

14CCY074
IndE

Fevrier 2016



Protocole de gestion du transport solide du Nant de Saint-Claude

Saint Foy en Tarentaise- Savoie (73)



SIEGE SOCIAL

PARC DE L'ILE - 15/27 Rue DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX

Directions Déléguée France Est – Agence Rhône Alpes

Agence de Chambéry
Savoie Technolac
BP 318
73377 LE BOURGET-DU-LAC CEDEX
Tél. : 04.79.26.46.00 – Fax : 04.79.26.46.08



SAFEGE, CONCEPTEUR DE SOLUTIONS D'AMENAGEMENT DURABLE

Sommaire

1	Préambule	1
1.1	Contexte et objectifs de l'étude	1
1.1.1	Contexte	1
1.1.2	Objectifs	8
1.2	Hypothèses de Travail	9
1.2.1	Estimation ETRM	9
1.2.2	Estimation méthode ECSTReM	10
1.2.3	Comparaison des profils en long historiques	11
1.2.4	Synthèse du Bilan sédimentaire retenu	14
2	Analyses complémentaires de terrain	15
2.1	Description du site.....	15
2.2	Granulométrie du Nant Saint Claude.....	18
3	Protocole de gestion	21
3.1	Modalités techniques	21
3.1.1	Profil d'équilibre ETRM	22
3.1.2	Solution de gestion : la fosse de curage	22
3.2	Les principes de gestion	26
3.2.1	Etat initial – « 0 »	26
3.2.2	Suivi annuel	26
3.2.3	Suivi exceptionnel	30
3.2.4	Accès au site	31
3.2.5	Reprofilage du lit mineur du torrent post crue.....	31
3.3	Synthese financiere	32

Table des figures

Figure 1 : Localisation du cône de déjection du Nant St-Claude	1
Figure 2 : Le bassin versant du Nant Saint Claude	2
Figure 3 : Nombre d'événements recensés par le service RTM (par décennie)	3
Figure 4 : Vue sur le glissement de la Molluire et la recharge sédimentaire en pied de versant	3
Figure 5 - Maisons du Hameau de Champet englouties par une lave torrentielle (source : RTM)...	5
Figure 6 : Barrage au droit du glissement de la Molluire	5
Figure 7 : Évolution du profil en long du Nant Saint Claude (ETRM, 2008).....	6
Figure 8 : Estimation du transport solide (ERTM, 2008)	9
Figure 9 - Interface de paramétrage du modèle ECSTReM.....	11
Figure 10 : Volumes de production sédimentaire lors d'événements décennal et centennal	11
Figure 11 - Profils en long : année 2000, année 2008, année 2014 et profil d'équilibre ETRM	12
Figure 12: Profil en long du cône de déjection	17
Figure 13 : Granulométrie des berges	19
Figure 14 : Granulométrie dans la zone médiane en rive gauche	19
Figure 15 : Granulométrie dans la zone médiane au centre	20
Figure 16 : Granulométrie dans la zone médiane en rive droite	20
Figure 17 : Profil en long du Nant de Saint Claude entre 1908 et 2014 (en orange) et profil objectif avec consigne de prélèvement du lit (trait noir plein).....	22
Figure 18 : Evolution d'une fosse (Tereo/ERTM, 2009)	25
Figure 19 : Gestion d'une fosse	27
Figure 20 : Gestion de la fosse	30

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des événements extrêmes d'après le service RTM	4
Tableau 2 : Estimation du transport solide à la confluence (ETRM, 2008).....	9
Tableau 3 : Bilan sédimentaire	10
Tableau 4 : Estimation de l'exhaussement moyen.....	10
Tableau 5 : Exemple de dimensionnement d'une fosse de curage	24

1 PREAMBULE

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1.1 CONTEXTE

Le torrent du Nant Saint Claude est situé sur la commune de Saint-Foy-Tarentaise dans le département de la Savoie. Son cône de déjection constitue l'exutoire d'un bassin versant d'environ 49 km².

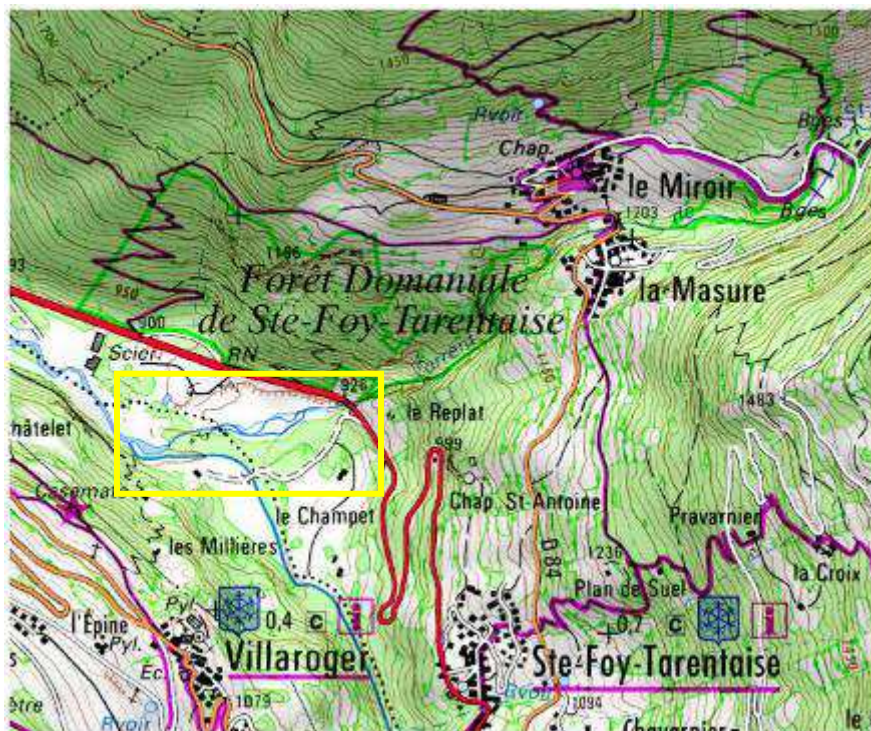


Figure 1 : Localisation du cône de déjection du Nant St-Claude

Le point culminant du bassin-versant est le « Becca du Lac ». Il surplombe le glacier de l'Invernet, situé au Nord-Ouest, et s'élève à 3405 m. La confluence du Nant Saint-Claude avec l'Isère se trouve à 890 m d'altitude. Le dénivelé entre le point culminant et le site étudié est donc de **2515 m**.

