SYNDICAT DU PAYS DE MAURIENNE

PROTECTION DES ENJEUX MENACES SUITE A LA CRUE DE L'ARC DU 29 MAI 2008

SECTEUR DU PONT DU BOCHET

ETUDE PREALABLE

Phase 2

R – 016 24756/CTB– juillet 2009

Edition Octobre 2009

Pièce N° ***2.1***

HYDRATEC IMMEUBLE L'ORIENT
10, PLACE CHARLES BERAUDIER – 69428 LYON CEDEX 03
TEL. : 04 27 85 48 80 FAX : 04 27 85 48 81
E-MAIL : hydratec_lyon@hydra.setec.fr

SOMMAIRE

Page

1 CADRE ET OBJET DE L'ETUDE 3

2 RAPPEL DU DIAGNOSTIC DE PHASE 1 4

2.1 L'INFLUENCE DES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES DE L'ARC MOYEN ET SUPERIEURS 4

2.2 LES DERNIERES CRUES DE L'ARC 4

2.3 LES APPORTS SOLIDES DES TORRENTS AFFLUENTS 4

2.4 LES EVOLUTIONS RECENTES DU LIT 5

2.5 LES CAUSES DE L'EVOLUTION DU LIT 8

2.6 LES RISQUES D'EVOLUTION FUTURE 9

3 DEFINITION DU PROGRAMME D'ACTIONS 11

3.1 LES ENJEUX EXPOSES 11

3.2 LES PRINCIPES D'AMENAGEMENT 12

3.3 LES ACTIONS PROPOSEES 12

3.3.1 Stopper l'incision actuelle du lit 13

3.3.2 Conforter les ouvrages de protection existants 13

3.3.3 Restaurer le fonctionnement morphodynamique de l'Arc 15

3.4 LES REGLES DE DIMENSIONNEMENT 17

3.4.1 Pente minimale du lit 17

3.4.2 Incidence de l'élargissement du lit sur la pente du fond 18

3.4.3 Ouvrages seuils 20

3.4.4 Enrochements 20

3.4.5 Type d'appareillement 20

4 CHIFFRAGE 22

4.1.1 Prix unitaires 22

4.1.2 Coût des travaux 22

5 INTERACTIONS AVEC LES TRAVAUX PREVUS PAR LTF 27

6 SYNTHESE 29

ANNEXE

Métrés estimatifs des actions

1 CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

Le Syndicat du Pays de Maurienne, gestionnaire de l'Arc et ses affluents, s'est engagé depuis 2005 dans un programme d'actions de prévention contre les inondations.

La vallée de la Maurienne est soumise à des crues violentes de l'Arc et de ses affluents, dont la dernière en mai 2008, qui a généré d'importants dégâts sur l'ensemble de la vallée. Sur le tronçon situé en aval de Saint Martin la Porte, les phénomènes d'incision du lit, associés à la ruine du seuil du Bochet lors de la dernière crue ont causé des désordres sur les ouvrages situés en bordure du torrent et mettent en danger certaines infrastructures et équipements (voie ferrées, conduites AEP,…). Des travaux de confortement ont d'ailleurs été engagés en urgence suite à la crue.

Dans ce cadre, le SPM a confié à Hydratec, la réalisation de l'étude préalable ayant les objectifs ci-après.

- Phase 1 : l'actualisation du diagnostic morphologique de l'Arc sur le tronçon Saint Martin la Porte – Pont d'Arc.
- Phase 2 : la définition de scénarios d'aménagement visant à restaurer un fonctionnement équilibré du cours d'eau et à mettre en sécurité les enjeux présents en bordure de l'Arc.

Les actions définies devront également répondre aux orientations fondamentales du SDAGE, en particulier aux mesures ci-après prévues pour le basin versant de l'Arc dans le programme 2010-2015 :

- Mesure 3C03 : Améliorer la gestion des débits de crue (durée, fréquence, valeur) en faveur des débits de crues morphogènes.
- Mesure 3C32 : mettre en œuvre un programme de recharge sédimentaire.
- Mesure 3C09 : mettre en œuvre des modalités de gestion des ouvrages perturbant le transport solide

Le présent mémoire constitue le rapport de phase 2. Il présente successivement :

- Les principaux éléments de diagnostic de la phase 1 ;
- Les principes d'aménagement et le programme d'actions;
- Les règles de dimensionnement adoptées pour la réalisation des ouvrages;
- Le pré chiffrage des travaux.

2 RAPPEL DU DIAGNOSTIC DE PHASE 1

2.1 L'INFLUENCE DES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES DE L'ARC MOYEN ET SUPERIEURS

Les aménagements hydroélectriques de l'Arc moyen et supérieur (retenues d'altitude) influencent le régime des débits ordinaires et des crues arrivant dans la retenue du barrage de Saint Martin La Porte.

On constate

- **En amont du barrage de Saint Martin la Porte :**

- Une augmentation des débits moyens en période hivernale liée aux volumes turbinés à partir des volumes stockés dans les retenues en altitude.
- Une baisse sensible des débits de hautes eaux liée aux prélèvements dans l'Arc et aux dérivations des débits vers les réservoirs d'altitude (Mont Cenis, Bissorte, Plan d'Amont, Plan d'Aval,…).

- **En aval du barrage de Saint Martin la Porte**, la quasi intégralité des débits est dérivée. Le tronçon n'est alimenté que par le débit réservé au barrage de Saint Martin (0.7 m^3/s), renforcé par les apports des torrents. En temps ordinaire le débit dans l'Arc est donc très réduit. Il n'y a qu'en période de crue que l'Arc retrouve un débit peu perturbé et proche du débit naturel du cours d'eau.

2.2 LES DERNIERES CRUES DE L'ARC

Les crues récentes de l'Arc d'octobre 2000 et mai 2008 sont les plus fortes connues après celles de juin 1957 et de 1920. Elles se caractérisent par un débit de pointe d'environ 450 m3/s et par des volumes d'écoulement très importants (sans doute plus importants que 1957) évalués respectivement à 35 Mm3 et 55 Mm3 au dessus du débit de 50 m3/s. Ces deux dernières crues correspondent à un événement de période de retour de l'ordre de 25 ans

2.3 LES APPORTS SOLIDES DES TORRENTS AFFLUENTS

L'Arc reçoit dans le secteur compris entre le barrage de Saint Martin La Porte et Pont d'Arc, 6 torrents particulièrement actifs. Les apports solides de ces torrents ont historiquement façonné la vallée de l'Arc en apportant de très importantes quantités de matériaux.

Le tableau ci-après récapitule les volumes moyens naturels d'apports solides à l'Arc apportés par ces torrents

Torrent	volume d'apport m^3			volume utile plages de dépôt (m3)
	moyen annuel	10 ans	100 ans	
Saint Bernard	8000	20 000	100 000	32 000
Rieu Sec	3000	2 500	35 000	-
Claret	7000	20 000	40 000	25 000
Bochet	1500	2 000	10 000	-
Saint Julien	4200	15 000	40 000	20 000
Rieubel	3000	5 000	45 000	5000

Les travaux de correction torrentielle entrepris depuis 1882, puis plus récemment, la construction de plages de dépôts sur les cônes de déjection pour protéger les infrastructures (autoroute, voie ferrée, canal EDF) et les zones habitées ont réduit de façon sensible les apports solide dans l'Arc et plus particulièrement les apports grossiers utiles pour la tenue du lit.

On peut ainsi considérer que l'essentiel des volumes solides des épisodes de moyenne importance sont stockés dans les plages de dépôts compte tenu de leur capacité.

2.4 LES EVOLUTIONS RECENTES DU LIT

L'analyse des évolutions du lit s'est appuyée sur les observations ci-après :

- Les levés topographiques réalisés de façon régulière. On dispose en particulier de levés bien renseignés du lit depuis 1992.
- Les mesures de granulométrie des matériaux réalisées en 1992 et dans le cadre de la présente étude.

