'interface :

- de schistes noirs armés de niveaux calcaréux, masqués depuis la berge du torrent jusqu'à la cote 1550 m par un talus d'éboulis fins pulvérulents localement à blocs ;
- d'un niveau de calcaires disloqués, surmontés de terrains d'éboulis et de moraines ; en arrière de la couronne et jusqu'à la cote 1710 m, ce niveau calcaire a une puissance de 10 m et est surmonté de schistes versicolores rouge et vert.

Le site de la cascade cote (1570 m) laisse voir le déplacement le long d'un plan de chevauchement des calcaires et schistes fortement biseautés (compartiment Sud Est).

Ces différents niveaux sont l'objet d'intenses fracturations délimitant des dièdres identifiables dans les niveaux de calcaires et les niveaux de schistes sous-jacents dans lesquels peuvent être aussi notés des horizons à amygdales calcaires. Des plans de chevauchements soulignés par de horizons roussâtres peuvent aussi être observés ainsi que de nombreux écaillages (secteurs de la cascade et du thalweg en marge Ouest de l'éboulement).

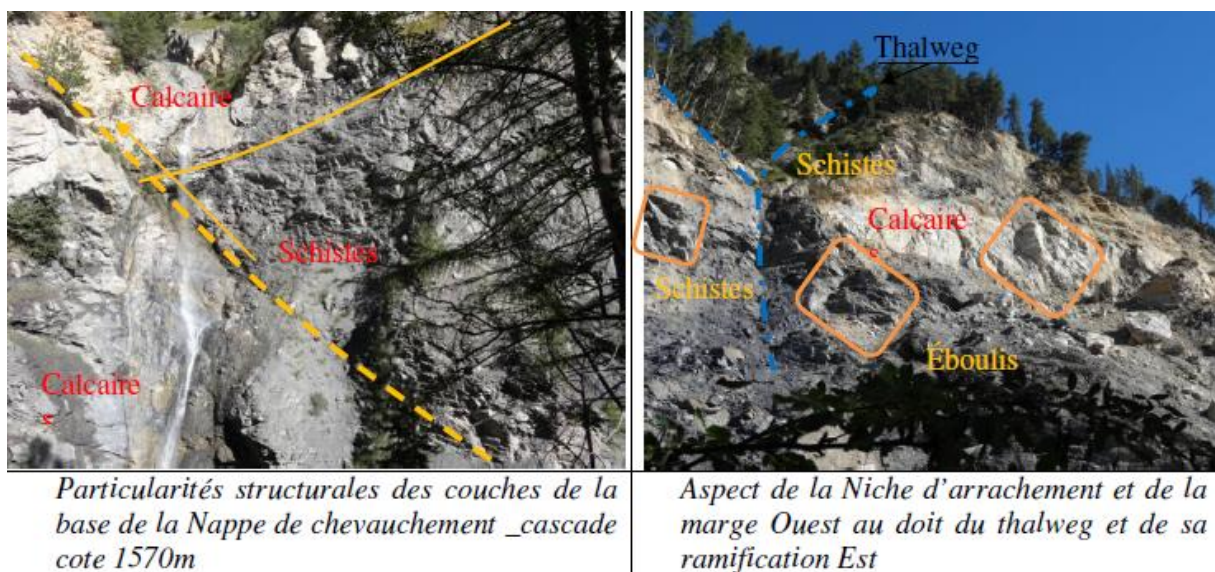


Figure 14. Détails de l'éboulement de la Roche Plombée

Cet éboulement comme l'indique la carte géologique (extrait ci-dessous de la feuille Barcelonnette au 1/50 000 agrandi au 1/25 000) intervient dans un contexte d'instabilité de versant prononcé alimentant largement la fourniture en sédiments au torrent de Sanières.



Figure 15. Extrait de la feuille de Barcelonnette (Infoterre, BRGM)

La particularité de cet éboulement toutefois est de connaître une activité continue depuis le 4 août 2013, en situation hydrique sèche. Les films réalisés montrent bien un « vélage » de la partie supérieure du talus au droit des niveaux schisteux avec dislocation des masses rocheuses encore cohérentes. Une régression de la couronne de décrochement est en cours avec des ouvertures de fissures 10 mètres en arrière de la marge Est en contrebas du sentier PR cote 1630 m. Des purges mobilisant schistes versicolores et éléments calcaires sont aussi attendues au droit de la couronne de décrochement en hémicycle vertical.

II.3 Analyse des autres aléas

Les descriptions des aléas « glissements de terrain », « chutes de blocs » et « ravinements » ont été abordés précédemment. L'aléa torrentiel sera abordé de manière particulièrement détaillée dans la partie VII de cette étude,

Le seul autre aléa présent dans le bassin versant du torrent des Sanières est l'aléa « avalanches ».

L'Enquête Permanente sur les Avalanches ne concerne qu'un seul couloir d'avalanches dans le bassin versant des Sanières. Il s'agit de la zone pourpre positionnée la plus à l'est sur la cartographie RPP « avalanches ». La zone de déclenchement se positionne à environ 2450 m d'altitude et se propage dans le chenal du torrent de Champerousse jusqu'à 1850 m d'altitude. Aucun dommage n'a été répertorié.

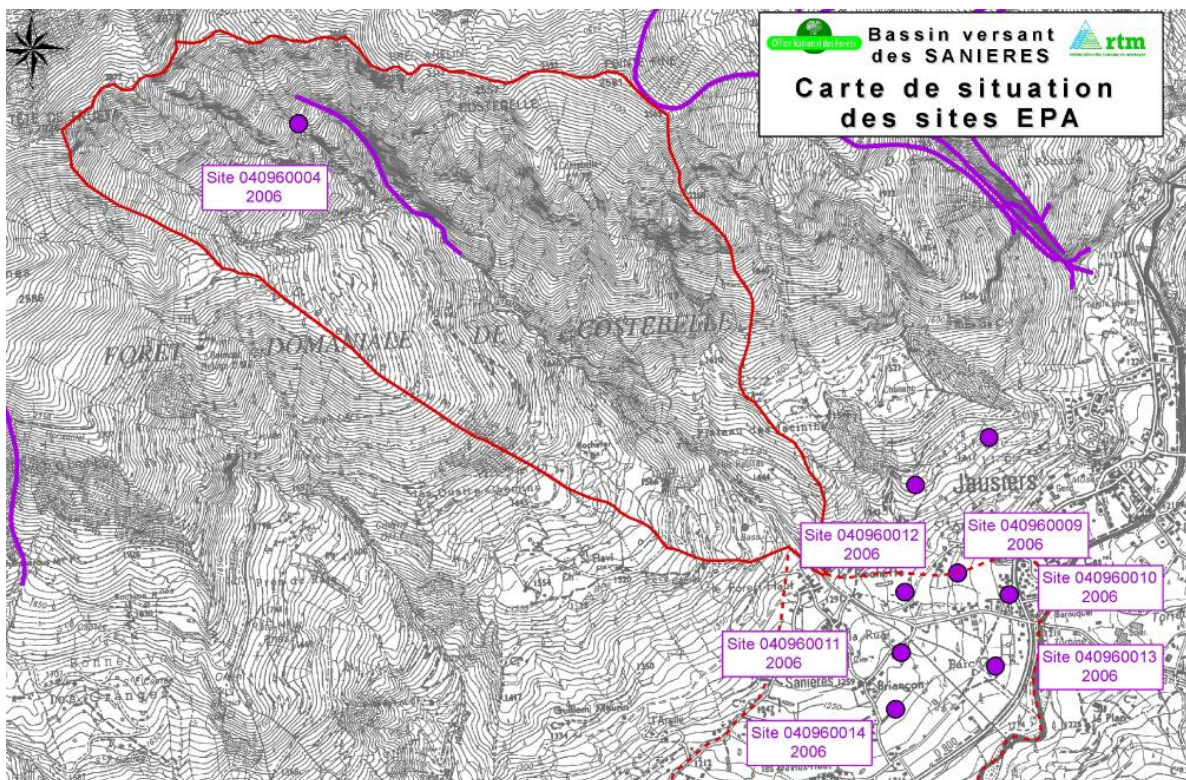


Figure 16. Cartographie EPA – Bassin versant des Sanières

L'EPA indique également la présence de 6 sites mal localisés tous positionnés sur le cône de déjection (3 en rive gauche et 3 en rive droite) du torrent à proximité d'enjeux immédiats.

Aucune information complémentaire n'a cependant été retrouvée (zone de déclenchement, configuration du terrain...). Aucun enjeu ne semble avoir été touché.

Le reste du bassin de réception est cartographié dans la RPP comme « potentiellement avalancheux ».

II.4 Caractérisation du réseau hydrographique

II.4.1 Organisation générale

La carte du réseau hydrographique du bassin versant du torrent des Sanières est présentée ci-dessous (également fournie au format A4 en *annexe 3*).

Le torrent prend véritablement sa source vers 1940 m d'altitude, à la confluence de trois ravines supérieures bien marquées en provenance des crêtes s'étirant de la tête de Frustra (2926 m) au Brec Aneline (2552 m). Les deux ravines positionnées les plus à l'ouest correspondent respectivement aux ravins de la Clapière et de la Frustra.

Notons que la partie supérieure du sous bassin versant du ravin de la Clapière est située sur le territoire communal de Faucon de Barcelonnette et que l'ensemble de son chenal a fait l'objet d'une tentative ancienne de correction torrentielle.

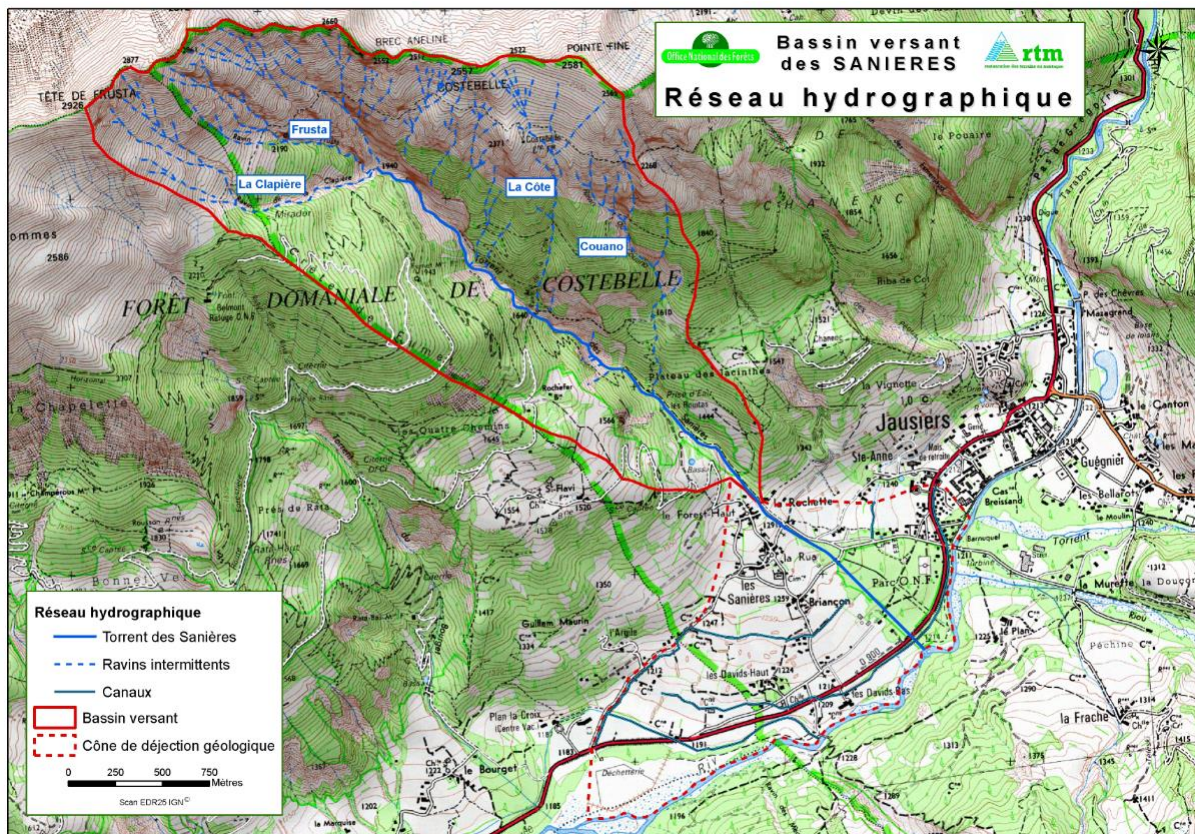


Figure 17. Carte du réseau hydrographique

En dessous de 1940 m d'altitude et jusqu'à l'exutoire avec l'Ubaye (à 1200 m d'altitude), le chenal s'oriente du nord-ouest vers le sud-est. D'autres ravins affluents très pentus et très contributeurs en matériaux – principalement positionnés en rive gauche - confluent avec le chenal principal jusqu'à 1410 m d'altitude (à l'amont du glissement de Roche Plombée).

Notons surtout en rive gauche :

- le ravin de la Cote qui récupère un sous bassin versant assez vaste partant des crêtes de Costebelle à Pointe Fine qui conflue avec le chenal principal à environ 1600 m d'altitude ;
- le ravin du Couano (ou Couarp), drainant une grande partie est du bassin versant, confluant à 1410 m, susceptible de fournir des laves torrentielles. Il est situé à l'aval du glissement de Roche Plombée.

Le linéaire maximal parcouru par les écoulements s'élève à près de 6 km de long.

II.4.2 Identification des zones de production de matériaux disponibles pour le transport solide

Pour mener cette analyse, nous avons utilisé la délimitation des aléas glissement, chute de blocs, ravinement et avalanches établies dans le cadre de l'étude « Renouveau des Peuplements de Protection » conduite par l'ensemble des services RTM en 2010. Elle est à recouper avec la carte géomorphologique (figure 10) et la cartographie RPP « ravinement » (figure 11) de cette présente étude.

Les principales zones en érosion active sont situées en partie haute et en rive gauche du chenal principal. Les matériaux sont acheminés dans le chenal principal via les nombreux ravins à pentes et à berges très raides confluant avec le chenal sur un très grand linéaire. Toutes ces ravines supérieures sont susceptibles d'apporter une quantité considérable de matériaux en provenance des terrains composés de flyschs et des calcaires de la nappe du Parpaillon.

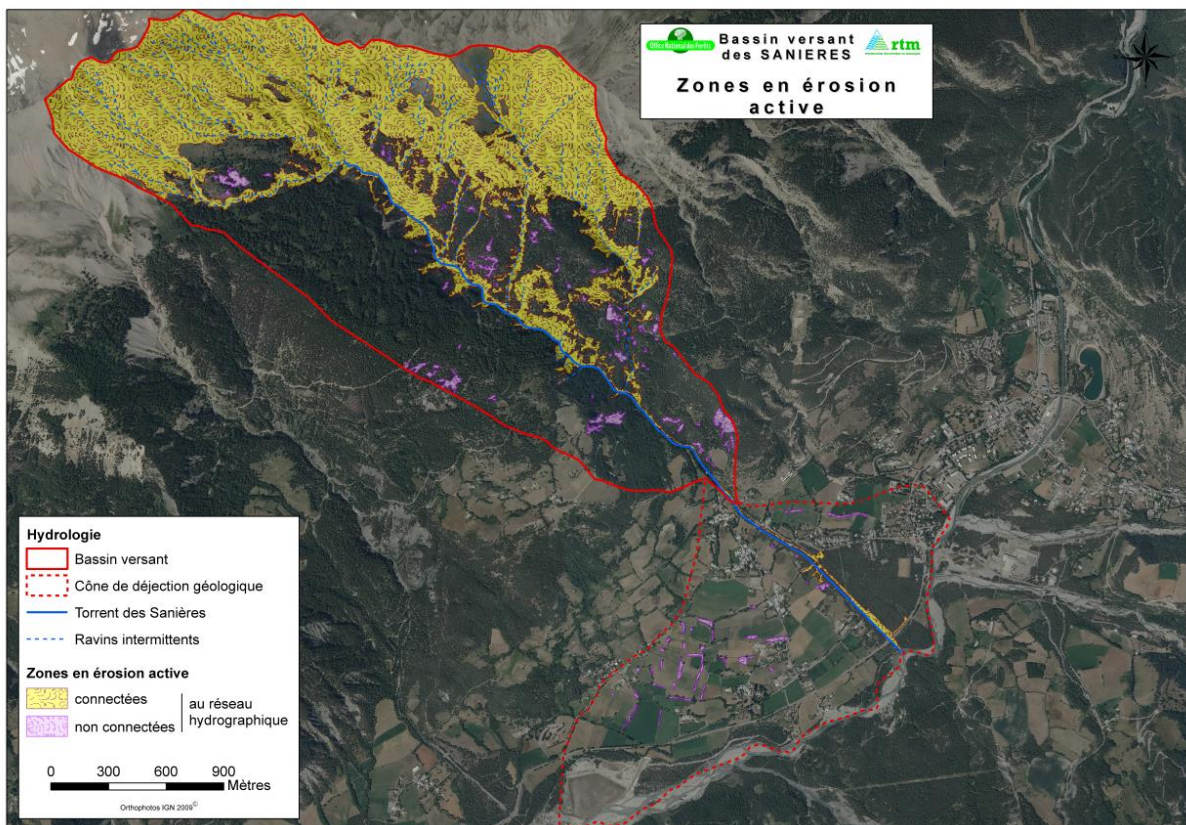


Figure 18. Cartes des zones de production de matériaux solides

Le chenal d'écoulement affouille en partie supérieure toujours les flyschs et les calcaires mais également les marnes noires en dessous de 1750 m d'altitude.

Notons que l'activation de l'éboulement de la Roche Plombée en août 2013 a également dégradé fortement la situation érosive en partie basse du bassin versant (cf. paragraphes précédents). La cartographie précédente ne tient pas compte de cette évolution.

Compte-tenu des pentes très importantes du chenal et des berges, et de la forte sensibilité à l'érosion des matériaux qu'il traverse, le torrent des Sanières possède une source inépuisable d'apport solide. En crue ces matériaux ne seront bien entendu pas tous mobilisés. Le volume solide mobilisé dépendra de l'intensité des écoulements liquides ou visqueux qui prendront place dans le bassin versant.

II.4.3 Description des profils en long

II.4.3.a Profil en long général et simplifié du torrent des Sanières

Le profil en long général du torrent des Sanières est présenté ci-après. Il a été construit à partir des données extraites de l'IGN.

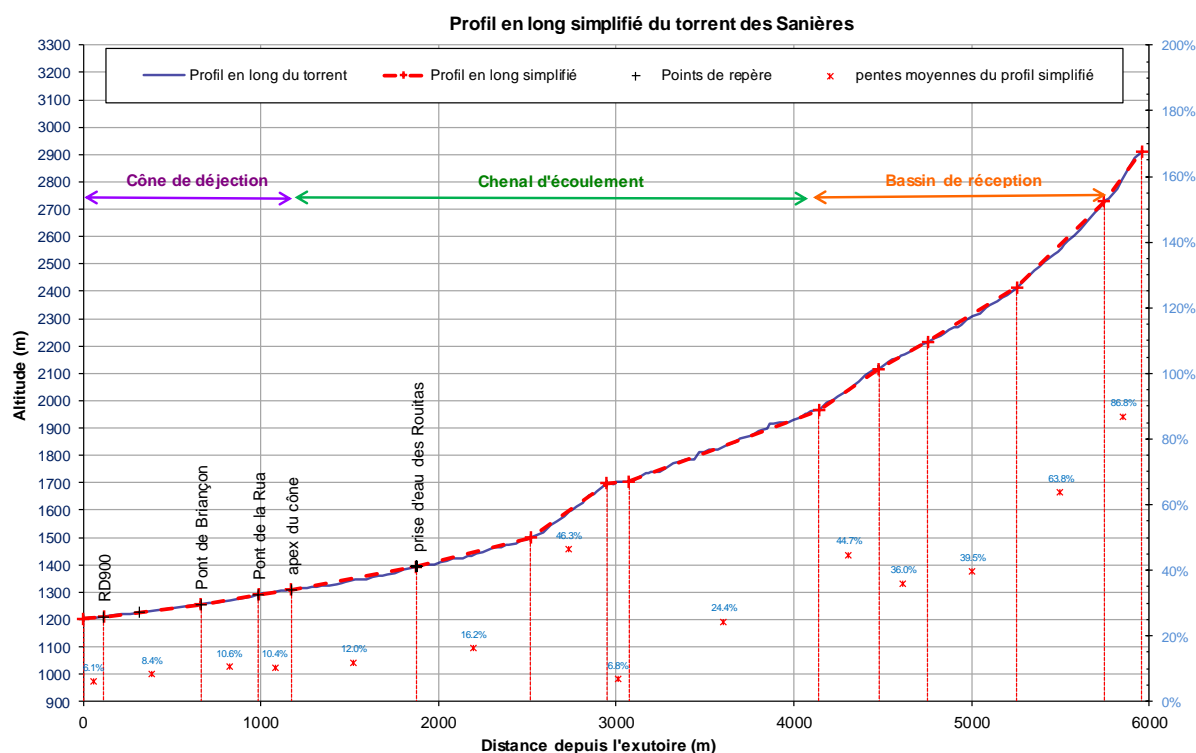


Figure 19. Profil en long général du torrent des Sanières

Celui-ci, nous permet d'observer classiquement les trois entités suivantes :

- **Le bassin de réception** (au-dessus de 1950 m d'altitude) présente des pentes très élevées que ce soit en fond du lit ou sur les versants avec des valeurs moyennes variant de 35% à 90%. Une dizaine de petits seuils torrentiels en maçonnerie ont été construits dans le ravin de la Clapière et ses petits affluents ;
- **Le chenal d'écoulement** (entre 1950 m et 1350 m d'altitude), présente une longueur de 2500 m environ avec un profil dissymétrique : les versants rive gauche sont plus pentus que les versants de rive droite. La pente moyenne du chenal varie globalement de 25% à 12% sur sa partie basse, avec une portion de gorges rocheuses à pente moyenne plus soutenue (45%) ;

- **Le cône de déjection** (entre 1350 m et 1200 m d'altitude) : la pente reste soutenue avec des valeurs comprises entre 10,5% et 8% à l'amont du pont de la D900. L'analyse plus précise du cône est abordée plus en détails dans le paragraphe suivant.

II.4.3.b Profil en long du cône de déjection

La figure suivante, présente le profil en long et l'évolution de la pente du torrent sur son cône de déjection. Le profil en long a été réalisé à partir des données de la campagne LIDAR réalisée en août 2013, immédiatement après l'éboulement de la Roche Plombée.

Cette figure met nettement en évidence les éléments suivants :

- Deux seuils sont visibles sur le cône de déjection (en dessous de 1300 m). Le seuil amont de la Rochette n'a qu'une influence locale alors que le seuil central (B2) remonte l'ensemble des niveaux en amont.

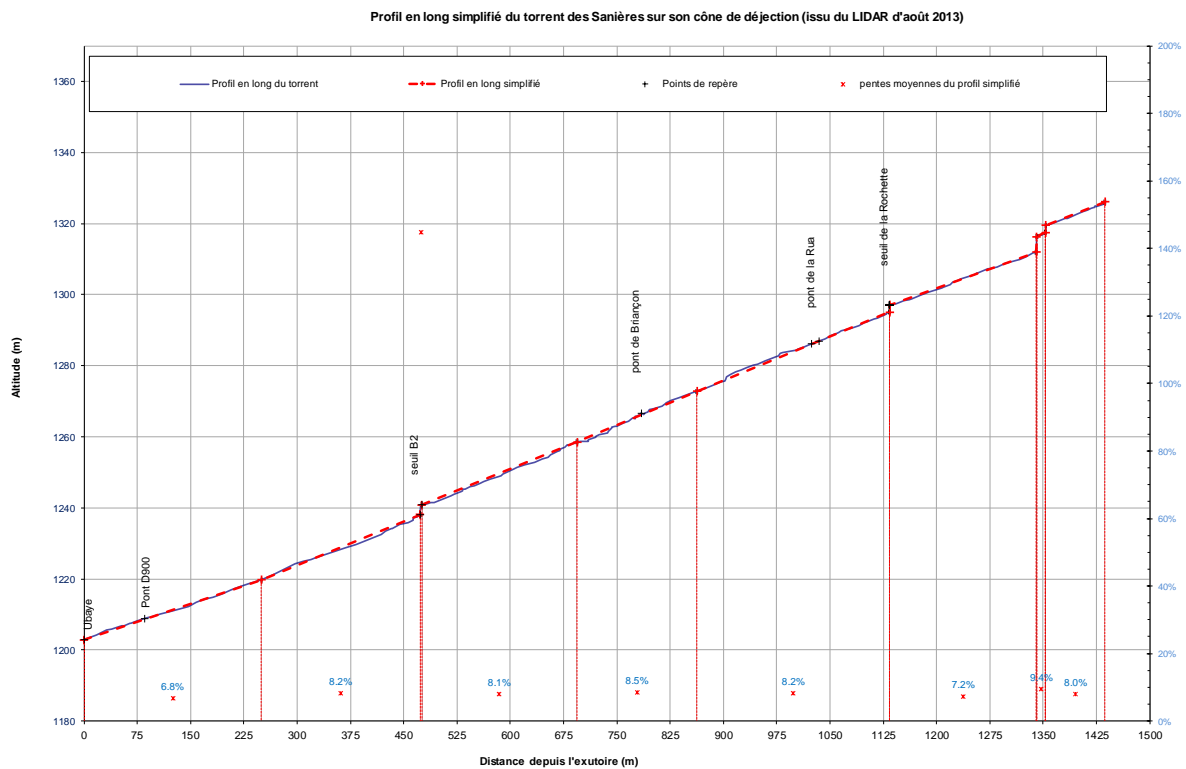


Figure 20. Profil en long du torrent des Sanières sur son cône de déjection

- Sur l'ensemble du cône de déjection, le torrent de Sanières conserve une pente régulière de l'ordre de 8.3%, jusqu'à 200 mètres en amont du pont de la R.D. 900. Cette pente diminue très faiblement de l'amont vers l'aval. Une telle régularité témoigne d'un torrent très actif, qui a pu, au cours du temps, lisser la pente de son cône de déjection. Ainsi, dans toute la partie amont du cône de déjection, la tendance est au transit plutôt qu'au dépôt.
- En amont de la R.D. 900, la pente diminue sensiblement pour passer à 6.8 %. Cette valeur est ensuite conservée jusqu'à l'Ubaye. La réduction de pente augmente localement la hauteur des laves torrentielles, favorisant les débordements. Surtout, elle génère des dépôts qui réduisent la capacité du lit.

II.4.3.c Profil en long de l'Ubaye

Le torrent des Sanières se jette dans l'Ubaye après avoir parcouru près de 6 km de linéaire. Afin d'analyser l'influence de ce torrent sur l'Ubaye, et par la même occasion, de mieux appréhender sa réaction face aux crues du torrent des Sanières, il est intéressant d'analyser son profil en long.

La figure suivante, extraite de l'étude hydraulique des confluences de l'Ubaye avec le Riou Versant et le torrent d'Abriés, présente un comparatif de l'évolution du profil en long de l'Ubaye entre 1907 et 2012.

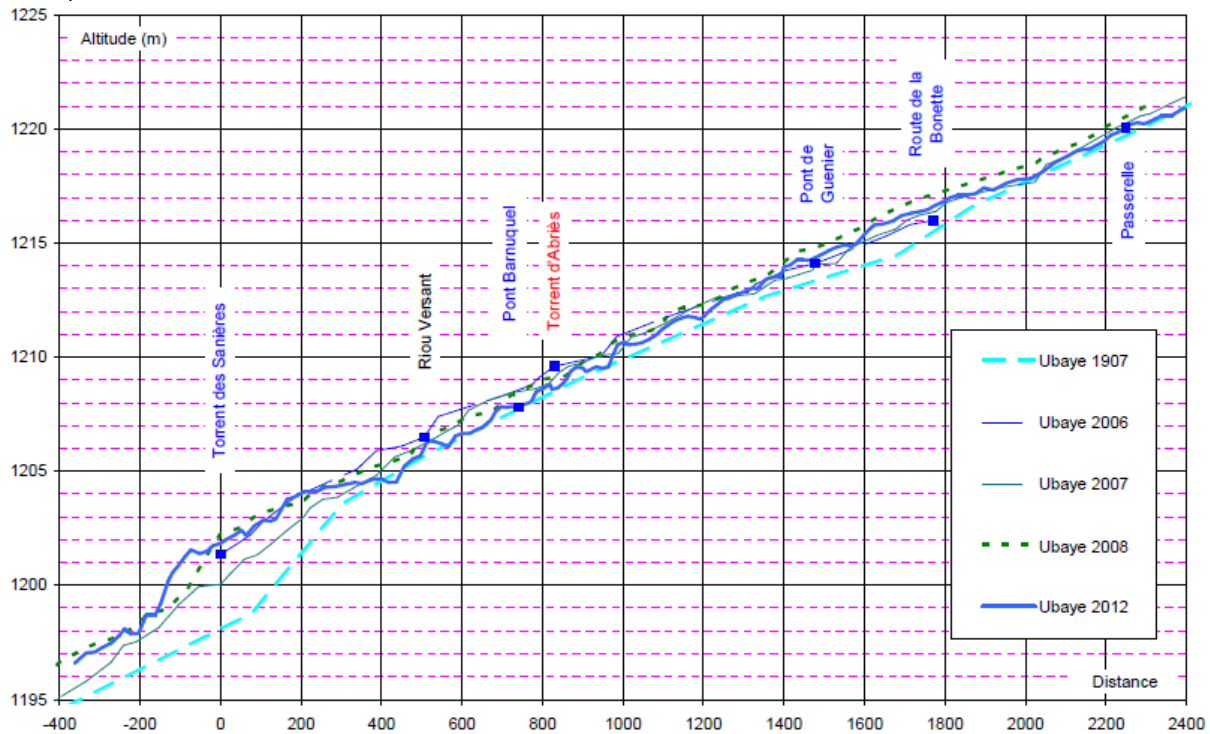


Figure 21. Evolution des profils en long de l'Ubaye de 1907 à 2012 (ETRM-2013)

Analyse extraite de l'étude ETRM :

- La pente est globalement régulière sur l'ensemble du linéaire entre la passerelle amont et le torrent de Sanières.
- Le profil en long de 1907 paraît significativement inférieur d'environ 1 m sur l'ensemble du linéaire. Ce résultat est contradictoire avec celui du plan de gestion récemment réalisé. Cependant, le calage des abscisses y est grossier et n'a pas pris en compte le déplacement d'environ 300 m de la confluence avec le torrent de Sanières. Toute la comparaison des niveaux dans Jausiers y est alors erronée.
- **Le torrent de Sanières cause une nette rupture de pente.** Elle était plus en amont en 1907 car le confluent avec le torrent des Sanières était alors proche de celui avec le Riou Versant. Le déplacement vers l'aval du torrent des Sanières a entraîné le déplacement de la rupture de pente.