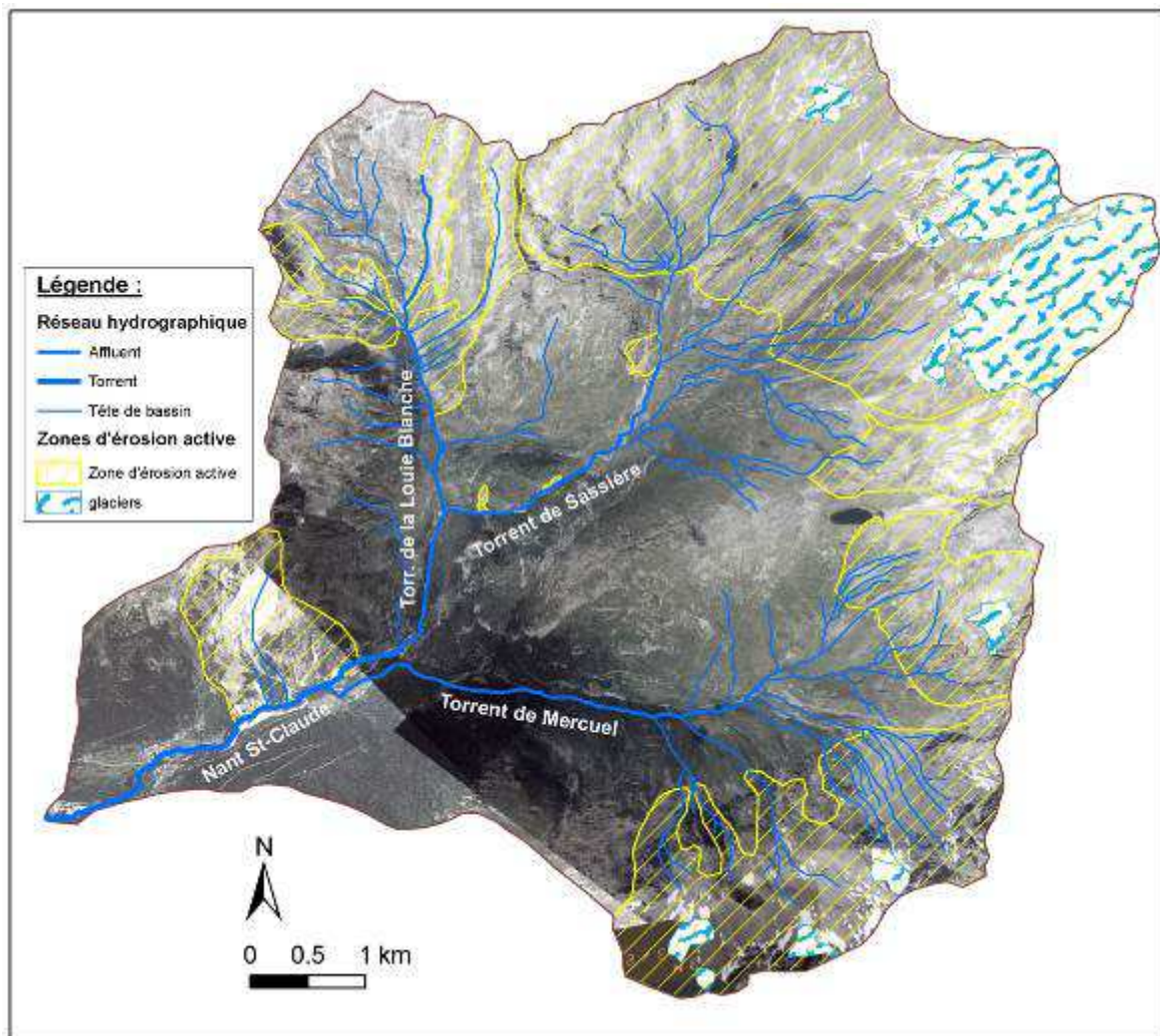


Figure 2 : Le bassin versant du Nant Saint Claude

1.1.1.1 Un torrent hyper actif

Suite à l'éboulement de la Molluire en 1877, la fréquence des crues torrentielles à l'origine de charriages hyperconcentrés ou de laves torrentielles a sensiblement augmenté.

En effet, la figure suivante met en avant l'occurrence de 5 crues torrentielles à l'origine de laves torrentielles, entre 1880 et 1890. Cette fréquence est tout à fait exceptionnelle au regard de la rareté des événements extrêmes hors des périodes de perturbation.

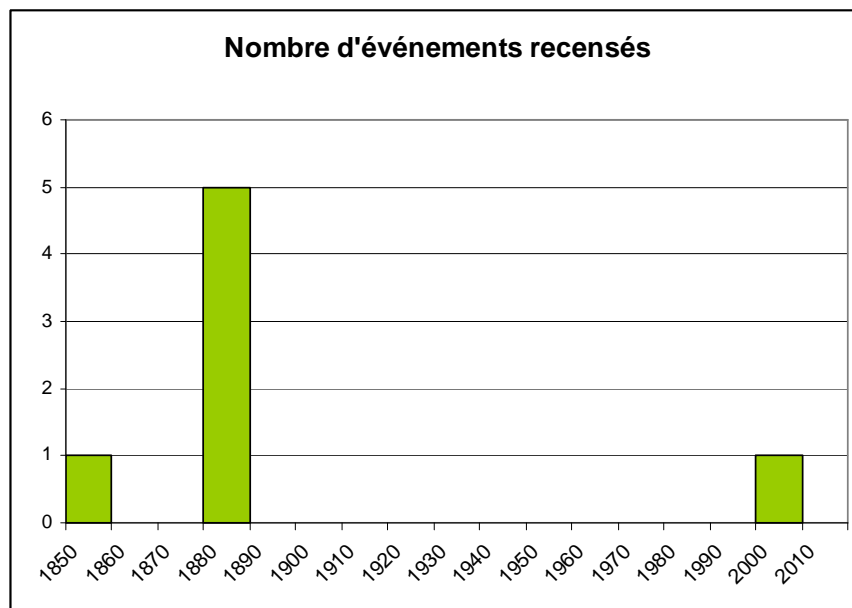


Figure 3 : Nombre d'événements recensés par le service RTM (par décennie)

Dans leur fonctionnement naturel, les torrents observent des périodes de recharge sédimentaire du fond de vallée, suivies par des périodes d'évacuation des matériaux stockés en pied de versant lors d'événements hydroclimatiques ou physique extrêmes.

Le glissement de la Molliure crée une fourniture sédimentaire abondante dans le thalweg du Nant Saint-Claude et engendre une rupture de l'équilibre dynamique du torrent (Figure suivante). Cet équilibre dynamique est l'état vers lequel tendent les cours d'eau et s'effectue entre des variables de contrôle (débit liquide et solide, pente et granulométrie) et des variables de réponses (largeur, profondeur moyenne).



Figure 4 : Vue sur le glissement de la Molliure et la recharge sédimentaire en pied de versant

PROTOCOLE DE GESTION DU TRANSPORT SOLIDE DU NANT DE SAINT CLAUDE

Ici, le chenal est constamment « engraisé » par les apports du glissement. Les événements extrêmes recensés sont présentés chronologiquement dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Liste des événements extrêmes d'après le service RTM

Date	Nature	Intensité	Cause	Dégâts
01/01/1859	-	-	-	1 ha engravé
30/08/1882	Lave torrentielle	-	Affouillement pied de l'éboulement 1877	Chemin coupé + engravement
05/06/1883	Crue importante	3 - moyenne	Grandes pluies et fortes neiges	Hameau du Champet : engravement, 5 maisons envahies, 14 familles avec dommages
16/09/1883	Lave torrentielle	4 - élevée	suites de l'éboulement de 1877	Hameau du Champet ruiné. Lave a fini de détruire le hameau, ne laissant apparaître plus que des cheminées.
20/07/1885	Lave torrentielle	-	Trombe d'eau	Prises d'eau emportées, pont empierré, chemin coupé, digue comblée par 600 000 m3 de matériaux sur 75 m.
01/07/1889	-	-		Chemin recouvert sur 100m et 5 ha engravés
15/10/2000	Crue torrentielle	4 - élevée	Précipitations de retour 6 ans Entre 200 et 500 mm en 48 h	Berges érodées Mercuel et St Claude + sapement berges sur cône
01/05/2009	Lave torrentielle	2 - Faible	Fortes pluies et terrains schisteux déstabilisés.	Affouillement du lit mineur du cours d'eau au droit du pont de la RD902.

La charge sédimentaire constamment disponible donne alors lieu à un charriage régulier à chaque crue. L'autre mécanisme de transport observé sur le Nant Saint-Claude est la lave torrentielle. Ce type d'écoulement en masse permet le transport de gros blocs jusqu'au cône de déjection.

Le processus de charriage a pour conséquence un remblaiement progressif du chenal principal du cône de déjection, réduisant sa section.

La lave torrentielle a tendance à s'étaler sur l'ensemble du cône de déjection, en raison de l'abondance des matériaux transportés. Les engravements du Hameau du Champet, situé sur le cône, témoignent de l'importance des volumes déposés. Ces derniers ont enfouis les maisons sous plusieurs mètres de sédiments, ne laissant apparaître plus que des cheminées en 1883.



Figure 5 - Maisons du Hameau de Champet englouties par une lave torrentielle (source : RTM)

1.1.1.2 Bilan de la gestion passée du Nant Saint Claude

Le service RTM a été missionné pour stabiliser le Nant Saint Claude à la suite de l'éboulement de la Molluire dont les objectifs étaient :

- déblayer les éboulis les plus importants afin de limiter la dégradation des versants ;

Figure 6 : Barrage au droit du glissement de la Molluire



PROTOCOLE DE GESTION DU TRANSPORT SOLIDE DU NANT DE SAINT CLAUDE

- implanter 6 grands barrages au droit de l'éboulement, entre 1893 et 1900, afin de limiter l'affouillement des versants et de stabiliser le profil long. Ils ont ainsi permis de donner une stabilité au pied du talus d'éboulis, et donc de réduire le glissement ;
- drainer les eaux souterraines qui accentuaient le glissement ;
- revégétaliser le versant pour stabiliser le terrain et retenir les pierres ;

Ces interventions ont pu stabiliser le versant mais la fourniture sédimentaire est restée très importante. Pour faire face à cet engrèvement continu, un curage intensif du lit mineur a eu lieu jusque dans les années 1980. Ce curage a provoqué une incision d'environ 5 m entre 1908 et 1987. Cette incision est devenue problématique pour l'Isère qui subissait un front d'érosion régressive qu'il a fallu stopper par la mise en place d'un seuil.

Depuis 1987 et l'arrêt du curage intensif, le lit du torrent tend de nouveau au rehaussement.