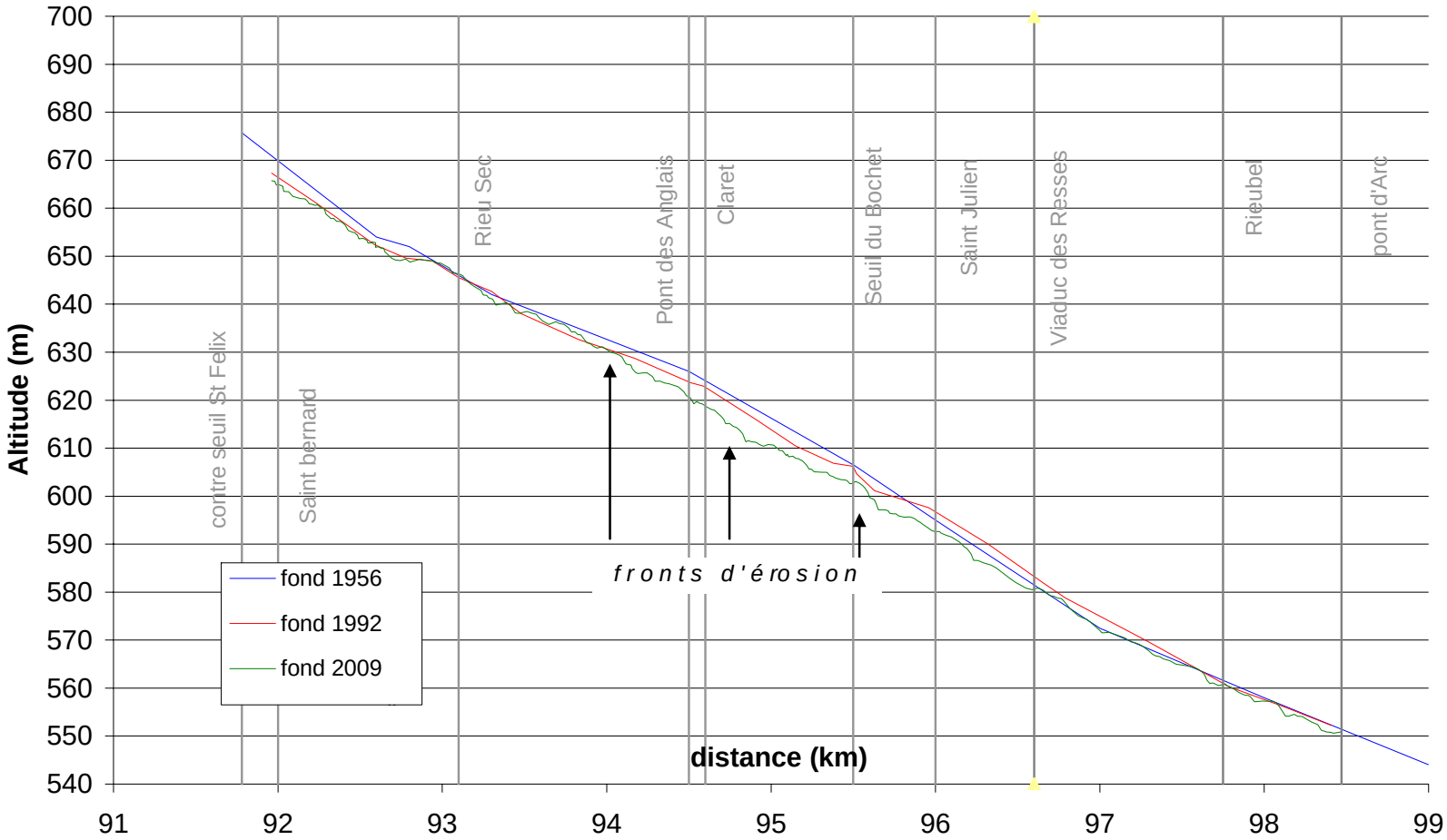
L'analyse de ces données met en évidence les différents éléments ci-après :

- Une incision du lit tendant à s'accélérer. Le profil en long du lit réalisé en phase 1 et repris ci-après illustre l'évolution du lit depuis 1956. Il met en évidence une relative stabilité du lit jusqu'en1991 (stabilité assurée par le pavage naturel constitué par les gros blocs venant des affluents. Cela n'exclut pas des phases d'engravement ou de dégraissement en fonction des apports solides provenant des torrents et de la reprise de ces apports lors de crues). Après 1991, on note suite aux crues successives de septembre 1993, juin 1994, septembre 1994 et octobre 2000, un processus d'incision de l'ordre de 2 m entre le pont des anglais et le seuil du Bochet et pouvant dépasser 3 m entre le seuil du Bochet et le viaduc des Resses (secteur du Saint Julien). Ce processus d'incision s'est accéléré après la crue de mai 2000, l'incision du lit depuis 1991 atteignant 5 m en amont du seuil du Bochet.
- Ce phénomène d'incision concerne le secteur entre le pont des Anglais et le Rieubel et plus particulièrement entre le Pont des Anglais et le torrent du Saint Julien. Le lit dans le secteur situé en amont du pont des Anglais, se caractérise encore par la présence de

nombreux blocs assurant une relative tenue du lit. Ce secteur a en effet été moins affecté par les extractions de matériaux que le lit plus en aval. Le tronçon situé en aval du viaduc des Resses a été le siège de nombreux prélèvements de matériaux. Il constitue une zone de régulation du transport solide sujet au dépôt puis à la reprise vers l'aval de la charge alluviale de l'Arc. Les prélèvements réguliers dans l'Arc sur ce secteur ont entrainé un approfondissement du lit d'étiage de 2 m et la disparition de la fraction la plus grossière des alluvions.

- La granulométrie des alluvions semble avoir évolué entre 1992 et 2009. On note ainsi une diminution du diamètre moyen des alluvions et la disparition des gros blocs jouant un rôle dans la stabilité du lit (blocs supérieurs à 300 mm). Cette tendance à la réduction de la taille des matériaux traduit :
  - l'effet des prélèvements ayant eu pour conséquence de soustraire du lit les plus gros blocs pour réaliser les protections en enrochements (digue des Oudins, protection de la décharge des Fontagneux, protection du crassier Ferropem, protection de l'ancienne décharge Péchiney en aval du Saint Julien,....),
  - dans une moindre mesure, l'absence depuis le début des années 90, de recharge alluviale par les laves torrentielles apportant de gros blocs à l'Arc, bloquées dans les plages de dépôts,
- L'incision actuelle se manifeste par trois fronts d'érosion régressive bien visibles sur le terrain :
  - En amont du pont des Anglais (PK 94.1)
  - Entre le torrent du Claret et l'ancien seuil du Bochet (PK 94.8)
  - En aval du seuil du Bochet (PK 95.5-95.6)

Evolution du profil en long de l'Arc entre 1956 et 2009



2.5 LES CAUSES DE L'EVOLUTION DU LIT

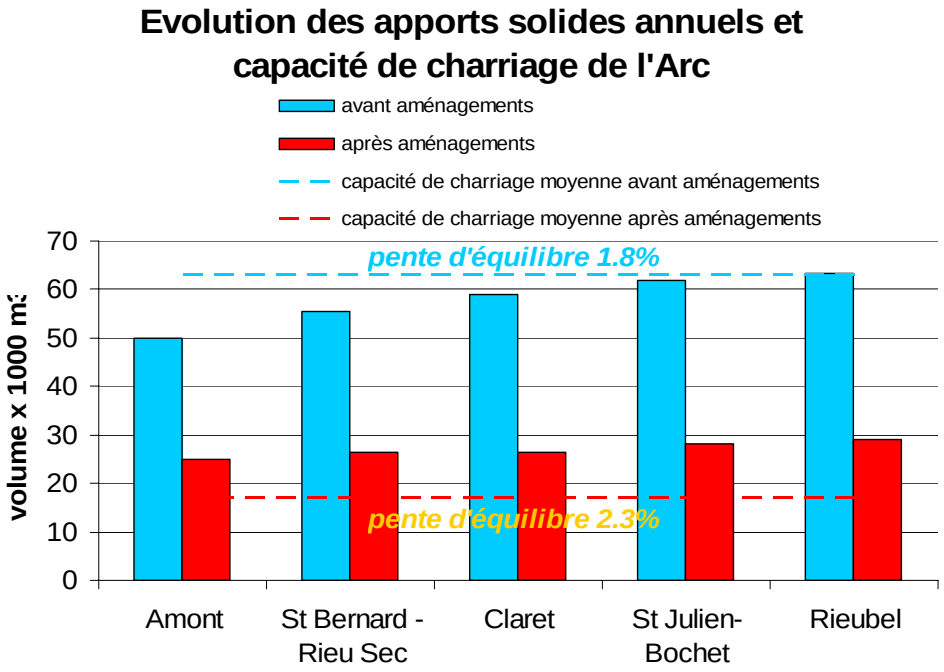
Le déstockage alluvial de l'Arc entre 1992 et 2009 ayant conduit à l'incision actuelle du lit est estimé à 600 000 m3 environ.