Les évolutions du niveau du lit dans le secteur du torrent des Sanières paraissent difficilement explicables et sont liées en partie aux profondes modifications du tracé en plan dans ce secteur qui introduit une forte indétermination sur les abscisses.

Cette rupture de pente est classique au niveau des confluences avec des torrents à laves fournissant souvent des blocs très volumineux. La rivière principale n'a pas, en mode de fonctionnement normal, la capacité de reprendre la totalité des apports suite à un

évènement important. Il faut souvent attendre qu'une – ou plusieurs – crue(s) morphogènes (s) aient lieu pour que la majorité des apports du torrent soient repris. Parfois, le pavage est tel que toute reprise devient impossible.

II.4.4 Description du lit et des profils en travers

II.4.4.a Description sur la partie haute du bassin

Sur ce secteur, les pentes du profil en long et des berges sont particulièrement soutenues (entre 30° et 70°). Le torrent se forme véritablement à la confluence de plusieurs ravins (dont les plus importants : ceux de la Clapière et de Frustra) à environ 1940 m d'altitude.

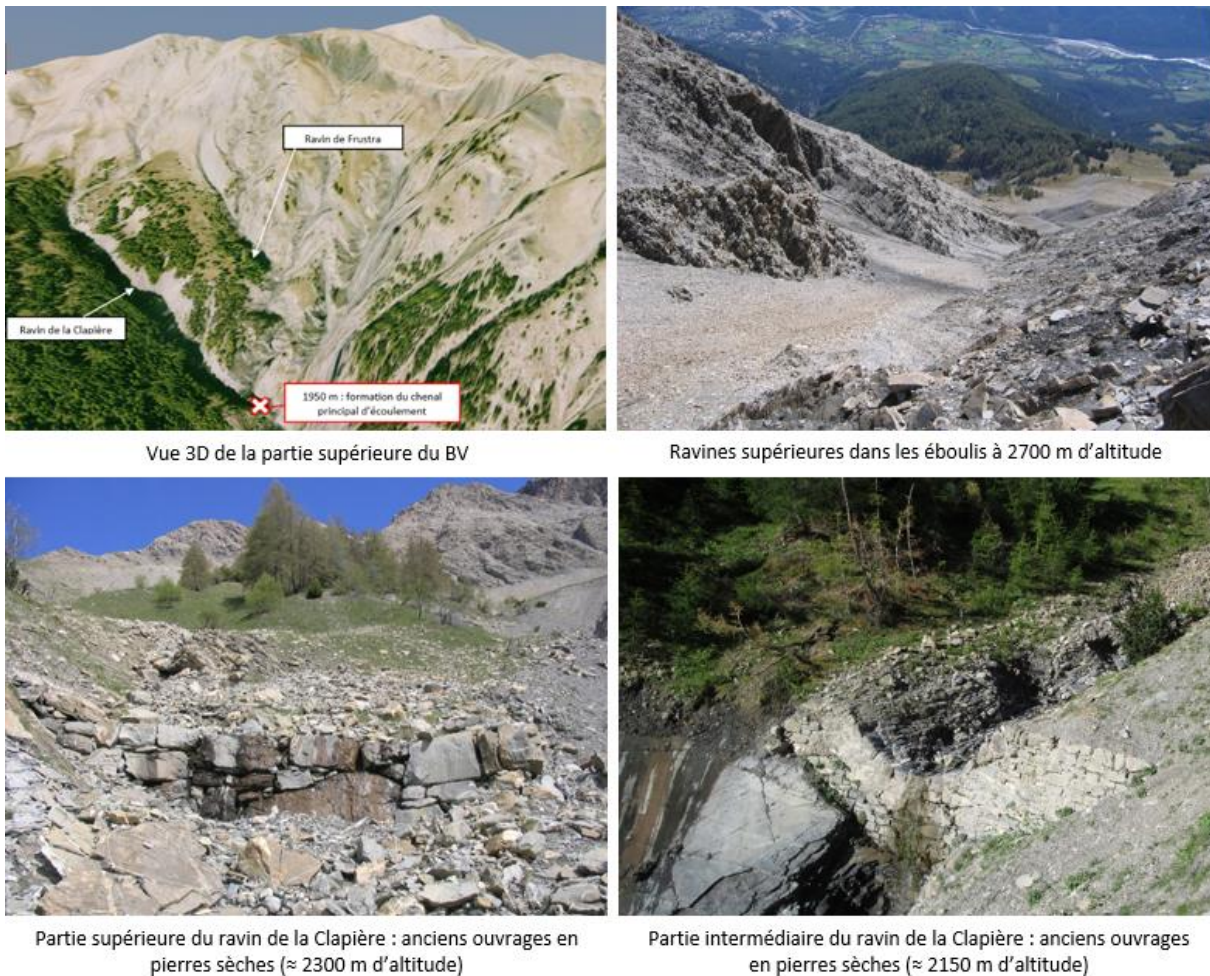


Figure 22. Aperçus du chenal sur la partie haute du bassin versant

Sur ce secteur, la roche occupe une bonne partie du fond du lit et le pied de la rive droite. Malgré ces affleurements rocheux, les pentes importantes, l'étroitesse des ravines et le stock considérable de matériaux facilement mobilisable (éboulis et ravines s'incisant dans les flyschs et les calcaires de la nappe du Parpaillon) font que ce secteur participe activement en période de crue à l'apport de matériaux. Il s'agit d'un secteur d'apports toujours renouvelés et difficilement corrigeables.

En partie intermédiaire et haute du ravin de la Clapière, une dizaine de vieux seuils en pierres sèches datant de la fin du XIXème siècle - la plupart détruits ou en mauvais état – en témoignent.

La partie supérieure du bassin versant est séparée de la partie « chenal d'écoulement » à proprement parlé par une série de ressauts rocheux de grandes dimensions présents aux pieds de chaque ravine.



Partie inférieure du ravin de la Clapière : ressaut rocheux important



Photographie prise à l'aval de la zone de confluence entre les ravines supérieures (≈ 1940 m d'altitude)

Figure 23. Aperçus du chenal dans la zone de transition : partie supérieure / chenal d'écoulement

II.4.4.b Description du chenal d'écoulement

Le chenal d'écoulement s'étend entre 1940 m et 1310 m d'altitude (hors cône de déjection) et sur environ 3800 m de long. Il peut être subdivisé en deux portions séparées par de grandes chutes rocheuses positionnées à environ 1600 m d'altitude :

- Sur la partie amont : le profil en travers du chenal est fortement dissymétrique avec une berge rive gauche bien plus raide que la rive droite. La berge rive droite, bien que moins pentue et bien plus végétalisée, est le siège d'importants mouvements de terrains connectés directement au chenal ou surplombant de vastes zones d'éboulis.

Plusieurs ravins importants – dont le ravin de la cote en rive gauche – confluent avec le chenal principal et participent activement à la fourniture en matériaux (flyschs et calcaires principalement).

En dessous de 1750 m d'altitude, quelques incisions dans les terres noires apparaissent.

Plusieurs verrous rocheux naturels parsèment l'ensemble de cette partie amont du chenal, et sa stabilité altimétrique, ainsi que celle de ses berges, est assurée par la présence de 24 ouvrages de correction torrentielle, tous fonctionnels (seuils et barrages) ;

- Sur la partie aval : le profil en travers à l'aval des grandes chutes rocheuses est moins dissymétrique. La berge rive droite est un peu plus raide et, bien que végétalisée, est toujours le siège de glissements de terrain peu actifs. Cette zone peut également se subdiviser en deux secteurs :
 - Des grandes chutes rocheuses jusqu'au B19 (1600 m à 1450 m d'altitude, cf. photographies détaillées de la zone en [annexe 4](#)), la berge rive gauche est le siège d'un important éboulement de versant qui s'est produit en août 2013 (éboulement de la Roche Plombée).



Vue 3D de la partie supérieure du chenal d'écoulement



Chenal supérieur – dissymétrie importante berge RG et RD (1900 m)



Affleurements rocheux : aval du B34 (1765 m)



Un des ressauts rocheux de ce secteur : aval du B28 (1700 m)

Figure 24. Aperçus du chenal d'écoulement sur sa partie amont

Il s'agit d'une source potentiellement très importante d'apport solide en période de crue. La situation érosive, bien qu'importante avant l'éboulement, s'est fortement dégradée d'autant que la marge Est de l'éboulement s'est transformée également en glissement de versant.

Cet éboulement a fortement réduit et comblé le lit de matériaux sur un linéaire d'environ 500 m. Le barrage B23 est totalement enfoui sous les matériaux. Les barrages B20 et B21 sont fortement engravés en rive gauche.



Amont des grandes chutes rocheuses

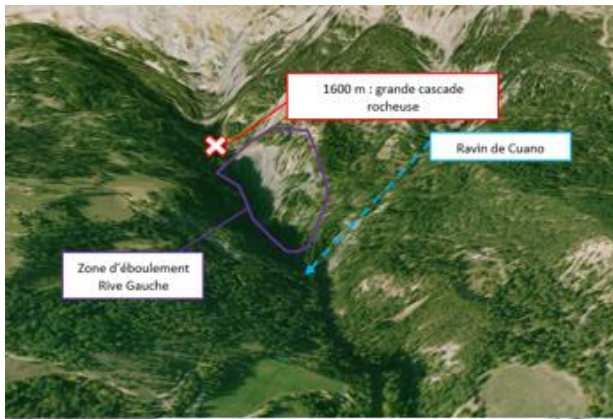


Aval des grandes chutes rocheuses

Figure 25. Photographie des grandes chutes rocheuses

A l'extrémité amont de cette zone, le lit est désormais rempli (suite au glissement/éboulement) par de gros blocs et des schistes granulaires sur lesquels un écoulement de surface est présent. La pente du lit est élevée (>20%) et correspond à l'emplacement du barrage en béton B23, aujourd'hui totalement recouvert.

Un peu plus à l'aval, la géologie du glissement change nettement et le lit est recouvert de schistes noirs à matrice fine. Aucun écoulement de surface n'est présent.



Vue 3D de la partie inférieure du chenal d'écoulement



Partie haute de l'éboulement : apport granulaire et forte pente (1460m)



Partie intermédiaire de l'éboulement : comblement du lit



Partie intermédiaire de l'éboulement : apport de fractions fines



Partie basse de l'éboulement : plus de lit marqué



Extrême partie aval de l'éboulement, barrage B19 (1448 m)

Figure 26. Aperçus du chenal d'écoulement dans le secteur de l'éboulement de la Roche Plombée

A l'extrémité aval des apports de l'éboulement, le lit est pavé de blocs. En l'absence de crue relativement importante permettant une reprise partielle des matériaux, le chenal est devenu très étroit, pratiquement absent à certains endroits (notamment au droit du monolithe fracturé et jusqu'au barrage B20).

Le barrage B19, idéalement placé au sommet d'un ressaut rocheux, bien que dégradé par la quantité importante de matériaux qu'il a reçu, permet de caler une partie du pied du glissement. Il marque la fin de la zone d'influence de l'éboulement et du glissement de versant associé. Notons qu'en 2015 cet ouvrage est partiellement contourné en rive droite et qu'une partie de son aile a été démolie. Une quantité importante de matériaux recouvre désormais l'ouvrage et le glissement est venue se caler dans le chenal à l'aval du B19 ;



Figure 27. Photographie du B19 – décembre 2015

- o En dessous du barrage B19 : en l'absence d'écoulement de crue, cette zone n'a pas connu d'évolution liée à l'éboulement de la Roche Plombée.

En aval du barrage B19, le lit est étroit. Il a fait l'objet de longue date d'une correction par des barrages RTM. Dans l'ensemble, ceux-ci ne réduisent guère l'érosion qui est ponctuelle. Ils permettent néanmoins une stabilisation des berges, une régulation du transport solide, et notamment un écrêtage des blocs les plus volumineux, en cas d'apport exceptionnel.

Sur ce secteur, le torrent reçoit en rive gauche son dernier affluent important : le ravin de Cuano. Il s'agit d'un petit bassin versant raide qui forme des laves torrentielles (dont la dernière en 2003). Les volumes de lave de cet affluent sont bien moins importants que ceux apportés le torrent des Sanières.

Progressivement, le fond de la vallée s'élargit un peu et atteint une largeur de 20 à 40 m dont une partie seulement est actuellement utilisée par l'écoulement. Ce tronçon se termine par 3 barrages assez récents (B3, B4, B6) et larges.



Figure 28. Aperçus du chenal d'écoulement à l'aval de la zone d'éboulement

En aval, la vallée est de moins en moins profonde et l'arrivée au sommet du cône de déjection est brutale. Cette transition se caractérise par une forte réduction de la profondeur du lit majeur (qui reste assez marqué en amont pour exclure un débordement) et un rétrécissement sensible.

II.4.4.c Description du chenal d'écoulement sur le cône de déjection

Cette partie est une synthèse de la description détaillée du cône réalisée dans l'étude ETRM de juillet 2014 (ETUDE-2).

La transition entre les gorges et le cône de déjection est assez brutale en amont du hameau de la Rochette. Le lit passe très rapidement d'une section relativement large (environ 30 m) à une section très contrainte latéralement (12 m de large environ en amont du premier pont).

Le pont de la Rua constitue le premier franchissement routier. Des petites terrasses boisées se sont établies et imposent des divagations à l'écoulement ce qui favorise des érosions de berge et - dans une moindre mesure - les débordements. Des blocs de plusieurs tonnes sont visibles dans le lit à ce niveau.

Un long mur en béton en rive gauche débute quelques mètres en amont du pont de la Rua et se prolonge jusqu'au pont de Briançon. En rive droite, la berge n'est généralement pas protégée. Elle est moins haute et est envahie par la végétation. Les enjeux sur cette rive sont relativement éloignés du lit.

Le pont de Briançon constitue le deuxième ouvrage de franchissement. Le coude formé en amont du pont correspond à un changement de tracé du lit. Celui-ci a été éloigné des

constructions de la rive gauche et un tracé plus à l'Ouest a été suivi, conduisant à une confluence avec l'Ubaye plus en aval (cf. partie historique).

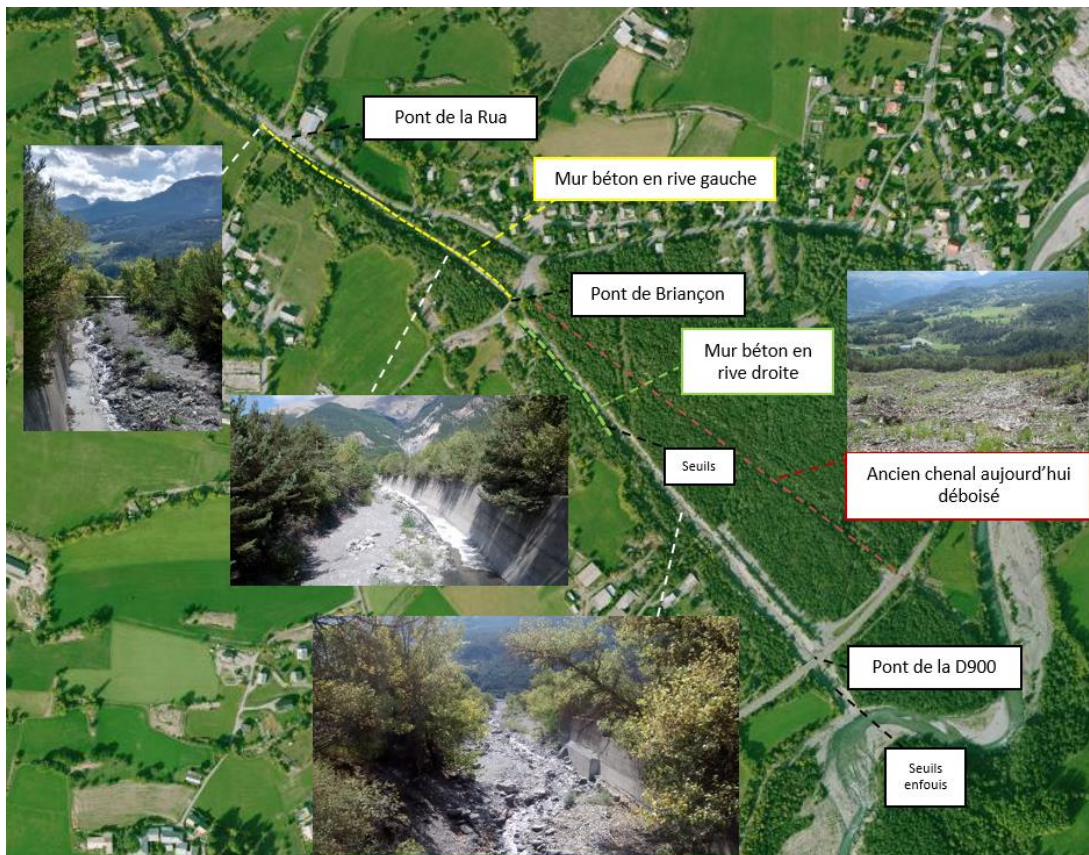


Figure 29. Situation des ouvrages et photographies du chenal sur le cône de déjection – RTM 2015

En aval du pont de Briançon, le torrent de Sanières suit aujourd'hui un tracé rectiligne mais nettement décalé vers l'Ouest jusqu'à l'Ubaye.

Un seuil et un contre-seuil ont été construits entre le pont de Briançon et celui de la R.D. 900. Ils ont été réalisés pour prévenir l'affouillement des protections amont et pour permettre le passage d'un canal d'irrigation qui n'est plus utilisé. C'est notamment le cas du mur en béton qui a été établi en rive droite.

Ce seuil B2 impose cependant une surélévation très importante du fond du lit et la hauteur de berge n'est que de 2 mètres en amont du seuil. Le risque de débordement y est alors très important. Les enjeux à proximité immédiate paraissent très limités même s'il est probable qu'un débordement très important puisse toucher les habitations situées à l'amont du pont de la D900 sur cette même rive.

En aval du seuil, les berges sont peu élevées et ne sont plus protégées. Elles sont généralement constituées d'un simple merlon en tout venant. Le lit conserve une largeur de l'ordre d'une quinzaine de mètres et est parfaitement rectiligne.

C'est dans cette zone que la rupture de pente du lit peut être clairement observée.

Le pont de la R.D. 900 présente des caractéristiques hydrauliques très faibles et impose une réduction sensible de la section. Ce pont est incompatible avec le transit des laves torrentielles importantes. C'est le cas de la plupart des ouvrages de franchissement sur cette route entre Barcelonnette et Jausiers.

En aval du pont, le lit a été curé après la crue de 2003. Il présentait alors une largeur tout juste supérieure à celle que l'on observe en amont. Ce tronçon formait un angle vers l'Ouest afin de minimiser l'angle entre l'Ubaye et le torrent dans la zone de confluence. Le dépôt du torrent des Sanières occupait une large fraction du lit de l'Ubaye dans cette zone, mais il était prévisible que les matériaux soient repris lors de la prochaine forte crue.

C'est effectivement ce qui s'est passé lors de la crue de mai 2008 qui a conduit à un recul de près de 100 mètres de la berge rive droite comme le montrent les photographies aériennes. Il s'agit du fonctionnement normal d'une confluence entre une rivière et un torrent actifs.

Notons à l'aval du pont de Briançon que depuis l'éboulement d'août 2013, un ancien chenal du torrent des Sanières a été déboisé en rive gauche en prévision d'une éventuelle crue importante avec obstruction partielle ou totale du pont de Briançon.

II.5 Enjeux concernés

La figure suivante (reportée au format A4 en annexe 5) présente les enjeux directement et indirectement menacés par le torrent.

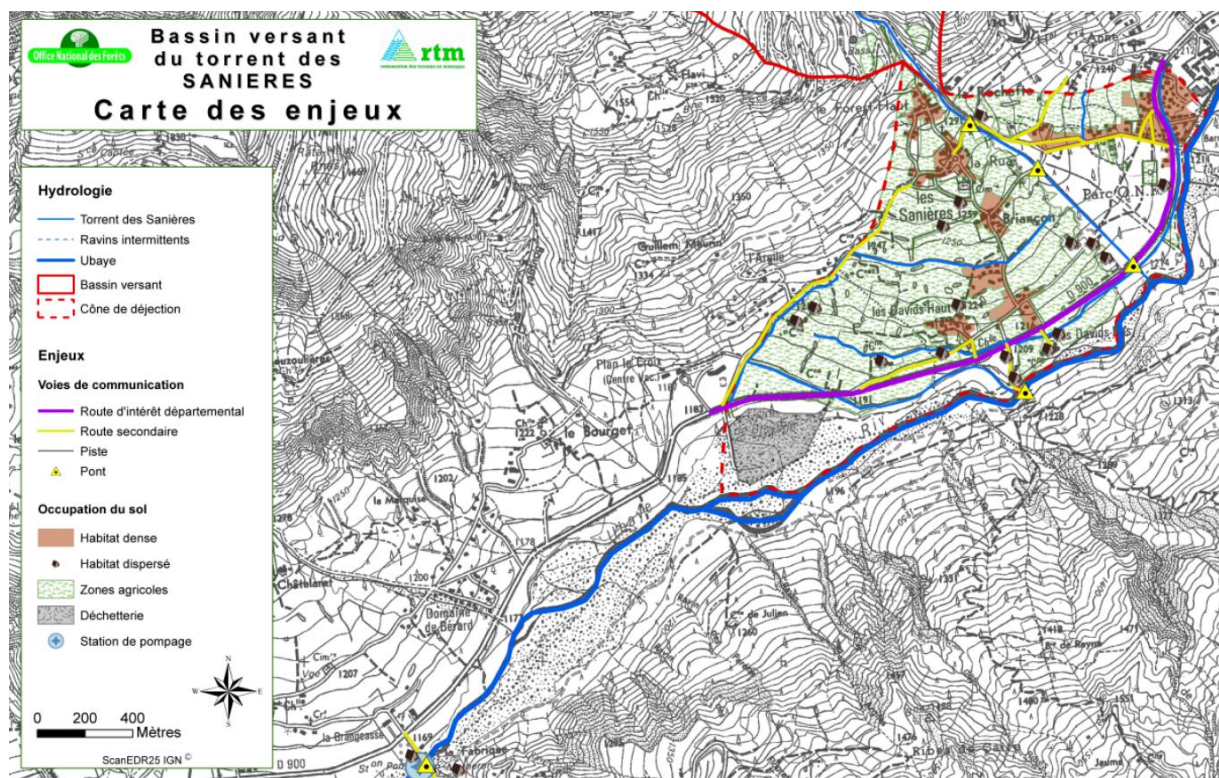


Figure 30. Carte des enjeux dans le bassin versant du torrent des Sanières

L'occupation du sol sur le cône de déjection se répartit entre des pâturages, des cultures et des prés de fauche. Six zones d'habitations denses s'individualisent : la ville de Jausiers et le hameau de la Rochette en rive gauche, et les hameaux en rive droite du Forest, de La Rua, de Briançon et, plus éloignés, des Davids.

Les habitations les plus exposées sont celles situées en bordure de la route menant du hameau de la Rochette au centre du village de Jausiers. Les habitations situées en bordure du torrent en rive droite sur l'extrême partie basse du cône de déjection sont également très exposées.

Les autres enjeux sont des enjeux routiers avec en partie haute et intermédiaire du cône de déjection, la route communale en rive gauche et les ponts de la Rua et de Briançon (routes communales) et en partie basse du cône de déjection le pont de la D900 (route départementale, principal axe de communication de la vallée de l'Ubaye).

II.6 Description des peuplements forestiers et de l'aménagement

II.6.1 Présentation générale

La division domaniale RTM du torrent des Sanières fait partie intégrante de la forêt domaniale de Costebelle. Cette dernière provient de la forêt domaniale de Barcelonnette, issue en 1971 du regroupement des anciennes séries RTM de Barcelonnette, Jausiers, Enchastrayes, Saint Pons et les Thuiles (en partie). La forêt domaniale de Barcelonnette a été divisée en 1997 en deux entités distinctes :

- La forêt domaniale du Riou Bourdoux, positionnée à l'ouest de la crête de Rasinière, d'une superficie de 2 183 ha ;
- La forêt domaniale de Costebelle, située à l'est de la crête de Rasinière, composée :
 - D'une part, d'une majeure partie positionnée en adret de la vallée de l'Ubaye (parcelles 1 à 19 de l'aménagement) et s'étalant du bassin versant de Faucon à celui du torrent des Sanières ;
 - D'autre part, dans une moindre mesure, par une partie située en ubac de cette vallée (parcelles 20 et 21 de l'aménagement).

La superficie totale de la forêt domaniale de Costebelle s'élève à 1 472 ha. Sur cette superficie, 439 ha sont situés sur la commune de Jausiers dont 389 ha dans le bassin versant du torrent des Sanières. Notons qu'à cela s'ajoute une partie de la parcelle 3 (environ 33 ha) positionnée dans le haut du bassin versant du torrent des Sanières mais pourtant située sur la commune de Faucon de Barcelonnette.

La forêt domaniale de Costebelle est dotée d'un aménagement forestier couvrant la période 1998 à 2017 (AM-1).

Le bassin versant du torrent des Sanières ne concerne que les parcelles suivantes :

- n°1 : sur une grande partie nord et nord-est du bassin versant ;
- n°2 : sur l'extrême partie nord-nord-ouest ;
- n°3 : une toute petite partie de cette parcelle au nord-ouest (en haut du bassin versant) ;
- n°5 : positionnée au sud-est du bassin versant ;
- n°6 : comprise entre les parcelles n°1 et n°5 en rive gauche du torrent ;
- n°7 et n°8, à l'ouest du bassin versant, en rive droite du torrent ;
- n°19, en rive gauche du torrent sur l'extrême partie aval du cône de déjection.

II.6.2 Description des peuplements et de l'aménagement

La figure suivante présente les peuplements forestiers présents sur notre bassin versant étudié.

Huit parcelles forestières sont présentes dans le bassin versant étudié (n°1, n°2, n°3, n°5, n°6, n°7, n°8, n°19).

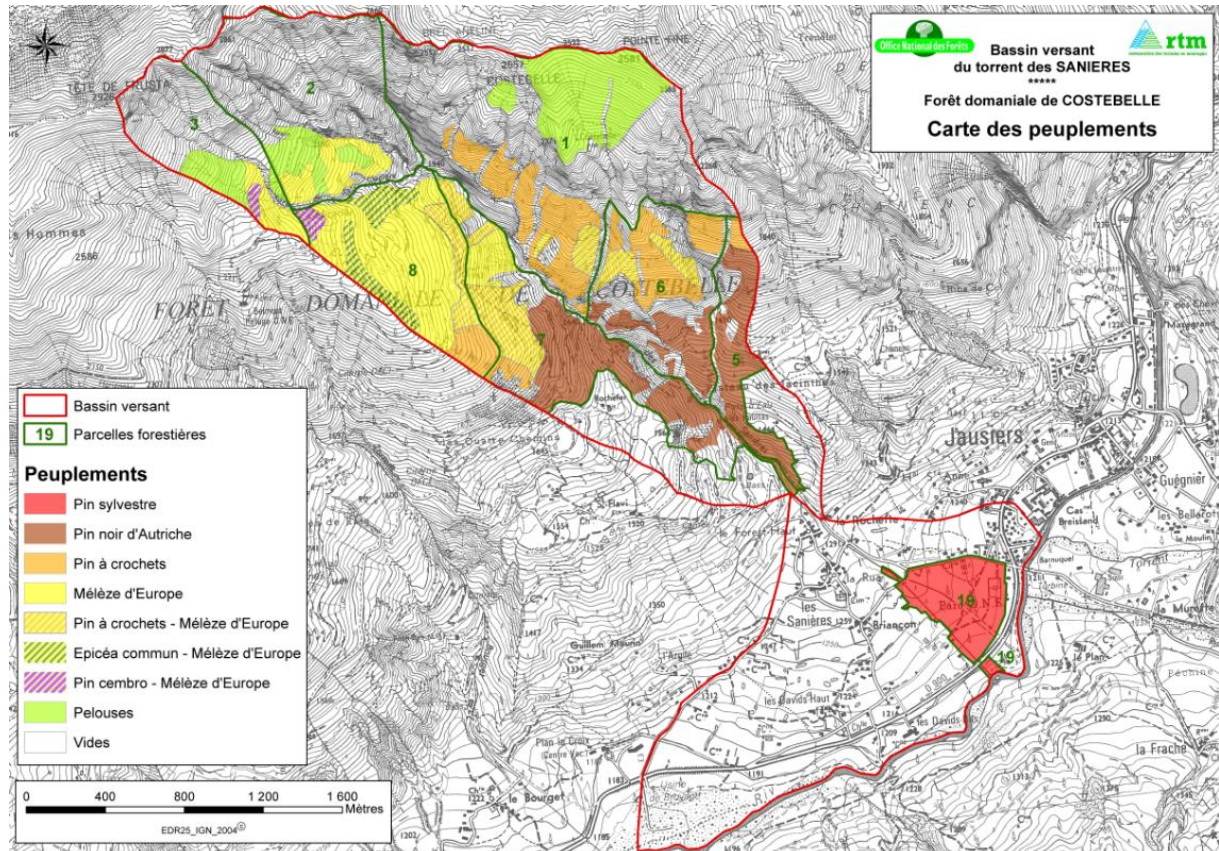


Figure 31. Peuplements forestiers et aménagement

Parcelle forestière n°1 :

La parcelle n°1, positionnée sur une grande partie nord-est du bassin versant, couvre une superficie de 135 ha. Elle se décompose en deux secteurs : celui situé au-dessus des barres rocheuses (>2300m), composé d'éboulis et de prairies, et celui situé en dessous (<2200m) composé essentiellement de pins à crochets et de mélèzes.