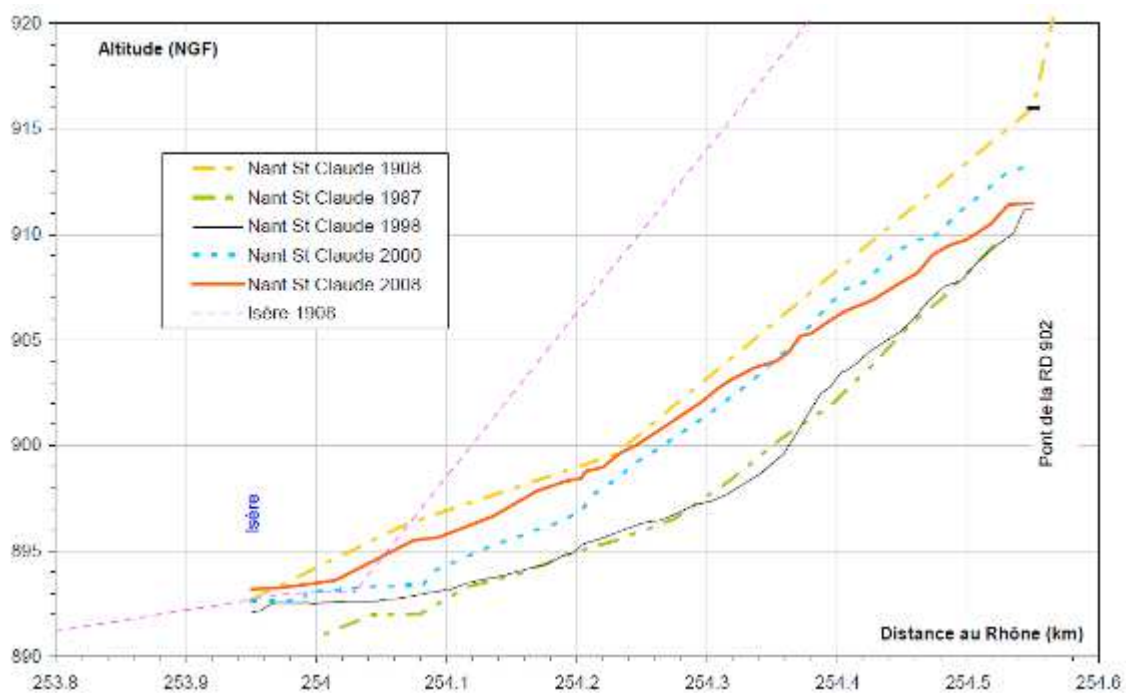


Figure 7 : Évolution du profil en long du Nant Saint Claude (ETRM, 2008)

1.1.1.3 Évolution actuelle de la partie basale : tendance à l'exhaussement

Le barrage du Chevril est mis en service sur l'Isère en 1953, une dizaine de kilomètres en amont de la confluence avec le Nant Saint-Claude. L'hydrologie devient alors totalement influencée par ce barrage, qui n'a jamais déversé depuis sa mise en service. Cela entraîne une fixation du lit de l'Isère, déjà peu mobile sur le tronçon et une végétalisation des anciennes zones de divagation, laissant place à un style à chenal unique. Cela diminue également la capacité de transport des écoulements de l'Isère et la possibilité de reprise des matériaux apportés par le Nant Saint-Claude.

La faible variabilité de l'hydrologie de l'Isère empêchant toute divagation et reprise des matériaux, la confluence s'engrave. L'Isère ne dispose plus, ni de la capacité de transport, ni de la compétence pour évacuer les matériaux grossiers souvent apportés de manière brutale en raison du fonctionnement en laves torrentielles du torrent.

1.1.1.4 Évolution actuelle de la partie apicale : tendance à l'incision

Malgré la tendance à l'exhaussement généralisé, l'apex du cône a une dynamique inverse. En effet, au niveau du pont, le torrent est en situation de surcapacité de transport. C'est à dire que la pente de la gorge est telle que le torrent atteint une capacité de transport bien plus importante que les apports actuels.

Ce phénomène est commun aux secteurs en gorge où il est fréquent de voir apparaître le substratum rocheux lorsque celui-ci a été décapé de ces alluvions. Il en résulte un excédent d'énergie que le torrent cherche à dissiper. Cette dissipation ne peut pas se faire de manière latérale puisque :

- cette zone de fin de gorge est encore très resserrée et encaissée par rapport à l'aval, ce qui concentre les flux et augmente les vitesses ;
- les versants sont rocheux ce qui limite la dissipation d'énergie latérale ;

Par conséquent la dissipation d'énergie se fait de manière verticale dans le matelas alluvial au niveau de la rupture de pente sous le passage du pont.

On assiste alors à une érosion au droit du Pont. La stabilité de ce dernier n'est pas menacée car les piles sont fondées sur le substrat rocheux. Il faut cependant bien veiller à l'évolution ultérieure de ce secteur.

1.1.1.5 Synthèse

L'éboulement de la Molluire a entraîné une perturbation dans le fonctionnement du système torrentiel du Nant Saint-Claude. La pente a été modifiée par un fort exhaussement au droit du glissement, et les apports solides au thalweg ont fortement augmenté. Ils sont disponibles en quantité quasiment illimitée, le glissement étant réactivé à chaque épisode hydro-climatique.

Ce contexte morphodynamique entraîne :

- des dépôts très importants, que les écoulements influencés de l'Isère n'ont pas la capacité de remobiliser ce qui provoque un exhaussement du site ;
- un affouillement des piles du pont de la RD 902 qui est situé sur l'apex du cône, dans une zone de forte énergie ce qui entraîne une incision très localisée au niveau de la rupture de pente.

1.1.2 OBJECTIFS

Sur la base des études précédentes, les objectifs de cette étude sont de :

- préciser les caractéristiques morphodynamiques du cône de déjection du Nant-Saint-Claude ;
- dimensionner une solution pour gérer l'excédent sédimentaire sur le cône de déjection du Nant-Saint-Claude ;
- décrire le protocole de gestion en fonction de la solution retenue ;

1.2 HYPOTHESES DE TRAVAIL

Les volumes de production sédimentaire sont estimés par **trois approches** pour des événements de crue décennale et de crue centennale.

Première approche : ETRM, 2008

Deuxième approche : méthode EcSTREM du RTM,

Troisième approche : comparaison des profils en long historiques

1.2.1 ESTIMATION ETRM

Tableau 2 : Estimation du transport solide à la confluence (ETRM, 2008)

	Nant Saint Claude	Isère
Volume décennal (m ³)	3 000	1000
Volume centennal (m ³)	13 000	6000

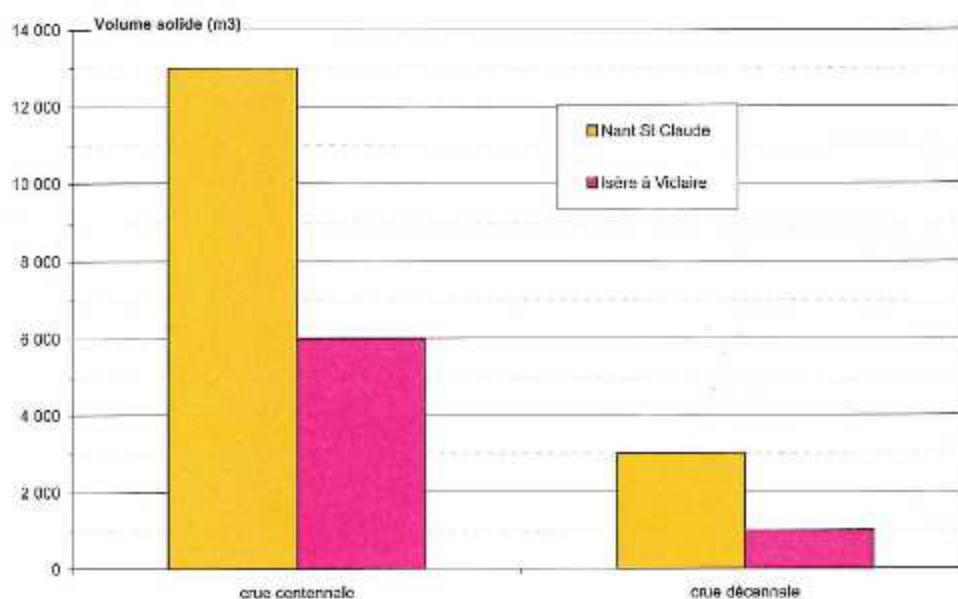


Figure 8 : Estimation du transport solide (ERTM, 2008)

Sur la base de ces hypothèses, nous pouvons faire le bilan sédimentaire de la zone de confluence, c'est à dire, faire la différence entre les volumes apportés par le torrent et les volumes transportés par l'Isère. Le bilan sédimentaire est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Bilan sédimentaire

	Confluence
Bilan décennal (m ³)	+ 2 000 m ³
Bilan centennal (m ³)	+ 7 000 m ³

La concomitance du même événement hydrologique sur l'Isère et sur le Nant Saint Claude est très peu probable. De plus ces calculs ont été effectués sans prendre en compte l'influence du barrage de Tignes.