Les causes identifiées dans le processus d'incision sont :

- **Les prélèvements de matériaux dans l'Arc.** Ils correspondent à un volume d'environ 300 000 m3 et contribuent donc directement à hauteur de 50 % au déstockage alluvial. Plus grave encore, ces prélèvements ont supprimé une partie de la charge grossière jouant un rôle dans la tenue du lit.
- **Les crues répétées observées depuis 1993** (5 crues majeures de période de retour supérieure à 20 ans en l'espace de 15 ans). Les deux dernières crues de 2000 et de 2008 ont été particulièrement actives du fait de leurs durées et des volumes d'écoulement importants et sont survenues alors que le pavage naturel avait été supprimé par les extractions antérieures. Le volume de déstockage alluvial suite à ces deux crues dépasse 100 000 m3 pour la crue d'octobre 2000 et sans doute 300 000 m3 pour celle de mai 2008.
- **La réduction des apports solides à l'Arc apportés par les torrents affluents**, en particulier depuis le début des années 90. Ces apports contribuant au transport par charriage dans l'Arc (hors matériaux fins) sont ainsi passés de plus de 13 000 m3/an à environ 4 000 m3/an. Par ailleurs les blocs présents dans les laves torrentielles sont presque tous retenus dans les plages de dépôt.
- **Le blocage partiel de la charge solide provenant de l'amont**. Bien que la dérivation des eaux depuis le barrage de Saint Martin la Porte ait réduit la capacité de transport solide de l'Arc pour les débits ordinaires, les débits de crue susceptibles d'entrainer des évolutions importantes du lit n'ont pas été sensiblement modifiés (barrages entièrement ouverts et dérivations interrompues en période de crue). Dans le même temps une fraction des apports solides provenant de l'amont se dépose dans la retenue nécessitant des chasses périodiques. Ces chasses ne sont en général pas suffisantes pour assurer le dégravement complet de la retenue et EDF doit procéder à des curages mécaniques. On peut ainsi estimer en première approche que le transit de matériaux graveleux en aval du barrage est passé de 50 000m3/an à 25 000 m3/an.

2.6 LES RISQUES D'EVOLUTION FUTURE

Le graphique ci-après illustre l'évolution des apports solides cumulés arrivant dans l'Arc en relation avec sa capacité de charriage.



Le graphique met en évidence :

- Une diminution d'un facteur 2 des apports solides à l'Arc du fait des plages de dépôt et du blocage partiel des sédiments dans la retenue de Saint Martin d'Arc (EDF procède à des curages dans la retenue malgré les chasses annuels de dégravement).
- Une baisse de la capacité de charriage de l'Arc du fait de la dérivation des débits par l'aménagement EDF (dérivation jusqu'à 90 m3/s des débits depuis le barrage de Saint Marin la Porte et restitution à Longefan dans l'Arc et dans l'Isère). Cette baisse de la capacité de charriage se manifeste essentiellement dans la gamme des débits supérieurs à 100 à 200 m3/s (débits de début de charriage) et pour lesquels EDF continue de prélever à partir du barrage (Ce n'est que pour les fortes crues que le débit de l'Arc transite totalement dans le lit).

En considérant la granulométrie moyenne des matériaux, la pente d'équilibre du torrent (pente permettant d'assurer le transit de la charge solide arrivant dans l'Arc) s'établie à 1.8 % en situation naturelle non perturbée (pente moyenne du lit observée en 1992). En fait l'existence du pavage conduit à une pente localement plus forte dans les zones sous influence des torrents affluents.

En situation actuelle, compte tenu de la baisse de l'hydraulicité de l'Arc, et bien que les apports solides aient baissés de moitié, la pente d'équilibre du lit pourrait être théoriquement supérieure à 1.8 % (avec réengravement progressif du lit au droit des confluences). Il est néanmoins vraisemblable que le déficit alluvial de l'Arc et la déstructuration du pavage naturel du lit, conduisent à la poursuite du phénomène d'incision du lit lors des prochaines crues

Le tableau ci-après synthétise ainsi les risques d'évolution à court et à long terme.

Synthèse des risques d'évolution du lit à court et long terme

Secteur	Evolution à court terme (10-50 ans)	Evolution à long terme (> 50 ans)
Bge St Martin la Porte Rieu Sec	Respiration liée aux apports du Rieu Sec. Incisions locales néanmoins possibles	Engravement très progressif du lit (apport du Rieu Sec et dans une moindre mesure du Saint Bernard)
Rieu Sec Pont des Anglais	Début d'incision du lit risquant de progresser plus ou moins rapidement vers l'amont en fonction des crues.	Encaissement du lit en cas de progression du front d'érosion observé en amont du pont des Anglais.
Pont des Anglais-seuil du Bochet	Poursuite de l'incision par progression vers l'amont des fronts d'érosion régressive	Possibilité de retour très progressif vers un équilibre avec rechargement alluvial du lit en aval du Claret.
Seuil du Bochet – Viaduc des Resses	Recharge possible du lit uniquement en cas de forte activité torrentielle du Bochet et du Saint Julien.	Retour vers une situation d'équilibre correspondant à une respiration naturelle du lit liée aux apports du Saint Julien et du Bochet
Viaduc des Resses-Pont d'Arc	Si arrêt total des extractions, stabilité du profil en long (ceci n'exclue pas des phases d'engraissement du lit)	Engravement très progressif du lit sans pour autant revenir vers le style en tresse antérieur

3 DEFINITION DU PROGRAMME D'ACTIONS

3.1 LES ENJEUX EXPOSES

Le rapport de phase 1 a précisé les différents enjeux vulnérables aux crues de l'Arc et qui sont menacés à plus ou moins long terme par les érosions du torrent. On rappelle ci-après les infrastructures et équipements concernés :

- La voie ferrée. Les érosions de l'Arc menacent à court ou moyen terme la voie ferrée. Deux zones sont particulièrement concernées, en amont du pont des Anglais (PK 94.1) et en aval de l'ancien seuil du Bochet (PK 95.55). Des désordres de moins grande ampleur sont également observés au droit des viaducs RFF de part et d'autre du Rieu Sec. Les désordres portent sur l'affouillement du mur d'entonnement du viaduc le plus en amont et sur les radiers protégeant les points d'appui des viaducs (enrochements emportés).
- L'ancienne route RN6 entre les PK 94.0 et 95.5 soit sur une distance de 1500 m entre l'amont du pont des Anglais et la tête de tunnel SNCF passant sous le torrent du Saint Julien.
- Les réseaux secs et humides (réseaux électriques, conduite AEP, télécommunication) situés en rive droite sur le linéaire précisé ci-avant.
- Le pont des anglais (seule, la culée de rive droite a été confortée en urgence après la crue de mai 2009, la culée rive gauche est fortement affouillée).
- Le mur en maçonnerie situé en rive droite le long de l'ancienne RN6 en aval du pont des Anglais. Ce mur a été conforté en urgence après la crue de mai 2008, sur 180 mètres environ. Les enrochements mis en place ne comportent pas d'ancrage suffisant (absence de sabot en particulier) et devront donc être repris.
- Le mur de soutènement et de protection du site industriel de Ferropem. Ce mur a été construit après la crue de 1957 avec un lit situé 5.0 m plus haut que maintenant. Les fondations du mur sont donc maintenant perchées de plus de 3.0 m au dessus du fond de l'Arc et ne sont actuellement « protégées » que par le bourrelet de matériaux de l'Arc.
- Le crassier de l'usine Ferropem situé en aval du mur précédent. Il est protégé par un perré en enrochements construit après la crue de juin 1993 et qui a dû être conforté après la crue d'octobre 2000. La partie inférieure du perré est constituée de blocs de faibles dimensions qui ont été plus ou moins déstabilisés par la dernière crue.
- Le tunnel RFF du Saint Julien. L'érosion de grande ampleur en rive droite en aval de l'ancien seuil du Bochet, a fortement entaillé la digue de protection de la tête amont du tunnel. Compte tenu de la forte incision du lit sur ce secteur, la ligne de charge de la crue centennale reste néanmoins sous le niveau de la voie ferrée en entrée de tunnel.

- Les murs bajoyers de l'ancien seuil du Bochet. La destruction du seuil par la dernière crue a entrainé l'affouillement des fondations des murs bajoyers existants. Ces murs assurent un rôle de soutènement en rive droite pour l'ancienne RN6 et donc la tenue des terrains protégeant également la voie ferrée, et en rive gauche pour le versant constituant l'ancien cône du Bochet et sur lequel est bâti le hameau éponyme.
- Le mur BA de protection contre les érosions de l'Arc du cône du Bochet. Les semelles du mur ont été à plusieurs reprises confortées suite aux sous-cavements des fondations observés après les dernières crues.