Cette parcelle appartient à la 3^{ème} Série, c'est-à-dire à une zone d'intérêt écologique général sans fonctions de production ou de protection.



Figure 32. Photographies d'une partie des parcelles n°2 (à gauche) et n°1 (à droite)

Parcelle forestière n°2 :

La parcelle n°2 couvre 60 ha en partie nord-nord-est du bassin versant. La partie supérieure est recouverte d'éboulis tandis que des pelouses et des mélèzes prennent place entre 2450 m et 2000 m d'altitude, entre les ravins de la Clapière et de la Frustra.

Cette parcelle appartient à la 3^{ème} Série, c'est-à-dire à une zone d'intérêt écologique général sans fonctions de production ou de protection.

Parcelle forestière n°3 :

Cette parcelle forestière est la plus étendue de la forêt domaniale de Costebelle. Elle possède une superficie de 389 ha couvrant le haut des bassins versants des torrents de Faucon et du Bourget et une petite partie sur le torrent des Sanières. Sur ce dernier, elle couvre une surface d'environ 33 ha, et s'étale sur l'extrême partie nord-ouest entre 2926 m (tête de la Frustra) et 2250 m d'altitude, en rive droite du ravin de la Clapière.



Figure 33. Photo d'une partie de la parcelle forestière n°3

Cette parcelle appartient à la 3^{ème} Série, c'est-à-dire à une zone d'intérêt écologique général sans fonctions de production ou de protection.

De 2550 m environ (limite de végétation) au sommet du bassin versant, cette zone se compose principalement de versants abrupts composés d'éboulis ou de prairies d'altitude.

De 2550 m à 2350 m, de nombreux mélèzes, issus des plantations de la fin du XIX^{ème} siècle, sont présents. Agés de 100-120 ans, leur hauteur atteignait en 1997 12 à 20 m sur des sols superficiels et 20 à 26 m pour des sols profonds.

Quelques pins à crochets complètent le peuplement.

Parcelle forestière n°5 :

Cette parcelle, de 48 ha, couvre un étage s'étendant approximativement entre 1320 m et 2000 m d'altitude sur l'extrême partie est du bassin versant. Cette parcelle est composée pratiquement uniquement de pins noirs d'Autriche. Seuls quelques pins à crochets sont présents en partie haute du périmètre.

Cette parcelle appartient à la 1^{ère} et à la 2^{ème} série, c'est-à-dire à une série de protection et de production.



Figure 34. Photo de la partie basse de la parcelle 6 et de la parcelle 5 (rive gauche du torrent)

Parcelle forestière n°6 :

Cette parcelle, de 48 ha, est située en rive gauche du torrent des Sanières entre les parcelles n°5 et n°1, c'est-à-dire entre 1400 m et 2050 m d'altitude.

Elle est composée sur sa partie basse exclusivement de pins noirs d'Autriche et sur sa partie haute de mélèzes et de pins à crochets.

La partie basse de cette parcelle a été profondément remaniée suite à l'écroulement de la Roche Plombée en août 2013.

Elle appartient pratiquement entièrement à la 1^{ère} série de protection. Seul environ 1 ha appartient à la 2^{ème} série de protection et de production.

Parcelle forestière n°7 :

Cette parcelle s'étend sur 57,5 ha en rive droite du torrent des Sanières entre 1350 m et 1950 m d'altitude. Sa partie basse (<1750m) est composée uniquement de pins à crochets. Sa partie haute présente des pins à crochets et des mélèzes.

Elle appartient de manière pratiquement équivalente à la 1^{ère} et à la 2^{ème} série de protection et de production.

Parcelle forestière n°8 :

Cette parcelle de 37,5 ha, positionnée au centre ouest du bassin versant s'étend entre 1950 et 2250 m d'altitude.

Elle présente une grande diversité des peuplements présents : épicéas communs, pins noirs d'Autriche, pins à crochets, mélèzes. Sur son extrême partie haute, des pins cembro sont également implantés.

Cette parcelle appartient quasiment totalement à la 2^{ème} série de protection et de production.



Figure 35. Photographies d'une partie des parcelles n°7 (à gauche) et n°8 (à droite)

Parcelle forestière n°19 :

Cette parcelle de 17 ha est située en rive gauche du torrent sur la partie basse du cône de déjection. Elle se compose exclusivement de pins sylvestres.



Figure 36. Photo de la partie centrale de la parcelle n°19

Elle appartient uniquement à la première série de protection sans volonté de production.

Notons que cette parcelle a été fortement déboisée en son centre en 2014 afin d'anticiper d'éventuels débordements suite à l'éboulement de la Roche Plombée.

II.7 Contexte Environnemental

Aucune ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) de type 1, aucune ZICO (Zone d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux) et aucune zone NATURA 2000 ne recouvrent le bassin versant du torrent du torrent des Sanières.

En revanche le bassin versant des Sanières est situé dans une ZNIEFF de type 2 (cf. cartographie en [annexe 6](#)).

III Historique des évènements

III.1 Crues

III.1.1 Synthèse historique des crues

L'analyse historique des crues du torrent des Sanières a été réalisée à l'aide de la base de données « évènements » du RTM. Le tableau présenté en page suivante récapitule les principales crues torrentielles qui ont eu lieu entre 1732 et 2015. Les graphiques suivants synthétisent quant à eux le nombre d'évènement par saison, puis par mois, sur l'ensemble de cette période.

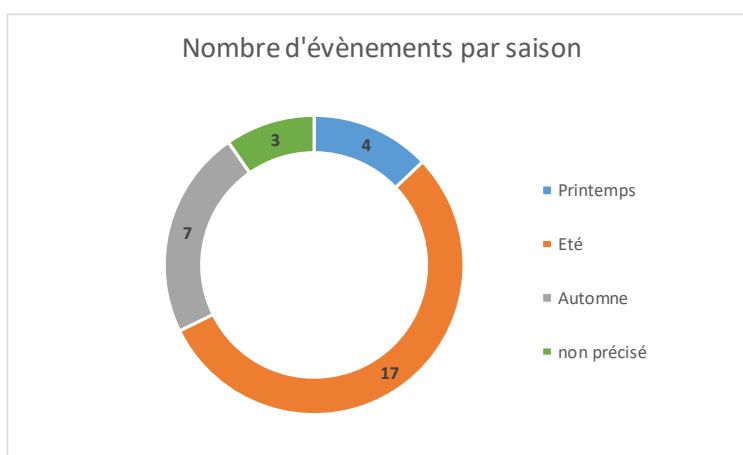


Figure 37. Répartition saisonnière des crues du torrent des Sanières

Ce tableau et ces graphiques nous permettent d'effectuer les remarques suivantes :

- Depuis 1732, 31 crues importantes ont été recensées, soit près d'une crue importante tous les 10 ans. Depuis 1954, 13 crues ont eu lieu, soit près **d'une crue tous les 5 ans. Il s'agit sans aucun doute d'un des torrents les plus actifs de la vallée.**
- Sur ces 31 crues, 17 d'entre elles ont eu lieu en saison estivale des suites d'un orage. D'autres évènements se sont produits des suites d'orages printaniers ou automnaux (au moins 3) ou sont reliés à ce phénomène sans préciser une date précise (au moins 1). Ainsi, sur cette période de 283 ans, **au moins 2/3 des crues du torrent des Sanières sont clairement imputables à des phénomènes orageux.**

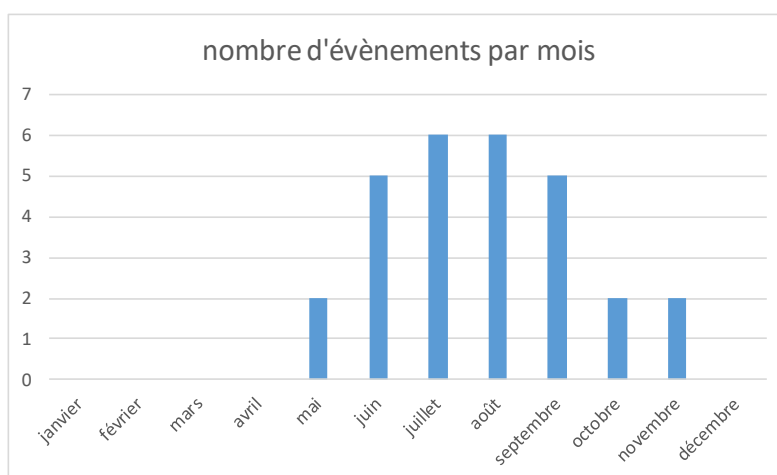


Figure 38. Répartition mensuelle des crues du torrent des Sanières

Division Domaniale du torrent des Sanières – Etude de bassin de risques

Date	Détail dégâts/perturbation	Nature phénomène / durée	Source
23 juin 1732	Propriétés inondées, 80 maisons menacées	Crue	Bibliothèque/Archives départementales
29 mai 1856	Route impériale n° 100 (actuelle D900) coupée. Des terres agricoles submergées en rive gauche du cône	Crue du torrent des Sanières, avec laves torrentielles se succédant. Du 29 au 31 mai 1856	Archives départementales
25 sept 1860	Digue détruite en rive droite	Crue du torrent des Sanières avec formation de laves torrentielles (lave et gros blocs suite à des pluies torrentielles)	
sept 1863	Digue rive droite endommagée. Ex RN100 (actuelle D900) recouverte par la boue et les blocs	Crue avec lave torrentielle suite à un orage. Entre le 29 août et le 3 septembre	
nov 1865	Ex RN100 (actuelle D900) engravée par de gros blocs. Circulation coupée plusieurs jours	Crue	
année 1866		Lave torrentielle	Bibliothèque
année 1867	Coupure de la RN 100 sur plus de 2 km	Glissement actif pendant 3 jours déclenchant plusieurs laves suite à des pluies importantes printanières	Bibliothèque /Bibliothèque
24 juil 1868	43 ouvrages de correction ruinés	Lave torrentielle suite à un orage violent	RTM /Bibliothèque
03 oct 1868	Digues en rive droite détruites en plusieurs points	Crue du torrent des Sanières	Archives départementales
année 1874		Lave torrentielle, 30 000m3 de matériaux suite à un orage. Pluie tombée pendant 1h30 : 20 mm	Bibliothèque
08 août 1876	Un barrage en construction endommagé	Lave torrentielle suite à un orage violent	Bibliothèque /Bibliothèque /Archives départementales
13 août 1876		Lave torrentielle	Bibliothèque
année 1883			Bibliothèque
juil 1888	Destruction d'une grande partie du dispositif de correction		RTM
21 juil 1900	Destruction de 133 barrages, 49 autres endommagés. Actuelle D900 coupée au niveau des Davis (actuels Davids-Bas?), soit nettement sur la droite du lit actuel. Circulation interrompue jusqu'au 22/07 à 12h	Lave torrentielle transportant d'énormes blocs (1 bloc entraîné sur 500 m a été estimé à 500 m3) suite à un orage violent avec grêle (18h00)	Bibliothèque /RTM /Archives départementales
4ème Trimestre 1926	Perré de la digue rive droite emporté	Crues du torrent des Sanières à l'automne 1926	Archives départementales
août 1942	RN 100 emportée. Circulation interrompue	26 ou 29 août 1942 ?	RTM /RTM
01 sept 1946	RN 100 emportée. Circulation interrompue	Crue du torrent des Sanières	RTM /RTM
août 1954	RN 100 coupée		RTM
24 juin 1955	Pont sur la RN 100 complètement obstrué, dégâts importants à la RN 100 et au canal d'arrosage des "Pautriers", circulation interrompue sur RN 100 du 24 à 17h au 25 vers 12h	Engorgement du lit suite à un orage violent	RTM
14 juin 1957	La berge a reculé de 10m au niveau de l'ancien cône et a entamé les terres cultivées. Crue arrivant à l'Ubaye		Bibliothèque /
16 sept 1960	Inondation de caves, rupture de digues, gués obstrués, passerelles emportées, barrage en construction recouvert par eaux boueuses	Eaux boueuses suite à de fortes pluies lors de la journée du 15/09. crue entre 4h et 8h	ONF
23 juin 1962	Chemin des Sanières à Fumet comblé d'alluvions, barrages STO (1860) et DENIER (1961) remplis par 3000m3, barrages ROSSETO (1958) et DENIER (1961) fouilles apparentes	Eaux boueuses suite à un orage. Entre 16h30 et 17h30	ONF
25 juil 1963	4 barrages endommagés	Lave torrentielle importante et violente suite à un orage extrêmement important	RTM
16 nov 1963	Chemin d'accès aux barrages emporté sur 20 m, atterrissement complet des 2 derniers barrages construits, quelques arbres arrachés en bordure. Digues rives droite et gauche endommagées. Quartier de St-Anne et le hameau des Sanières menacés	Eaux boueuses suite à un orage sur chute de neige (de 3h à 8h)	ONF /Archives départementales
08 juil 1976	Canal d'arrosage du Pas de Grégoire endommagé, barrages en amont des Sanières affouillés, digue détériorée, chenal de tirage obstrué, atterrissement des barrages 1,2,3 et 4	Transport de blocs, lave torrentielle suite à un orage de grêle et de pluie (de 18h45 à 20h30)	ONF /Bibliothèque
13 août 2000	Dimension de la lave au pont de la Rochette: largeur: 8ml, hauteur de 0,10 à 1ml	Crue du torrent des Sanières donnant une lave qui est passée au pont de la Rochette à 16 heures et est arrivée à l'Ubaye suite à un orage de grêle à 13 h sur la tête de la Frustra (3 h de l'orage à la crue)	RTM /ONF /RTM
05 juin 2002	Gros dépôts de matériaux. Mesures effectuées sur digue à l'amont de la Rochette au niveau du CCAS: hauteur crue: 2.50 m hauteur engravement: 1.50 m sommet crue à 0.80m du sommet des digues réalisées en 2001.Gros engravement sous le pont du CD900. Tirant d'air restant : 1 m	Crues du torrent des Sanières avec laves torrentielles suite à de gros orages entre 06/06/2002 (06h00) et le 05/06/2002 (08h00) (37mm)	RTM
05 août 2003	La crue est passée sur le pont de Briançon sans dégâts. Le chenal, de part et d'autre du CD 900 (150m à l'amont et 150m à l'aval) avait été curé auparavant ce qui n'a pas entraîné de coupure du CD 900	Crue du torrent des Sanières suite à de fortes précipitations succédant à une forte sécheresse	RTM
25 sept 2006	Cette crue a entraîné une élévation du lit qui ne laissait plus qu'1,40 m sous le pont de la D900. Un curage a eu lieu en décembre 2006 : 4 920 m3 de matériaux extraits	Plusieurs petites crues au cours de la journée	Non référencé dans la BD
19 juil 2013	Traces de prélèvement de matériaux et de passage de la crue. Dépôt de 4500m3 avec une hauteur de 1.50m en amont du pont de la RD900. Le chenal avait été curé en 2006 en amont du pont de la RD900 (4380m3 de matériaux extraits et vendus à l'entreprise Eiffage). Ce curage a permis d'éviter le débordement du torrent au niveau du pont	Crue avec charriage arrivant jusqu'à l'Ubaye suite à un gros orage localisé dans le bassin versant (durée d'1h30 avec un début à 14h45)	Particulier /RTM

Tableau 3 : Récapitulatif des crues sur le torrent des Sanières

- Près de la moitié des crues importantes du torrent des Sanières ont été clairement associées au contexte d'écoulement de laves torrentielles. La quasi-totalité des autres crues sont associées à des eaux boueuses ou simplement, sans plus de précision, à une crue. **Le phénomène prépondérant lors des crues importantes semble donc bien être les laves torrentielles.**
- Pour 9 de ces crues, les débordements ont touché l'actuelle D900. Notons cependant que le tracé du lit sur le cône de déjection était différent à l'époque puisque le torrent des Sanières se rejetait historiquement bien plus à l'amont qu'actuellement (cf. suite de l'étude). Le dernier débordement au-dessus de la D900 date du 24 juin 1955. Les événements de 2002, 2003, 2006 et 2013 nous indiquent cependant que la marge de manœuvre reste faible à cet endroit, puisqu'il est très probable que des débordements auraient eu lieu si le lit n'avait pas été préalablement curé de ses excès de matériaux.
- **La crue la plus récente date du 19 juillet 2013.** Excepté la création d'un dépôt d'environ 4 500 m³ dans le chenal, aucun désordre n'a été observé.

III.1.2 Analyse des crues de 1874 du 8 août 1876

La note C du traité pratique du reboisement et du gazonnement en montagne (P. Demontzey, 1882, HIST-2) revient en détails sur les causes et les conséquences des crues de 1874 et 1876.

Crue de 1874

Le récit de cette crue nous donne des renseignements sur le facteur de déclenchement et sur les volumes de lave associés.

« Depuis trois ans (avant 1876) que les études étaient entreprises dans le torrent, nous n'avons pas constaté d'orages violents : cependant nous avons pu faire mesurer le volume d'une lave, descendue en 1874 et atteignant 30 000 m³ de matériaux, produite à la suite de pluie d'orage tombée pendant 1h30 et dont l'écoulement dans le canal n'a duré qu'une demi-heure. La hauteur de l'eau d'après les pluviomètres s'élevait à 20,4 mm [...]. Cet orage comme on le voit par la hauteur donnée par les pluviomètres, était peu violent et cependant il a suffi pour déterminer une lave de 30 000 m³. »

Crue du 8 août 1876

« La chute de pluie, qui a duré une heure environ » a donné en moyenne 18,2 mm sur l'ensemble du bassin versant.

Les éléments issus de l'enquête réalisée suite à cette crue permettent d'obtenir quelques informations supplémentaires.

La déclaration du sieur Dol, garde forestier, responsable du chantier des barrages n°5 à 10 dans le torrent des Sanières est riche d'enseignements (cf. [annexe 7](#)). Elle permet notamment d'apporter des précisions sur le type de lave :

« Ce bruit augmentait à mesure qu'il approchait de nous, et l'on distinguait, en dehors du roulement, des détonations produites par le choc des blocs se heurtant les uns contre les autres. Quelques secondes après, je vis une lave à l'aspect effrayant déboucher à 50 mètres en amont du barrage n° 7. La tête de la colonne présentait en cet endroit un parement de 7 à 8 mètres de hauteur; elle était composée de blocs de toutes dimensions roulant les uns sur les autres. La plupart des gros matériaux étaient en tête et sur une quinzaine de mètres de longueur on ne voyait que des blocs mouvants noyés dans de la lave épaisse. Parmi les matériaux qui venaient ensuite, on en remarquait encore qui avaient de fort respectables

dimensions, mais ils devenaient de plus en plus rares. Une petite baraque formant abri au dépôt de la chaux destinée à ce même ouvrage, construite sur la berge droite à 50 mètres en amont du barrage, me fournit le moyen de constater facilement, au moyen de repères et de ma montre, que la vitesse de la lave était de 2 mètres par seconde. L'écoulement de la lave avait duré vingt ou vingt-cinq minutes; une forte colonne d'eau lui fit suite pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure, agrandissant considérablement la brèche du barrage n° 6. »

III.1.3 Analyse détaillée des crues de 2002 et 2003

Les crues de 2002 et 2003 font partis des crues récentes les plus importantes qui ont eu lieu sur le torrent des Sanières.

III.1.3.a Crue du 5 juin 2002

Dans la nuit du 4 au 5 juin 2002, entre 2 h et 5 h du matin, de violentes pluies ont pris place dans le bassin versant engendrant un cumul d'environ 37 mm. Le torrent des Sanières a connu un gonflement de son débit sans témoins oculaires directs pouvant apporter des précisions. Les observations des agents du service RTM faites quelques heures après les événements apportent quelques informations.

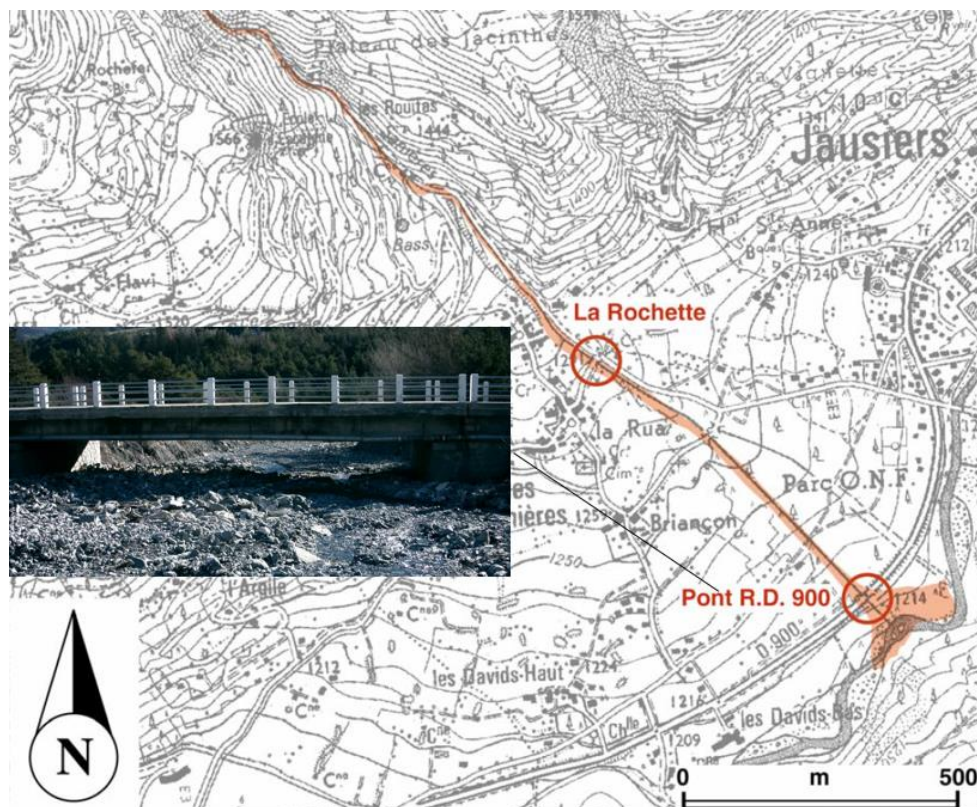


Figure 39. Emprise de la crue de 2002 sur le cône de déjection

La majorité des dépôts ont été observés dans la partie inférieure du chenal torrentiel. Le seul débordement a été observé dans la partie supérieure du cône de déjection, à l'amont immédiat du hameau de La Rochette. Il a pris la forme d'un lobe d'une cinquantaine de mètres de long qui longe la rive gauche du chenal principal. La largeur du lobe varie entre 2 m et 4 m. Les dépôts sont venus combler une bonne partie du chenal torrentiel sur le cône de déjection. Des projections ont tapissé le pont de la RD900.

III.1.3.b Crue du 05 août 2003

L'orage du 5 août 2003 a été très violent et a succédé à une forte période de sécheresse. Il a été très violent également sur le bassin versant du torrent de Faucon mais les conséquences ont été bien moins importantes sur le torrent des Sanières.

Le fait que le lit ait été curé sur un linéaire de 150 m à l'amont et à l'aval du pont de la D900 avant la crue a sans aucun doute permis de limiter les dégâts.



Figure 40. Photos des « débordements sur le pont de Briançon » sur le cône de déjection – crue de 2003

Lors de cette crue, un débordement – sans dégât – au-dessus du pont de Briançon a été constaté. Comme le mentionne le bureau d'études ETRM (ETUDE-2) :

« Il est cependant possible qu'il ne s'agisse que d'éclaboussures. En effet, le mur bétonné guide l'écoulement (le lit forme une courbe à ce niveau et le mur correspond à l'extrados) mais se termine quelques mètres en amont du pont. Des enrochements lui succèdent mais avec un fruit beaucoup plus faible. Ils sont donc avancés dans le lit de plusieurs mètres et imposent une contraction brutale qui peut conduire à une surélévation locale des niveaux.

En rive droite (intrados), il n'y a pas de contraction importante. L'écoulement est donc nécessairement dissymétrique au droit de l'ouvrage et beaucoup plus important en rive gauche. Il n'est donc pas étonnant que le débordement concerne surtout la partie du pont proche de la rive gauche ».

III.2 Eboulement de la Roche Plombée

Le 4 août 2013 a eu lieu un éboulement important en rive gauche du torrent des Sanières entre l'aval de la grande cascade (cote 1470 m) et le sentier PR du Plateau des Jacinthes.

Les descriptions de la situation géographique et de la spécificité géologique de cet éboulement ont été abordées au chapitre II.2 de cette étude. Le suivi régulier de l'éboulement/glisement est effectué par Michel Truche (DTN RTM) et Michel Peyron (RTM 04). L'analyse photographique de son évolution est présentée en [annexe 8](#).

Le volume estimé de l'éboulement/glisement surplombant actuellement la rive gauche du bassin versant des Sanières est de 300 000 m³. Une surface de rupture plus profonde avec atteinte du fond du thalweg du torrent de Sanières est à craindre mais ne semblait pas fonctionnelle au vu :

- De l'absence de dommages au barrage B19,
- De l'absence de fermeture du thalweg par la base de l'éboulis en rive gauche,
- De la libération des matériaux depuis le rebord supérieur du talus marquant la limite du toit des schistes.



Figure 41. Photos de a partie supérieure de l'éboulement (09/09/2014)

Une régression en arrière de la marge Est est enclenchée mais il n'est pas impossible que cette régression progresse vers le Nord-Est en direction du Ravin du Cuano (cf. figure ci-dessous).

En Jaune, l'emprise prévisible du déplacement des mouvements mais il peut y avoir une extension vers l'est au-delà du thalweg vers plateau des Jonquilles à L'est,

En orange, l'emprise du glissement en novembre 2013+ agrégation des déformations jusqu'en août 2015,

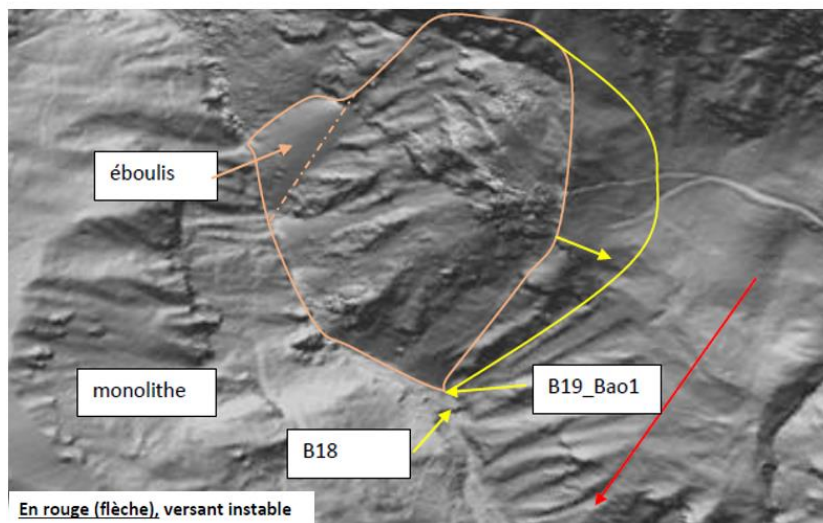


Figure 42. Analyse du glissement à partir du LIDAR Sintegra 2013 (M. Truche, 2015)

Un relevé de points GPS réalisé de part et d'autre du sentier de randonnée traversant la zone d'éboulement montre que la régression de l'éboulement est en cours.

Cet éboulement s'est produit dans une zone d'ores et déjà fortement contributrice en matériaux. Il ne fait aujourd'hui aucun doute que la situation érosive dans cette zone s'est tout de même fortement dégradée.

III.3 Evolution de la surface boisée

Suite à un déboisement extensif au cours des deux premiers tiers du XIX^{ème} siècle, le versant adret de l'Ubaye était fortement mis à nu. La photographie suivante, retrouvée dans le livre « Restauration et Conservation des Terrains en Montagne » (2^{ème} partie « description

sommaire des périmètres de restauration – région des alpes » – 1911) et prise en 1886 dans le torrent du Bourget, confirme bien cette pénurie.