L'étude Téréo/ETRM (2009) a permis d'estimer que la capacité de transport annuelle en prenant en compte l'influence du barrage était de 180 m³/an (1 % de l'état naturel).

La différence est très importante entre les apports et la capacité de l'Isère, nous considérons que l'ensemble des matériaux apportés par le Nant Saint Claude se dépose sur le cône et ne sont pas remobilisables à court terme.

Sur la base d'une bande active d'environ 4 ha ces apports représenteraient un exhaussement moyen de 7 cm à 32 cm.

Tableau 4 : Estimation de l'exhaussement moyen

	Volume (m ³)	Exhaussement moyen (m)
Réurrence décennale (m ³)	3 000	0.07
Réurrence centennale (m ³)	13 000	0.32

1.2.2 ESTIMATION METHODE ECSTREM

La méthode ECSTReM (Estimation de la Charge Sédimentaire des Torrents à l'aide de Régressions Multivariées) a été développée par le service RTM et l'ONF. Elle permet une quantification des processus de transport solide des torrents pour des bassins-versants de taille inférieure à 50 km². Elle repose sur une série de modèles statistiques multivariées calés à partir d'études menées sur un échantillon de 72 bassins torrentiels des Alpes françaises.

Cette méthode nécessite de renseigner les paramètres d'entrée présentés dans la figure ci-dessous principalement à l'aide d'une analyse et un traitement de l'image par SIG (système d'information géographique) :

Application de la méthode ECSTReM*
Estimation de la Charge Sédimentaire des Torrents à l'aide de Régressions Multivariées

Commune :
Torrent :
Surface totale du bassin versant (S) :
Surface en érosion active connectée au réseau hydrographique (Sa) :
Dénivelée entre le point culminant du bassin versant et le site étudié (Dz) :
Pente conditionnant l'intensité des apports solides au droit du site étudié (I) :
Intensité des processus érosifs :
Processus de transport solide dominant :

Figure 9 - Interface de paramétrage du modèle ECSTReM

Au total, les zones d'alimentation représentent pratiquement la moitié de la surface du bassin versant.

Les volumes de production sédimentaire estimés pour des événements décennal et centennal sont présentés dans le tableau suivant :

	Min ECSTReM	Max ECSTReM	ERTM
Volume décennal (m ³)	12 000	28 000	3 000
Volume centennal (m ³)	25 000	76 500	13 000

Figure 10 : Volumes de production sédimentaire lors d'événements décennal et centennal

Les valeurs obtenues par le biais de la méthode ECSTReM sont considérablement plus élevées que les valeurs calculées par l'ERTM. Ces valeurs semblent surévaluées au regard des valeurs données par ETRM.

1.2.3 COMPARAISON DES PROFILS EN LONG HISTORIQUES

Nous calculons les volumes de matériaux sur la base de l'analyse diachroniques des profils en long du cône du Nant de Saint Claude. Les années de références sont les années 2000, 2008 et 2014. La figure 12 présente ces différents profils en long établis (2000, 2008, 2014) comparé au profil d'équilibre donné par ETRM.

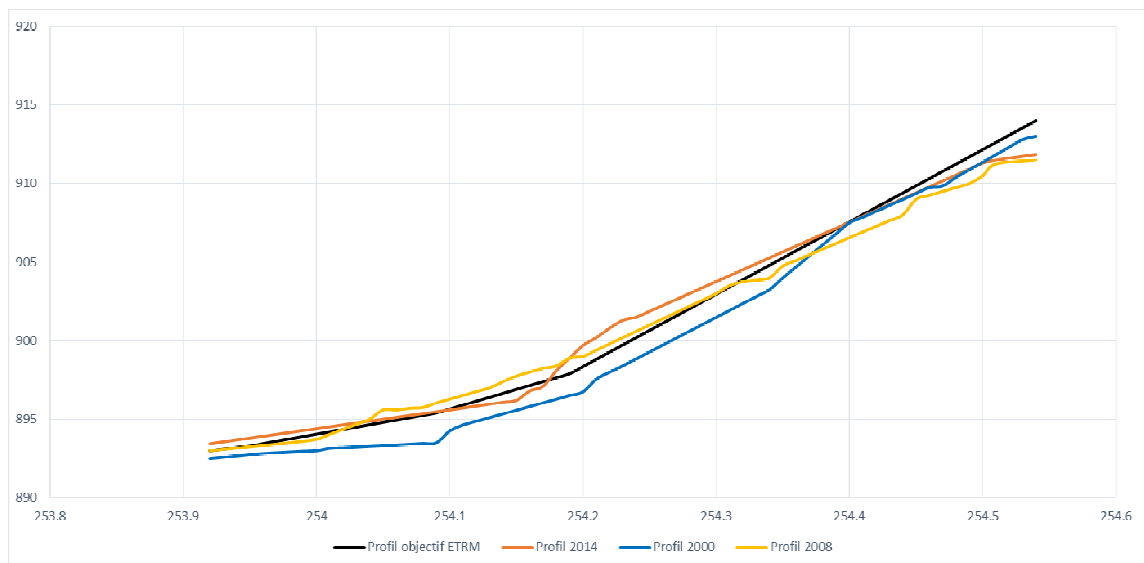


Figure 11 - Profils en long : année 2000, année 2008, année 2014 et profil d'équilibre ETRM

Le calcul du volume de matériaux déposés est le produit de l'épaisseur moyenne des dépôts par la surface active.

- Entre 2000 et 2008, la bande active est de l'ordre de 4 ha (orthophotographie aérienne de 2001 ci-dessous IGN®),



- Entre 2008 et 2014, la bande active est d'environ 1,5 ha (orthophotographie aérienne de 2013 ci-dessous IGN®),



	Exhaussement moyen global (m)	Volume moyen théorique (m3)	Volume moyen théorique annuel (m3)
moyenne 2000 à 2008 (surface active de l'ordre de 4ha)	0.28	11 200	1400
moyenne 2009 à 2014 (surface active de l'ordre de 1.5 ha)	0.36	5400	1080
moyenne 2000 à 2014 (surface active moyenne de 2.75 ha)	0.64	17600	1257

Figure 13 : Volumes de production sédimentaire pour les différentes méthodes employées

Le bilan est positif et de l'ordre de 1250 m3 par année sur les quatorze dernières années.

L'apport décennal semble donc bien au-delà des 3000 m3 évalué par ETRM mais l'analyse faite ne permet pas de vérifier les valeurs maximales calculées par la méthode ECSTReM.

L'analyse des profils en long montre que le bilan est positif et de l'ordre de 1250 m3/an sur ces quatorze dernières années mais ne permet pas de statuer sur un volume d'occurrence décennal ou centennal.

1.2.4 SYNTHÈSE DU BILAN SÉDIMENTAIRE RETENU

Selon les méthodes employées, le bilan sédimentaire est très variable, aussi nous proposons de nous baser sur l'analyse du profil en long.

L'excédent annuel est de l'ordre de 1250 m³.

Cette analyse du profil en long semble l'analyse la plus fiable mais ne saurait refléter totalement le fonctionnement du cône torrentiel. Les imprécisions sur cette analyse ne peuvent pas être levées dans le cadre du présent rapport initial.

Il convient donc de mettre en place un suivi topographique rigoureux permettant d'analyser plus finement l'évolution des dépôts.

2 ANALYSES COMPLEMENTAIRES DE TERRAIN

2.1 DESCRIPTION DU SITE

Le cône du Nant Saint Claude est composé de plusieurs unités morpho-sédimentaires. Nous distinguons au moins 3 unités différentes :

- le toit du cône qui correspond à l'exhaussement maximal du cône et témoigne de l'incision qu'il y a eu depuis son expansion maximale (ligne bleue ciel) ;
- un niveau intermédiaire d'incision connecté au torrent lors d'épisodes de crue rares (ligne verte) ;
- la bande active du torrent qui est régulièrement remaniée par les crues courantes (emprise des galets non végétalisés). Au sein de cette même unité il peut subsister différents niveau de banquettes qui traduisent des phénomènes morphogènes différents.



Toit du cône

Niveau intermédiaire
d'incision

Bande active actuelle



Bande active actuelle

Banquette inactive

La campagne topographique a permis d'acquérir environ 1000 points cotés sur l'ensemble de la zone d'étude. Un traitement SIG a permis de transformer ces points en un modèle numérique de terrain (MNT). A partir de ce MNT, une analyse des pentes a permis de dégager les talwegs du cône. Ces talwegs correspondent à des points bas et représentent les axes d'écoulements privilégiés du cône de déjection.