3.2 LES PRINCIPES D'AMENAGEMENT

Les actions à réaliser doivent permettre d'assurer la sauvegarde des enjeux impactés par la dernière crue de l'Arc. Ils devront donc répondre aux objectifs ci-après :

- Freiner voire stopper l'incision actuelle du lit responsable des désordres observés sur les ouvrages de protection.
- Conforter les ouvrages de protection endommagés par la crue de mai 2008.
- Restaurer le fonctionnement morpho-dynamique du cours d'eau en favorisant un ré-engraissement progressif et contrôlé du lit

3.3 LES ACTIONS PROPOSEES

Les actions ci-après sont déclinées en reprenant les trois objectifs précédemment cités.

3.3.1 Stopper l'incision actuelle du lit

Les aménagements consistent à mettre en place des rampes en enrochements de stabilisation du lit au droit des fronts actuels d'érosion et correctement calés (voir § 3.4). A ce stade de l'étude les coûts d'ouvrage définis au chapitre 4 intègrent de façon forfaitaire les dispositions de franchissabilité piscicole.

Les éléments graphiques reportés en annexes précisent l'implantation des ouvrages et leurs caractéristiques géométriques.

Les différentes rampes en enrochements à réaliser sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Localisation	PK modèle	Altitude amont (m NGF)	Altitude aval (m NGF)	Hauteur de chute (m)
Illaz aval	94.093	629	627	2
Illaz aval	94.156	627	625	2
Pont des Anglais	94.51	621	618.55	2.45
Crassier Ferropem	94.84	613.88	611.43	2.45
Aval ancien seuil du Bochet	95.515	603.3	601.3	2
Amont confluence Saint Julien	95.895	596	593	3

En termes de priorité, il convient de distinguer

- **Les ouvrages à réaliser dés que possible (priorité 1).** Il s'agit des seuils situés dans le secteur de très forte incision entre le pont des Anglais et la confluence du Saint Julien.
- **Le double seuil en aval du secteur de l'Illaz (priorité 2).** Ces seuils peuvent être réalisés dans un second temps. Au droit du site, RFF vient de réaliser une protection de la berge en gabions suite à la dernière crue, écartant ainsi le risque à court terme d'une érosion des terrains au droit de la voie ferrée. Il conviendra par contre de suivre avec attention l'évolution du lit sur ce secteur et de réaliser l'ouvrage de stabilisation prévu en cas de poursuite de l'érosion régressive vers l'amont. On pourra utilement en attendant la réalisation des ouvrages, recharger le lit de gros blocs pour conforter le pavage existant sur ce secteur

3.3.2 Conforter les ouvrages de protection existants

Les ouvrages à conforter portent sur :

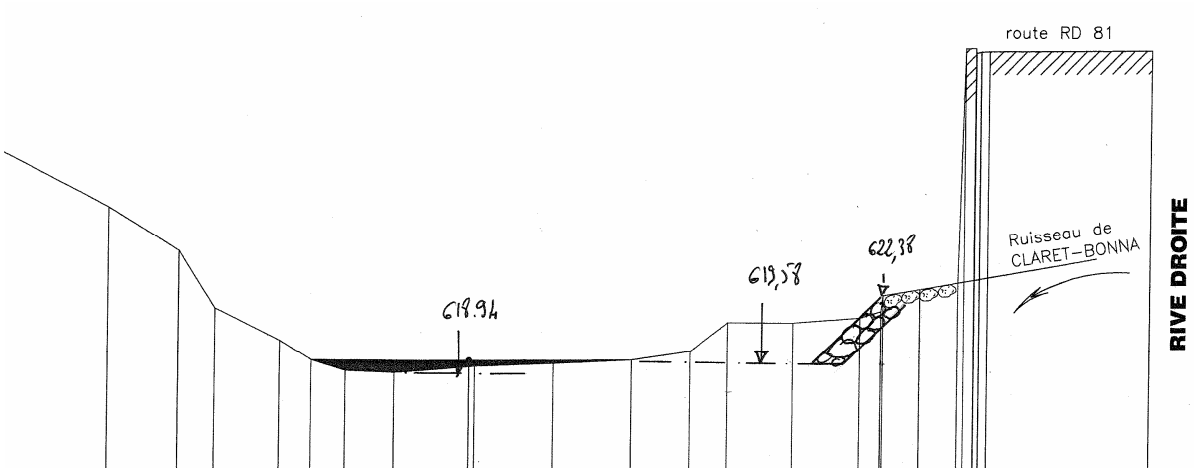
- **Les culées du pont des Anglais.** Ces culées sont actuellement nettement affouillées et nécessitent un épaulement avec une protection en enrochements (voir coupe de protection de berge types 4 et 5)

- **Le mur de l'usine Ferropem.** Les fondations de ce dernier sont perchées de plus de 3 m au dessus du lit et nécessitent une protection spécifique afin d'éviter toute érosion par l'Arc du massif de fondation. Deux solutions différentes ont été chiffrées :
  - Une solution de base. Perré de protection en enrochements (voir coupe type en pièce jointe) réalisée après suppression de la berme existante.
  - Une solution variante. Réalisation d'un rideau de palplanche battu à 10 m de profondeur dans les alluvions de l'Arc (voir coupe type en pièce jointe). Compte tenu de la blocométrie des alluvions, il sera nécessaire de procéder à une préforation afin d'assurer l'enfoncement des palplanches. Cette solution s'avère en définitive plus couteuse que la précédente.

- **Les protections du crassier Ferropem en aval du mur de l'Usine.** Ces dernières ont été partiellement démantelées après la crue et nécessitent de reprendre la partie inférieure en mettant en place un sabot correctement calé sous le niveau du fond.

- **Le mur de soutènement de l'ancienne RN6 entre le pont des Anglais et l'ancien seuil du Bochet.** Les travaux réalisés en urgence après la crue ont consisté à mettre en place une banquette en enrochements libres en pied de mur existant. L'analyse des plans d'exécution (cf. figure ci-après) montre que les enrochements sont dépourvus de sabot et ne sont pas ancrés sous le fond. Il convient donc de réaliser une protection définitive (voir coupe de protection de berge type 5) en réutilisant les blocs mis en œuvre en protection provisoire.

Coupe du confortement du pied de mur RG réalisé après la crue de mai 2008



- **Le talus du remblai rive droite supportant les installations de concassage en aval de l'ancien seuil du Bochet.** la berge rive droite sera rescindée pour permettre un

élargissement du lit actif et favoriser une dynamique de dépôt. Une protection de la berge en enrochements liés au béton sera mise en aval du seuil du Bochet pour éviter les érosions de talus et les risques de désordre à la voie ferrée.

- **Le mur en maçonnerie rive droite situé en amont du premier viaduc RFF** en aval de l'ancien seuil de l'usine Saint Felix.

Les protections du remblai Péchiney en aval du Saint Julien et de la décharge Sirtomm devront également faire l'objet de reprises ponctuelles.

Les caractéristiques des protections à réaliser sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Enjeu concerné	rive	PK amont	PK aval	Linéaire (m)	Description	type
Voie ferrée	RD	91.1	94.2	100	Raccordement des rampes sur les protections réalisées par RFF en 2009 (travaux en cours)	
Pont des Anglais	RD et RG	94.53	94.53	20	Protection des culées en enrochements liés au béton	5
Ancienne RN6 en aval du pont des Anglais	RD	94.53	94.86	330	Protection en enrochements liés au béton	5
Mur de protection de l'usine Ferropem	RG	94.53	94.83	300	Protection en enrochements liés au béton	4
Crassier de l'usine Ferropem	RG	94.83	95.090	260	Protection en enrochements libres	3
Tête de tunnel RFF en aval de l'ancien seuil du Bochet et installation de concassage	RD	95.43	95.63	260	Protections en enrochements liés au béton avec redans	1
Mur de l'ancien seuil	RG	95.43	95.6	150	Protections en enrochements libres	2

3.3.3 Restaurer le fonctionnement morphodynamique de l'Arc

Les actions à entreprendre portent sur :

- **La plage de dépôt du Claret.** Des travaux sur l'ouvrage sont à envisager afin de restaurer une partie du transit des matériaux dans l'Arc. Cette disposition fait actuellement l'objet d'une étude de faisabilité sous maîtrise d'ouvrage RTM.