Figure 43. Photographie prise en 1886 dans le torrent voisin du Bourget

Comme le mentionne le compte rendu des travaux réalisés entre 1869 et 1874 (HIST-3, 1875), « situé à l'extrémité méridionale, ce bassin de réception ne possède aucune trace de végétation forestière. Livré jadis au parcours de nombreux troupeaux de chèvres, toute végétation avait fini par disparaître. »

L'essentiel des travaux de reboisement se sont déroulés entre 1864 et 1914 (cf. partie V de cette étude).

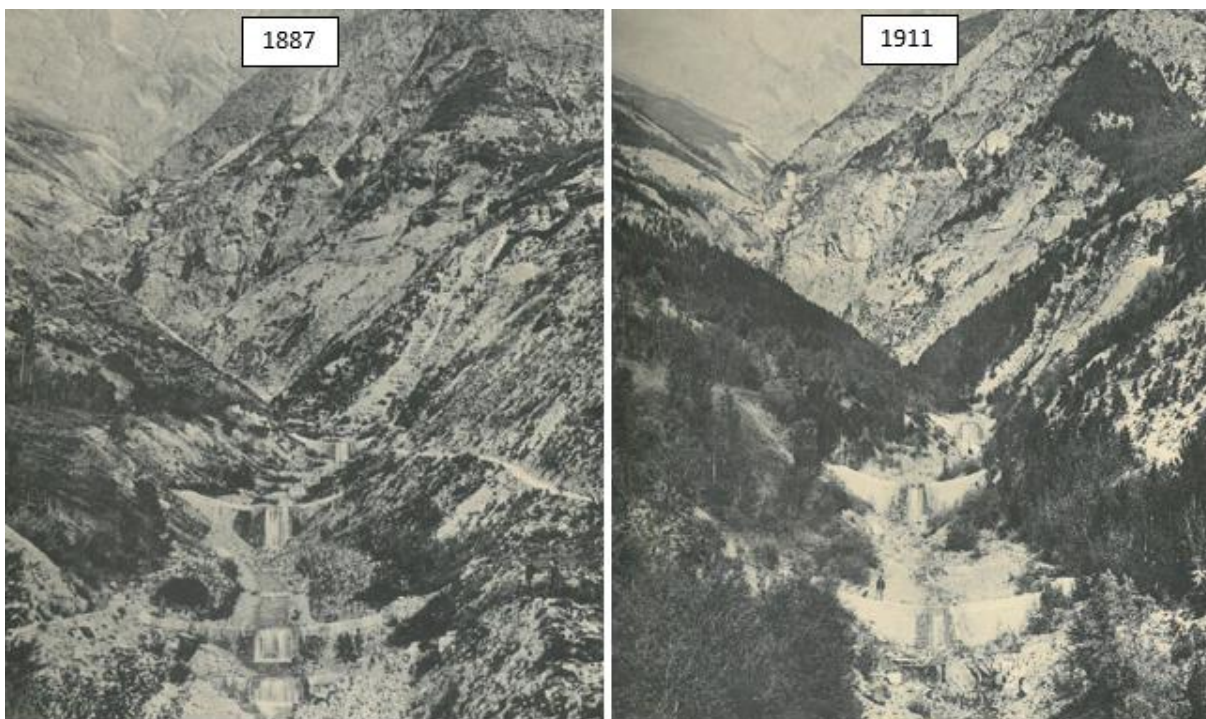


Figure 44. Photographies du lit des Sanières, aval grande cascade, à deux dates différentes (1887-1911)

Partant donc d'un taux de boisement quasiment nul en 1864, le bassin versant du torrent des Sanières présente aujourd'hui un taux de boisement de l'ordre de 42 % (2 km² hors cône de déjection). En excluant la superficie du bassin versant située au-dessus de 2300 m d'altitude

(altitude à partir de laquelle pratiquement plus aucun arbre ne peut pousser), le taux de boisement du bassin versant grimpe à environ 65 %. **Nous pouvons donc considérer cette action comme un succès.**

Cette surface boisée a par la suite très peu évolué (cf. photographies aériennes sur l'ensemble de la zone d'étude de 1948 et 2010 en annexe 9). Une légère amélioration de la situation est tout de même constatée en rive gauche du torrent (densification et augmentation altimétrique) et en rive droite (colonisation des bas de berge jusqu'au torrent).

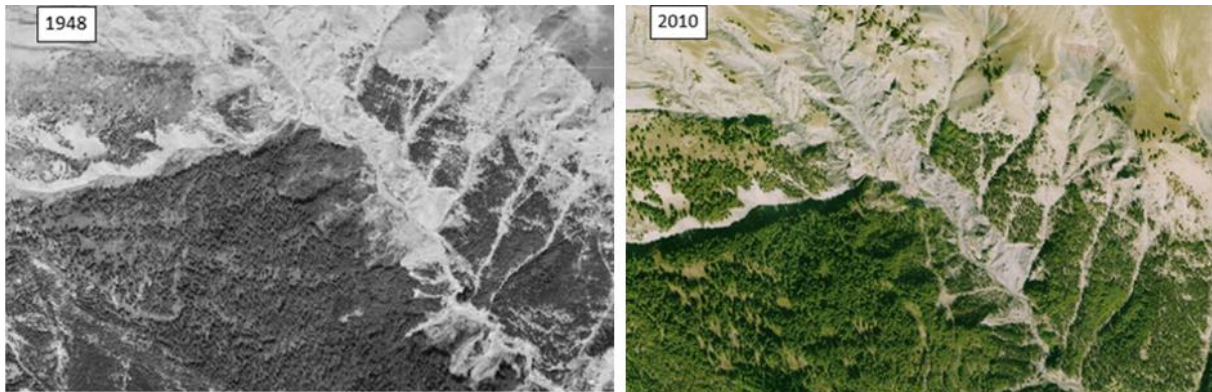


Figure 45. Comparatif des photographies aériennes de 1948 et 2010 en partie intermédiaire

Une dégradation locale de la situation est cependant observée depuis l'éboulement d'août 2013.



Figure 46. Comparaison des photographies aériennes de 2010 et 2014 dans le secteur de l'éboulement

IV Analyse historique de la création de la division domaniale RTM des Sanières

IV.1 Date de création du périmètre et premiers objectifs de protection

Les recherches historiques ne nous ont pas permis de retrouver les documents d'acquisition (DUP notamment) censés intégrer toutes les informations sur la division domaniale des Sanières (origine, objectifs, délimitation du périmètre...).

De nombreuses informations ont cependant été retrouvées dans le compte rendu des travaux réalisés entre 1869 et 1874 (HITS-3, 1875).

Etudié en 1861, le périmètre des Sanières fut décrété le **25 mars 1863, comme périmètre de reboisement** sur une surface de 407 ha.

A l'instar du torrent de Faucon, P. Demontzey (HIST-2) conclut par les termes suivants : « La création d'un périmètre d'utilité publique s'imposait donc ici comme une nécessité urgente, car à un état de dégradation toujours croissant des bassins de réception, se réunissaient les conditions de sol, de climat, de pente et d'exposition les plus défavorables et présentant les dangers les plus imminents ».

IV.2 Modifications du périmètre

Le périmètre de 1863, d'une surface de 407 ha, a fait l'objet de plusieurs modifications et/ou révisions. Soulignons que la liste suivante, issue des données retrouvées dans la recherche d'archive, n'est pas exhaustive:

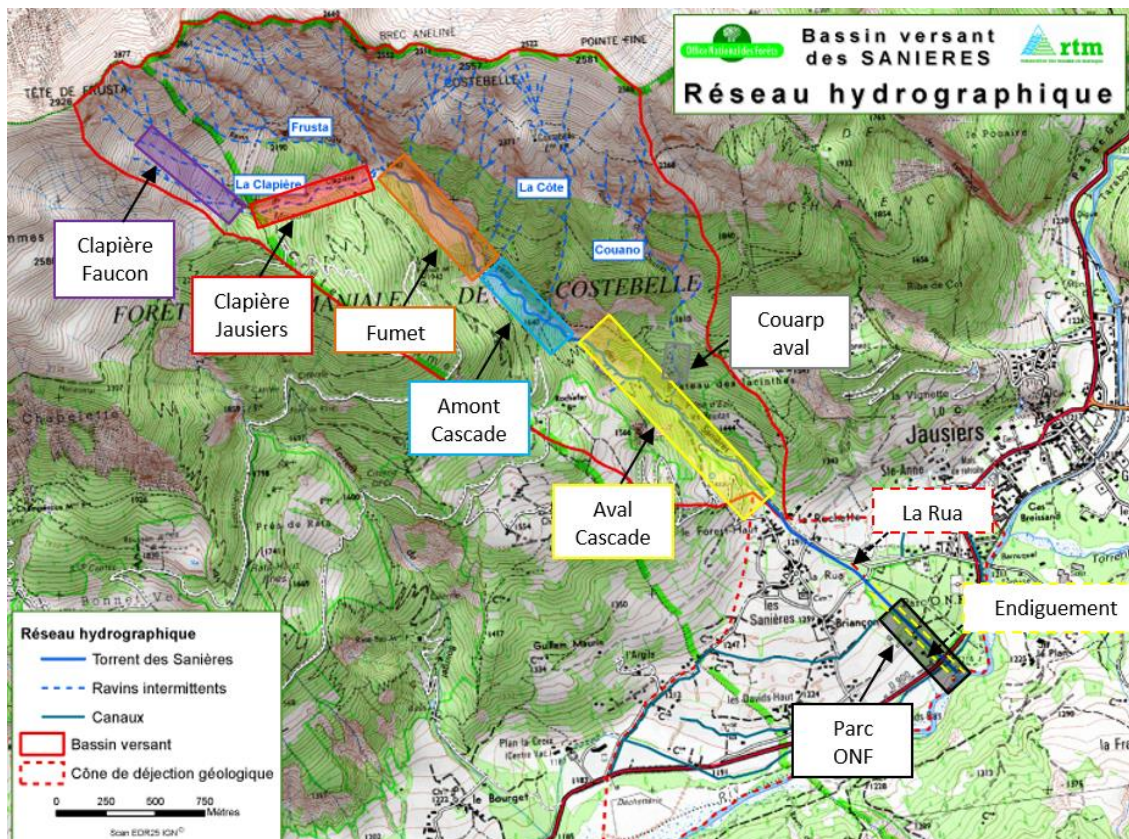
- Suite à la loi sur le gazonnement du 08/06/1864 : 353 ha sont substitués au reboisement au profit de l'engazonnement. Presque la totalité du bassin versant est concerné. Seules une très faible partie des berges et des secteurs ne participant pas au régime du torrent ont été conservées en reboisement ;
- 1872 : suite à la crue dévastatrice de 1868, un projet de substitution de reboisement au gazonnement est étudié.
- 13/07/1874 : adoption du projet, déclaré d'utilité publique, avec ajout de nouvelles parcelles. La superficie du périmètre s'élève alors à 420 ha.
- Loi du 1^{er} août 1901 : constitution du périmètre Ubaye, comprenant 16 séries, dont la série domaniale de Jausiers. Cette dernière présentait une superficie de 569 ha mais elle incluait les forêts domaniales situées dans les parties supérieures du torrent des Péous et du ravin des Esmenjaud.
- **A l'heure actuelle, en 2015, la surface de la division domaniale RTM des Sanières s'élève à 448 ha** répartie en deux zones : le bassin versant (429 ha) et le cône de déjection (17 ha). Quelques ajouts de parcelles ont donc été réalisés entre 1874 et 2015 mais la situation n'a globalement guère évolué.

V Description des dispositifs et des ouvrages de protection existants

V.1 Description générale des dispositifs domaniaux

Le périmètre du torrent des Sanières comprend **9 dispositifs**.

Parmi ceux-ci, les **5 dispositifs suivants prennent place dans le chenal principal d'écoulement** (de l'aval vers l'amont) : « Aval cascade », « Amont cascade », « Fumet », « Clapière Jausiers », « Clapière Faucon ». **Ces 5 dispositifs comprennent au total 52 ouvrages de correction torrentielle** (seuils et barrages dans un état fonctionnel au moins « passable »).



Un dispositif – Couarp aval – est présent sur la partie aval de l'affluent rive gauche nommé ravin du Cuano (ou Couarp). Il n'est composé que d'un seul ouvrage.

Sur les 52 ouvrages de correction active jouant encore un rôle actuellement :

- 2/3 des ouvrages se répartissent dans les 2 dispositifs « Fumet » et « Aval Cascade » ;
- Plus de 85% des ouvrages sont notés comme des « barrages » dans la base de données ;
- Tous les seuils et barrages en pierres sèches (8 seuils et 2 barrages), qui ne représentent actuellement que 18% des ouvrages, se localisent dans les dispositifs « Clapière Faucon » (7 seuils) et « Clapière Jausiers » (1 seuil et 2 barrages) ;
- 20 ouvrages sont composés strictement en pierres maçonnées ;

- 13 autres ouvrages sont composés de pierres maçonnées renforcées par un voile béton ;
- 9 ouvrages sont des barrages en béton ;

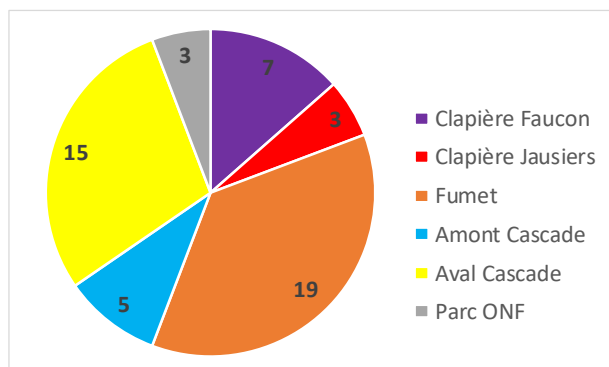


Figure 48. Nombre d'ouvrages de génie civil par dispositif

Trois autres dispositifs sont présents sur le cône de déjection :

- Le dispositif « Parc ONF » composé de trois ouvrages transversaux domaniaux (seuils et barrages) ;
- Le dispositif « Endiguement » composé de plusieurs tronçons de digues domaniales entre le pont de Briançon et le pont de la D900 ;
- Le dispositif « La Rua » composé d'une digue domaniale rive gauche à l'amont du pont de Briançon (cette digue est située dans la continuité de la digue communale amont positionnée en rive gauche entre le pont de la Rua et le pont de Briançon).

Pour chaque dispositif, **l'annexe 10** rassemble l'ensemble des informations disponibles par dispositif (carte de localisation des ouvrages sur orthophotographie + le tableau de synthèse des ouvrages + travaux d'entretien + coût d'investissement et d'entretien + photographies des ouvrages extraits du catalogue des ouvrages réalisé par M. Peyron – RTM04).

Notons également qu'il a été difficile d'associer un prix à chaque ouvrage. Les documents récupérés mentionnent en effet des prix globaux pour plusieurs opérations sur plusieurs dispositifs différents. **Bien que les tableaux suivants laissent penser que peu d'informations péuniaires ont été retrouvées, nous verrons par la suite qu'un bilan financier assez précis a pu être mené.**

V.2 Dispositif domanial « Parc ONF »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Parc ONF.

Localisation : dispositif le plus à l'aval, positionné en partie basse du cône de déjection entre 1215 m et 1240 m (et s'étendant sur un linéaire de 400 ml).

Dispositif "PARC ONF" - création des ouvrages								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Type	Materiaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (TTC)
TB1	BA001	Entre 1957 et 1962	poids	Béton armé	1,5	19	Seuls les sommets des ailes apparaissent actuellement	?
TB2a	BA002	1998	poids	Béton armé	3	15	Seuls 0.7 m apparaissent au niveau de la cuvette. Parafouille au TB2	123 642 F
TB2	BA003	1957	poids	Béton cyclopéen et Béton armé	3	14	Ouvrage de calage des digues et de passage à un canal d'arrosage	179 550 F

Tableau 4: Caractéristiques des ouvrages du dispositif Parc ONF (coûts non actualisés)

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale: fixation du lit, des digues latérales sur le cône de déjection. L'ouvrage TB1 fixe le lit afin de limiter les phénomènes d'incision sous le pont de la D900 et permet également de soutenir une ancienne goulotte d'un canal d'arrosage.

Historique du dispositif: le premier ouvrage TB2 a été construit en 1957 dans le cadre des travaux de création d'un nouveau chenal du torrent des Sanières sur son cône de déjection. Son but était de caler l'ensemble du dispositif d'endiguement amont (ouvrages qui ont été créés à la même époque).



Figure 49. Parc ONF – Photographie des 3 ouvrages transversaux

Aucune information n'a été retrouvée sur l'ouvrage TB1. Nous savons seulement que cet ouvrage a été créé après la déviation du chenal d'écoulement (post 1957) et avant 1962 (après constatation de l'ouvrage sur la photographie aérienne de 1962). L'ouvrage TB2a a lui été mis en place en 1998 après qu'un affouillement important du TB2 ait été constaté : il sert de contre barrage à ce dernier et est aujourd'hui pratiquement totalement enfoui sous les matériaux.

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Le dispositif comprend 3 ouvrages, dont :

- 1 barrage poids en béton cyclopéen et béton armé avec cuvette protégée par de la tôle (TB2) ;
- 1 contre barrage poids en béton armé (TB2a, plutôt assimilé à un seuil) ;
- 1 barrage en béton armé sans protection de la cuvette (TB1).

La hauteur sous cuvette des ouvrages varie entre 1,5 m à 3 m de haut environ tandis que les largeurs en crête d'ouvrage fluctuent entre 14 m et 19 m de large.

Principaux travaux d'entretien

Le barrage TB2 a subi une réparation importante en 1998, au même moment que la construction du contre barrage TB2a.

V.3 Dispositif domanial « Endiguement »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Endiguement.

Localisation : dispositif prenant place sur la partie aval du cône de déjection, à l'aval du pont de Briançon, entre 1215 m et 1260 m et sur un linéaire d'environ 550 m.

Dispositif "Endiguement" - création des ouvrages								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Type	Matériaux	Hauteur (m)	Longueur digue (m)	Commentaire	Coût (TTC)
TD01	EN001	1957	mur, muret	Béton armé	2,8	159	La hauteur de la digue coté torrent est de 2,8 m mais il y a eu l'adjonction d'un mur parafouille d'une hauteur variant entre 1,1 m et 2,3 m. La hauteur extérieure de la digue est de 1,5 m en moyenne	93 392 F + 235 633 F
TD02	EN002	1964	mur, muret	Béton armé	4,5	29	La hauteur de l'ouvrage coté torrent est de 2,8 m. Le 4,5 m est la hauteur réelle. La hauteur externe au torrent est de 0,5 m	
TD3		1978	mur, muret	Béton armé		59		232.246 F et enrochement au Pont de Briançon, en 1995 : 26 139.44 F
	EN004	1956	levée de terre	Tout-venant ou terre	5,5	357		
	EN005	1956	levée de terre	Tout-venant ou terre	5,5	357	La longueur de 357 m est comprise en rive droite entre le pont sur la RD 900 et le barrage TB2a 5,50 m est la hauteur coté torrent. La hauteur externe au torrent est de 4,5 par rapport au terrain naturel. L'épaisseur au sommet est de 1 m	
	EN003	1956	levée de terre	Tout-venant ou terre	3	189	La longueur de l'ouvrage de 189 m est comprise entre le BA 003 et le pont de Briançon en rive gauche. 3m est la hauteur coté torrent. La hauteur externe au torrent est de 2 m par rapport au terrain naturel. L'épaisseur au sommet est de 2 m	
	EN006	1956	levée de terre	Tout-venant ou terre	5	73	Hauteur coté torrent = 5 m Hauteur extérieure = 4 m par rapport au TN	
	EN007	1956	levée de terre	Tout-venant ou terre	5	70	Hauteur coté torrent = 5 m Hauteur extérieure = 5 m par rapport au TN	

Tableau 5 : Caractéristiques des digues du dispositif Endiguement (coûts non actualisés)

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : Guider le torrent et éviter les débordements sur le cône de déjection.

Historique du dispositif: les premières digues en béton armé et en tout venant du dispositif ont été créées au même moment que la déviation du chenal sur le cône de déjection entre 1956 et 1957. Elles ont été complétées au fil des années, notamment en 1964 et en 1978, par des surélévations locales et des enrochements.



Digues vues depuis le pont de Briançon (vue vers l'aval)



Digues vues depuis le pont de la D900 (vue vers l'amont)

Figure 50. Endiguement –Vues sur les digues en tout venant et en béton armé

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Le dispositif comprend 8 portions de digues. Parmi celles-ci nous pouvons observer :

- 3 portions de digues construites en béton armé, formant une seule et unique protection en rive droite entre le barrage TB2 et le pont de Briançon. Cette digue est renforcée par une poutre parafouille d'1 m de profondeur ;
- 5 portions de digues construites avec des merlons de curage en tout venant :
 - Deux positionnées en rive droite : l'une située entre le contre barrage TB2a et le pont de la D900 et l'autre à l'aval du pont de la D900,
 - Trois positionnées en rive gauche entre le pont de Briançon et l'aval du pont de la D900.

Les hauteurs côté torrent varient 2,8 m à 5 m et les hauteurs côté val fluctuent entre 0,5 m et 5 m.

Principaux travaux d'entretien

Le mur/digue en béton en rive droite a fait l'objet d'une surélévation et de la construction à posteriori d'une poutre parafouille d'1 m de haut. Les digues en tout venant ont été renforcées suite à plusieurs petites interventions.

V.4 Dispositif domanial « La Rua »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : La Rua.

Localisation : dispositif prenant place à l'amont rive gauche du pont de Briançon. Cette digue est située dans la continuité aval de la digue communale amont positionnée en rive gauche entre le pont de la Rua et le pont de Briançon

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : limiter les risques de débordement en rive gauche en partie haute du cône de déjection. Cet ouvrage permet également une réorientation du lit suite à l'aménagement de 1957.

Historique du dispositif : cette digue a été créée dans le cadre des travaux de modification du tracé du torrent sur son cône de déjection, en 1957.

Dispositif "La Rua" - Création des ouvrages									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (HT)
	EN001	1957		mur, muret	Béton armé	5,7	59	La hauteur externe au torrent est nulle. Le sommet de l'ouvrage correspond au terrain naturel.	

Tableau 6 : Caractéristiques de l'ouvrage du dispositif La Rua (coûts non actualisés)

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Le dispositif comprend 1 seule digue en béton armé de 59 m de long positionnée en rive gauche du torrent. Sa hauteur en crête est de 5,7 m et elle dispose d'une semelle parafouille.



Figure 51. La Rua –Digue rive gauche en béton armé à l’amont du pont de Briançon

Principaux travaux d'entretien

Aucuns travaux d'entretien n'ont été réalisés sur cet ouvrage.

V.5 Dispositif domanial « Couarp Aval »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Couarp aval.

Localisation : dispositif prenant place à environ 1600 m d'altitude dans le ravin du Cuano, affluent rive gauche du torrent des Sanières.

Dispositif "Couarp aval" - Création des ouvrages									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (HT)
banquette1	SE002			pois	Grillage métallique				

Tableau 7 : Caractéristiques de l'ouvrage du dispositif Couarp aval (coûts non actualisés)

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale: soutien le chemin de randonnée.

Historique du dispositif: aucune date précise de création de ces banquettes grillagées n'a été retrouvée.

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif : il s'agit de banquettes constituées de grilles métalliques jouant un rôle de soutènement au chemin de randonnée.

Principaux travaux d'entretien

Aucuns travaux d'entretien n'ont été réalisés sur ce dispositif.

V.6 Dispositif domanial « Aval Cascade »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Aval Cascade.

Localisation : partie basse du chenal d'écoulement principal entre la grande cascade et l'apex du cône de déjection. Les ouvrages sont positionnés entre 1307 m et 1477 m d'altitude.

Dispositif "Aval Cascade" - Création des ouvrages									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (TTC)
B3	BA001	1956		poids	Béton massif et cyclopéen	3,8	21,5	Barrage situé à l'aval de plusieurs ouvrages, enrochement parafouille des ailes aval	
B4	BA002	1956		à contreforts	Béton armé	1,5 m	22	Ouvrage créé au départ comme fermeture aval du piège à matériau (barrage avec poutrelles horizontales ayant la fonction de grille) Cette fonction n'existe plus suite à un risque de débordement en rive gauche	
B5	BA003	1874-1911		poids	Maçonnerie			Enterré dans l'atterrissement du B4	
B6	BA004	1956-1958		poids	Béton armé	1,9	28,7	Barrage créé à l'origine comme ouvrage de fermeture aval de plage de dépôt. N'a plus ce rôle actuellement	
B7	BA005	1874-1911	2010	poids	Maçonnerie			Barrage ruiné et enseveli par l'atterrissement de l'ouvrage aval créé en 1956	
B8	BA006	1874-1911		poids	Maçonnerie	1,9	26	L'ouvrage est souvent enseveli par l'atterrissement de l'ouvrage aval	
B9	BA007	1874-1911		poids	Maçonnerie	2,5	21,9		
B10	BA008	1875		poids	Maçonnerie	3,8	24,2	Consolidation en 1975	
B11	BA009	1874-1911		poids	Maçonnerie	2,1	19,2		
D3	ST001			revêtement et protection de berge	Pierre sèche	1,8	37	Vieille digue réparée en 2001	
weg1	TV001	1980		En plein	Métal déployé/ Bois, végétaux			Végétalisation et banquettes grillagées de soutènement de sentier de randonnée	
VB1	BQ001			grillagée	Maçonnerie				
Piste de st Flavy	XX001	1975		Type non pré-défini	Tout-venant ou terre				
B12	BA010	1874		poids	Maçonnerie, Béton armé	6,7	24,7	Voile béton réalisé en 1975	
B13	BA011	1874-1911	2011	poids	Maçonnerie			détruit	
VB7	BQ002		2009	grillagée	Métal déployé				
B15	BA012	1874-1911	1997	poids	Maçonnerie			Ouvrage atterri par l'ouvrage aval, non visible	
B16	BA013	1874		poids	Maçonnerie	3,4	28,5	Ouvrage en grande partie atterri, prise d'eau par grille sur cuvette	
B17	BA014	1874-1911		poids	Maçonnerie	2,8	18,1		
B18	BA015	1874-1911		poids	Maçonnerie	5	25,3	Emprise au chemin de randonnée de Chanenc à st Flavy / Belmont	
B19	BA016	1950-1958		poids	Béton massif et cyclopéen	5,9	21		8 800 000 anciens F avec le b 23
B20	BA017	1874-1911	2011	poids	Maçonnerie			Reste les ruines de l'aile en rive droite	
B21	BA018	1874-1911	2000	poids	Pierre sèche			Barrage non retrouvé en 2006, en ruine précédemment	
B22	BA019	1874-1911	1997	poids	Pierre sèche			Barrage non retrouvé en 2006, en ruine précédemment	
B23	BA020	1874-1911		poids	Maçonnerie, Béton massif et cyclopéen	9,2	19	Barrage réparé en 1963 par l'entreprise Rossetto	8 800 000 anciens F avec le b 19
VS1	BQ003			grillagée	Métal déployé				

Tableau 8 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Aval Cascade (coûts non actualisés)

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale: rôle principal de fixation du lit et des berges du chenal. Suite à l'éboulement de la Roche Plombée, le barrage B19 permet de caler une partie du glissement de versant en rive gauche. Cet ouvrage est aujourd'hui pratiquement totalement enfoui sous les décombres.

Historique du dispositif: de nombreux barrages en pierres maçonnées ont été construits entre 1874 et 1911 sur ce dispositif. Les 4 premiers ouvrages ont été réalisés entre 1874 et 1875. Aujourd'hui, 15 ouvrages datant de cette époque sont encore présents dans ce dispositif (5 ne jouant pratiquement plus aucun rôle : vestiges). Ce dispositif a été complété dans les années 1950 par la création de 4 barrages en béton armé mais également par la réalisation de banquettes grillagées en dessous du chemin de randonnée et de la piste de St Flavy.

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Au total, 20 ouvrages ont été retrouvés dans ce dispositif. Seuls 14 d'entre eux sont encore en état de fonctionner, dont :

- 10 barrages poids en pierres maçonnées réalisés entre 1874 et 1911 (deux de ces ouvrages, le B12 et le B23, ont été recouverts d'un voile béton) ;
- 4 barrages en béton (béton armé ou béton massif ou cyclopéen) construits dans les années 1950-1958. Deux d'entre eux (B4 et B6) étaient destinés, à l'aide de barreaux métalliques, à jouer le rôle d'ouvrage de fermeture de plage de dépôt. En raison de risques de débordement, ces barreaux ont été retirés et ces ouvrages fonctionnent

comme tous autres. Compte-tenu de l'éboulement d'août 2013, les ouvrages B19 et B23 sont pratiquement complètement ensevelis sous les matériaux.

La hauteur sous cuvette des barrages varie de 1,80 m à 6,80 m environ. Les largeurs en crête d'ouvrage varient de 19 m à 28 m.