Pour rappel, l'écoulement sur un cône de déjection actif, comme dans notre cas, peut s'avérer très divaguant. En effet, en fonction de l'activité morphogène du torrent les talwegs peuvent varier d'une crue à l'autre en fonction du remaniement de la bande active

L'analyse de la topographie du cône permet de mettre en évidence :

- que les axes d'écoulements sont multiples. A l'entrée du cône, l'écoulement se fait dans un chenal unique puis se ramifie. Cette ramification laisse ressortir 2 axes majeurs (rive droite et rive gauche). En aval, l'écoulement se concentre à nouveau dans un chenal unique.
- que la rive gauche en amont du cône se trouve perchée par rapport au torrent et constitue une banquette. Cette banquette devient active lors des crues moins fréquentes.

Le profil en long a ensuite été extrait sur le talweg principal en rive droite. Ce profil en long prend en compte la sinuosité du talweg.

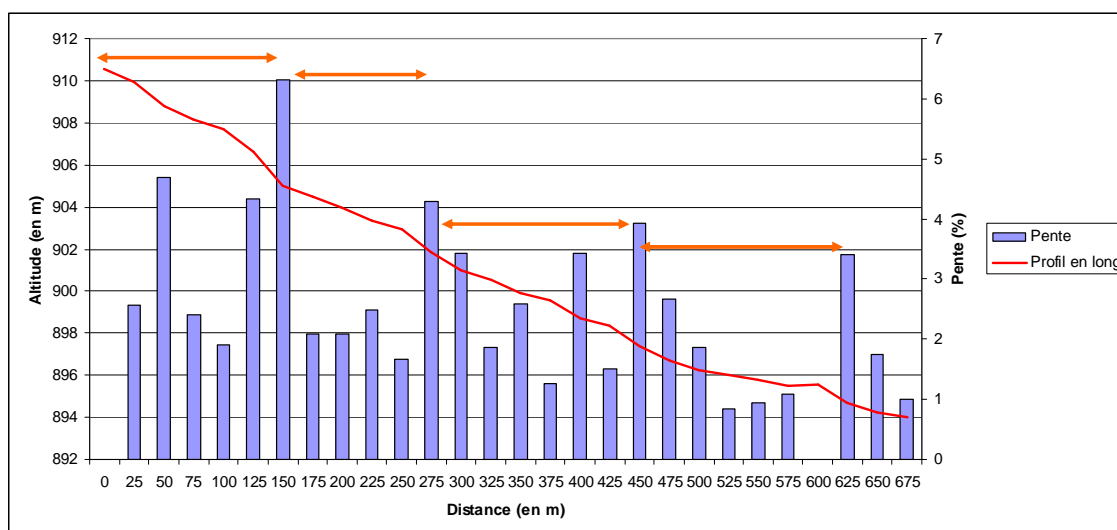
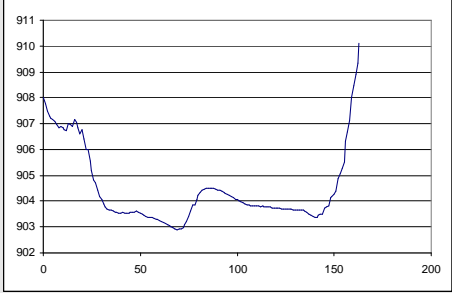
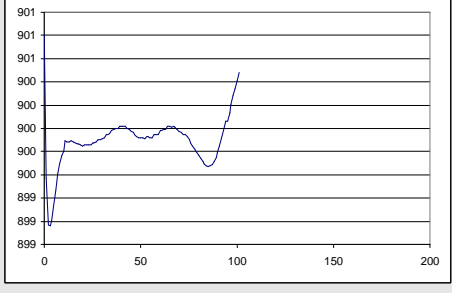
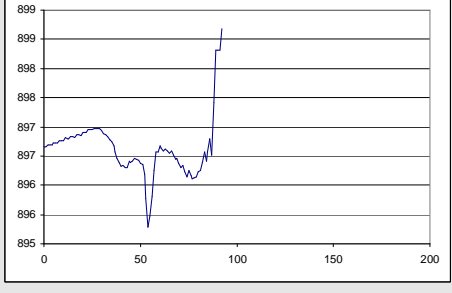


Figure 12: Profil en long du cône de déjection

La superposition des pentes et du profil en long permet de sectoriser le torrent en 4 zones :

Description (PK indiqués en mètres)	Profil en travers
Du pont (PK 0) au PK 150, la pente est forte (en moyenne de 3.2 %). Malgré la rupture de pente avec la gorge en amont, cette zone offre encore les conditions suffisantes à l'évacuation des sédiments vers l'aval.	

<p>Du PK 150 au PK 250, la pente diminue et passe en moyenne à 2.1 %. Cette zone correspond aussi à l'élargissement conséquent de la bande active. C'est une zone préférentielle de dépôts grossiers (cf. 2.2).</p>	
<p>Du Pk 250 au PK 450, les pentes augmentent de nouveau mais restent inférieures à 3 %. Cette zone reste une zone de dépôt mais paraît moins active que la zone précédente car d'une part elle se ressert et tend à se végétaliser et d'autre part la granulométrie diminue.</p>	
<p>Du PK 450 à la confluence, les pentes diminuent fortement en passant en moyenne à 1.2 %. La fraction granulométrique est plus fine avec une présence accrue de sables grossiers et de graviers.</p>	

2.2 GRANULOMETRIE DU NANT SAINT CLAUDE

De l'amont vers l'aval la granulométrie tend à diminuer. On retrouve une majorité de blocs et de galets jusque dans la partie médiane puis une majorité de cailloux, de graviers voir de sables grossiers dans la partie aval.

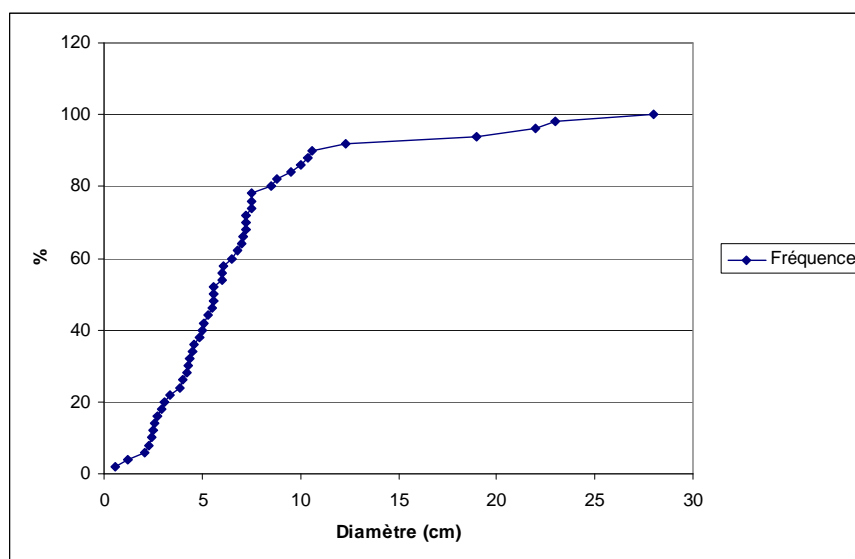
Les « berges » du cône sont constituées de matériaux hétérogènes typiques des dépôts de laves torrentielles.



Figure 13 : Granulométrie des berges

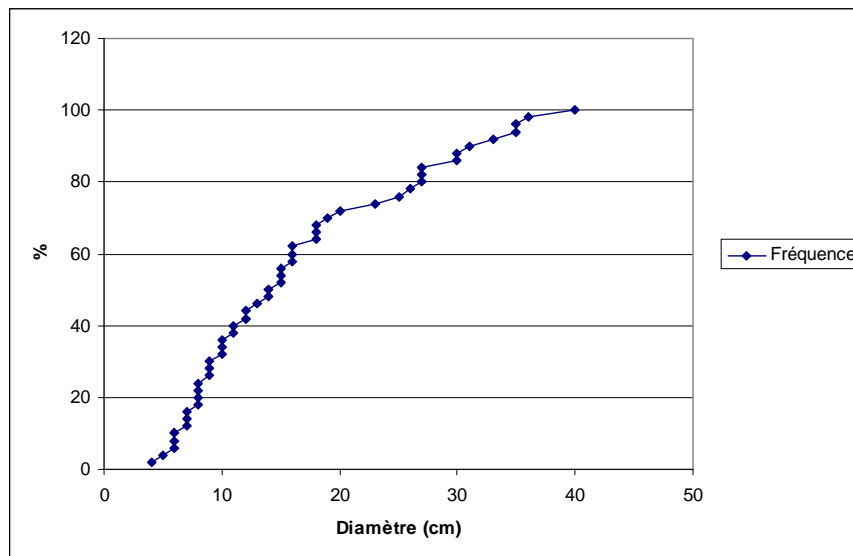
Trois échantillonnages dans la partie médiane ont permis de caractériser la granulométrie du cône de déjection. Ces échantillonnages ont été effectués selon la méthode du pas qui consiste à mesurer l'axe « b » de la particule se trouvant au bout du pied à chaque pas.