- **La mise en place du seuil en amont du torrent du Saint Julien** et l'élargissement du lit en amont permettant une recharge progressive du fond par les apports provenant du torrent du Claret et de l'Arc en amont.

- **La mise en place d'une rampe sous fluviale en aval de l'ancien seuil du Bochet** et l'élargissement du lit en amont. Ce dernier point pourra être réalisé indépendamment des autres sites prévus pour la régulation du transport solide (Illaz, Resses, Saint Julien). L'élargissement du lit en amont de l'ancien seuil du Bochet reposera sur les principes suivants :
  - L'élargissement du lit se ferait par décaissement des terrains de rive droite. Un bande de terrain de 20 m de large environ sera maintenue entre le lit de l'Arc et la voie ferrée afin de pouvoir rétablir une route communale. Cet élargissement favorisera les dépôts de matériaux (voir principe de dimensionnement au § 3.4.2).
  - Les matériaux issus des déblais seront triés. Les matériaux inertes les plus grossiers seront remis dans le lit pour participer à la recharge alluviale de l'Arc.

- La restauration des espaces de régulation existants :
  - Le secteur de l'Illaz en amont du pont des Anglais et qui a fait l'objet de remblaiement au cours du temps. Ce secteur avait été balayé par les écoulements de la crue de 1957 et constitue une zone de régulation du transport solide au même titre que le secteur des Resses en aval. Il apparait donc souhaitable de permettre les érosions de berge sur ce secteur et d'éviter tout remblaiement nouveau à proximité du lit.
  - Le secteur des Resses situé entre le viaduc RFF éponyme et la confluence du Rieubel. Ce secteur doit faire l'objet dans l'immédiat d'une interdiction totale de prélèvements de matériaux dans l'Arc tant que le lit sur ce secteur ne se sera pas ré engraissé en matériaux.

  Il convient de noter que dans le cadre des travaux pour la réalisation du tunnel LTF (Lyon Turin Ferroviaire), il est prévu d'utiliser les sites de l'Illaz, de Saint Félix, de Saint Julien et des Resses pour servir de zones de dépôt provisoire et de traitement des matériaux du tunnel. L'arrêté préfectoral d'autorisation des travaux délivré par le Préfet en février 2007 précise que dans le cadre de la remise en état des lieux après travaux, les sites de Saint Julien et de l'Illaz devront être réaménagés pour constituer des espaces de régulation du transport solide de l'Arc. Ces mesures apparaissent effectivement indispensables.

  En phase de travaux du tunnel (durée prévisible 15 ans), les plateformes mises en place sur les sites du Saint Julien et de l'Illaz devront également respecter les principes de réaménagement du lit définis dans la présente étude (rectification du profil de berge rive droite sur le site du Saint Julien et mise en place des seuils en enrochements de stabilisation du profil en long).

3.4 LES REGLES DE DIMENSIONNEMENT

3.4.1 Pente minimale du lit

L'incision actuelle tend à ajuster le lit vers une pente proche de 1.5%.

En considérant le critère de Shield[1], cette valeur de pente correspondrait à une pente ne permettant plus le déplacement des matériaux de diamètre supérieur à 0.2 m pour des débits inférieurs à 700 m3/s (crue de période de retour cinquantennale) .

Ce diamètre se situe entre le D_{50} et le D_{70} de la granulométrie des alluvions du lit observée en 1992.

Dans la réalité, il existe pour cette valeur de pente, un transport solide non nul du fait de l'étendue granulométrique des matériaux.

On peut considérer qu'en l'absence de prélèvement dans le lit, le fond va donc s'ajuster à une pente supérieure ou égale à cette pente.

Même s'il convient de considérer avec beaucoup de prudence ces hytpothèses, on peut néanmoins admettre que le lit devrait s'ajuster autour de cette pente proche de 1.5 % en l'absence d'apports solides amont significatifs.

On retiendra donc pour le calage des fondations des ouvrages, cette pente du lit.

Le profil en long général précise les tronçons de lit concernés et les cotes de fond de lit correspondantes.

[1] La condition de non déplacement des alluvions peut être donnée par le critère de Shield ci-après en considérant l'Arc coulant sur son lit d'alluvions apportées par la rivière.

- $\sigma^* = \dfrac{Rh.i}{(\dfrac{\gamma s - \gamma w}{\gamma w})d_{50}}$ <0.138

Avec

- σ^* : contrainte de Shied
- 0.138 : valeur proposée pour un lit à granulométrie étendue

3.4.2 Incidence de l'élargissement du lit sur la pente du fond

L'élargissement du lit proposé entre le pont des Anglais et le nouveau seuil à créer en amont du torrent du Saint Julien vise à favoriser un réengraissement progressif du lit par dépôt des matériaux provenant de l'amont et du torrent du Claret. En effet à débit équivalent, l'élargissement du lit entrainera dans une première phase, une baisse de la force tractrice sur le fond et donc de la capacité de transport de l'Arc. L'écoulement devra donc déposer des matériaux dans le lit élargi

Ce tronçon connait actuellement l'incision la plus forte du secteur d'étude. La pente du fond tend actuellement à s'ajuster à une pente proche de 1.5 % (voir § précèdent).

En considérant cette pente et la largeur actuelle du lit actif de 40 m environ, l'impact de l'élargissement du lit sur l'évolution de la pente du fond et donc de son engraissement peut être évalué très sommairement comme suit.

On assimilera en première approximation la hauteur d'eau h, au rayon hydraulique, et la section du lit à une section rectangulaire de largeur l :

On fera par ailleurs l'hypothèse que la capacité de transport sur le tronçon élargi sera rétablie lorsque la force tractrice efficace aura retrouvé sa valeur initiale[2]

On note :

- h_1 et l_1, les hauteur d'eau et largeur du lit en eau avant élargissement
- h_2 et l_2, les hauteur et largeur du lit après élargissement
- i_1 et i_2, les pentes respectives du fond avant et après élargissement.

Le nouvel état d'équilibre après élargissement du lit sera atteint lorsque les contraintes tractrices sur le fond seront identiques avant et après élargissement soit :

$h_1.i_1 = h_2.\ i_2$ *(1)*

La condition de continuité des débits impose la relation suivante :

$h_1^{2/3}.S_1.i_1^{1/2} = h_2^{2/3}.S_2.i_2^{1/2}$ *(2)*

En remplaçant les valeurs de i et de h de la relation (1) dans la relation (2) on obtient :

- $(\frac{h_1}{h_2}) = (\frac{i_2}{i_1})$

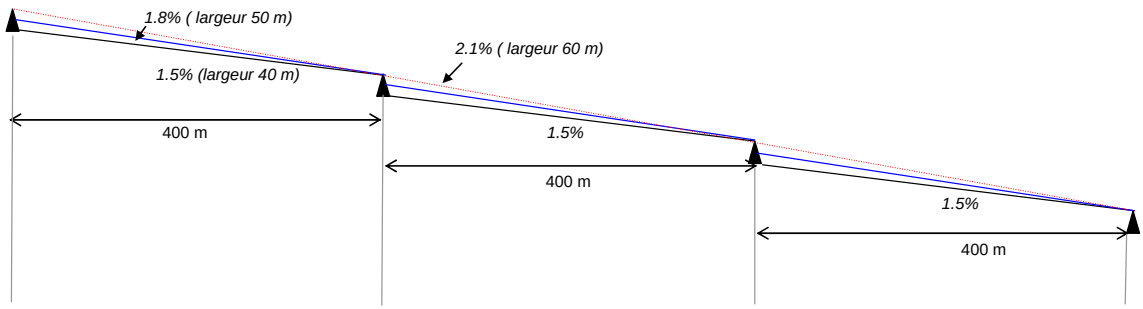
[2] Cette hypothèse considère que la largeur du lit est une résultante du transport solide et non un paramètre explicatif. Elle se vérifie en général sur les cours d'eau librement divaguant sur leurs propres alluvions. Dans le cas de l'Arc cette hypothèse n'est que partiellement exacte.

- $(\frac{l_1}{l_2})^{6/7} = (\frac{h_2}{h_1})$
- $(\frac{i_2}{i_1}) = (\frac{l_2}{l_1})^{6/7}$

Le tableau ci –après précise les valeurs de pente et d'engraissement du lit pour différentes valeurs d'élargissement. La hauteur de réalluvionnement est calculée en considérant une longueur libre de 400 m entre deux seuils constituant des points de fixation du lit.