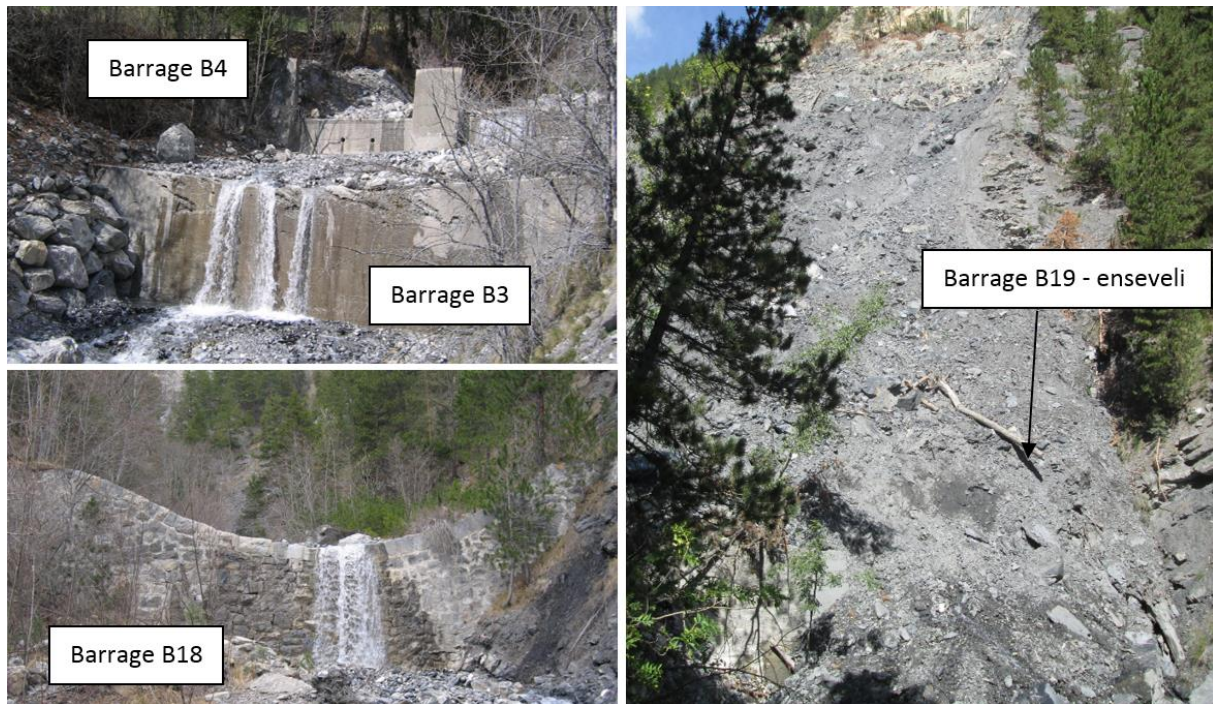


Figure 52. Aval Cascade – Photographie des différents types d'ouvrages du dispositif

Principaux travaux d'entretien

Les seules interventions d'entretien répertoriées dans ce dispositif sont les suivantes :

- Mise en place d'enrochements sur le B9 en 2011 et en 2013 (réparations provisoires à améliorer) ;
- Consolidation de la maçonnerie du B10 en 1975 ;
- Mise en place d'un voile béton en 1963 sur le B23 et en 1975 sur le B12.

V.7 Dispositif domanial « Amont Cascade »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Amont Cascade.

Localisation : dispositif situé, comme son nom l'indique, à l'amont de la grande cascade sur le chenal d'écoulement principal, entre 1600 m et 1745 m d'altitude.

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : fixation du lit et des berges du chenal principal. Notons également que le B24 permet l'alimentation de la prise d'eau de St Flavy.

Historique du dispositif: les premiers ouvrages, construits initialement en pierres maçonnées ont été réalisés dès 1876. D'autres ouvrages utilisant la même technique ont probablement été construits entre 1876 et 1900. Aujourd'hui, trois de ces ouvrages sont encore présents : l'un (le B24) joue toujours un rôle actuellement, et les deux autres (B29 et B30) sont rarement observables car fortement enfouis sous les dépôts.

Deux barrages en béton ont été construits au milieu des années 1970 afin de renforcer le dispositif. Ils sont situés dans des gorges où le substratum rocheux apparaît à plusieurs

endroits. Il est probable que de nombreux seuils anciens soient présents dans les pages d'atterrissement de ces ouvrages.

Dispositif "Amont Cascade" - Création des Ouvrages								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (TTC)
B 24	BA001	1884	poids	Maçonnerie	5,2	16,4	Utilisé pour caler la prise d'eau du hameau de St Flavy	
B 25	BA002	1975	Autostable et ancré	Béton armé	11,5	15,8		159 545 F
B 28	BA003	1976	auto-stable	Béton armé	8,5	19		211 892 F
B 29	BA004	1876-1900	poids	Maçonnerie + Voile béton	1	26	Presque en totalité recouvert par l'atterrissement du Barrage n° 28	
B 30	BA005	1876-1900	poids	Maçonnerie + Voile béton	0,5	27,5		

Tableau 9 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Amont Cascade (coûts non actualisés)

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Le dispositif comprend 5 barrages. Trois de ces ouvrages sont de type poids et ont été construits initialement en maçonnerie. Aujourd'hui seul l'ouvrage B24, construit en 1884 demeure entièrement en maçonnerie.

Les ouvrages B29 et B30 présentent en plus l'adjonction d'un voile en béton sur leurs parements. Deux autres barrages, de type autostable en béton armé, de grande dimension, ont été construits en 1975 et 1976.

La hauteur sous cuvette des barrages varie de 5,2 m à 11,5 m. Les largeurs en crête d'ouvrage varient de 16 m à 27,5 m.



Figure 53. Amont Cascade – Photographies des différents types d'ouvrages du dispositif

Principaux travaux d'entretien :

Excepté la réalisation des voiles béton au niveau des ouvrages B29 et B30, aucuns autres travaux d'entretien n'ont été réalisés sur ce dispositif.

V.8 Dispositif domanial « Fumet »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Fumet.

Localisation : dispositif situé dans le chenal d'écoulement à l'amont du dispositif « amont cascade » et jusqu'à la confluence des ravines supérieures, entre 1780 m et 1950 m d'altitude.

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : fixation du lit et des berges du chenal principal.

Historique du dispositif : d'après les recherches historiques, les 6 premiers barrages de ce dispositif ont été construits en 1876 afin de caler la berge rive droite en glissement. Malgré certaines reconstructions récentes, tous les ouvrages en place ont été initialement construits entre 1876 et 1911. Sur ces 23 ouvrages composants ce dispositif, 4 ouvrages n'ont pas été retrouvés lors de notre visite en octobre 2014 (B33, B40, B41, B51).

Dispositif "Fumet" - Création des Ouvrages									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (TTC)
B33	BA001	1876-1911	1996	poids	Pierre sèche/ Maçonnerie			Non retrouvé en 2006 et 2014	
B34	BA002	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	8,5	30	Barrage réparé par un voile en béton armé en 1985	
B35	BA003	1876		voûte	Maçonnerie	3	20		
B36	BA004	1876-1911		poids	Maçonnerie	1.2	25	En grande partie recouvert par les matériaux du torrent	
B37	BA005	1876-1911		poids	Maçonnerie	1.5	22	En partie recouvert par l'atterrissement du B36	
B38	BA006	1876-1911		poids	Maçonnerie	1.2	18		
B39	BA007	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	5,1	14,7	Barrage en maçonnerie, réparée en 1985 (?)	
B40	BA008	1876-1911	2009	autre	Pierre sèche			Non retrouvé en 2006, 2013 et 2014	
B41	BA009	1876-1911	2009	poids	Pierre sèche			Non retrouvé en 2006, 2013 et 2014	
B42	BA010	1876-1911		voûte	Maçonnerie	0	12		
B43	BA011	1876-1911		voûte	Maçonnerie	2.5	16.2		
B44	BA012	1876-1911		voûte	Maçonnerie, Béton armé	19	3.8	Barrage numéroté 42 en 1973 et 1987. Confortement en 1987	
B45	BA013	1876-1911		voûte	Maçonnerie, Béton armé	8.5	31,5	Réparé en 1987	
B46	BA014	1876-1911		voûte	Maçonnerie	0,5	7.4	En partie recouvert par l'atterrissement du B 45	
B47	BA015	1876-1911		voûte	Maçonnerie	1	18.5		
B48	BA016	1876-1911		poids	Maçonnerie	2	29,5		
B49	BA017	1876-1911		poids	Maçonnerie	?	29	Recouvert presque en totalité par les matériaux du torrent. Seule une extrémité en rive droite est apparente	
B50	BA018	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	1.5	35	Réparation en 1985. Gros dégâts en 2013	
B51	BA019	1876-1911	1997	voûte	Pierre sèche			Ruine	
B52	BA020	1876-1911		voûte	Maçonnerie, Béton armé	5.65	18	Barrage réparé en 1978 (réapration N° 43 en 1978) et en 1985	
B53	BA021	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	3.3	18	Réparation N° 44 en 1978	
B54	BA022	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	3	19,3	Reconstruction en 1985 et confortement	
B56	BA023	1876-1911		poids	Maçonnerie, Béton armé	9	30.6	Reconstruction en 1978 (n° 47 en 1978) et réparations en 1985 et 2008	

Tableau 10 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Fumet

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Sur les 19 ouvrages qui ont été retrouvés dans ce dispositif :

- 11 ouvrages sont des barrages poids dont :
 - 6 ouvrages composés d'une structure mixte en maçonnerie et en béton armé (voile au niveau du parement) ;
 - 5 ouvrages composés uniquement de maçonnerie.
- 8 ouvrages sont des barrages voûte dont :
 - 5 ouvrages strictement en maçonnerie ;
 - 3 ouvrages composés d'une structure mixte en maçonnerie et en béton armé.

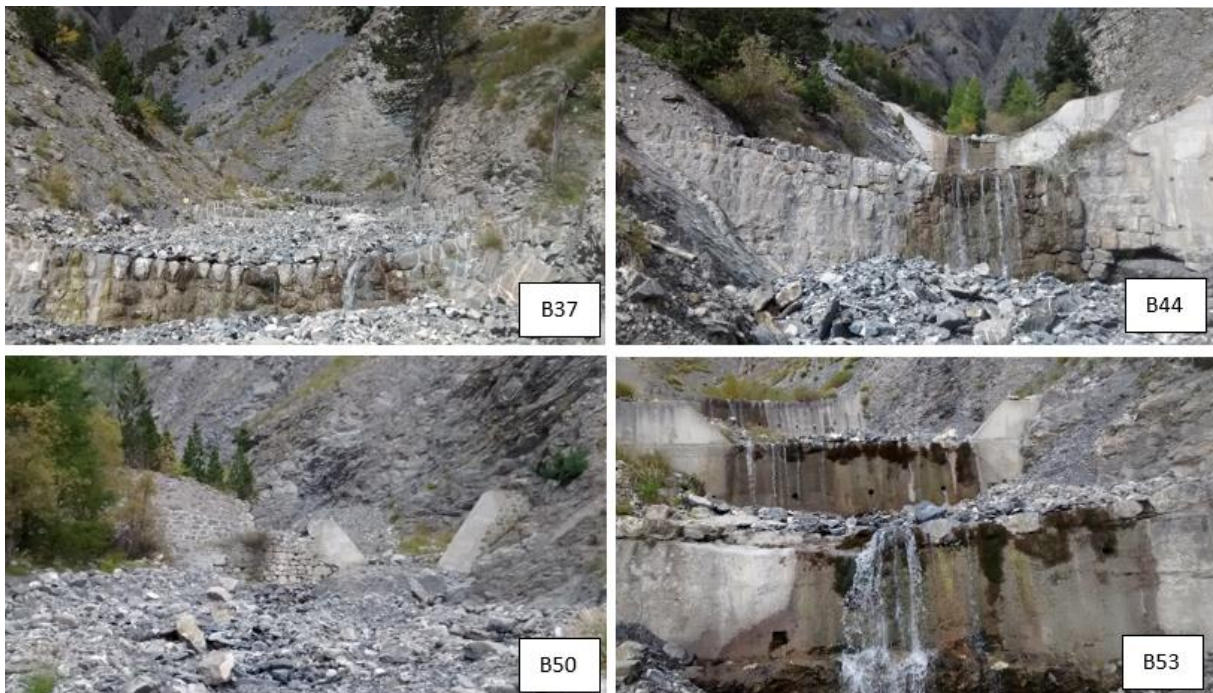


Figure 54. Fumet – Photographies des différents types d'ouvrages du dispositif

Principaux travaux d'entretien :

De nombreux travaux d'entretiens ont eu lieu sur ces ouvrages. Les principales interventions ont consistés en des renforcements d'ouvrages anciens en maçonnerie par la mise en place de voiles en béton armé mais également par la rénovation des maçonneries en place. Les principales campagnes d'entretien se sont déroulées en 1978 (B52, B53, B56), en 1985 (B34, B39, B50, B52, B54, B55), en 1987 (B44 et B45) et en 2008 (B56).

V.9 Dispositif domanial « Clapière Jausiers »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Clapière Jausiers.

Localisation : dispositif situé dans le ravin de la Clapière à l'amont du dispositif « Fumet » et jusqu'à la limite communale avec le territoire de Faucon de Barcelonnette, entre 1950 m et 2250 m d'altitude.

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : fixation du lit et des berges du chenal principal.

Historique du dispositif : il s'agit d'un dispositif très ancien, corrigé d'après les recherches historiques par de nombreux ouvrages en pierres sèches dès 1863 et jusqu'à la fin du XIXème

siècle. Les crues de 1868 et 1900 ont pratiquement totalement détruit tous les ouvrages de ce dispositif. Seuls 3 ouvrages sont encore visibles aujourd'hui.

Dispositif "Clapière Jausiers" - Création des ouvrages									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Matériaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (HT)
Barrage et pavage 1	BA001	1864-1900		poids	Pierre sèche	1,5	7		
Barrage et pavage 2	BA002	1864-1900		poids	Pierre sèche	0,5	6		
	SE001			poids	Pierre sèche	1,8	6		

Tableau 11 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Clapière Jausiers

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Sur les 3 ouvrages qui ont été retrouvés dans ce dispositif :

- 2 ouvrages sont des barrages poids en pierres sèches comprenant à l'amont, sur une dizaine de mètres, une section de chenal pavée également pierres sèches ;
- 1 ouvrage est un seuil en pierre sèche.



Figure 55. Clapière Jausiers– Photographies du barrage B1 et se son pavage amont

Principaux travaux d'entretien :

Aucuns travaux d'entretien n'ont eu lieu sur ce dispositif.

V.10 Dispositif domanial « Clapière Faucon »

Intitulé du dispositif au sein de la BD RTM : Clapière Faucon.

Localisation : dispositif situé dans le ravin de la Clapière à l'amont du dispositif « Clapière Jausiers » dans le territoire communal de Faucon de Barcelonnette, entre 2250 m et 2350 m d'altitude.

Rôle du dispositif au sein de la division domaniale : fixation du lit et des berges du chenal principal.

Historique du dispositif : à l'instar du dispositif Clapière Jausiers, il s'agit d'un dispositif très ancien, corrigé d'après les recherches historiques par de nombreux ouvrages en pierres sèches dès 1863 et jusqu'à la fin du XIXème siècle. Les crues de 1868 et 1900 ont également pratiquement totalement détruit tous les ouvrages de ce dispositif.

Dispositif "Clapière Faucon" - Création des Ouvrages										
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Année Reception	Année Fin de Vie	Type	Materiaux	Hauteur sous cuvette (m)	Largeur en crête / longueur digue (m)	Commentaire	Coût (HT)	
Seuil 1	SE001	1864-1900		poids	Pierre sèche	< 1 m	3 m à 6 m			
Seuil 2	SE002			poids	Pierre sèche					
Seuil 3	SE003			poids	Pierre sèche					
Seuil 4	SE004			poids	Pierre sèche					
Seuil 5	SE005			poids	Pierre sèche					
Seuil 6	SE006			poids	Pierre sèche					
seuil 7	SE007			poids	Pierre sèche					
	SE008		2013	poids	Pierre sèche			0,5		
	SE009		2013	poids	Pierre sèche			0,5		
	SE010			poids	Pierre sèche			0,4		

Tableau 12 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Clapière Faucon

Caractéristiques des ouvrages constituant le dispositif

Huit petits seuils poids en pierre sèche ont été repérés dans le ce dispositif. Leurs hauteurs sous cuvette sont toutes inférieures à 1 m et les largeurs en crête varient entre 3 m et 6 m.



Figure 56. Clapière Faucon – Photographies de seuils en pierres sèches encore présents

Principaux travaux d'entretien :

Aucuns travaux d'entretien n'ont eu lieu sur ce dispositif.

V.11 Dispositifs non domaniaux

Le dispositif non domanial s'étend sur le chenal d'écoulement du pont de Briançon jusqu'à 1320 m d'altitude. Il est composé des ouvrages suivants:

- 1 seuil poids en béton armé quasiment au droit du centre de vacance CCAS (hauteur de cuvette <1,5 m) à environ 1310 m d'altitude ;



Figure 57. Photographie du seuil communal au droit du CCAS

- 1 mur/digue en béton en rive droite à l'amont du pont de la Rua (extrados) ;
- 1 mur/digue en béton avec barrette parafouille en rive gauche et une digue en remblais en rive droite du pont de la Rua jusqu'au pont de Briançon ;



Figure 58. Photos des ouvrages de franchissement

- 2 ouvrages de franchissement communaux : le pont de la Rua et le pont de Briançon ;
- 1 ouvrage de franchissement départemental : le pont de la D900.

Les caractéristiques des ouvrages de franchissement sont synthétisées dans le tableau suivant. Le pont de la D900 est clairement incompatible avec le transit des laves torrentielles.

Pont	Largeur disponible (m)	Hauteur de la sous poutre par rapport au fond du lit (m)
Rua	13,5	4,5
Briançon	12	3,6
D900	15	1,6

Tableau 13: Caractéristiques des ouvrages de franchissement

VI Historique et bilan des travaux domaniaux

VI.1 Travaux réalisés de 1863 à 1911

Le descriptif des premiers travaux réalisés dans le bassin versant du torrent des Sanières se base principalement sur les deux documents suivants :

- Traité pratique du Reboisement et du gazonnement en montagne – Note C- P. DEMONTZEY, 1882 (HIST-2) ;
- Rapport (bilan) sur la restauration des terrains en montagne, 1911 (HIST-5) ;

Cette première période peut se subdiviser en plusieurs tranches.

- **De 1863 à 1868** : les travaux ont principalement consisté en un engazonnement important du bassin versant (353 ha) mais aussi par la construction de **43 petits barrages en pierres sèches principalement situés sur la partie haute du bassin versant**. En 1868, le gazonnement était considéré comme pratiquement achevé. Durant cette période, **la surface reboisée s'élevait à seulement 25 ha** (conséquence de la loi de 1864) ;

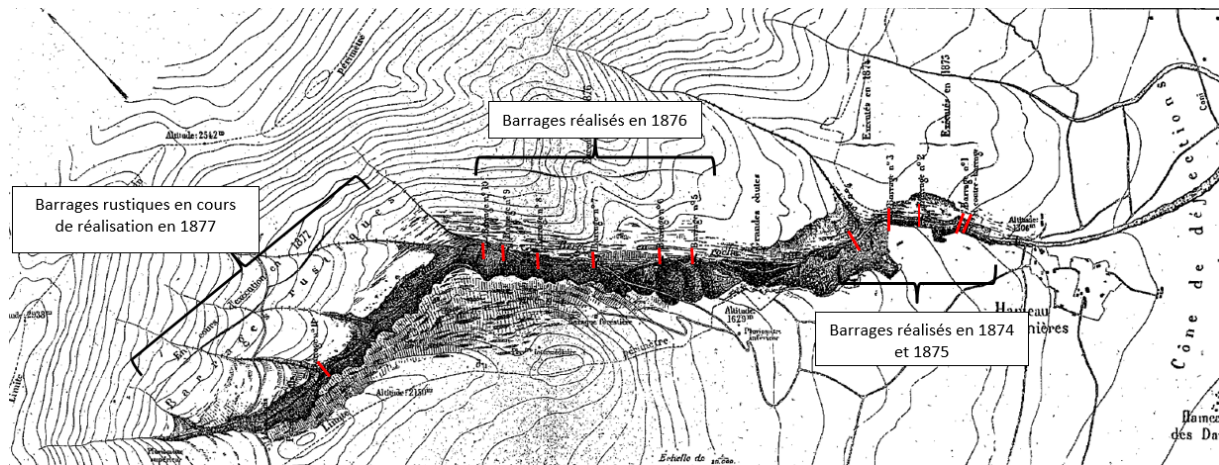


Figure 59. Schéma d'implantation des ouvrages réalisés entre 1874 et 1877 (HIST-3)

- **De 1868 à 1877** (cf. plan ci-dessus) : suite à la crue de juillet 1868 ayant causé la destruction de pratiquement tous les ouvrages - et ayant donc démontré l'inefficacité de la technique d'engazonnement - un nouveau plan d'action (réutilisant l'objectif initial de reboisement) a été envisagé dès 1872. **Quatre grands barrages (et un contre barrage) en maçonnerie mixte ont été construits sur la partie basse du chenal, à l'aval des grandes chutes, entre 1874 et 1875**. Trois d'entre eux ont été positionnés à l'aval du ravin du Cuano.

En 1874, alors que la surface boisée atteignait seulement 50 ha, des pépinières volantes ont été mises en place en vue d'un reboisement intensif du bassin versant : mélèze, pin cembro et épicéa commun furent les espèces les plus utilisées à cette époque.

En 1876, 6 autres barrages ont été implantés sur la première partie supérieure du chenal entre la grande chute et la confluence des ravines supérieures (1950 m d'altitude).

En 1877, de nombreux ouvrages en enrochements secs étaient en cours d'exécution dans la partie supérieure, au niveau du ravin de la Clapière.

Des travaux de drainage des principaux glissements en rive droite notamment ont également eu lieu durant cette période;



Figure 60. Photo de 1901 des barrages construits en 1874 et 1875 (dispositif actuel « aval cascade»)

- **De 1877 à 1911** : très peu d'éléments ont été retrouvés sur cette période. **Ce qui est sûr, c'est que de nombreux autres ouvrages ont été réalisés dans le lit du torrent des Sanières au moins jusqu'en 1889.** Le bilan global que tire M. DEMONTZEY en 1894 sur le torrent des Sanières mentionne la construction de 12 barrages de 1^{er} ordre (maçonnerie), de 68 barrages de 2^{ème} ordre (pierres sèches renforcées) et enfin de 327 barrages rustiques en pierres sèches.

Ainsi, en 1894, environ **407 ouvrages ont été construits dans le bassin versant des Sanières (dont plus de 300 ouvrages rustiques en pierres sèches et maçonnerie de mortier)**. En 1911, M. MOUGIN indique que suite à la crue dévastatrice de juillet 1900, seule une cinquantaine d'ouvrages ont résisté malgré des dégâts importants.

Suite à cela nous n'avons pas retrouvé d'éléments attestant la réalisation de nouveaux ouvrages entre 1900 et 1911. Des travaux de réparation des ouvrages encore en place ont probablement eu lieu.

VI.1.1 Bilan sur l'efficacité des ouvrages réalisés de 1863 à 1911

Comme nous l'avons vu, cette période a été l'objet de plusieurs campagnes de corrections torrentielles importantes. Les crues importantes de 1868 et 1900 ont notamment mis à mal les théories selon lesquelles l'on voyait le torrent des Sanières comme totalement corrigé avec une impossibilité de créer des laves de grande ampleur.

Suite à la crue dévastatrice de 1868 (43 barrages détruits) puis à la campagne de correction torrentielle au début des années 1870, P. Demontzey déclarait (HIST-2), suite à la crue de 1873 les éléments suivants.

« Un fait très curieux pendant l'orage du 13 août, c'est que, tandis qu'il avait éclaté avec presque autant de force au Bourget et aux Sanières qu'à Faucon, il est descendu une petite lave aux Sanières et aucune au Bourget, où l'eau est demeurée claire ; le torrent n'a même point atterri les grands barrages de 1873. »



Figure 61. Anciens barrages (dispositif actuel Fumet)

*« Et cependant les bassins de réception des deux torrents étaient contigus ; autrefois, quand un de ces torrents donnait naissance à une lave, il en était toujours de même dans les deux autres (témoin 1868). **Ce n'est donc qu'aux travaux faits dans les torrents du Bourget et des Sanières qu'il faut attribuer ce résultat.** C'est qu'en effet, **ces torrents sont presque complètement traités.** Tous les grands barrages y sont terminés ; le bassin de réception est entièrement planté, et la plupart des ravins secondaires sont également barrés. **Il n'y a plus dès lors de lave possible et l'on peut affirmer que, quelle que soit la violence d'un orage, il ne pourra plus donner naissance à des phénomènes torrentiels comme ceux de 1868.** »*

Cette thèse d'une correction totale du bassin versant des Sanières mise violemment en défaut par la crue de juillet 1900... Monsieur Mougin explique dans son rapport d'inspection en 1931 (HIST-4) :

« La crue du 21 juillet 1900 amène la formation de laves énormes qui détruisent 133 barrages, en endommageant 49 autres. Les dégâts s'élèvent à 81 000 francs. »

Ces extraits historiques nous indiquent toute l'humilité qu'il convient d'adopter en ce qui concerne l'efficacité des ouvrages construits en deuxième partie du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle. Le reboisement a clairement été une réussite. Le nombre important d'ouvrages détruits durant cette période (plus de 150) et le nombre de crues importantes des

années 1950 et 1960 indique que cette première campagne de correction n'a pas été qu'un succès.

Les ouvrages en pierre sèche ont notamment difficilement résisté aux assauts répétés des laves torrentielles. Quelques petits seuils en pierres sèches (<10) subsistent dans la partie supérieure du bassin versant mais nous verrons par la suite que leur état de détérioration est avancé et qu'ils ne jouent pratiquement plus aucun rôle. Plusieurs seuils en pierres maçonnées, entretenus au fil des décennies au prix parfois de travaux lourds (cf. suite de l'étude), sont encore présents actuellement (31 ouvrages recensés) et jouent tout de même un rôle non négligeable dans la limitation des phénomènes érosifs ou la régulation du transport solide. Les dispositifs Fumet, Amont et Aval cascade sont concernés.

A ce jour, seuls 12 ouvrages en ancienne maçonnerie sont encore en bon état et n'ont fait l'objet d'aucune intervention d'entretien. En comptant les ouvrages rénovés selon la même technique, ce chiffre monte à 18 ouvrages.

VI.2 Travaux réalisés entre 1950 et 2014

Ce paragraphe se base sur l'exploitation des documents suivants :

- les données disponibles dans la base données du RTM04 ;
- le catalogue photographique et le sommier des ouvrages réalisés par M. Peyron (technicien territorial de la haute vallée de l'Ubaye) ;
- d'autres documents d'archives disponibles au RTM04 (devis descriptifs et exécutifs, propositions de travaux...).

Nous distinguerons les travaux d'entretien/confortement avec les travaux de création de nouveaux ouvrages de génie civil.

VI.2.1 Création de nouveaux barrages

Le tableau et l'histogramme suivant récapitulent le détail chronologique et le nombre d'ouvrages créés par dispositif entre 1950 et 2015. La distinction a été faite entre les ouvrages totalement nouveaux et les ouvrages créés en béton en renforcement d'ouvrages anciens en maçonnerie (se traduisant la plupart du temps par l'ajout d'un voile béton au niveau du parement).

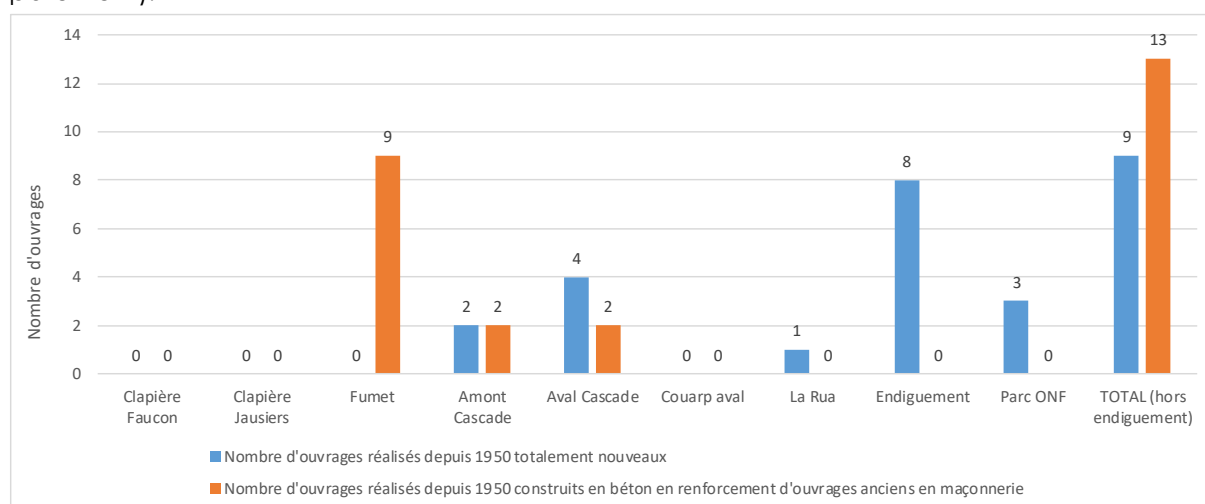


Figure 62. Bilan du nombre d'ouvrages réalisés depuis 1950

Au total, hors dispositif d'endiguement, **22 ouvrages ont été créés durant cette période**, dont **9 ouvrages totalement nouveaux** et 13 ouvrages créés en confortement d'ouvrages anciens (reprise des parements par un voile en béton armé).

Les barrages totalement nouveaux se concentrent uniquement sur les 3 dispositifs les plus à l'aval (amont/aval cascade, Parc ONF) tandis que près de 75% des actions de renforcement des ouvrages en maçonnerie se sont déroulées sur la partie haute du chenal d'écoulement dans le dispositif Fumet.

Aucun ouvrage nouveau n'a été construit sur les dispositifs du ravin de la Clapière et de Couarp aval.