Les résultats de cet échantillonnage sont représentés sur les courbes granulométriques suivantes :



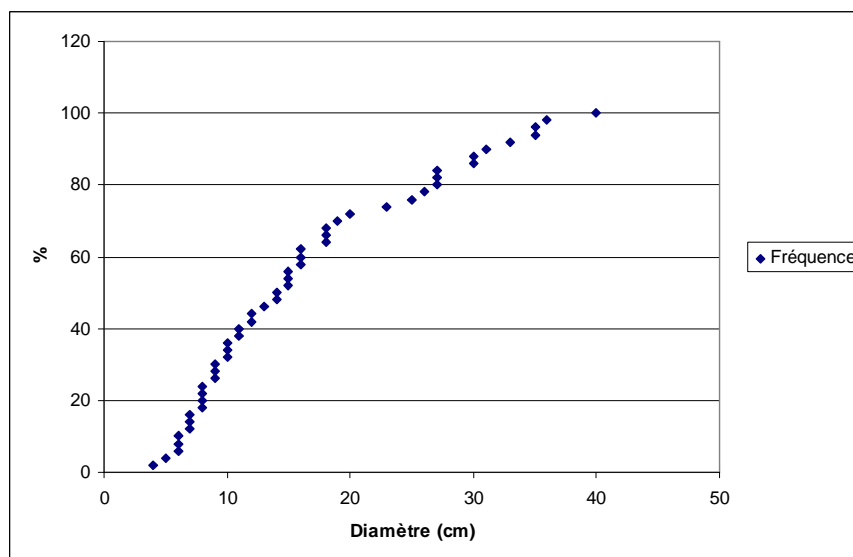
N	50
D30	4.37
Dm	7
D50	5.60
D84	9.58
D90	10.77
D99	25.6

Figure 14 : Granulométrie dans la zone médiane en rive gauche



N	50
D30	3.47
Dm	6.39
D50	5.15
D84	11.26
D90	12
D99	18.448

Figure 15 : Granulométrie dans la zone médiane au centre



N	50
D30	2.07
Dm	4.74
D50	3.45
D84	6.9
D90	10.56
D99	20.828

Figure 16 : Granulométrie dans la zone médiane en rive droite

Dans la zone médiane, au niveau de l'élargissement de la bande active, la granulométrie des dépôts superficiels est relativement homogène. Le D50 est compris entre 3,45 cm et 5,6 cm.

3 PROTOCOLE DE GESTION

Le protocole détaillé ci-après s'attache dès le départ à :

- minimiser les impacts de la gestion du transport solide sur le milieu ;
- minimiser les coûts des travaux ;
- minimiser les coûts de gestion ;

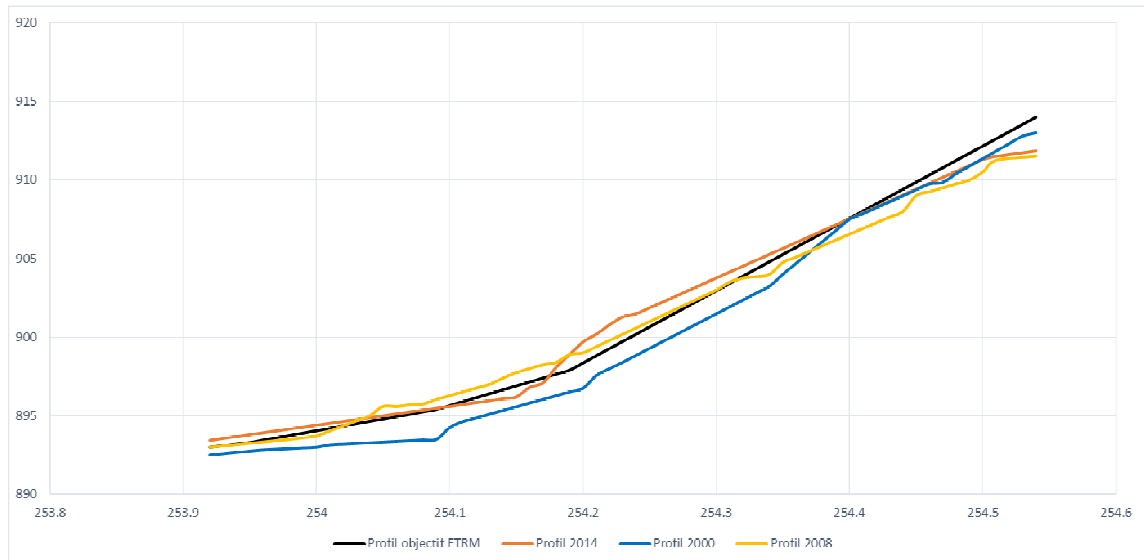
3.1 MODALITES TECHNIQUES

Les études antérieures avaient défini un profil en long objectif qui déterminait le curage du site. Cette solution régulièrement utilisée dans le lit des torrents et des rivières n'est pas facilement transposable sur un cône de déjection pour les raisons suivantes :

1. la forte divagation des écoulements après chaque événement hydrologique ne permet pas de raisonner sur un unique axe d'écoulement. Les probabilités pour que les écoulements empruntent toujours le même cheminement sont faibles. D'ailleurs les études diachroniques du site confirment cette forte migration du chenal.
2. D'après les hypothèses de départ, les volumes d'apport engendreraient un exhaussement moyen compris entre 7 et 32 cm sur l'ensemble du cône (si l'on considère que la surface du cône reste identique). En termes de gestion, il paraît difficile de prélever une tranche de sédiments de quelques dizaines de centimètres sur l'ensemble du cône.
3. Nos investigations de terrain et les relevés topographiques ont montré que le cône a une morphologie hétérogène (avec des zones perchées ou encaissées) ce qui ne permet pas de considérer que le cône a une surface lisse à laquelle on impose une cote de curage homogène.
4. L'étude des pentes du cône montre qu'actuellement plusieurs ruptures de pente contrôlent les dépôts et cloisonnent le site :
 - une première zone de replat constitue une large zone de dépôt grossiers ;
 - une deuxième zone de replat en aval constitue une zone de dépôts de matériaux plus fins.

3.1.1 PROFIL D'EQUILIBRE ETRM

Figure 17 : Profil en long du Nant de Saint Claude entre 1908 et 2014 (en orange) et profil objectif avec consigne de prélèvement du lit (trait noir plein).



On constate plusieurs tendances :

- déficit de matériaux en partie amont (courbe orange en dessous de la courbe noir),
- excédent de matériaux en partie centrale (courbe au en dessus de la courbe noir), initié à la faveur de la zone de boisement (Aulnaie) et se développant en amont,
- équilibre de matériaux en partie aval à la confluence avec l'Isère (30 cm à 50 cm au-dessus du profil d'équilibre).

3.1.2 SOLUTION DE GESTION : LA FOSSE DE CURAGE

La solution retenue consiste à centraliser la gestion des apports solides du Nant Saint Claude sur des zones de dépôts préférentielles. **Il s'agit de créer une fosse de curage.**

3.1.2.1 Principe

Le type d'ouvrage retenu pour gérer les apports solides du Nant Saint Claude est la **fosse de curage**.

La fosse de dépôt présente plusieurs avantages :

- Curage plus facile que le curage linéaire sur une faible épaisseur ;
- Impact très localisé, les pelles mécaniques sont cantonnées sur des surfaces réduites ;
- Dimensionnement adaptable (en fonction de retour d'expérience post-crue) ;
- Le transport solide « normal » n'est pas influencé (la fosse est en dérivation par rapport au lit mineur).
- Contrôle des volumes curés plus simples à réaliser (remplissage de la fosse)

3.1.2.2 Historique des fosses sur le Nant Saint Claude

Les fosses de curages ont déjà été utilisées sur le site d'étude. D'après le rapport ETRM (2010). D'après l'étude ETRM, ces extractions étaient pratiquées dans la partie amont du cône de déjection et ne réduisaient à court terme que faiblement les apports à l'Isère. Ce principe d'extraction fonctionne sur ce site et en appliquant un protocole de gestion à ce type d'ouvrage il sera possible de limiter l'exhaussement/l'incision à l'aval à condition de placer et de dimensionner judicieusement ces fosses.

3.1.2.3 Dimensionnement et localisation de la fosse

A- *Volume utile*

Baser le protocole de gestion sur une crue décennale ou centennale n'a pas de sens d'un point de vue opérationnel.

L'objectif est de dimensionner une solution de stockage suffisante pour absorber l'engrèvement lié à une crue moyenne tout en évitant de dénaturer trop longtemps la morphologie naturelle du site.

Nous envisageons de **stocker de l'ordre de 2500 m³** de sédiments **dans une fosse**. En rappel, l'apport moyen annuel est de l'ordre de 1250 m³.