Largeur initiale (m)	Largeur projet (m)	Pente initiale (%)	Pente finale (%).	hauteur max d'engraissement entre seuil (m)
40	50	1.5	1.8	1.20
40	60	1.5	2.1	2.40
40	70	1.5	2.4	3.60

Schéma de principe – profil en long du lit pour différentes hypothèses d'élargissement du lit



Dans la réalité, il est extrêmement délicat de prédire quel sera l'effet exact de l'élargissement du lit sur son réalluvionnement, tant les paramètres qui l'influencent sont variables (hydrologie, rugosité du lit,….) . On peut néanmoins penser que l'élargissement limitera dans tous les cas la contrainte pesant sur le lit en termes d'incision et favorisera une mobilité latérale des écoulements dans une bande active élargie.

Afin de permettre un premier réengravement du lit, les matériaux de déblais issus du recul de la berge de rive droite seront à remettre dans l'Arc après tri des matériaux impropres et criblage.

3.4.3 Ouvrages seuils

Les cotes d'arase des rampes sous fluviales visant à stabiliser le fond sont indiquées sur le profil en long joint. Les rampes se situent au droit des fronts d'érosion observés. La cote d'arase correspond à celle du fond en amont.

Les cotes inférieures des ouvrages en enrochements se situent 2m50 sous le niveau actuel et sous le fond minimum calculé en considérant la pente de 1.5% définie ci-avant.

Le radier des seuils aura une pente maximale de 20% et les hauteurs de chute ne dépasseront pas 2 m (excepté le seuil en amont du Saint Julien). La franchissabilité piscicole des ouvrages pourra être obtenue en adoptant un léger profil en « V » dans le coursier en enrochements afin de concentrer la lame d'eau en étiage et permettre une hauteur suffisante sur le coursier (on pourra également opter pour une échancrure pour les seuils réalisés en enrochements liés)

3.4.4 Enrochements

L'expérience des crues passées montre que les règles de dimensionnement classiques des enrochements aboutissent à une blocométrie qui s'est révélée à plusieurs reprises insuffisantes sur l'Arc. Il convient donc d'appliquer un coefficient de sécurité pour prendre en compte en particulier les survitesses et le caractère divaguant des écoulements conduisant à des contraintes hydrauliques particulièrement élevées.

La blocométrie à retenir pour la réalisation des ouvrages devra être la suivante :

- Dmini~ 0.7 m (P = 500 kg)
- Dmoyen ~ 0.9 (P = 1000 Kg)
- Dmaxi ~ 1.2 m (P = 2500 Kg)

Les cotes d'arase des protections en enrochements seront calées au niveau de la charge de crue centennale en considérant le fond engravé de 2002 afin de se prémunir de tout risque d'érosion de la partie supérieure des talus en cas de ré engraissement du lit.

3.4.5 Type d'appareillement

Les sabots de fondation seront constitués par des enrochements libres mis en œuvre sur une profondeur de 2.50 m et avec un volume suffisant pour permettre d'accompagner les mouvements de fond sans risque d'affouillement de l'ouvrage. Le volume minimum de bloc à mettre en place sera de 10 à 12m3/ml.

Les protections de berge à mettre en place devront avoir une certaine rugosité permettant de réduire les vitesses en pied de berge et donc les risques d'affouillement.

On adoptera donc les dispositions ci-après :

- Enrochements libres dans les secteurs d'élargissement du lit.
- Enrochements liaisonnés au béton dans les secteurs à plus forte sollicitation hydraulique (partie concave des berges et/ou tronçon à largeur réduite).

4 CHIFFRAGE

4.1.1 Prix unitaires

Les prix unitaires de références pris en compte pour le chiffrage des travaux sont indiqués ci-après.

Index	Désignation	Unité	PU (€ HT)
E.1	Enrochements libres	m3	50
E.2	Enrochements liées	m3	110
E.3	Matériaux de transition	m3	20
E.4	Géotextile	m²	3.5
E.5	Terrassement en déblais	m3	4
E.6	Terrassement en remblais	m3	4
E.7	Béton	m3	150
P.1	Amenée et repli d'un atelier de palplanche	Ft	20 000.00
P.1	Fourniture de palplanches	m²	270.00
P.2	Preforation 10m	u	350.00
P.3	Battage palplanches	m²	35.00
	installations de chantier et prix généraux		10%
	Divers et imprévus		15%

4.1.2 Coût des travaux

Les montants de travaux sont indiqués dans le tableau en distinguant les différents enjeux à protéger et les objectifs à atteindre.

- **Lutte contre l'incision du lit - Mise en place des rampes sous fluviales en enrochements**

Le montant total pour la réalisation des 6 rampes sous fluviales et des protections associées est évalué à 3 462 000 €HT. Il se décompose comme suit.

Double rampe 1 et 2 - aval Illaz

Désignation	montant (€ HT)
Rampe 1	152 000
Rampe 2	134 000
protection associée RG	474 000
prix généraux	76 000
divers imprévus	125 400
total	**961 400**

Rampe 3 - Pont des Anglais

Désignation	montant (€ HT)
Rampe	107 000
prix généraux	10 700
divers imprévus	17 655
total	**135 355**

Rampe 4 -Crassier Ferropem

Désignation	montant (€ HT)
Rampe	279 000
prix généraux	27 900
divers imprévus	46 035
total	**352 935**

Rampe 5 l ancien seuil du Bochet

Désignation	montant (€ HT)
Rampe	187 000
protection associée RG	376 000
prix généraux	56 300
divers imprévus	92 895
total	**712 195**

Seuil 6 amont Confluence du Saint Julien

Désignation	montant (€ HT)
seuil	287 000
protections associées RD et RG	740 480
prix généraux	102 748
divers imprévus	169 534
total	**1 299 762**

- **Confortement des protections existantes et réalisation de nouvelles protections**

Le montant total pour la réalisation des protections est évalué à 7 651 000 €HT. Il se décompose comme suit.

Reprise des protections réalisées par le CG 73 -mur de l'ancienne RN6 (rive droite)

Désignation	montant (€ HT)
protections	1 222 000
Moins value pour récupération des blocs existants	-32 500
prix généraux	118 950
divers imprévus	196 268
total	**1 504 718**

Protection des fondations du mur Ferropem (rive gauche)
Solution de base

Désignation	montant (€ HT)
protections	819 000
prix généraux	81 900
divers imprévus	135 135
total	**1 036 035**

Protection des fondations du mur Ferropem (rive gauche)
Solution de base en enrochements

Désignation	Montant (€ HT)
protections en enrochements	819 000
prix généraux	81 900
divers imprévus	135 135
total	**1 036 035**

Protection des fondations du mur Ferropem (rive gauche)
Solution variante en palplanches

Désignation	montant (€ HT)
Solution palplanches	1 365 000
prix généraux	136 500
divers imprévus	225 225
total	**1 726 725**

Reprise des protections du crassier Ferropem (rive gauche)

Désignation	montant (€ HT)
protections	449 000
moins value pour récupération des blocs existants	-189 000
prix généraux	26 000
divers imprévus	42 900
total	**328 900**

Protections de berge entre la rampe sous fluviale Ferropem et l'ancien seuil du Bochet (rive droite)

Désignation	montant (€ HT)
protections	1 216 000
élargissement du lit et régalage des matériaux dans le lit	pm
prix généraux	121 600
divers imprévus	200 640
total	**1 538 240**

protection de la tête de tunnel (rive droite)

Désignation	montant (€ HT)
protections	1 802 000
élargissement du lit et régalage des matériaux dans le lit	pm
prix généraux	180 200
divers imprévus	297 330
total	**2 279 530**

- **Restauration du fonctionnement morphodynamique de l'Arc**

Désignation	montant (€ HT)
Modification de l'ouvrage double fente de la plage de dépôt du Claret	200 000
Elargissement du lit entre le Claret et l'ancien seuil du Bochet	347 000
Elargissement du lit entre l'ancien seuil du Bochet et le seuil à créer en amont du St Julien	287 000
Restauration et gestion du lit au droit du secteur de l'Illaz	pm
Gestion des atterissements dans le secteur des Resses	pm
prix généraux	83 400
divers imprévus	125 100
total	**1 042 500**

La gestion et la restauration du lit au droit des zones de régulation des Resses et de l'Illaz n'ont pas été chiffrées. Ces sites sont en effet prévus pour servir de plateforme provisoire de matériaux pour le chantier LTF (voir § 3.3.3) et devront être ensuite restitués à l'Arc.