Les 8 tronçons de digue référencés dans la base de données ont tous été construits suite à la déviation du chenal d'écoulement sur son cône de déjection, c'est-à-dire pendant ou après 1957.

Période	Dispositif concerné	Ouvrage totalement nouveau réalisé	Ouvrage nouveau créé en confortement d'ouvrages anciens	Nombre total
1950-1960	Parc ONF	TB1, TB2	-	6
	Aval Cascade	B3, B4, B6, B19	-	
1960-1970	Aval Cascade	-	B23	1
1970-1980	Aval Cascade	-	B12	8
	Amont Cascade	B25, B28	B29, B30	
	Fumet	-	B52, B56, B53	
1980-1990	Fumet	-	B34, B39, B44, B45, B50, B54	6
1990-2000	Parc ONF	TB2a	-	1
2000 -2015	-	-	-	0

Tableau 14 : Liste des ouvrages créés par sous période et par dispositif entre 1950 et 2015

(Attention : ne sont mentionnés dans le tableau que les dispositifs pour lesquels il existe au moins une création d'ouvrage)

De manière chronologique, nous observons que les principaux efforts de création ou de reconstruction/renforcement d'ouvrages se sont concentrés sur les décennies allant des années 50 aux années 80. Depuis 1990, seul un ouvrage a été réalisé. Il se situe dans le dispositif Parc ONF sur le cône de déjection.

La création de nouveaux ouvrages en béton est scindée en deux périodes : la période 1956-1957-1958 avec la réalisation de 5 ouvrages poids répartis sur les dispositifs les plus à l'aval (Parc ONF, Aval Cascade) et les années 1975 et 1976 avec la réalisation des barrages B25 et B28 de type autostable. L'ouvrage en béton créé le plus récemment est le TB2a : il s'agit d'un ouvrage poids réalisé en 1998 jouant le rôle de parafouille au TB2.

La reconstruction (ou le renforcement important) des ouvrages via l'ajout de béton sur d'anciens ouvrages en pierres maçonnées a été importante en 1973, 1978, 1985 et 1988, avec plus de 90% des actions se concentrant sur cette période.

VI.2.2 Déviation du lit sur le cône de déjection en 1957-1958

Pour résoudre le problème d'engravement à répétition (1942, 1946, 1954) du chenal et surtout du pont de la RN100 (aujourd'hui RD900) il a été décidé en 1956 de créer un nouveau chenal d'écoulement en rive droite de l'ancien chenal, avec un tracé plus direct et empruntant un nouvel ouvrage de franchissement de plus grande capacité. Selon les documents d'archive retrouvés l'objectif principal était ainsi de faciliter le transit des écoulements en augmentant la pente du torrent.

Consécutivement à cette action, des digues ont été créés sur l'ensemble du chenal (dispositifs « Endiguement » et « Rua »).

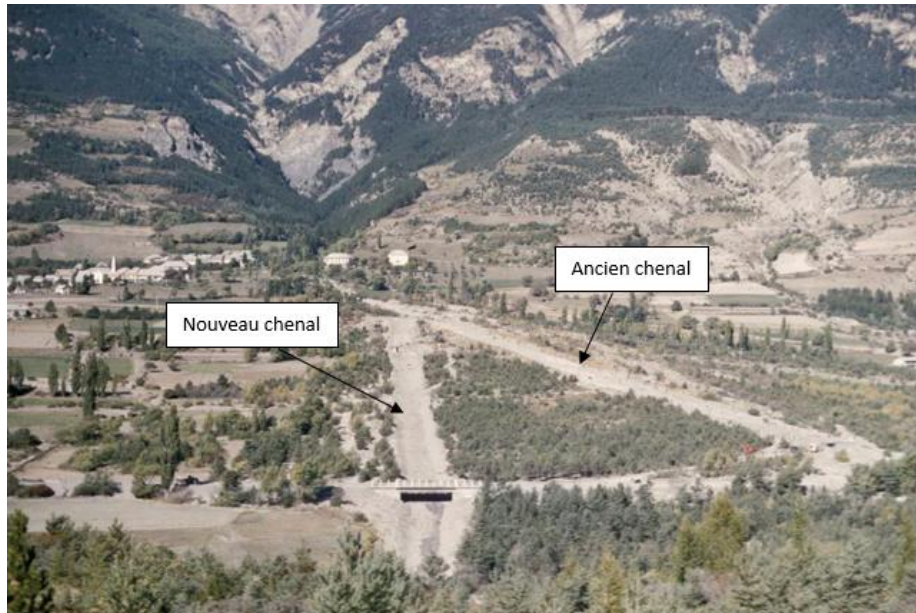


Figure 63. Photo prise pendant les travaux de création du nouveau chenal (1956-1957)

VI.2.3 Travaux d'entretien des ouvrages

En dehors des travaux importants de reconstruction des ouvrages en pierres maçonnées expliqués précédemment et inclus plutôt dans des travaux de création d'ouvrage les grandes opérations d'entretien peuvent se scinder en deux catégories :

- Des interventions de confortement des ouvrages en béton : deux interventions utilisant le béton armé sont à noter sur l'ouvrage B56 du dispositif Fumet (en 1985 et 2008) et sur le TB2 du dispositif Parc ONF (en 1998) ;
- Des interventions de confortement des ouvrages en maçonnerie par utilisation de la même technique sur les ouvrages B35 à B38 du dispositif Fumet (1985) et B10 du dispositif aval cascade en 1975.

Notons également en marge de ces travaux, un renforcement des ailes du B9 (en 2011 et 2013) par mise en place d'enrochements.

Plus récemment, une intervention de restauration de la capacité de dépôt des gros blocs à l'aval du B19 a eu lieu en 2014 et 2015 par élimination de la végétation et terrassement.

VI.3 Bilan financier

VI.3.1 Somme investie pour la réalisation de nouveaux ouvrages

Période 1863 -1911

Quelques documents d'archive ont été retrouvés mais ils ne permettent pas de faire un bilan exhaustif du nombre d'ouvrages créés entre 1875 et 1911, encore moins d'en faire un bilan financier sur cette période.

Un bilan des travaux réalisés de 1863 à 1873 (HIST-3) indique une somme totale dépensée de 37 284 (anciens) Francs comprenant les réalisations suivantes :

- Bornage du périmètre,
- La création de 6 km de chemins,

- La construction de 43 petits seuils en pierres sèches en partie haute du bassin versant,
- Le reboisement et l'engazonnement.

Toujours extraite de ce compte rendu, la somme dépensée en 1874 pour la création des deux premiers barrages en pierres maçonnées (partie basse du chenal d'écoulement), de chemins, de baraquements et de pépinières volantes semées s'élevait à 23 443 (anciens) Francs.

Le bilan global réalisé par P. Demontzey en 1894 mentionne la construction de 407 ouvrages, dont 12 barrages en pierres maçonnées **pour un montant total dépensé de 190 495 (anciens) Francs**, dont 108 000 (anciens) Francs consacrés aux 12 barrages principaux.

Aucun autre élément financier n'a réussi à être retrouvé entre 1894 et 1911.

En actualisant cette somme aujourd'hui, la construction de ces 407 ouvrages aurait un coût équivalent de **737 000 €**.

Période 1950-2014

Il n'a parfois pas toujours été possible de retrouver les montants alloués uniquement aux travaux de création d'ouvrages nouveaux ou ceux uniquement dédiés aux travaux d'entretien. Le tableau suivant récapitule donc les coûts des principaux travaux réalisés durant cette période, en dissociant tout de même les « gros » et les « petits » travaux d'entretien.

Ouvrage/série d'ouvrage	Dispositif	année	Coût (TTC)	Coût actualisé TTC(€ 2014)
Endiguement + contre barrage TB1	Parc ONF - Endiguement-Rua	1957	4 000 000 AF	82 000
TB2	Parc ONF	1957	179 550 AF	3 594
TB2 (réparation)	Parc ONF	1998	183 000 F	35 600
TB2a	Parc ONF	1957	123 642 AF	2 475
B10 (consolidation maçonnerie)	Aval Cascade	1975	12 277 F	8 348
B12 (consolidation par voile béton)	Aval Cascade	1975	82 353 F	56 000
B19 et B23	Aval Cascade	1956	8 800 000 AF	181 532
B25	Amont Cascade	1975	159 545 F	109 000
B28	Amont Cascade	1976	211 892 F	132 177
B52 et B53 (réparation) et reconstruction B56	Fumet	1978	475 705 F	248 773
B34 (voile béton) + B34 à B38 (réparation maçonnerie)	Fumet	1985	799 999 F	210 529
B39	Fumet	1985	197 432 F	52 000
B34 (confortement béton armé aile rive droite)	Fumet	1987	176 702 F	44 000
B45 (voile béton) + B 46 à B49 (consolidation maçonnerie)	Fumet	1987	849 467 F	211 100
B50 (réparation)	Fumet	1985	145 397 F	38 000
B52 (réparation)	Fumet	1985	209 019 F	55 000
B54 (reconstruction)	Fumet	1985	218 000 F	57 000
B56 (réparation)	Fumet	1985	329 234 F	86 641
Ouvertures pistes	Fumet/aval/amont cascade	1976-1978	115 000 F	68 320
Curage du lit	parc onf-aval cascade	1993-2006		81 525
Entertiens divers	divers	1982-2008		17 524
				1 781 138

Tableau 15 : Bilan des coûts dépensés sur la période 1950-2014

Notons que les coûts liés à la création des ouvrages B3, B4 et B6 n'ont pas été retrouvés. De même ce qui concerne les opérations de renforcement important des ouvrages B29 et B30.

A partir des données récupérées, nous sommes en mesure d'affirmer que **la somme minimale dépensée entre 1950 et 2014 s'élève à environ 1 800 000 € TTC (euros 2014)**.

Ainsi, en incluant les quelques ouvrages manquants, nous pouvons estimer que cette somme s'élève à environ 2 000 000 € TTC.

VII Analyse hydrologique et hydraulique

Cette partie a d'ores et déjà été étudiée en profondeur par le bureau d'étude ETRM dans l'étude hydraulique du torrent des Sanières (ETRM, 2003, ETUDE-3) et l'étude de l'impact de l'éboulement de la Roche Plombée sur le torrent des Sanières (ETRM, 2014, ETUDE-2).

Les principales conclusions de cette étude seront donc reprises dans les paragraphes suivants.

VII.1 Analyse hydrologique

VII.1.1 Etude des précipitations à pas de temps journalier

La caractérisation des pluies susceptibles d'affecter le bassin versant est un préalable indispensable à l'estimation des débits de crue. Elle doit conduire à définir certains indices représentatifs du régime pluviométrique local. Une analyse des données de pluies journalières extraites de différentes stations du réseau d'observation gérées par EDF et METEO FRANCE a été menée.

Elle a notamment permis d'avoir une vision globale du contexte pluviométrique et de prendre en compte les particularités climatiques locales. Elle a également souligné l'importance de l'altitude et du relief dans l'apparition de fortes précipitations. L'altitude élevée du bassin versant des Sanières « suggère de fortes précipitations ». Comme l'a démontré la crue d'août 2003, « alors que les précipitations dans la vallée étaient relativement médiocres, le torrent a connu une très forte crue, vraisemblablement causée par des précipitations très intenses dans le bassin versant. Les chutes de grêle auraient été remarquables lors de cet épisode. »

Les valeurs des pluies de référence finalement qui ont été retenues sont les suivantes :

Pluie décennale (P10)	80 mm
Pluie centennale (P100)	120 mm
Gradex	17 mm

Tableau 16: Pluie décennale et centennale

VII.1.2 Etude des précipitations à faible pas de temps

Les durées caractéristiques susceptibles de générer des débits de pointe maximaux resteront très inférieures à 24 h. Il est donc nécessaire de connaître les précipitations de faible durée.

On admet généralement que l'évolution des précipitations en fonction de la durée peut être décrite par la loi de Montana:

$$P = a(T) \times d^{1-b(T)}$$

et

$$g = a'(T) \times d^{1-b'(T)}$$

avec

}

P : Hauteur de pluie pendant l'épisode (mm)

d : Durée de la pluie (h)

g : Gradex de la pluie (mm)

a, a', b et b' : coefficients de Montana

La mesure des lames d'eau de pluie à des pas de temps inférieurs à la journée est généralement fournie par un pluviographe, dont la répartition sur le territoire est encore plus éparse que celle des pluviomètres. A défaut d'observations locales, on est contraint de s'appuyer sur les données issues des pluviographes situés à proximité du bassin versant.

La figure suivante présente le coefficient b pour les pluviographes situés à proximité du bassin versant :

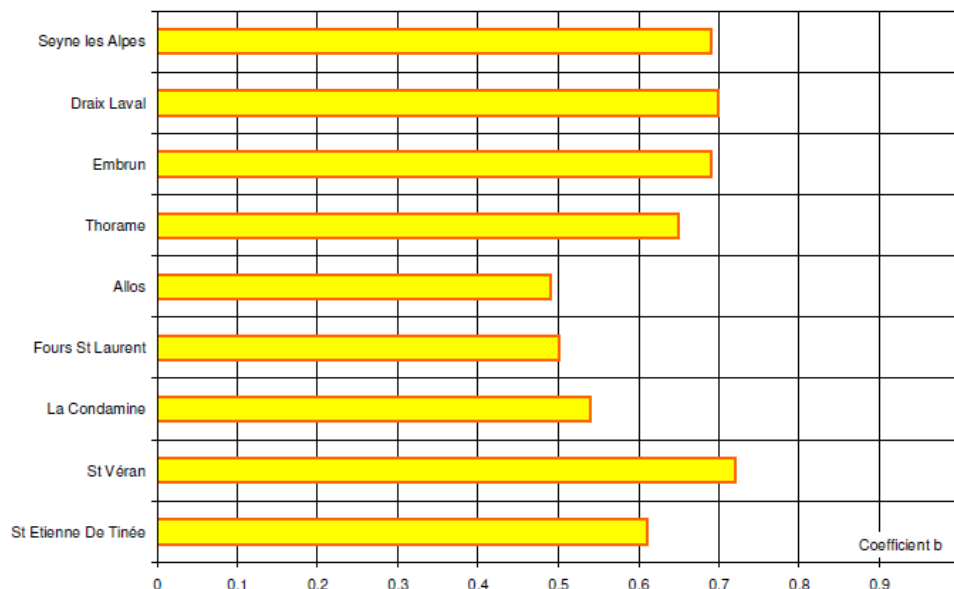


Figure 64. Coefficient b de postes pluviographiques voisins (ETRM, 2003)

Comme le mentionne l'étude ETRM de 2003, ce graphique permet d'observer les différences entre les stations de vallées larges et les sites positionnés en altitude. Dans le premier cas, le coefficient est de l'ordre de 0,7, signe de précipitations qui perdent rapidement leur intensité ; Dans le second cas, le coefficient b est de l'ordre de 0,5 traduisant des intensités qui diminuent faiblement en fonction de la durée.

Le bassin versant des Sanières occupant une situation intermédiaire, un coefficient **b** de **0,6** a été retenu. Les coefficients **a de Montana** correspondant sont synthétisés dans le tableau suivant :

a (10)	22,4 mm
a (100)	34 mm

Tableau 17: Coefficient a(10) et a(100) de Montana

VII.1.3 Estimation des débits de crue liquide décennale et centennale

L'estimation du débit décennal a été réalisée en 2003 (ETUDE-3) via l'application de trois formules de transformation de la pluviométrie locale en débit (Crupédix, SCS et SOGREAH).

L'estimation du débit liquide centennal a été calculée à l'aide également de trois formules : méthode sommaire, Gradex brutal et Gradex progressif.

Les valeurs du débit liquide décennal et centennal qui ont finalement été retenues sont les suivantes (les feuilles de calculs ETRM sont accessibles en annexe 11 de ce rapport):

Débit décennal	6 m ³ /s
Débit centennal	18 m ³ /s
Temps de concentration	1 h

Tableau 18: Débit décennal et centennal

Notons que l'estimation du débit centennal liquide est anecdotique sur le torrent des Sanières. Pour ce type d'évènement, il ne fait aucun doute que des laves torrentielles aux débits bien plus importants se formeraient.

Le temps de concentration calculé d'une heure est par ailleurs cohérent avec les récits de crue abordés dans la partie historique de cette étude.

VII.2 Analyse hydraulique

Tout comme pour la partie hydrologique, nous reprendrons dans ce paragraphe les principales conclusions de l'étude ETRM de 2003.

Le bassin versant du torrent des Sanières est susceptible de fournir les deux types de crue suivants :

- Le charriage torrentiel (matériaux poussés sur le fond par un écoulement d'eau) correspond aux phénomènes ordinaires. Les phénomènes présentent une faible ampleur ;
- Les laves torrentielles se produisent pour les fortes crues. C'est le phénomène qui paraît le plus préoccupant sur le torrent des Sanières et qui a causé le plus de dégâts depuis plus d'un siècle ;

Les paragraphes suivants s'attachent à caractériser le plus finement possible ces deux phénomènes ainsi que leurs conséquences.

VII.2.1 Transport solide par charriage

Aucune estimation du volume charrié par une crue décennale n'a été évaluée dans l'étude ETRM.

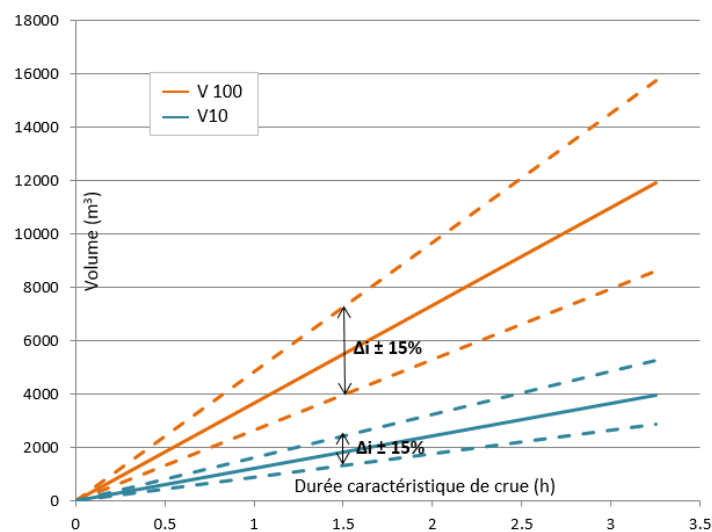


Figure 65. Estimation des volumes d'apport par charriage – application de la formule de Meunier

La capacité maximale de transport a été évaluée en appliquant la formule de Meunier (1991) et en considérant différents scénarios de crue. En particulier, la pente qui conditionne les apports solides par charriage au sommet du cône de déjection a été estimée à 8 %. Cette valeur résulte de l'analyse du profil en long et des observations réalisées lors de reconnaissances de terrain, notamment à l'amont de la D9. L'intervalle d'incertitude de cette estimation est fixé arbitrairement à environ 15%.

Les volumes solides maximum transportés par charriage varient donc, selon les hypothèses, de **4 000 m³ à 7 000 m³ pour une crue centennale** et de **1 500 m³ à 2 500 m³ pour la crue décennale**.

Encore une fois, précisons que le risque d'obtenir une crue centennale avec fort charriage est quasiment nul sur le bassin versant étudié. C'est moins le cas pour une crue décennale.

Notons également qu'il s'agit des volumes maximums susceptibles d'être transportés par charriage dans le chenal sur la partie amont du cône de déjection.

Si l'on effectue les mêmes calculs plus à l'aval, notamment à l'amont du pont de la D900, on s'aperçoit - pour une crue décennale - que la capacité maximale de transport par charriage n'est plus que de 1000 m³ à 1750 m³ (pente de 6,8%) pour une crue décennale. Des dépôts auront donc bien lieu sur ce secteur.

VII.2.2 Estimation des volumes de laves torrentielles

Les volumes des laves torrentielles ont été évalués en 2003 (ETRM, ETUDE-3) à partir de plusieurs méthodes globales sommaires et de l'approche basée sur les précipitations.

Méthode sommaires

Basées sur des méthodes empiriques ou conceptuelles, les méthodes globales sommaires relient le volume de laves à des paramètres morphologiques tels que les caractéristiques du bassin versant ou du cône de déjection, la nature des substrats, voire plus rarement la couverture végétale. Certaines ne font intervenir que la taille du bassin versant.

Le tableau suivant synthétise les volumes de laves obtenus via l'application des formules de Zeller, D'Agostino, D'Agostino simplifié, Rickenmann et Brochot.

Formule	Volume de lave (m ³)
Zeller	15 000 à 50 000
D'Agostino	154 000
D'Agostino simplifiée	81 000
Rickenmann	103 000
Brochot	14 000

Tableau 19: Volumes de laves – méthodes sommaires

Méthode basée sur les précipitations

L'approche basée sur les précipitations consiste à déterminer un ordre de grandeur des volumes de matériaux en considérant un rapport constant entre le volume d'eau et le

volume de lave. Avec une telle méthode, il a été considéré que les laves correspondent à des précipitations orageuses de courte durée (1 heure).

L'utilisation du coefficient « a » de Montana pour la crue centennale nous permet d'estimer qu'une pluie centennale de durée 1 heure engendrerait environ 34 mm de cumul.

Il est alors possible de calculer le volume d'eau ruisselé en appliquant un coefficient de ruissellement et en considérant toute la surface du bassin versant. Le volume ruisselé obtenu est de 48 000 m³.

En tenant compte du fait que seule une fraction de l'écoulement liquide contribue à la formation de la lave dans ce type d'épisode (le reste s'écoulant entre les coulées ou rejoignant une lave déjà totalement formée) et des caractéristiques du torrent des Sanières, on estime que la moitié du volume d'eau ruisselé contribue à la formation de la lave.

Enfin, suivant la concentration en matériaux, le volume de lave est 2 à 4 fois plus important que le volume d'eau (cas des laves boueuses).

Le volume probable de lave avec cette période est compris dans un intervalle de 48 000 m³ à 96 000 m³.

Bilan

La figure suivante synthétise l'ensemble des volumes de lave obtenus précédemment.

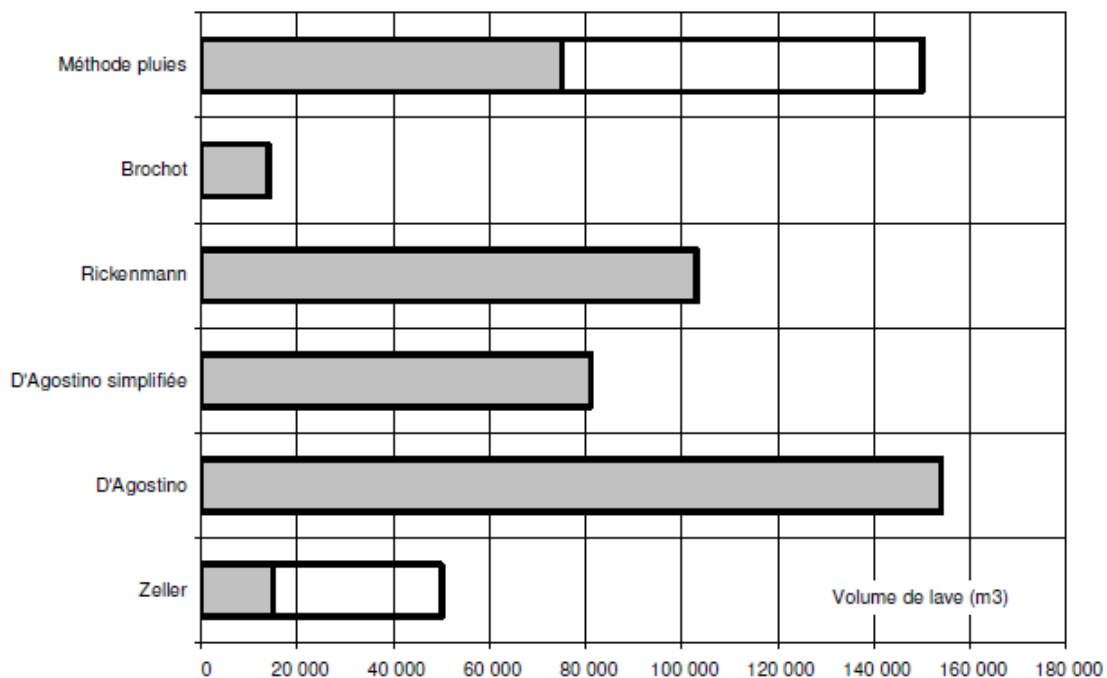


Figure 66. Estimation des volumes de laves torrentielles (ETRM, 2003)

Comme le rappelle l'étude ETRM (2003), les formules de Brochot et Zeller conduisent vraisemblablement à une sous-estimation dans le cas du torrent des Sanières.

La formule simplifiée de D'Agostino et le résultat de la méthode basée sur les précipitations conduisent à des volumes assez groupés.

Le volume de 100 000 m³ pour un épisode majeur de type centennial peut être retenu pour la suite de l'étude.

Notons que ces volumes sont très nettement supérieurs à ceux pouvant être apportés en charriage. **Seul le phénomène de laves torrentielles sera donc quantifié par la suite.**

VII.2.3 Calcul du débit des laves

Aucune estimation du débit des laves torrentielles n'a été réalisée dans l'étude ETRM de 2003 (ETUDE-3).

Plusieurs travaux scientifiques permettent de relier le débit de la lave à partir des volumes ou des débits liquides de crue. Nous retiendrons la formule simple de Meunier indiquant que le débit des laves torrentielles se situe à peu près entre 3 fois et 10 fois le débit liquide centennal.

$$55 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{lave}} < 200 \text{ m}^3/\text{s}$$

VII.2.4 Choix des paramètres rhéologiques et estimation des hauteurs de lave

Les paramètres rhéologiques fixent les caractéristiques mécaniques du matériau en écoulement. Le comportement mécanique des matériaux constitutifs des laves du torrent des Sanières répond à priori à une loi de Herschel-Bulkley).

Cette loi est traduite par la donnée de deux paramètres : la contrainte seuil τ_c (Pa) et la consistance K ($\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/3}$). En pratique, les paramètres rhéologiques utilisés pour les calculs sont le rapport « contrainte seuil » sur « masse volumique » (τ_c/ρ) et le rapport « consistance » sur « contrainte seuil » (K/τ_c).

A partir de cette loi de comportement, BOSSAN a établi les équations permettant le calcul des conditions d'écoulement en canal rectangulaire ou trapézoïdal en exprimant la contrainte de cisaillement à la paroi. On peut donc calculer la hauteur normale de lave, ce qui correspond à un écoulement permanent uniforme : ce type de calcul n'est pas valable au niveau des singularités.

Pour réaliser ce calcul, il faut connaître les autres paramètres (géométrie du chenal d'écoulement, vitesse et densité de la bouffée, mais aussi les caractéristiques rhéologiques).

Les paramètres rhéologiques correspondants en considérant un coefficient K/τ_c égal à 0,3, ce qui est classique dans les Alpes. D'autre part, l'étude ETRM de 2003 a retenu une hauteur d'écoulement de 2, 3 ou 4 mètres dans la partie amont du cône de déjection. Ces valeurs sont cohérentes avec la submersion, même partielle du pont de Briançon.

Ainsi, les valeurs finalement retenues sont synthétisées dans le tableau suivant :

τ_c (Pa)	1 500	2 100	2 500
K	450	630	750

Tableau 20: Paramètres rhéologiques retenus

A partir de ces données, l'étude ETRM de 2003 a déterminé la hauteur normale d'écoulement de la lave en fonction de la pente d'écoulement sur le cône de déjection pour un débit variant de 100 m^3/s à 300 m^3/s .

Ce graphique permet d'observer que pour des pentes de l'ordre de 8,3% (comme c'est le cas sur une grande partie du cône de déjection), les hauteurs de laves peuvent être comprises entre 2 et 4,5 m selon la rhéologie choisie.

Dans le cours aval (pente de 6,6%), la hauteur d'écoulement est alors comprise entre 2,5 m et 6 m, soit une surélévation d'1,5 m environ.

Notons que ces calculs ne prennent pas en compte les variations de pente et de largeur, les surélévations liées au bourrelet frontal ni le dépôt formé dans le lit.

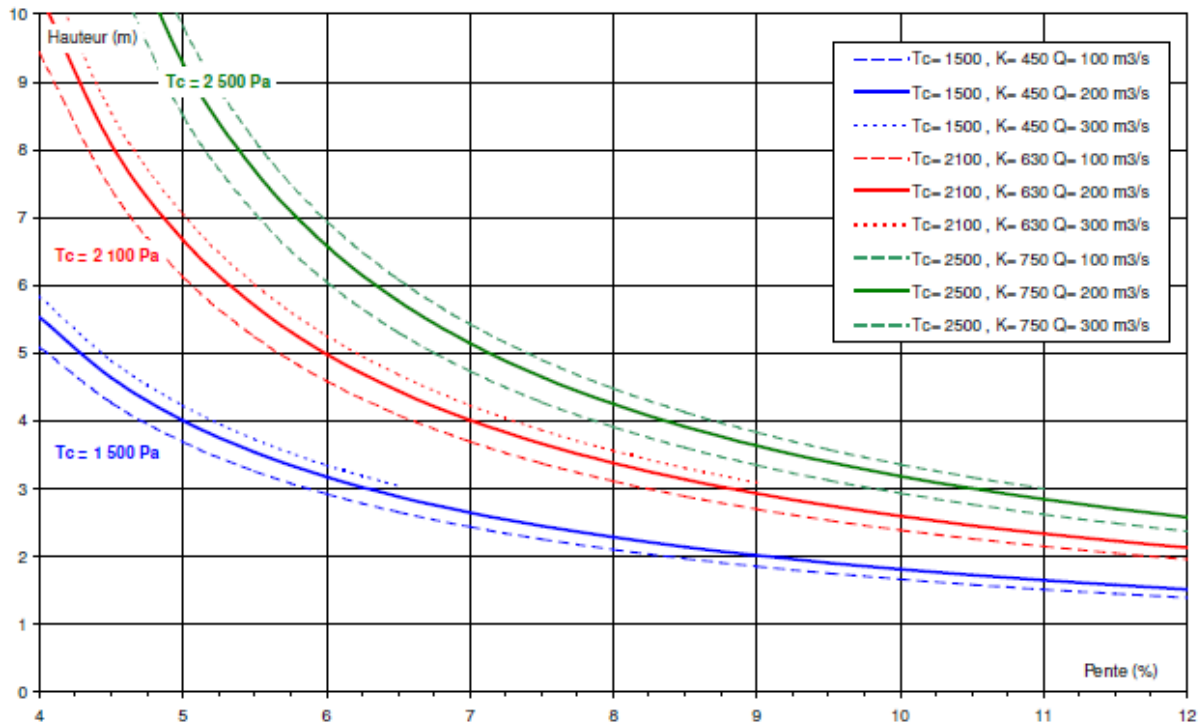


Figure 67. Relation entre hauteur et pente d'écoulement pour les laves torrentielles (ETRM, 2003)

L'étude ETRM de 2014 (ETUDE-2) conclut de la manière suivante :

Le rétrécissement au niveau de la Rochette est nettement défavorable dans la mesure où la profondeur du lit est faible par rapport au sommet de berge rive gauche.