Évidemment, le caractère aléatoire des crues peut remettre en question ces hypothèses.

B- *Localisation*

Nous proposons de disposer la fosse dans la bande active actuelle (les banquettes alluviales existantes sont ainsi protégées).

Les talwegs principaux font office d'axe d'écoulements préférentiels. Lors des crues ces axes sont les premiers en eau.

D'après la description du site, la zone médiane offre les meilleures conditions pour mettre en place une fosse de curage. En effet, cette zone bénéficie :

- d'une rupture de pente favorable aux dépôts ;
- ces dépôts sont grossiers et non mobilisables par l'Isère ;
- la bande active est large ce qui laisse une emprise favorable pour placer les fosses en impactant le moins possible l'environnement.

La fosse pourra avoir les caractéristiques suivantes (le volume global de l'ordre de 2500 m³ doit être respecté) :

Tableau 5 : Exemple de dimensionnement d'une fosse de curage

Hauteur (m)	2.5 m max.
Longueur (m)	40,0
Largeur (m)	30,0
Surface haut de talus (m ²)	1200,0
Surface pieds de talus (m ²)	600,0
Volume approximatif (m ³)	2250,0



Exemple de localisation d'une fosse

Les pentes de terrassement des bords de fosses ne devront pas excéder 2H/1V

C- Contraintes environnementales

L'implantation de la fosse de curage prend en compte les contraintes environnementales suivantes :

- **Végétation rivulaire** – Aulnaie blanche : la fosse sera implantée à proximité d'une végétation rivulaire existante et protégée (Aulnaie blanche). **!!! Aucune surface protégée ne sera arasée !!!**
- **Continuité écologique** : la fosse ne doit pas constituer un obstacle à la continuité écologique. Pour se faire, l'implantation de la fosse sera effectuée en dehors du chenal d'étiage.
- **En fin de crue, si le chenal d'écoulement s'est déplacé, le gestionnaire recréer une amorce de chenal tel qu'il était avant la crue**
- **L'extraction se fait quand la fosse n'est pas en eau. Le lit vif ne doit pas passer par la fosse en phase d'exploitation. !!!**

D- Front d'érosion régressive

Au remplissage de la fosse, un front d'érosion régressive se met en place. Celui-ci est largement dépendant de l'importance des apports amont et est de fait très variable.

La figure suivante illustre le processus d'érosion lié à l'implantation d'une fosse de curage :

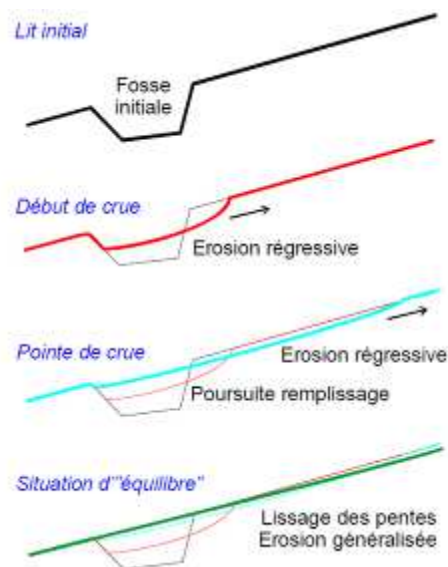


Figure 18 : Evolution d'une fosse (Tereo/ERTM, 2009)

Ce schéma montre qu'en dépit des volumes extraits, les apports solides d'une crue peuvent combler la fosse. Au final le cycle de remplissage n'impacte quasiment pas les pentes en présence.

3.2 LES PRINCIPES DE GESTION

3.2.1 ETAT INITIAL – « O »

Sur la partie du cône qui s'exhausse le plus (évolution entre 2008 et 2014), nous proposons de partir d'un état initial dit état « O » **proche du profil d'équilibre défini par ETRM (2008).**

Pour atteindre cet état « O », **il convient de terrasser une partie de la surface du cône ayant les caractéristiques suivantes :**

- la surface terrassée : de l'ordre de 4000 m² (un rectangle d'environ 80 m par 50m – représenté sur la vue en plan de l'aménagement),
- la cote de terrassement : ($TN_{2014} - 0,5m$),
- le raccordement au TN_{2014} : talus à 3H/1V,

Nota : La partie du cône à terrasser est hors d'emprise de la forêt alluviale (Aulnaie Blanche)

3.2.2 SUIVI ANNUEL

Nous proposons de mettre en place un suivi annuel de l'évolution du cône du Nant de Saint-Claude, pour une durée initiale de 5 ans. Le suivi est le suivant:

- 1 campagne annuelle de levés topographiques à réaliser en fin d'été ou début d'automne. 14 profils en travers à réaliser lors de la campagne (profils positionnés sur la vue en plan – annexe 1 vue en plan).

Le schéma suivant synthétise le plan de gestion sur 5 ans :

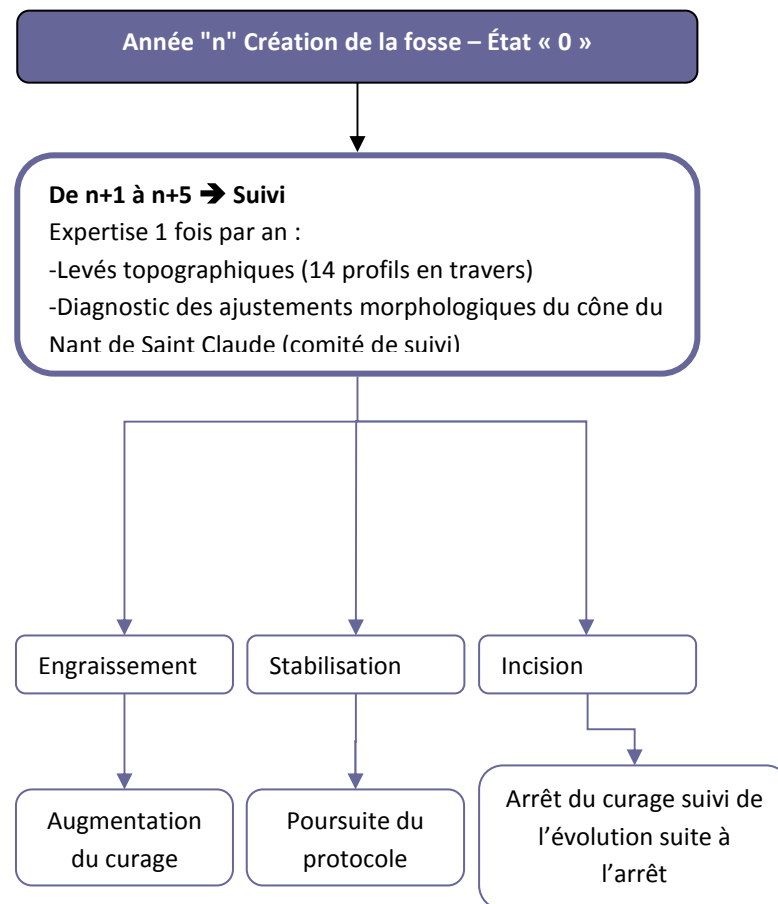


Figure 19 : Gestion d'une fosse

En plus de la campagne topographique annuelle et à la même fréquence, la formalisation du suivi se fera de la manière suivante :

- Surveillance du remplissage de la fosse afin d'évaluer qualitativement l'érosion régressive en amont de la fosse,
- Inspection des piles du pont en amont du cône (nivellement à l'aide d'un repère visuel sur l'assise des fondations du Pont)
- Constat à remplir dans une fiche d'observation (exemple fiche ci-dessous page suivante). La fiche de suivi suivante permettra d'avoir un retour d'expérience sur le fonctionnement de la fosse et les incidences morphologiques.
- Présentation de la fiche et des résultats de la campagne topographique au comité de pilotage

En fin de bilan (5 ans) avec l'appui du suivi annuel, 3 possibilités s'offrent aux gestionnaires :

- le curage a été efficace et le cône ne s'est pas engraisé. Il est possible de réitérer l'opération ;
- le curage n'a pas suffi à enrayer l'engraissement du cône. Il est nécessaire de revoir à la hausse le dimensionnement de la fosse.
- le curage est trop efficace et les réajustements du cône sont trop importants. Il faut stopper le curage et suivre l'évolution du cône.

En fonction de la conclusion de l'expertise, nous réorientons la gestion pour les 5 ans à venir.

- en cas d'engraissement, l'expertise définira de nouveaux volumes à curer ;
- en cas de stabilisation, il pourra être décidé de renouveler le curage sur des volumes équivalents ;
- en cas d'incision, il est conseillé de stopper le curage et de poursuivre le suivi qualitatif du site.