Toutes les zones d'élargissement nécessiteront la maîtrise foncière des sites. Si une partie des terrains sont à l'Etat, Certaines parcelles sont privées ou communales.

Enfin, la restauration du fonctionnement morphodynamique de l'Arc passe par la mise en place d'un programme pluriannuel d'entretien et de gestion du lit afin d'éviter en particulier la fermeture progressive des bras et des bancs par la végétation.

5 INTERACTIONS AVEC LES TRAVAUX PREVUS PAR LTF

Le projet de nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin (section Saint Jean de Maurienne – Frotnière Franco Italienne) a fait l'objet d'une enquête publique en 2006 et d'un arrêté préfectoral d'autorisation de travaux en février 2007. Les travaux prévus dans le cadre de la réalisation du tunnel de base (43.7 km de tunnel sous les massifs de la rive droite de l'Arc et sous le massif d'Ambin) concerneront le secteur d'étude entre Saint Martin la Porte et Saint Jean de Maurienne.

Les aménagements prévus dans le lit de l'Arc sont précisés dans l'arrêté préfectoral. Ils concernent la phase de chantier et portent sur une durée d'environ 15 ans (mise en service programmé vers 2023). Nous reprenons ici les principaux éléments de cet arrêté.

- La réalisation dans le lit majeur de l'Arc, de plateformes de dépôts provisoires et de tri des matériaux sortant du tunnel. Il s'agit des sites de Sous Villard Clément, des Resses d'en Bas, de Saint Julien, de l'Illaz, de Saint Félix. Ces plateformes seront mises en place sur les remblais existants empiétant dans le lit majeur et seront protégées par des dispositifs en enrochements libres ou liés au béton. Les remblais mis en place seront ôtés en fin de chantier (cf. § 4.1.2 et 4.1.3 de l'arrêté préfectoral).
- Le recalibrage du lit de l'Arc au droit des sites de Sous Villard Clément et des Resses d'en Bas par enlèvement des remblais d'origine anthropique (cf.§ 4.1.4 de l'arrêté préfectoral).
- L'arasement des bancs d'alluvions situés dans le lit mineur de l'Arc au droit des sites de Saint Julien, l'Illaz et Saint Félix afin d'augmenter la section du lit de l'Arc au droit de ces plateformes et éviter une aggravation des lignes d'eau en crue. Les matériaux ôtés seront stockés afin de pouvoir être remis dans le lit de l'Arc en fin de chantier, après remise en état des plateformes. Cette opération devra être compatible avec le plan de gestion des sédiments de l'Arc élaboré dans le cadre du contrat de rivière (cf. § 4.1.5 de l'arrêté préfectoral).
- Un suivi du niveau du lit de l'Arc sera mis en place pendant la phase chantier et un entretien devra être réalisé en cas de dépassement des seuils fixés dans le plan de gestion du lit de l'Arc (cf. § 4.1.5 de l'arrêté préfectoral).

Compte tenu de l'évolution rapide que connait le lit dans ce secteur et des conséquences de la crue de mai 2008 sur l'incision du lit, il conviendrait de procéder à une mise en conformité des projets de plateforme LTF avec les propositions d'aménagements définis dans la présente étude.

En particulier le projet de plateforme sur le secteur du Saint Julien devra tenir compte des évolutions importantes du lit constatées après la crue de mai 2008 (berge et terrains de rive droite emportés) et du nouveau tracé de la berge prévue.

Sur les autres secteurs (Resses d'en Bas, Illaz, Saint Félix), il conviendra de vérifier la bonne adéquation des projets initiaux à la nouvelle configuration du lit et de procéder pour cela à un état des lieux topographiques sur chaque site.

6 SYNTHESE

Les travaux de protection et de restauration du fonctionnement hydrodynamique du lit de l'Arc dans le secteur du Bochet comprennent les différents types d'action ci-après :

- La réalisation des rampes sous fluviales et seuils de stabilisation du lit entre le secteur de l'Illaz et la confluence du Saint Julien. Au total il est prévu de réaliser 6 ouvrages pour un montant total de 3 462 000 € HT. Le secteur situé entre le pont des anglais et la confluence du Saint Julien est à traiter en priorité (4 rampes sur les 6 au total).
- Le confortement des protections existantes et la réalisation de nouvelles protections au droit des enjeux directement menacées par les érosions de l'Arc pour un montant total de6 690 000 € HT
  - L'ancienne RN6 (entre le pont du Claret et l'ancien seuil du Bochet) : 3 042 000 € HT
  - Le mur de protection de l'usine Ferropem : 1 036 000 € HT
  - Le crassier de l'usine Ferropem : 329 000 HT
  - La protection de la tête amont du tunnel ferroviaire en aval de l'ancien seuil du Bochet : 2 280 000 € HT
- La restauration du fonctionnement morphodynamique de l'Arc pour un montant total de 1 042 000 € HT.
  - Elargissement du lit en amont du Saint Julien : 434 000 € HT
  - Elargissement du lit en amont de l'ancien seuil du Bochet : 359 000 € HT
  - Modification de l'ouvrage fente de la plage de dépôt du Claret : 250 000 € HT

Le tableau ci après récapitule par niveau de priorité les travaux à réaliser et les maîtres d'ouvrages concernés.

Objectif	Travaux	maîtrise d'ouvrage pressentie	priorité	coût (€HT)
stopper l'incision du lit	rampes 1 et 2 - secteur Illaz aval	SPM/Syndicat de rivière à créer	2	961 400
	rampe 3 - pont des Anglais	CG73	1	135 355
	rampe 4 - crassier Ferropem	SPM/Syndicat de rivière à créer	1	352 935
	rampe 5 - ancien seuil du Bochet		1	712 195
	rampe 6 - amont confluence St Julien		1	1 299 762
protections des infrastructures en bordure de l'Arc	ancienne RN6 entre rampe 3 et 4	CG 73	1	1 504 718
	mur usine Ferropem	Ferropem	1	1 036 035
	crassier usine Ferropem	Ferropem	1	328 900
	Tunnel ferroviaire	RFF	1	2 279 530
	Ancienne RN6 entre rampe 4 et rampe 5	SPM/Syndicat de rivière à créer	2	1 538 240
restauration morphodynamique	reprise plage de dépôt du Claret	RTM	1	250 000
	élargissement du lit entre rampe 5 et 6	SPM/Syndicat de rivière à créer	1	433 750
	élargissement du lit entre rampes 4 et 5		2	358 750

total priorité 1 (€ HT)	**8 333 180**
total priorité 2 (€ HT)	**2 858 390**
total travaux (€ HT)	**11 191 570**
études et Moe (€ HT)	**1 119 157**

total général (€ HT)	**12 310 727**

En termes de réalisation, il convient de distinguer deux niveaux de priorité :

- **priorité 1**

- La réalisation des rampes sous fluviales et seuils de stabilisation du lit dans le secteur à forte incision entre le pont des Anglais et la confluence du Saint Julien.
- La protection de l'ancienne RN6
- La protection du mur de l'usine Ferropem

- L'élargissement du lit en amont de la confluence du Saint Julien et la mise en place des protections associées (tête de tunnel ferroviaire et protections des seuils en enrochements).
- La modification de l'ouvrage aval de la plage de dépôt du Clarer

❑ **priorité 2**

- réalisation des deux rampes en aval du secteur de l'Illaz.
- L'élargissement du lit en amont de l'ancien seuil du Bochet.
- La reprise des protections en enrochements du crassier Ferropem.

A titre d'exemple, le tableau ci-après précise une programmation possible se basant sur une masse de travaux annuelle ne dépassant pas 3 M€HT.