- Le mur rive gauche entre les deux ponts amont paraît suffisamment dimensionné. Il semble cependant possible d'améliorer la revanche sur cet ouvrage à moindre frais.
- **Le pont intermédiaire (pont de Briançon) semble insuffisant**, notamment à cause de la brusque réduction de largeur sous cet ouvrage. Les conséquences d'un débordement à ce niveau pourraient être importantes.
- **Le lit en aval du pont de Briançon présente une section insuffisante car sa profondeur est très réduite.** C'est clairement le cas en amont immédiat du seuil B2 qui avait été calé particulièrement haut pour permettre le passage d'un canal.

Le tronçon aval, du seuil jusqu'à l'Ubaye, est insuffisant pour l'écoulement et ne permet pas de dépôt important. Ainsi, un volume de 100 000 m³ représente une hauteur de dépôt de 13 m de hauteur sur 500 m de long en considérant un lit de 15 m de largeur. Dans la réalité, la lave s'étalerait et les hauteurs seraient bien moindres.

Afin de remédier à ces difficultés, le bureau d'étude ETRM (ETUDE-2) a réalisé des propositions d'aménagements. Celles-ci seront abordées dans le chapitre 9 de cette étude.

VII.2.5 Impact prévisible de l'éboulement de la Roche Plombée

L'étude ETRM de 2014 (ETUDE-2) a analysé finement quel pourrait être l'impact prévisible de l'éboulement/glisement qui est toujours actif actuellement. Cette analyse s'est basée sur d'autres phénomènes similaires qui se sont produits sur d'autres torrents des Alpes.

Nous reprenons ci-dessous les conclusions de cette analyse :

- *Un apport massif de matériaux n'a un effet sensible sur la nature des phénomènes que dans le cas d'un torrent présentant initialement un faible transport solide. **Une évolution du type de transport solide paraît exclue dans le cas du torrent des Sanières, déjà très actif.***
- *Une lave torrentielle se forme à la « première occasion », dès que le débit est suffisant. Ce constat s'explique par la présence de matériaux facilement mobilisables dans le lit.*
- *Chaque lave torrentielle ne paraît pas exceptionnellement forte. En effet, il est très improbable – mais pas exclu – que la première lave (a priori la plus exceptionnelle) corresponde à des précipitations présentant une période de retour très élevée.*
- *Lorsque le stock de matériaux n'est pas renouvelé, le torrent procède à un lent retour à l'équilibre avec une raréfaction progressive des laves torrentielles. **La construction d'ouvrages – comme sur la Ravoire à Pontamafrey – peut permettre d'accélérer cette « normalisation ».***
- *Des dégâts sont essentiellement liés à la succession de crues et à l'engravement cumulatif qui en découle. **Une gestion des dépôts très réactive est alors nécessaire.***

VII.2.6 Points critiques sur le cône de déjection

A partir de l'analyse précédente et des sections disponibles avant débordement (issues d'un levé topographique issu d'un géomètre) l'étude ETRM de 2014 insiste sur la présence de **trois points critiques** :

- **Le rétrécissement en amont de la Rochette** : la largeur du lit est inférieure à 6 m.
- **Les ponts**, notamment le pont de Briançon et le pont de la RD900.
- **La réduction de sections en aval du pont de Briançon liée au seuil B2 calé trop haut.**

VIII Diagnostic et efficacité globale du système de protection existant

VIII.1 Choix du scénario de référence

Comme nous l'avons vu dans l'analyse des aléas, la lave torrentielle centennale peut être utilisée comme scénario de référence sur le torrent des Sanières.

Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques du scénario de référence retenu dans la suite de l'étude :

Type d'évènement pluvieux	Orage violent avec grêle sur la partie haute du bassin versant
Contexte d'écoulement	Lave torrentielle de type boueuse ($1500 \text{ Pa} < \tau_c < 2500 \text{ Pa}$)
Volumes	$\approx 100\,000 \text{ m}^3$
Débits	$\approx 100 \text{ m}^3/\text{s}$ à $200 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau 21 : Caractéristiques du scénario de référence

En l'état actuel du cône de déjection, ce type de crue engendrait des débordements importants sur une grande partie du cône de déjection.

VIII.2 Diagnostic et efficacité du système de protection

VIII.2.1 Ouvrages domaniaux de correction torrentielle

Cette analyse est menée par dispositif à partir notamment des données disponibles dans la base de données « ouvrages » du RTM04. Les tableaux présentés dans les pages suivantes sont disponibles également dans un format supérieur en annexe 6. L'analyse de l'efficacité des ouvrages est réalisée à dire d'expert de manière globale principalement à l'échelle du dispositif. Elle se base tout même sur l'analyse de l'état du dispositif (état structurel des ouvrages prédominants), de sa situation dans le bassin versant (positionnement adapté par rapport aux zones fortement contributrices en apport solide), et sur la densité des ouvrages présents.

Nous n'aborderons uniquement dans la suite de ce paragraphe les dispositifs possédant des barrages et des seuils de correction torrentielle.

VIII.2.1.a Dispositif « Parc ONF »

Etat général : correct à optimal.

Description : ce dispositif présente la particularité d'avoir été créé au même moment que le décalage du lit du torrent sur son cône de déjection (1957). L'objectif des 2 barrages initiaux était de maintenir le dispositif d'endiguement nouvellement créé et de prévenir d'éventuels affouillements au niveau du pont de la D900.

Situation et ouvrages prédominants : les 3 barrages sont classés comme « prédominant » par rapport à leur rôle parafouille sur un linéaire important de digue et par rapport au pont de la D900 (TB1).

Nécessité d'entretien : l'ouvrage TB1 est aujourd'hui complètement enfoui sous les dépôts. Malgré une usure de sa cuvette, aucune action n'est donc pour l'instant envisagée. Le contre barrage TB2 nécessiterait à terme une intervention légère au pied du rampant rive gauche. Compte tenu d'une revanche très faible en rive droite, il est préconisé à terme de réduire la hauteur de la cuvette du TB2. Cette action devra s'accompagner d'une reprise en sous œuvre des digues amont.

Dispositif "PARC ONF"								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux
TB1	BA001	Désordres structurels	Barrage parafouille au pont de la RD 900 et de l'ancienne goulotte du canal d'arrosage. Ouvrage en grande partie enterré par les dépôts. Le béton de la cuvette est très érodé par les écoulements	Modérée	Correct	Prédominant	Aucune	Aucune pour le moment
TB2a	BA002	Désordres superficiels	Barrage parafouille, enfoui en grande partie. Le pied du rampant situé en rive gauche est érodé	Modérée	Optimal	Prédominant	Souhaitable	Rechargement avec un réagrage de béton, une protection en acier et par le positionnement de 2 blocs rocheux en amont de l'aile
TB2	BA003	Désordres superficiels	Béton supérieur des ailes usé. Usure de la base du rampant rive gauche	Modérée	Correct	Prédominant	Souhaitable	Ecrêtage de l'ouvrage à terme car faible revanche disponible en rive droite

Tableau 22 : Diagnostic du dispositif Parc ONF

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : la fonction principale des ouvrages du dispositif consiste à caler le fond du lit et les berges afin de limiter les risques d'affouillement. Le contrat est aujourd'hui totalement rempli et les pathologies observées ne remettent pas en cause cette conclusion.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : une intervention consistant à écrêter le barrage TB2 pourrait être envisagée à terme pour limiter les risques de débordement en rive droite.

VIII.2.1.b Dispositif « Aval Cascade »

Etat général : correct à optimal.

Description : Ce dispositif possède à la fois de nombreux ouvrages construits initialement à la fin du XIXème siècle, consolidés entre temps principalement via l'utilisation de la même technique, mais aussi des ouvrages en béton datant de 1956-1958. Parmi ces ouvrages, notons la présence de deux barrages (B4 et B6) dont le rôle initial était de stocker des matériaux en crue.



Figure 68. Photographie de l'ouvrage B9

Pour ce faire, ces ouvrages étaient munis initialement de poutrelles métalliques ainsi qu'une dent freineuse centrale. En raison de dysfonctionnements (poutrelles arrachées lors des crues ainsi que pilier central du B6), ces ouvrages n'ont plus ce rôle aujourd'hui. Les ouvrages positionnés entre le B19 et le B23 sont directement impactés par l'éboulement de Roche Plombée.

Situation et ouvrages prédominants : 6 ouvrages ont été classés comme « prédominants » en raison de leur taille importante, de leur rôle et de leur situation géographique : B3, B10, B12, B18, B19 et B24.

Nécessité d'entretien : ce dispositif présente de nombreux désordres. En raison de sa place à l'aval du glissement de Roche Plombée, il peut potentiellement être confronté à des phénomènes violents, qui en l'état actuel du dispositif, pourraient engendrer des dégâts importants sur le parc d'ouvrage. **Les principales interventions à envisager concernent surtout les ouvrages en pierres maçonnées B9, B10 (urgent) et B11.** Ces ouvrages doivent être renforcés par ajout d'un renfort en béton armé. **L'ouvrage B3 nécessite également un renforcement au niveau de sa cuvette et de son parement.**



Figure 69. Photographie des ouvrages B17 et B18

Les ouvrages allant de B19 à B23 sont pratiquement totalement enfouis sous les matériaux issus du glissement de Roche Plombée. Le B23 est complètement enfoui tandis que seule l'aile rive droite du B19 est visible. Ce dernier est soumis à de très fortes contraintes et est partiellement affouillé. Il risque difficilement de résister en cas de crue importante. **Cependant, tant que le glissement de versant rive gauche ne se stabilise pas, il n'est pas envisagé de conforter le B19.**



Figure 70. Photographie de l'ouvrage B19 (seule l'aile rive droite est apparente)

Dispositif "Aval Cascade"									
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux	
B3	BA001	Désordres structurels	Béton se désagrège. Plusieurs cavités dans le voile Grosse fissure sous la cuvette	Rapide	Correct	Prédominant	Nécessaire	Chappe béton sur cuvette Réparation du corps par du béton "ancré"	
B4	BA002	Désordres superficiels	Manque les grilles du barrage, mais pas de remise en état rapide à prévoir. Pied du mur central abîmé Fente entre voile et mur en rive gauche	Modérée	Partiel	Secondaire à l'heure actuelle	Souhaitable	Petit voile béton à prévoir pour conforter le pilier si les grilles doivent être remises en place. Mais pas d'actualité	
B5	BA003	Pas de dégradations	Barrage enseveli						
B6	BA004	Désordres structurels	L'ouvrage était à l'origine un ouvrage filtrant avec des grilles. Le pilier central est cassé (date ?). Il n'y a plus de grilles	Modérée	Partiel	Nécessaire	Souhaitable	Une réparation du pilier central et la remise en place des grilles peut s'envisager si l'on souhaite remettre les grilles. Mais pas d'actualité. Protection des ailes à prévoir	
B8	BA006	Désordres superficiels	Barrage souvent enseveli par les dépôts. Lors de cette visite 1,5 m de hauteur sous cuvette visibles. Joints de maçonnerie dégamis	Modérée	Partiel	Secondaire	Souhaitable	Rejointement	
B9	BA007	Menace ruine	Brèche en formation en rive droite. Grosse cavité dans le corps central et rive droite. De nouveaux enrochements ont été disposés en 2015 avec remblais de l'aile rive droite en tout venant	Rapide	Défaillant	Nécessaire	Nécessaire	Réparation nécessaire par reconstruction	
B10	BA008	Désordres structurels	Descellement des pierres de la cuvette. Joints de la maçonnerie dégamis. Fissure dans la rive gauche et corps central. Fissure sous la cuvette.	Modérée	Correct	Prédominant	Urgent	Rejointement et confortement de l'ouvrage par béton armé	
B11	BA009	Désordres structurels	Brèche dans le corps central Joints dégamis. Cavités dans le voile	Modérée	Correct	Nécessaire	Nécessaire	Joints à reprendre Confortement de l'ouvrage par béton armé	
B12	BA010	Désordres superficiels	Les pierres de la cuvette se descellent. Petit affouillement en rive gauche	Modérée	Optimal	Prédominant	Souhaitable	Entretien courant	
B16	BA013	Désordres superficiels	Joints de maçonnerie dégamis	Pas d'évolution	Correct	Nécessaire	Souhaitable	Rejointement	
B 17	BA014	Désordres structurels	Brèche dans la cuvette et aile en rive gauche	Modérée	Correct	Nécessaire	Souhaitable	Réparation de l'ouvrage par du béton armé	
B 18	BA015	Désordres structurels	Bombement du corps central. Joints de maçonnerie dégamis	Pas d'évolution	Correct	Prédominant	Souhaitable	Rejointement - surveillance bombement	
B19	BA016	Désordres structurels	Ouvrage très sollicité par le glissement : contournement rive droite par les écoulements, fissures horizontales importantes. Pratiquement recouvert entièrement par le glissement/éboulement rive gauche.	Rapide	Partiel	Prédominant	Aucune	Aucune action tant que le glissement ne se stabilise pas	
B20	BA017	Détruit	Ouvrages détruits pratiquement totalement - recouverts par une partie du glissement/éboulement rive gauche	Pas d'évolution	Non évaluable	Secondaire	Aucune		
B21	BA018	Détruit				Secondaire	Aucune		
B23	BA020	Désordres structurels	Disparu dans les dépôts Ouest de l'éboulement/glisement de Roche Plombée		Partiel	Prédominant	Aucune		

Tableau 23 : Diagnostic du dispositif Aval Cascade

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : la fonction principale des ouvrages du dispositif consiste à caler le fond du lit et les berges afin de limiter les risques d'affouillement et de glissement. Malgré de nombreux désordres constatés qui peuvent mettre en péril à moyen terme le bon remplissage de leur fonction, ces ouvrages jouent un rôle de calage du fond du lit et d'écrêtement des crues solides satisfaisant. Le B19 semble aider à la stabilisation de la marge Est du Glissement mais son état actuel indique une résistance qui aura ses limites prochainement.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : **une fois que le glissement sera stabilisé** dans son ensemble et que notamment la limite de la marge Est du glissement sera mieux identifiée, **il pourrait être intéressant de remonter fortement le niveau du lit à l'aval de cette zone en mouvement**. La construction de plusieurs barrages de grandes dimensions pourrait être une solution. A l'heure actuelle, aucune action n'est envisagée sur ce secteur.

VIII.2.1.c Dispositif « Amont Cascade »

Etat général : correct à optimal.

Description : Ce dispositif est composé d'1 ouvrage ancien en pierres maçonnées (B24), de 2 ouvrages en béton réalisés en 1975 et 1976 (B25 et B28) et deux ouvrages anciens renforcés par un voile en béton armé (B29 et B30). Ces ouvrages sont situés dans une portion de gorges rocheuses et son séparés par de nombreux affleurements rocheux naturels.

Situation et ouvrages prédominants : compte tenu de leur taille très importante, les ouvrages B25 et B28 ont été classés comme « prédominants ».



Figure 71. Photographie du barrage B25 – affouillement important en pied

Nécessité d'entretien : L'ouvrage B25 présente un affouillement important qu'il convient de rectifier rapidement compte tenu de la taille importante de l'ouvrage. La construction d'un contre barrage à l'aval de ce seuil serait donc nécessaire.

Dispositif "Amont Cascade"								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux
B 24	BA001	Désordres superficiels	Cavité et descellement des pierres maçonnées en rive gauche	Modérée	Optimal	Prédominant	Souhaitable	Confortement et rejointement
B 25	BA002	Désordres structurels	Affouillement important en pied (mais rocher affleurant) Descellement des pierres de la cuvette	Rapide	Correct	Prédominant	Nécessaire	Réparation de la cuvette. Création d'un contre barrage à l'aval.
B 28	BA003	Désordres superficiels	1 pierre de la cuvette manquante. Descellement léger des autres pierres. Circulation d'eau en rive gauche entre l'ouvrage et le rocher	Modérée	Correct	Prédominant	Souhaitable	Rejointement et réparation de la cuvette. Surveillance de la circulation d'eau
B 29	BA004	Désordres superficiels	Aucune	Pas d'évolution	Optimal	Nécessaire	Aucune	Aucune
B 30	BA005	Ouvrage non retrouvé sous les dépôts						

Tableau 24: Diagnostic du dispositif Amont Cascade

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : l'ouvrage B24 a été réalisé principalement pour caler la prise d'eau du hameau de St Flavy. Cette prise d'eau est toujours en fonction actuellement et cet ouvrage remplit pleinement son rôle. Les ouvrages B25 et B28 sont implantés dans des gorges rocheuses. Ils permettent une régulation importante du transport solide sur leur plage d'atterrissement, notamment à l'amont du B28.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : la présence d'affleurements rocheux entre les ouvrages permet de stabiliser le profil en long malgré la distance importante séparant chaque ouvrage. **Compte tenu de l'affouillement important du barrage B25, il est envisagé de mettre en place un contre barrage à l'aval de cet ouvrage.**

VIII.2.1.d Dispositif « Fumet »

Etat général : dispositif très dégradé allant du qualificatif « partiel » à « optimal ».

Description : Ce dispositif est composé quasiment exclusivement d'ouvrages anciens en pierres maçonnées ayant fait l'objet de réparations lourdes en béton (ajout d'un voile en béton armé) ou d'entretiens plus légers selon la même technique. Les interventions réalisées sur certains de ces ouvrages sont aujourd'hui fortement dégradées, notamment certains voiles en béton armé.

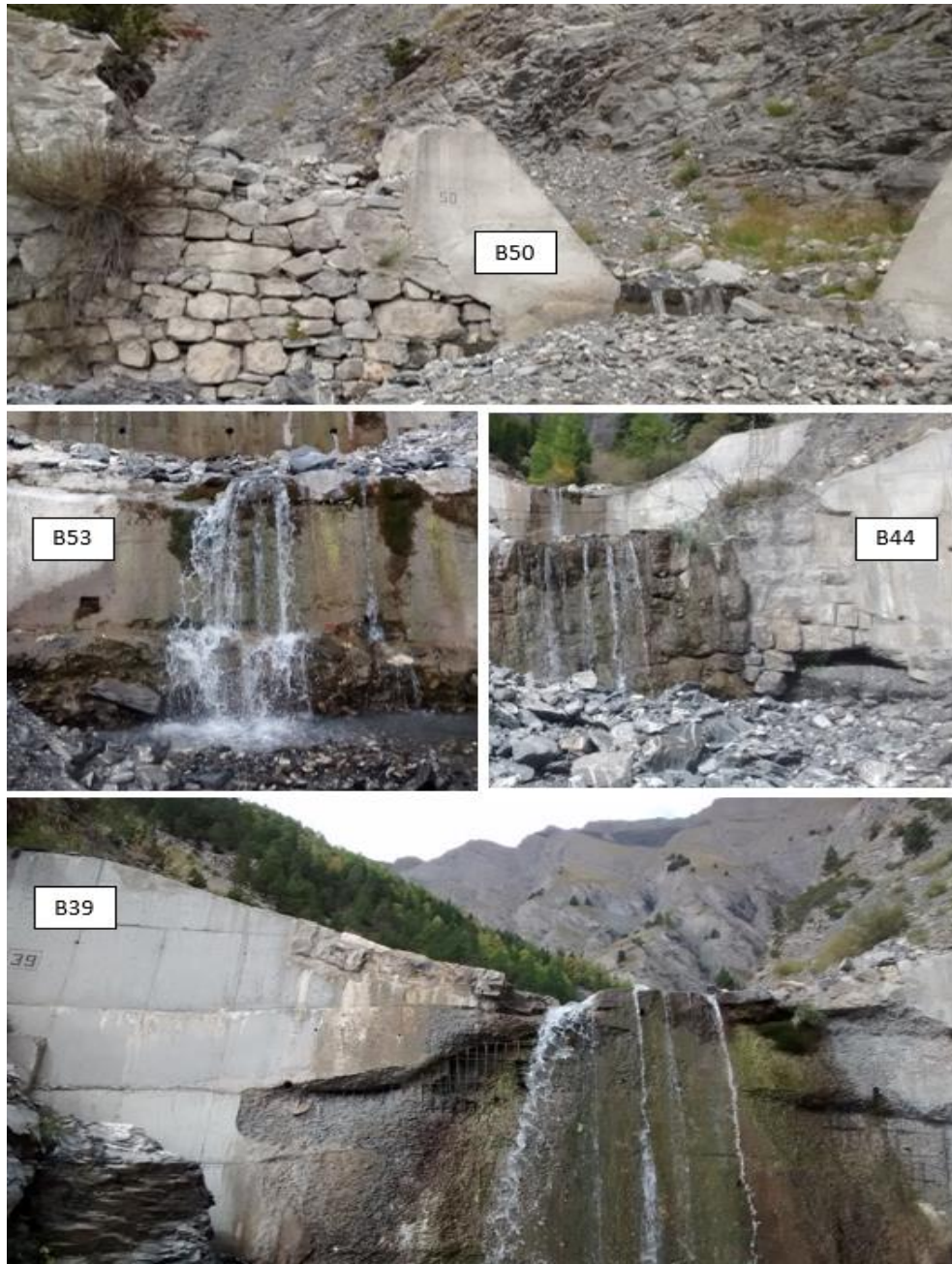


Figure 72. Photographies des différents types de pathologie

Situation et ouvrages prédominants : Ces ouvrages ont été créés principalement en vue de stabiliser la berge rive droite qui est le lieu d'importants mouvements de terrain. Au moins 4 ouvrages sont classés comme prédominants de par leur hauteur et la situation qu'ils occupent au sein du dispositif (par exemple lorsqu'ils calent une série d'ouvrages).

Nécessité d'entretien : ces ouvrages sont globalement en état moyen à mauvais. Trois interventions ont été classées comme urgentes : la mise en place d'un voile en béton armé au niveau du B39, l'ajout de pierres dans la cavité et le rejointoiment du B44, puis l'arasement des ailes et l'élargissement de la cuvette du B50. En cas de crue importante, il est alors fort probable – sans intervention – que ces ouvrages rompent. Cinq autres interventions ont été classées comme « nécessaires » : il s'agit de renforcements de voiles béton, de consolidation de maçonnerie ou encore lutte contre l'affouillement.

Dispositif "Fumet"								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux
B34	BA002	Désordres structurels	Usure du parement aval, les armatures sont en partie visibles et altérées Petit glissement de terrain en rive droite à l'aval	Modérée	Correct	Prédominant	Nécessaire	Réalisation d'un voile en béton armé Stabilisation de la berge RD par enrochement ou gabions.
B35	BA003	Pas de dégradations	Ouvrage enseveli par la lave de fin juillet 2013	Pas d'évolution	Partiel	Nécessaire	Aucune	Aucune
B36	BA004	Désordres superficiels	Aucune	Modérée	Correct	Nécessaire	Aucune	Aucune
B37	BA005	Désordres superficiels	Aucune	Modérée	Correct	Nécessaire	Aucune	Aucune
B38	BA006	Désordres superficiels	Aucune	Modérée	Correct	Nécessaire	Aucune	Aucune
B39	BA007	Désordres structurels	Le béton est fortement érodé par les écoulements répétés et les impacts de blocs. Les armatures sont visibles.	Rapide	Correct	Prédominant	Urgente	Voile en béton armé
B42	BA010	Menace ruine	Ouvrage non retrouvé en 2014 - aucun affouillement constaté sur l'ouvrage amont					
B43	BA011	Désordres structurels	Quelques joints de maçonnerie dégarnis	Modérée	Correct	Nécessaire	Souhaitable	Reconstruction aile rive gauche rejointement. Non urgente.
B44	BA012	Désordres structurels	Grosse cavité dans la base de l'ouvrage. Joints de maçonnerie dégarnis	Modérée	Correct	Nécessaire	Urgente	Ajout de pierres dans la cavité + Rejointement
B45	BA013	Désordres structurels	Cavités supérieures à 1 m de large. Armatures apparentes. Solidité de l'échelle à vérifier	Modérée	Correct	Prédominant	Nécessaire	Voile par projection de béton après traitement des armatures Renfort de l'échelle qui est actuellement suspendue
B46	BA014	Désordres structurels	Aile en rive droite en partie détruite. Brèche 6*2	Modérée	Partiel	Secondaire	Souhaitable	Reconstruction de l'aile rive droite. Non urgente (ouvrage de faible hauteur)
B47	BA015	Désordres superficiels	Aucune	Modérée	Correct	Nécessaire	Aucune	Aucune
B48	BA016	Désordres structurels	Joints de maçonnerie dégarnis. Pierres descellées	Modérée	Partiel	Nécessaire	Nécessaire	Rejointement
B49	BA017	Désordres superficiels	Enfoui en totalité en octobre 2014					
B50	BA018	Menace ruine	Brèche en rive droite à la suite de la crue du 19/ 07 2013	Rapide	Défaillant	Nécessaire	Urgente	Cuvette trop étroite : arasement des ailes et mise en place d'une cuvette plus large
B52	BA020	Désordres structurels	Usure en rive droite du voile béton	Modérée	Correct	Prédominant	Souhaitable	Reprise par voile béton
B53	BA021	Désordres structurels	Affouillement important, cuvette abîmée	Modérée	Correct	Prédominant	Nécessaire	Cuvette à réparer Enrochement ou ouvrage à réaliser à la base du barrage
B54	BA022	Désordres superficiels	Descellement des pierres de la cuvette Affaissement de la berge en rive droite. Affouillement assez prononcé en rive droite.	Modérée	Correct	Nécessaire	Souhaitable	Joints de la cuvette à reprendre Buttage de la berge par enrochement ou gabion. Affouillement à surveiller
B56	BA023	Désordres superficiels	L'aile située en rive droite n'est pas protégée en amont contre l'impact de blocs rocheux. Fissures diagonales apparaissant sur le parement	Modérée	Optimal	Nécessaire	Souhaitable	Renfort de l'aile par enrochement. A surveiller
Piste d'accès	XX001	Désordres superficiels	Piste obstruée par des petits blocs rocheux. Rappel : un drain en pierres est situé en amont de cette piste	Modérée	Correct	Prédominant	Souhaitable	Piste à nettoyer

Tableau 25 : Diagnostic du dispositif Fumet

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : les ouvrages jouent encore leur rôle de stabilisation du fond du lit et surtout de la berge rive droite soumise à des glissements de terrain. L'état de certains ouvrages est cependant alarmant et, en cas de crue, le risque de détection de barrage puis de réactivation de glissements de terrains est présent.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : ce dispositif nécessite surtout un entretien des ouvrages déjà présent. La densité d'ouvrage est globalement bonne. Pour limiter l'affouillement du barrage B53, il pourrait être intéressant soit de créer un ouvrage à l'aval (paraît la solution la moins intéressante) soit de surélever la cuvette du B52.

VIII.2.1.e Dispositif « Clapière Jausiers »

Etat général : partiel à correct.

Description : les trois ouvrages composant ce dispositif sont des ouvrages anciens en pierres sèches construits au début de la correction torrentielle du bassin versant des Sanières. Ils sont disposés dans la ravine supérieure la plus à l'ouest du bassin versant.

Situation et ouvrages prédominants : les trois ouvrages sont situés en partie haute du bassin versant dans le ravin de Clapière.



Figure 73. Photographie du barrage et pavage n°1 – pathologie du pavage

Nécessité d'entretien : bien que des dégradations soient présentes, ces ouvrages jouent encore un rôle de stabilisation du profil en long et des berges. Leur hauteur relativement faible, leur caractère assez isolé, la difficulté d'accès et la présence d'un fond rocheux un peu plus à l'aval sont autant de raisons qui indique qu'une intervention sur ces ouvrages n'est pas prioritaire, bien que souhaitable.