PROTOCOLE DE GESTION DU TRANSPORT SOLIDE DU NANT DE SAINT CLAUDE

Fiche de suivi des fosses du cône de déjection du Nant Saint Claude	
Date :	Nom : Prénom :
Description des évènements hydrologiques depuis la dernière visite :	
Fosse 1	Fosse 2
Photo initiale	Photo initiale
Photo visite	Photo visite
Evaluation du remplissage : 0 % / 25 % / 50 % / 75 % / 100 %	Evaluation du remplissage : 0 % / 25 % / 50 % / 75 % / 100 %
Affouillement du pont	
Photo initiale	Photo visite
Commentaire	

Figure 24 : Fiche de suivi qualitatif

3.2.3 SUIVI EXCEPTIONNEL

Lors de crues exceptionnelles, qui sont définies comme des événements extrêmement morphogènes qui conduisent à un bouleversement des conditions d'écoulement sur le cône (basculement des écoulements – exhaussement généralisé), le plan de gestion prévoit de curer les matériaux jusqu'à retrouver l'état « 0 » défini dans le chapitre 3.2 « principe de gestion ».

!!! Pour ces crues, et/ou dans le cas inverse d'une incision généralisée, une expertise devra être faite pour redéfinir les conditions de curages. !!!

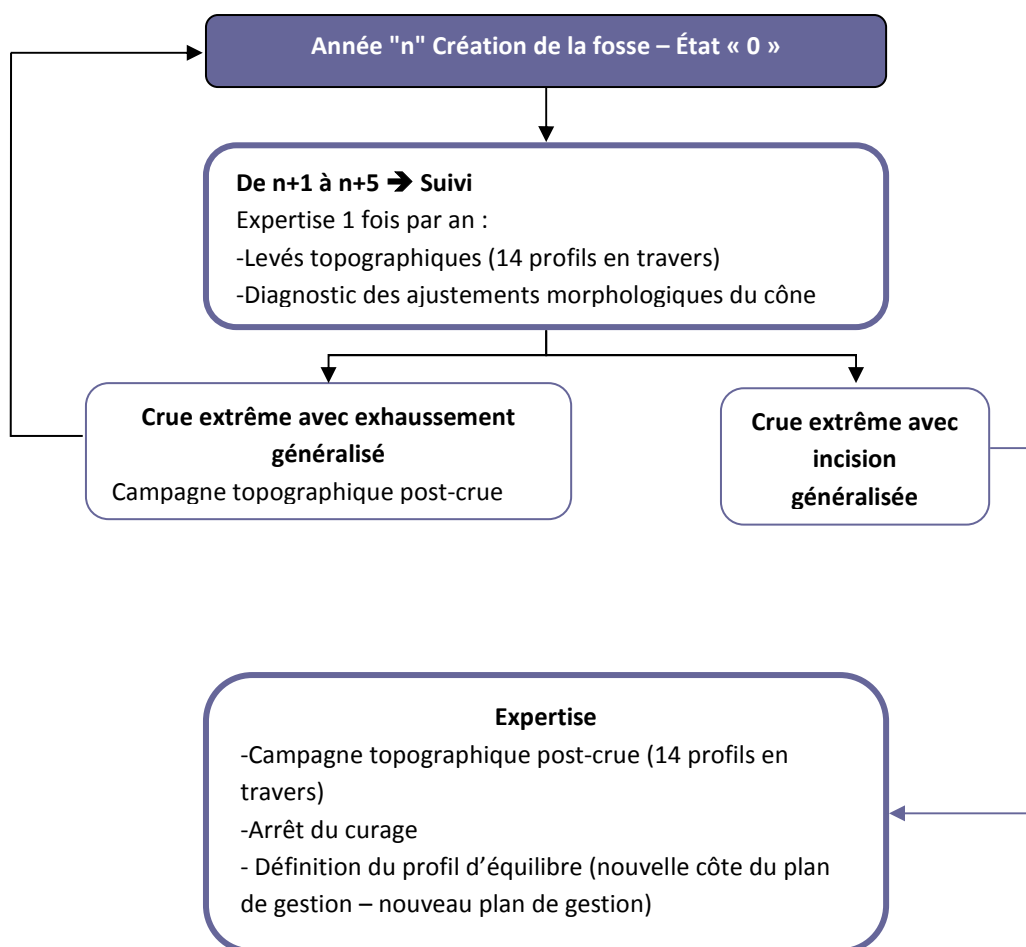


Figure 20 : Gestion de la fosse

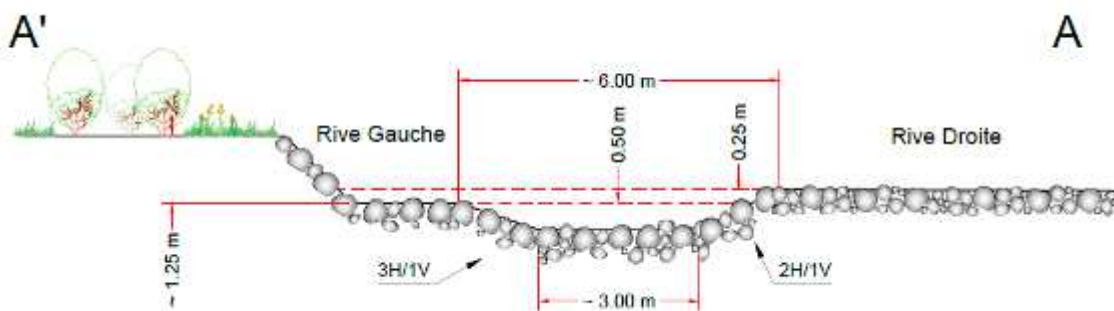
3.2.4 ACCES AU SITE

Les accès au site de curage et la circulation au sein du site sont données à titre indicatif sur la vue en plan (annexe – vue en plan).

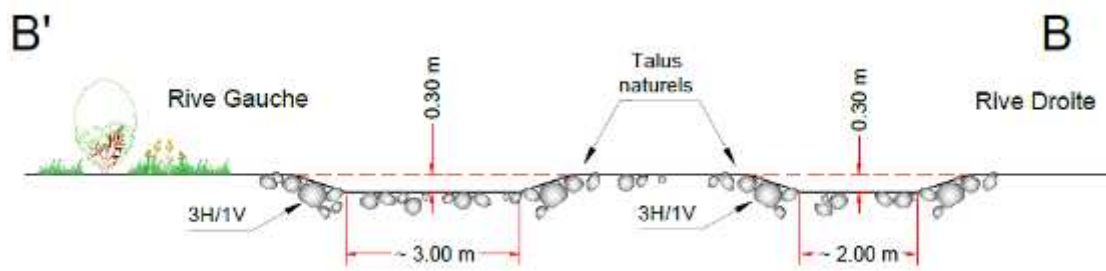
3.2.5 REPROFILAGE DU LIT MINEUR DU TORRENT POST CRUE

La fosse ne doit pas constituer un obstacle à la continuité écologique. Pour se faire, l'implantation de la fosse sera effectuée en dehors du chenal d'étiage. Néanmoins, si en fin de crue le tracé du lit mineur est modifié et passe par la fosse, l'entrepreneur aura à sa charge de modifier le tracé du lit (profil en long et profil en travers). Les profils en travers pour deux sections (amont et aval) sont donnés sur la vue en plan [et rappelé ci-dessous](#).

Pour le profil en travers amont, la logique est de contenir le lit mineur en rive gauche (pour les faibles débits). Les talus sont terrassés à 3H/1V en rive gauche et 2H/1V en rive droite. Le gabarit du torrent permet de transiter près de 7m³/s à 9m³/s avant débordement et capture par la fosse (dimensionné pour les débits de fonte).



Pour le profil en travers aval, la logique est de favoriser la divergence du torrent pour alimenter l'Aulnaie Blanche. Les talus sont terrassés à 3H/1V. Le gabarit du torrent permet de transiter près de 4m³/s à 5m³/s avant débordement vers le boisement alluviale. Cela permet une alimentation fréquente de l'Aulnaie et un rajeunissement continu.



!!! En fin de crue, si le chenal d'écoulement s'est déplacé, le gestionnaire recréer un chenal tel qu'il était avant la crue !!!

!!! Le travail dans la fosse se fait à pieds sec. Le lit vif ne doit pas passer par cette fosse en phase d'exploitation. !!

3.3 SYNTHESE FINANCIERE

Le tableau suivant présente les coûts du plan de gestion sur une période de 5ans (**à titre indicatif**) :

	Intitulé	Cout unitaire (euros)	Coût global sur 5 ans (euros)
Création de la fosse	Curage	Pris en charge par le carrier	
Suivi (une fois par an)	Visite annuelle	Pris en charge par le carrier	
	Rapport de visite	Pris en charge par le carrier	
	Topographie	Pris en charge par le carrier	
	Expertise	Pris en charge par le carrier	
Total sur 5 ans			