Les travaux de priorité 1 pourraient être ainsi réalisés sur une durée globale de 4 ans, l'ensemble du programme de travaux pouvant être planifié sur 5 ans.

			année					
Objectif	**Travaux**	**priorité**	**1**	**2**	**3**	**4**		**i+4**
stopper l'incision du lit	rampes 1 et 2 - secteur Illaz aval	2						
	rampe 3 - pont des anglais	1						
	rampe 4 - crassier Ferropem	1						
	rampe 5 - ancien seuil du Bochet	1						
	rampe 6 - amont confluence St Julien	1						
protections des infrastructures en bordure de l'Arc	ancienne RN6 entre rampe 3 et 4	1						
	mur usine Ferropem	1						
	crassier usine Ferropem	1						
	Tunnel ferroviaire							
	Ancienne RN6 entre rampe 4 et 5	2						
restauration morphodynamique	reprise plage de dépôt du Claret	1						
	élargissement du lit entre rampe 5 et 6	1						
	élargissement du lit entre rampes 4 et 5	2						
montant des travaux (K€)			2362	2612	2675	682	0	2858

Annexe

Métrés estimatifs

Protection des enjeux menacés suite à la crue de l'Arc du 29 mai 2008
métrés estimatifs

Index	Désignation	U	Q	PU	Montant HT
Seuil PK 94.08					
E.1	Enrochements libres	m3	2 916.90	50	145 845.00
E.3	Materiaux de transition	m3	182.89	20	3 657.70
E.4	Géotextile	ml	578.75	3.5	2 025.63
E.5	Terrassement en déblais	m3		4	
				MONTANT TOTAL HT	**151 528.33 €**
Seuil PK 94.15					
E.1	Enrochements libres	m3	2 318.40	50	115920.00
E.3	Materiaux de transition	m3	145.36	20	2907.20
E.4	Géotextile	m²	460.00	3.5	1610.00
E.5	Terrassement en déblais	m3	3 285.10	4	13140.40
				MONTANT TOTAL HT	**133 577.60 €**
Protection de berge type 2 en rive gauche du PK 94.03 au PK 94.24		***190 ml à***	***2 494.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	7 106.00	50	355 300.00
E.3	Materiaux de transition	m3	969.00	20	19 380.00
E.4	Géotextile	m²	3 135.00	3.5	10 972.50
E.5	Terrassement en déblais	m3	21 850.00	4	87 400.00
E.6	Terrassement en remblais	m3	199.50	4	798.00
				MONTANT TOTAL HT	**473 850.50 €**
Seuil PK 94.52 Pont des Anglais					
E.1	Enrochements libres	m3	2 058.00	50	102 900.00
E.3	Materiaux de transition	m3	127.40	20	2 548.00
E.4	Géotextile	m²	397.60	3.5	1 391.60
E.5	Terrassement en déblais	m3	0.00	4	0.00
				MONTANT TOTAL HT	**106 839.60 €**
Protection de berge type 4 en rive gauche du PK 94.50 au PK 94.84		***333 ml à***	***2 459.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	3 406.59	50	170 329.50
E.2	Enrochements liées	m3	3 996.00	110	439 560.00
E.3	Materiaux de transition	m3	765.90	20	15 318.00
E.4	Géotextile	m²	1 998.00	3.5	6 993.00
E.5	Terrassement en déblais	m3	46 620.00	4	186 480.00
				MONTANT TOTAL HT	**818 680.50 €**
Protection de berge type 3 en rive gauche du PK 94.84 au PK 95.10		***252 ml à***	***1 782.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	7 560.00	50	378 000.00
E.3	Materiaux de transition	m3	834.12	20	16 682.40
E.4	Géotextile	m²	2 885.40	3.5	10 098.90
E.5	Terrassement en déblais	m3	11 088.00	4	44 352.00
				MONTANT TOTAL HT	**449 133.30 €**
Protection de berge type 5 en rive droite du PK 94.49 au PK 94.87		***430 ml à***	***2 842.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	5 117.00	50	255 850.00
E.2	Enrochements liées	m3	7 546.50	110	830 115.00
E.3	Materiaux de transition	m3	993.30	20	19 866.00
E.4	Géotextile	m²	3 311.00	3.5	11 588.50
E.5	Terrassement en déblais	m3	26 144.00	4	104 576.00
				MONTANT TOTAL HT	**1 221 995.50 €**
Seuil PK 94.841					
E.1	Enrochements libres	m3	5 365.50	50	268 275.00
E.3	Materiaux de transition	m3	332.15	20	6 643.00
E.4	Géotextile	m²	1 036.60	3.5	3 628.10
				MONTANT TOTAL HT	**278 546.10 €**
Seuil PK 95.52					
E.1	Enrochements libres	m3	3 595.50	50	179 775.00
E.3	Materiaux de transition	m3	222.87	20	4 457.40
E.4	Géotextile	m²	784.13	3.5	2 744.44
				MONTANT TOTAL HT	**186 976.84 €**
Protection de berge type 2 en rive gauche du PK 95.41 au PK 95.60		***158 ml à***	***2 380.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	5 909.20	50	295 460.00
E.3	Materiaux de transition	m3	805.80	20	16 116.00
E.4	Géotextile	m²	2 607.00	3.5	9 124.50
E.5	Terrassement en déblais	m3	12 695.30	4	50 781.20
E.6	Terrassement en remblais	m3	1 121.80	4	4 487.20
				MONTANT TOTAL HT	**375 968.90 €**

Protection des enjeux menacés suite à la crue de l'Arc du 29 mai 2008
métrés estimatifs

Index	Désignation	U	Q	PU	Montant HT
Seuil PK 95.90					
E.1	Enrochements libres	m3	1 350.50	50	67 525.00
E.2	Enrochements liées	m3	1 898.00	110	208 780.00
E.3	Materiaux de transition	m3	324.85	20	6 497.00
E.4	Géotextile	m²	1 095.00	3.5	3 832.50
				MONTANT TOTAL HT	**286 634.50 €**
Protection rive gauche PK 95.90		***32 ml à***	***2 040.31 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	1 197.50	50	59 875.00
E.3	Materiaux de transition	m3	171.00	20	3 420.00
E.4	Géotextile	m²	570.00	3.5	1 995.00
				MONTANT TOTAL HT	**65 290.00 €**
Protection de berge type 2 en rive droite du PK 94.87 au PK 95.43		***567 ml à***	***2 757.00 € /ml***		
E.1	Enrochements libres	m3	20 979.00	50	1 048 950.00
E.3	Materiaux de transition	m3	2 608.20	20	52 164.00
E.4	Géotextile	m²	8 788.50	3.5	30 759.75
E.5	Terrassement en déblais pour enrochements	m3	20 979.00	4	83 916.00
E.5	Terrassement en déblais recalibrage lit	m3	86 821.88	4	347 287.50
				MONTANT TOTAL HT	**1 563 077.25 €**
Protection de berge type 1 en RD du PK 95.41 au PK 95.646 et du PK 95.80 au PK 95.96		***402 ml à***	***5 196.00 € /ml***		
E.1	Sabot en enrochements libres	m3	3 055.20	50	152 760.00
E.2	Enrochements liées	m3	5 841.06	110	642 516.60
E.2	Redans en enrochements bétonnés	m3	3 216.00	110	353 760.00
E.1	Enrochements libres au dessus ht moy=5m	m3	8 964.60	50	448 230.00
E.3	Materiaux de transition	m3	2 251.20	20	45 024.00
E.4	Géotextile	m²	7 497.30	3.5	26 240.55
E.5	Terrassement en déblais pour enrochements	m3	25 326.00	4	101 304.00
E.5	Terrassement en déblais recalibrage lit	m3	71 606.25	4	286 425.00
E.6	Terrassement en remblais derrière les enrochements	m3	8 100.30	4	32 401.20
				MONTANT TOTAL HT	**2 088 661.35 €**

Ligne EDF MT	ml	800.00		
Poteaux EDF	U	15.00		
Route bitumineuse	m²	4 140.00		
Ouvrages provisoires	ft			
Retalutage de la berge à 3/2	ml	230.00		
			MONTANT TOTAL HT	**8 200 760.26 €**
Prix généraux et divers (15%)				1 230 114.04 €
			Montant HT ***avec prix généraux et divers***	**9 430 874.30 €**
			TVA 19.6%	**1 848 451.36 €**
			Montant Total TTC	**11 279 325.67 €**

Variante palplanches

Protection de berge type 4 en rive gauche du PK 94.50 au PK 94.84		***333 ml à***	***4 549.00 € /ml***		
P.0	Amenée et repli du materiel	Ft	1.00	20 000.00	20 000.00
P.1	Fourniture de palplanches	m²	3 000.00	270.00	810 000.00
P.2	Preforation 10m	u	600.00	350.00	210 000.00
P.3	Battage palplanches	m²	3 000.00	35.00	105 000.00
E.5	Terrassement en déblais	m3	39 294.00	4.00	157 176.00
E.1	Enrochements libres	m3	337.59	50.00	16 879.50
E.2	Enrochements liées	m3	396.00	110.00	43 560.00
E.3	Materiaux de transition	m3	75.90	20.00	1 518.00
E.4	Géotextile	m²	198.00	3.50	693.00
				MONTANT TOTAL HT	**1 364 826.50 €**
				Montant de la plus value HT	**546 146.00 €**

Etude réalisée avec la participation financière de