Dispositif "Clapière Jausiers"								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux
Barrage et pavage 1	BA001	Désordres structurels	Vieux barrage, digue et pavage en pierres sèches. Certaines pierres déplacées ou enlevées. Aile en rive droite en partie détruite	Modérée	Correct	Nécessaire	Souhaitable	La réparation (à l'hélicoptère) peut être envisagée avec une opération d'ensemble avec d'autres réparations. Non urgente
Barrage et pavage 2	BA002	Désordres structurels	Vieux barrage et pavage en pierres sèches. Certaines pierres sont déplacées ou enlevées du pavage	Modérée	Correct	Nécessaire	Souhaitable	
	SE001	Désordres structurels	Pavage en pierres détérioré, présence de ruine 10 mètres à l'aval du pavage. Il manque l'ouvrage final d'arrêt	Modérée	Partiel	Secondaire	Souhaitable	

Tableau 26 : Diagnostic du dispositif Clapière Jausiers

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : les berges dénudées de végétation et l'absence d'ouvrages à proximité immédiate sont deux éléments indiquant une efficacité relativement faible de ces ouvrages dans le maintien du lit et des berges.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : aucun ouvrage nouveau n'est nécessaire.

VIII.2.1.f Dispositif « Clapière Faucon »

Etat général : partiel à correct.

Description : il s'agit de 6 ouvrages en pierres sèches créés à la fin du XIXème siècle en partie haute du bassin versant. Ils font partie des « seuls rescapés » des très nombreux ouvrages créés initialement pour « éteindre » le torrent.

Situation et ouvrages prédominants : tous ces ouvrages se situent en partie haute du ravin de Clapière, sur le territoire communal de Faucon de Barcelonnette.



Figure 74. Photographie d'un seuil en pierres sèches – Clapière Faucon

Nécessité d'entretien : tout comme pour le dispositif précédent, ces ouvrages ne sont pas en très bon état. Compte tenu des difficultés d'accès et du relatif faible impact de ces ouvrages dans la réduction en apport solide, aucune action n'est envisagée dans l'immédiat sur ces ouvrages, bien qu'elle soit souhaitable pour certains d'entre eux.

Dispositif "Clapière Faucon"								
Nom Usuel	N° ouvrage dans la BD	Etat structurel	Type pathologie	Vitesse évolution	Etat fonctionnel	Importance de l'ouvrage	Nécessité d'intervention	Proposition Travaux
Seuil 1	SE001	Désordres structurels	Vieux seuil en pierres sèches. Certaines pierres déplacées. Doit manquer une partie de l'ouvrage dans le talweg en rive gauche	Modérée	Partiel	Secondaire	Souhaitable	Réparation si opération d'ensemble, mais non urgente
Seuil 2	SE002	Pas de dégradations	Vieux seuil en pierres sèches; Son état a été modifié suite à la découverte de seuils supplémentaires recouverts de pierres	Pas d'évolution	Correct		Aucune	Aucune
Seuil 3	SE003	Désordres structurels	Vieux seuil en pierres sèches. Certaines pierres sont déplacées	Modérée	Correct		Souhaitable	Réparation si opération d'ensemble, mais non urgente
Seuil 4	SE004	Désordres structurels	Vieux seuil en pierres sèches. Certaines pierres déplacées	Modérée	Partiel		Souhaitable	Réparation si opération d'ensemble, mais non urgente
Seuil 5	SE005	Désordres structurels	Vieux seuil en pierres sèches. Numérotation modifiée par la découverte de seuils enfouis. Ouvrage bombé	Modérée	Correct		Souhaitable	Réparation si opération d'ensemble, mais non urgente
Seuil 6	SE006	Désordres superficiels	Vieux seuil en pierres sèches. Numérotation modifiée suite à la découverte de seuils enfouis	Pas d'évolution	Correct		Aucune	Aucune
Seuil 7	SE007	Pas de dégradations	Vieux seuil en pierres sèches. Numérotation modifiée suite à la découverte de seuils enfouis	Pas d'évolution	Optimal		Aucune	Aucune
	SE010	Désordres structurels	pierres désolidarisées. Seuils enfouis à la précédente visite. Seuil affouillé menaçant de s'effondrer	Modérée	Correct		Souhaitable	Réalisation d'un perré en enrochement sec. Mais non urgente.

Tableau 27 : Diagnostic du dispositif Clapière Faucon

Bilan sur l'efficacité générale du dispositif : compte-tenu de leur taille réduite et de leur faible nombre, ces ouvrages ne contribuent que très modérément à la diminution du transport solide dans le bassin versant.

Eventuelle nécessité de compléter le dispositif : aucune action n'est envisagée sur ce secteur.

VIII.2.2 Impact des boisements de stabilisation en partie domaniale

Comme nous l'avons vu, le reboisement de la division domaniale RTM du torrent des Sanières peut être considéré comme un véritable succès. Le peuplement est dense et couvre une superficie importante.

Il est particulièrement efficace pour lutter contre les phénomènes de d'érosion et de ravinement.

IX Définition de la stratégie d'aménagement du bassin versant

L'étude ETRM de 2014 a analysé de manière détaillée quels pourraient être les aménagements proposés pour faire face à une lave de type centennal potentiellement gonflée par des apports exceptionnels causés par l'éboulement de Roche Plombée. L'intégralité du chapitre 4 de cette étude est jointe en annexe 12 : ce chapitre détaille plus précisément les caractéristiques des aménagements projetés.

Nous reprenons ci-dessous les listes des préconisations d'aménagement classées par ordre de priorité dans l'étude ETRM.

IX.1 Mise en œuvre immédiate

Il s'agit ici de mettre en œuvre les actions suivantes :

- Information de la population et mise en place des systèmes d'alerte.
- Terrassement du lit amont afin de permettre une régulation du transport solide.
- Réduction des risques de débordement au niveau du rétrécissement de la Rochette par un muret entre la route et les prés.
- Préparation des opérations de curage afin de pouvoir intervenir rapidement.

La figure suivante montre la localisation de ces différentes interventions.

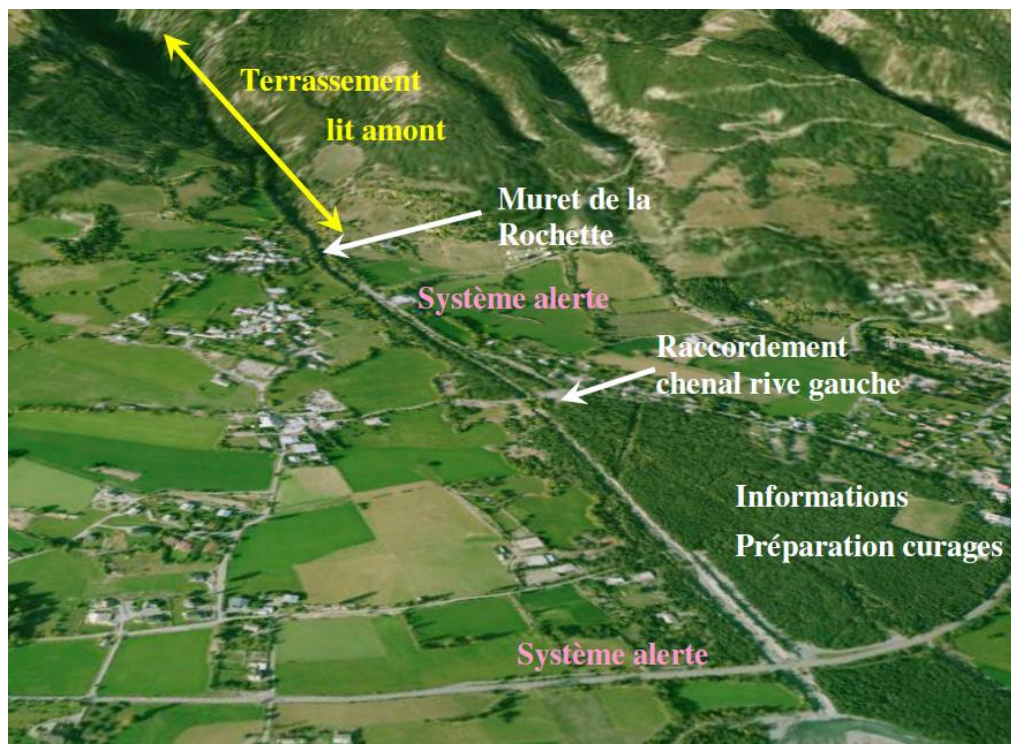


Figure 75. Localisation des interventions à mettre en œuvre immédiatement (ETRM, 2014)

Ces propositions de travaux datent de juillet 2014. A ce jour, le mur n'a pas encore été construit.

Un dossier de programmation est en cours de réalisation : il permettra de faire le bilan des actions nécessaires à court terme nécessitant un financement de la commune.

Le RTM04 travaille également en collaboration avec la commune pour mettre en place rapidement un **système d'alerte** pour les riverains, notamment pour avertir les riverains bordant la route en rive gauche du cône de déjection. Le système pour l'instant préconisé est un déclenchement par câble au niveau de la cuvette B18.

Un système d'alerte en parallèle est également étudié avec le Conseil Général 04 pour la RD900. Dans ce cas, il est envisagé de mettre un capteur supplémentaire au niveau du pont de Briançon.

Les travaux domaniaux de curage et de remodelage du lit sur la partie amont ont bien eu lieu (en septembre 2015).



Figure 76. Photographies du remodelage du lit réalisé en 2015

Le lit entre le barrage B18 et la contraction de la Rochette est maintenant plus large et particulièrement favorable à l'essoufflement des laves et au dépôt des blocs les plus volumineux. Le lit est plat sur l'ensemble de la largeur disponible ce qui permet aux écoulements d'utiliser tout l'espace disponible.

Le défrichage des arbres les plus proches des berges a également été réalisé pour prévenir la formation d'éventuels embâcles. Un léger approfondissement du chenal au niveau du pont de la Rua a également été réalisé.

Le défrichage de l'ancien chenal sur le cône de déjection a également bien été réalisé en 2014.



Figure 77. Photographies de l'ancien chenal défriché en 2014 en prévision d'éventuels débordements

IX.2 Mise en œuvre rapide souhaitable

Les actions suivantes doivent être prévues et pourraient être mise en œuvre à court terme :

- Recul de la berge rive droite au droit du rétrécissement de la Rochette.
- Reprise de l'entonnement du pont de Briançon et rehausse du tablier.
- Rehausse des berges en aval du pont de Briançon.
- Confortement des digues en aval du seuil B2 (à optimiser en fonction de la création – ou non – de la plage de dépôt).
- Préparation de la création d'une plage de dépôt en aval du seuil B2.
- Rehausse de la digue rive gauche entre le pont de la Rua et le pont de Briançon

La figure suivante montre la localisation de ces différentes interventions.

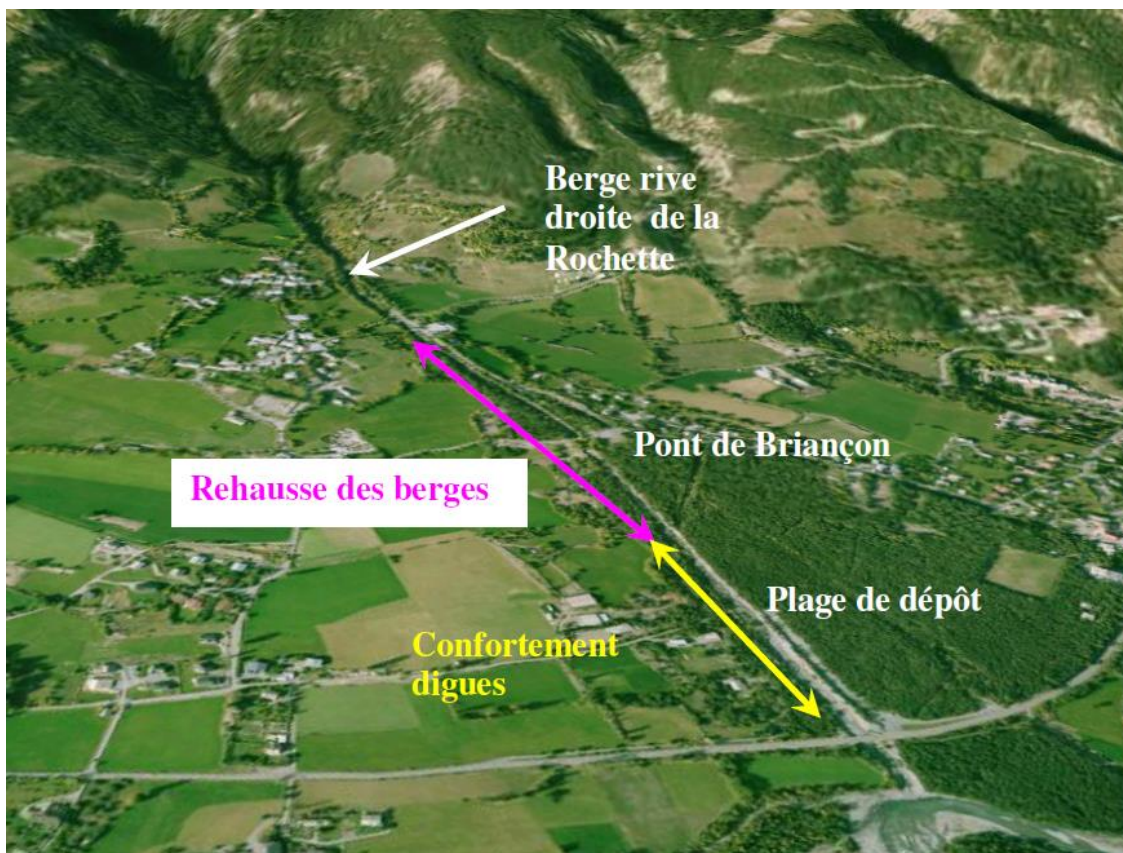


Figure 78. Localisation des interventions à mise en œuvre souhaitable (ETRM, 2014)

Aucune de ces actions n'a encore été réalisée ni programmée.

Nombre de ces actions concernent des travaux domaniaux. **Un avant-projet est cours de réalisation par le service RTM.**

IX.3 Mise en œuvre en cas de dégradations ou de dysfonctionnement

Les actions en cas d'accroissement de l'activité de l'éboulement ou de dysfonctionnements observés devront évidemment être adaptées à l'évolution de la situation. Les actions suivantes seraient envisageables :

- Remontée des ponts de la Rua et de la RD902.
- Création ou accroissement de la capacité de la plage de dépôt aval.
- Abaissement des seuils pour préserver une section suffisante et reprise parafouille des ouvrages en amont.
- Augmentation de la régulation du transport solide en amont du cône de déjection par des barrages de grande taille.
- Analyse d'une remontée du niveau du lit à l'aval de l'éboulement si celui-ci devient de grande ampleur.

La figure suivante montre la localisation de ces différentes interventions.

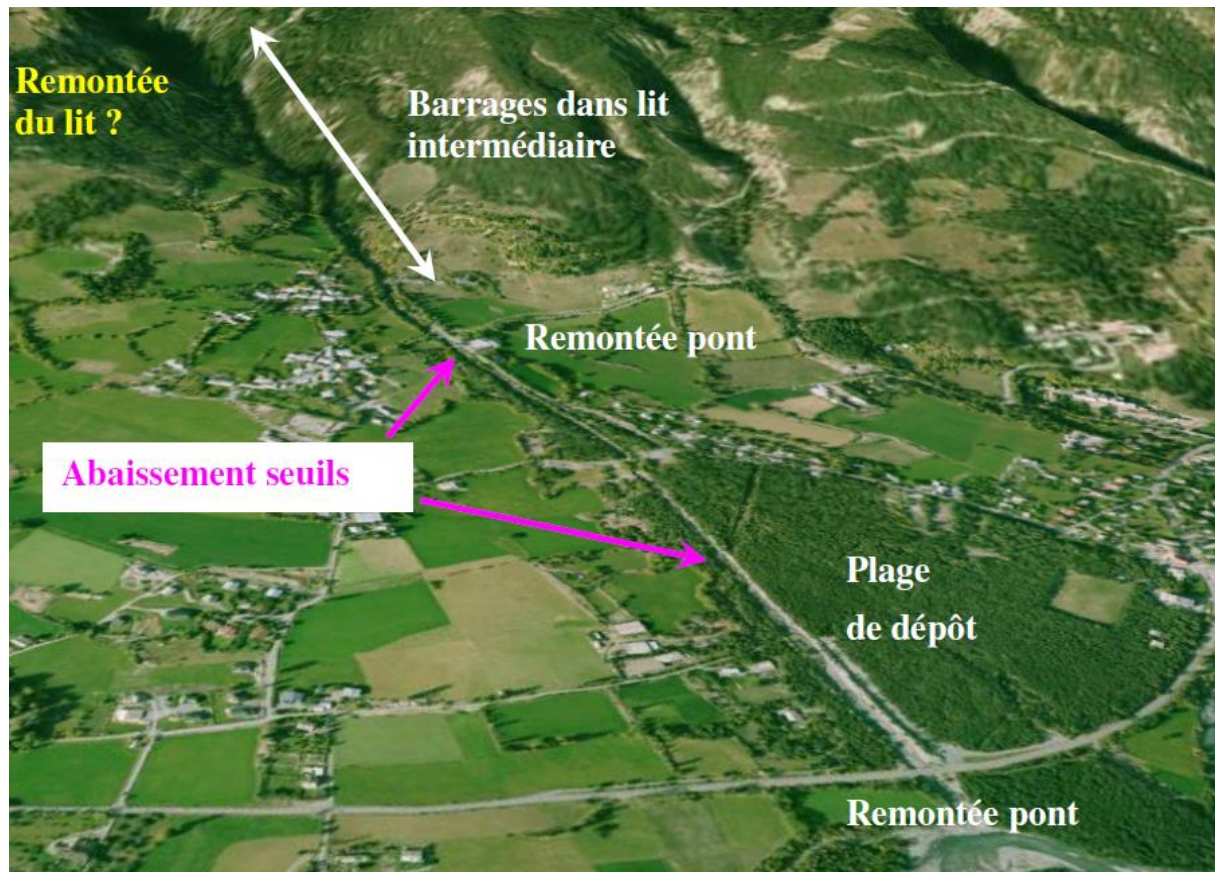


Figure 79. Localisation des interventions en cas de dégradation (ETRM, 2014)

Aucune de ces actions n'a encore été réalisée ni programmée.

X Dépassement de la crue de référence / Défaillance du dispositif

X.1 Comportement au-delà du scénario de référence

Le dépassement de la crue de référence peut se produire en cas de survenance de précipitations exceptionnelles de période de retour supérieures à 100 ans ou en cas de mobilisation exceptionnelle de glissements de terrain, dont celui de Roche Plombée.

Comme nous l'avons vu, le système de protection actuel ne permet pas de se prémunir contre une crue centennale. Des maisons sont susceptibles d'être touchées sur les deux rives par obstruction du pont de Briançon et du pont de la D900.

Il ne fait donc aucun doute qu'une crue de période de retour bien supérieure à 100 ans engendrerait à l'heure actuelle des débordements importants sur une grande partie du cône de déjection.

X.2 Comportement en cas de défaillance du dispositif

L'effet de la rupture localisé d'un barrage stratégique n'aurait pas d'incidence directe notable sur l'augmentation des volumes solides en cours de crue. La rupture d'un ouvrage peut cependant fragiliser les barrages positionnés directement à l'amont ou à l'aval de celui-ci, engendrant alors plusieurs ruptures d'ouvrages.

Les conséquences d'une rupture multiple d'ouvrage pourraient être une réactivation de grands glissements de berges, une aggravation des phénomènes d'érosion et donc une augmentation des volumes solides arrivant sur le cône de déjection.

Liste des figures

Figure 1.	Carte de situation du bassin versant sur fond IGN scan 1000	7
Figure 2.	Carte de situation du bassin versant sur fond IGN Top 100	7
Figure 3.	Carte de situation foncière du bassin versant	9
Figure 4.	Carte de localisation du bassin versant sur fond IGN	11
Figure 5.	Délimitation 3D du bassin versant et du cône de déjection géologique	12
Figure 6.	Croquis morphostructural et coupe géologique des Alpes du Sud (source : Evin, 1997)	13
Figure 7.	Coupe géologique de la moyenne Ubaye (source Evin, 1997)	14
Figure 8.	Vue sur le bassin versant adret du bassin de Barcelonnette (A. Remaître, 2004)	14
Figure 9.	Extension latérale du glacier de l'Ubaye, localisation des dépôts glaciaires et morphodynamique dans le bassin de Barcelonnette (Jorda, 1980)	15
Figure 10.	Carte géomorphologique du bassin versant des Sanières (A. Remaître, 2006 + adaptation RTM 2015)	16
Figure 11.	Cartographie RPP de l'aléa ravinement (RTM, 2010)	17
Figure 12.	Partie supérieure du bassin versant des Sanières - barres rocheuses	18
Figure 13.	Localisation de l'éboulement de la Roche Plombée	19
Figure 14.	Détails de l'éboulement de la Roche Plombée	20
Figure 15.	Extrait de la feuille de Barcelonnette (Infoterre, BRGM)	20
Figure 16.	Cartographie EPA - Bassin versant des Sanières	21
Figure 17.	Carte du réseau hydrographique	22
Figure 18.	Cartes des zones de production de matériaux solides	23
Figure 19.	Profil en long général du torrent des Sanières	24
Figure 20.	Profil en long du torrent des Sanières sur son cône de déjection	25
Figure 21.	Evolution des profils en long de l'Ubaye de 1907 à 2012 (ETRM-2013)	26
Figure 22.	Aperçus du chenal sur la partie haute du bassin versant	27
Figure 23.	Aperçus du chenal dans la zone de transition : partie supérieure / chenal d'écoulement	28
Figure 24.	Aperçus du chenal d'écoulement sur sa partie amont	29
Figure 25.	Photographie des grandes chutes rocheuses	29
Figure 26.	Aperçus du chenal d'écoulement dans le secteur de l'éboulement de la Roche Plombée	30
Figure 27.	Photographie du B19 - décembre 2015	31
Figure 28.	Aperçus du chenal d'écoulement à l'aval de la zone d'éboulement	32
Figure 29.	Situation des ouvrages et photographies du chenal sur le cône de déjection - RTM 2015	33
Figure 30.	Carte des enjeux dans le bassin versant du torrent des Sanières	34
Figure 31.	Peuplements forestiers et aménagement	36
Figure 32.	Photographies d'une partie des parcelles n°2 (à gauche) et n°1 (à droite)	37
Figure 33.	Photo d'une partie de la parcelle forestière n°3	37
Figure 34.	Photo de la partie basse de la parcelle 6 et de la parcelle 5 (rive gauche du torrent)	38
Figure 35.	Photographies d'une partie des parcelles n°7 (à gauche) et n°8 (à droite)	39
Figure 36.	Photo de la partie centrale de la parcelle n°19	39
Figure 37.	Répartition saisonnière des crues du torrent des Sanières	40
Figure 38.	Répartition mensuelle des crues du torrent des Sanières	40
Figure 39.	Emprise de la crue de 2002 sur le cône de déjection	43
Figure 40.	Photos des « débordements sur le pont de Briançon » sur le cône de déjection - crue de 2003	44
Figure 41.	Photos de a partie supérieure de l'éboulement (09/09/2014)	45

Figure 42. Analyse du glissement à partir du LIDAR Sintegra 2013 (M. Truche, 2015)	45
Figure 43. Photographie prise en 1886 dans le torrent voisin du Bourget	46
Figure 44. Photographies du lit des Sanières, aval grande cascade, à deux dates différentes (1887-1911)	46
Figure 45. Comparatif des photographies aériennes de 1948 et 2010 en partie intermédiaire	47
Figure 46. Comparaison des photographies aériennes de 2010 et 2014 dans le secteur de l'éboulement	47
Figure 47. Carte de localisation générale des dispositifs du torrent des Sanières	49
Figure 48. Nombre d'ouvrages de génie civil par dispositif	50
Figure 49. Parc ONF - Photographie des 3 ouvrages transversaux	51
Figure 50. Endiguement -Vues sur les digues en tout venant et en béton armé	52
Figure 51. La Rua -Digue rive gauche en béton armé à l'amont du pont de Briançon	54
Figure 52. Aval Cascade -Photographie des différents types d'ouvrages du dispositif	56
Figure 53. Amont Cascade - Photographies des différents types d'ouvrages du dispositif	57
Figure 54. Fumet - Photographies des différents types d'ouvrages du dispositif	59
Figure 55. Clapière Jausiers- Photographies du barrage B1 et se son pavage amont	60
Figure 56. Clapière Faucon - Photographies de seuils en pierres sèches encore présents	61
Figure 57. Photographie du seuil communal au droit du CCAS	62
Figure 58. Photos des ouvrages de franchissement	62
Figure 59. Schéma d'implantation des ouvrages réalisés entre 1874 et 1877 (HIST-3)	63
Figure 60. Photo de 1901 des barrages construits en 1874 et 1875 (dispositif actuel « aval cascade»)	64
Figure 61. Anciens barrages (dispositif actuel Fumet)	65
Figure 62. Bilan du nombre d'ouvrages réalisés depuis 1950	66
Figure 63. Photo prise pendant les travaux de création du nouveau chenal (1956-1957)	68
Figure 64. Coefficient b de postes pluviographiques voisins (ETRM, 2003)	71
Figure 65. Estimation des volumes d'apport par charriage - application de la formule de Meunier	72
Figure 66. Estimation des volumes de laves torrentielles (ETRM, 2003)	74
Figure 67. Relation entre hauteur et pente d'écoulement pour les laves torrentielles (ETRM, 2003)	76
Figure 68. Photographie de l'ouvrage B9	79
Figure 69. Photographie des ouvrages B17 et B18	80
Figure 70. Photographie de l'ouvrage B19 (seule l'aile rive droite est apparente)	80
Figure 71. Photographie du barrage B25 - affouillement important en pied	82
Figure 72. Photographies des différents types de pathologie	83
Figure 73. Photographie du barrage et pavage n° 1 - pathologie du pavage	85
Figure 74. Photographie du barrage et pavage n° 1 - pathologie du pavage	86
Figure 75. Localisation des interventions à mettre en œuvre immédiatement (ETRM, 2014)	88
Figure 76. Photographies du remodelage du lit réalisé en 2015	89
Figure 77. Photographies de l'ancien chenal défriché en 2014 en prévision d'éventuels débordements	89
Figure 78. Localisation des interventions à mise en œuvre souhaitable (ETRM, 2014)	90
Figure 79. Localisation des interventions en cas de dégradation (ETRM, 2014)	91

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition de l'équipe projet	10
--	----

Tableau 2 : Grandeurs caractéristiques du bassin versant du torrent des Sanières	12
Tableau 3 : Récapitulatif des crues sur le torrent des Sanières	41
Tableau 4: Caractéristiques des ouvrages du dispositif Parc ONF (<i>coûts non actualisés</i>)	50
Tableau 5 : Caractéristiques des digues du dispositif Endiguement (<i>coûts non actualisés</i>)	52
Tableau 6 : Caractéristiques de l’ouvrage du dispositif La Rua (<i>coûts non actualisés</i>)	53
Tableau 7 : Caractéristiques de l’ouvrage du dispositif Couarp aval (<i>coûts non actualisés</i>)	54
Tableau 8 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Aval Cascade (<i>coûts non actualisés</i>)	55
Tableau 9 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Amont Cascade (<i>coûts non actualisés</i>)	57
Tableau 10 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Fumet	58
Tableau 11 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Clapière Jausiers	60
Tableau 12 : Caractéristiques des ouvrages du dispositif Clapière Faucon	61
Tableau 13: Caractéristiques des ouvrages de franchissement	62
Tableau 14 : Liste des ouvrages créés par sous période et par dispositif entre 1950 et 2015	67
Tableau 15 : Bilan des coûts dépensés sur la période 1950-2014	69
Tableau 16: Pluie décennale et centennale	70
Tableau 17: Coefficient a(10) et a(100) de Montana	71
Tableau 18: Débit décennal et centennal	72
Tableau 19: Volumes de laves - méthodes sommaires	73
Tableau 20: Paramètres rhéologiques retenus	75
Tableau 21 : Caractéristiques du scénario de référence	78
Tableau 22 : Diagnostic du dispositif Parc ONF	79
Tableau 23 : Diagnostic du dispositif Aval Cascade	81
Tableau 24: Diagnostic du dispositif Amont Cascade	82
Tableau 25 : Diagnostic du dispositif Fumet	84
Tableau 26 : Diagnostic du dispositif Clapière Jausiers	85
Tableau 27 : Diagnostic du dispositif Clapière Faucon	86

Références bibliographiques

Documents historiques sur les phénomènes naturels et la RTM dans les Alpes de Haute Provence

Recherche effectuée dans les locaux du service RTM 04.

- **HIST-1** - Observatoire des risques naturels en montagne : base de données RTM sur les risques naturels en montagne (BDRTM) ;
- **HIST-2** – Traité pratique du Reboisement et du gazonnement en montagne – Note C-P. DEMONTZEY (1882) ;
- **HIST-3** – Reboisement des montagnes – Compte-rendu des travaux réalisés de 1869 à 1874 (1876) ;
- **HIST-4** – Restauration des Alpes – MP MOUGIN (1931) ;
- **HIST-5** – Restauration des terrains en montagne – 2^{ème} partie (1911)

Documents sur l'aménagement de la division domaniale étudiée

- **AM-1** – Aménagement de la série domaniale de Costebelle (1998-2017)

Etudes

- **ETUDE-1** – Thèse d'Alexandre Remaître – Morphologie et dynamique des laves torrentielles : Applications aux torrents des Terres Noires du bassin de Barcelonnette (Alpes du Sud) – Décembre 2006
- **ETUDE-2** – ETRM – Etude de l'impact de l'éboulement de la Roche plombée sur le torrent des Sanières » - Juillet 2014
- **ETUDE-3** – ETRM – Etude hydraulique du torrent des Sanières – Décembre 2003
- **ETUDE-4** – HYDRETTUDES, IDEALP – Plan de gestion de l'Ubaye - 2011